

BIO DIVERSIDAD

TERCERA EDICIÓN - TOMO I

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE 2018

Edición

Alejandra Figueroa
Jaime Rovira
Sofía Flores
Charif Tala
Reinaldo Avilés
Juan Luis Orellana
Javiera Ferreyra
Paula Díaz
Alejandro Armendariz

Diseño

Andrea Hidalgo
Fernando Barra
Virtual Publicidad

Fotografía

Jorge Herreros (Fotógrafo Principal - FotoNaturaleza Chile)
José Cañas Aravena (FotoNaturaleza Chile)
Yerko Vuscovich Toledo (FotoNaturaleza Chile)
Flavio Camus Cáceres (FotoNaturaleza Chile)
Marco Subiabre Uribe (FotoNaturaleza Chile)
Autores de artículos aportaron fotos propias.

Un agradecimiento a quienes aportaron gratuitamente sus fotografías a esta publicación.
En especial a los miembros de FotoNaturaleza Chile.



Ministerio del Medio Ambiente. 2018.
Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos.
Tercera Edición en formato digital. Tomo I 430 páginas. Tomo II 264 páginas.

Edición, impresión y derechos:
Tercera edición en español
Inscripción en Registro de Propiedad Intelectual N° 290.541.

Derechos reservados. Prohibida la reproducción parcial o total de este libro por cualquier medio impreso, electrónico y/o digital, sin la debida autorización escrita por el Ministerio del Medio Ambiente.

Citar este tomo del libro del modo siguiente: Ministerio del Medio Ambiente. 2018. Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos. Tercera Edición. Tomo I 430 páginas. Santiago de Chile.

BIO
DI
VER
S
DAD
DE CHILE

PATRIMONIO
Y DESAFIOS

TERCERA EDICIÓN - TOMO I







PRESENTACIÓN

La biodiversidad de Chile, con un alto endemismo, se expresa en diversos ambientes, bajo múltiples condiciones climáticas y geográficas, desde las más inhóspitas para el ser humano, hasta las más abundantes y generosas en riquezas naturales. Diversidad biológica es la expresión para referirnos a la vida en la Tierra, de la diversidad de seres vivos, lugares en los que habitan y sus interacciones. Esa biología que conocemos hoy es producto de varios procesos caóticos, extremos, sucesivos y donde la vida, tal como se expresa en nuestros días era inviable. Era una época de erupciones volcánicas, tsunamis, violentas crecidas de ríos, aumento del número y extensión de los incendios forestales y un entorno que cambiaba aceleradamente.

Pero hoy disfrutamos de bosques, desierto extremo, altas temperaturas, alta radiación, salares, con organismos extremófilos, glaciares, ríos, lagos, humedales en todas sus formas como las turberas, testigos vivos de la acumulación de metano y carbono, lagunas andinas donde se registra un endemismo de peces continentales, única y por muy pocos conocida. Ecosistemas marinos, fiordos patagónicos, montes submarinos, islas oceánicas, la costa del norte y sur de Chile, ecosistemas de montaña. La lista es extensa solo en nuestro país.

Destacados naturalistas como Claude Gay, Charles Darwin, Ignacio Domeyko y Rodolfo Philippi, entre otros, contribuyeron a describir el patrimonio natural de Chile cuyas exploraciones entre el 1830 y 1896, permitieron plasmar los primeros escritos sobre botánica, zoología, geología y paisajes de Chile desconocidos hasta ese momento, lo que fue registrado en varios tomos. Estas obras han sido fundamentales en los estudios siguientes, cuando la palabra biodiversidad o diversidad biológica aún no existían como concepto y cuando el estudio de la naturaleza, basada en la observación, era llevado adelante por muy pocos.

A nivel nacional, casi el 25% de las especies descritas son endémicas, lo que le confiere a Chile especial relevancia para la conservación de la biodiversidad del planeta. Destacan por su alto endemismo grupos como los anfibios (sapos y ranas) donde el 65% de las especies son exclusivas de Chile; los reptiles con un 63% de endemismo, los peces de aguas continentales con el 55% de las especies endémicas, y las plantas con la mitad de las especies exclusivas de nuestro país. Otros grupos, en cambio, no poseen esta particularidad, especialmente aquellos con mayor movilidad, como las aves, en las cuales poco menos del 2% de las especies registradas en Chile son endémicas.

Pero esta lista de especies únicas no tiene sentido si las personas no comprenden la íntima relación que mantenemos con estos ambientes y cómo la degradación de la biodiversidad genera pobreza, no sólo a las

comunidades locales que dependen directamente de los recursos naturales, (algas, mariscos, peces, leña, hongos, semillas, hierbas, etc.) sino de economías completas. Es necesario educar y sensibilizar para lograr cambios hacia un ciudadano ambiental capaz de valorar y proteger nuestra diversidad biológica. Debemos reducir la pérdida de biodiversidad, mejorar el conocimiento, y revertir la condición de degradación de ecosistemas. Integrar a los niños y jóvenes, para que disfruten, convivan y aprecien el valor de las áreas protegidas. Porque el gran desafío para el planeta es la protección de ecosistemas singulares y recuperar la pérdida de la diversidad biológica, estas son medidas concretas para abordar las metas Aichi de la Convención de Diversidad Biológica y las Metas ODS al 2030 y en eso trabaja Chile.

Los invitamos a descubrir en cada capítulo un mundo singular, uno del que somos parte integral, y dependiente. La continuidad de la vida depende del equilibrio de la naturaleza y hoy más que nunca, depende de las prácticas humanas. La naturaleza nos ha otorgado de suelos fértiles para la producción de alimentos, de ecosistemas saludables para la regulación del clima, ciclos de nutrientes, almacenamiento de carbono y disponibilidad de agua. Sin embargo, estamos en una inflexión, varios de nuestros ecosistemas se encuentran en una condición crítica y debemos conocerlos y protegerlos.

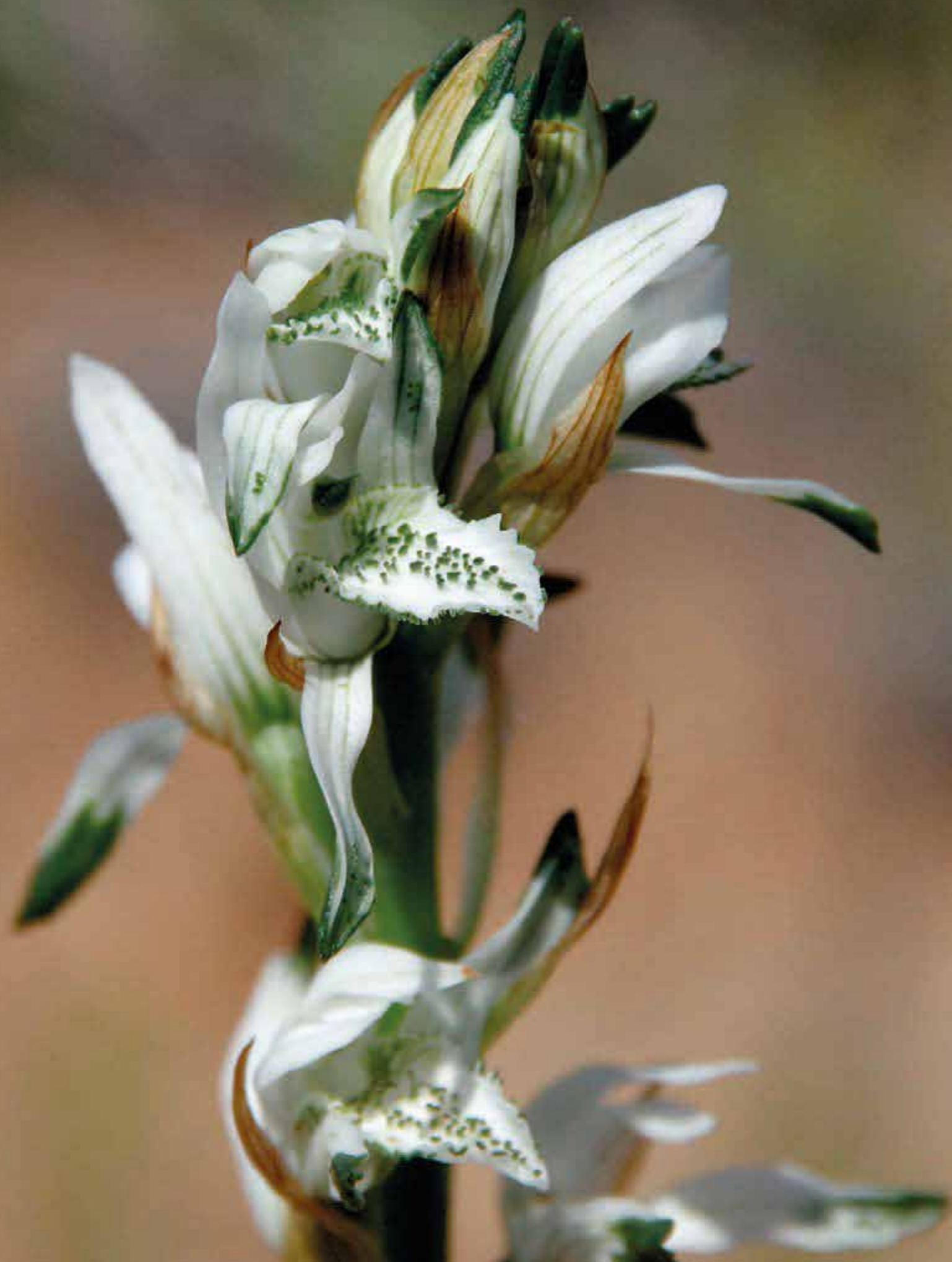
En 2006 se escribió la primera edición del Libro Biodiversidad de Chile, iniciativa que contó con la participación de numerosos autores y que permitió volcar el conocimiento de varios especialistas y académicos en esta publicación de divulgación. Hoy, a 11 años de la primera edición, invitamos a distinguidos especialistas nacionales para repetir la hazaña, plasmar en un solo texto el estado del arte de la biodiversidad de Chile. El sorprendente mundo de los ecosistemas y las especies, debe ser reconocido y valorado por todos los chilenos, admirado y finalmente conservado. Por eso nos parece oportuno dar a conocer la biodiversidad de Chile a través de este Libro. La conservación de la biodiversidad nos obliga a incorporar innovación y ciencia, esto hablará de un país que crece con respeto por su patrimonio natural, que lo integra y valora.

Le invitamos a recorrer Chile en las siguientes páginas y descubrir su biodiversidad.

Marcelo Mena Carrasco
Ministro del Medio Ambiente

CONTENIDO

6	PRESENTACIÓN
11	INTRODUCCIÓN CONCEPTUAL
17	CAPÍTULO 1: EL MEDIO FÍSICO
51	CAPÍTULO 2: HISTORIA DE LA BIOTA CHILENA
52	2.1 HISTORIA DE LA BIOTA CHILENA
59	2.2 BIODIVERSIDAD EXTINTA DE CHILE
82	CAPÍTULO 3: DIVERSIDAD GENÉTICA
84	CAPÍTULO 4: DIVERSIDAD DE ESPECIES
86	1. MAMÍFEROS
87	1.1 MAMÍFEROS TERRESTRES
94	1.2 MAMÍFEROS MARINOS
108	2. AVES
109	2.1 AVES TERRESTRES
118	2.2 AVES MARINAS
130	2.3 AVES ACUÁTICAS CONTINENTALES
140	3. REPTILES
155	4. ANFIBIOS
164	5. PECES
165	5.1 PECES MARINOS
172	5.2 PECES LÍMNICOS
182	6. FLORA
183	6.1 FLORA VASCULAR
219	6.2 FLORA ACUÁTICA
229	7. BRIOFITAS (MUSGOS, HEPÁTICAS Y ANTOCEROTES)
239	8. ALGAS MARINAS BENTONICAS
253	9. DIVERSIDAD FÚNGICA EN CHILE
260	10. BACTERIAS
261	10.1 BACTERIAS AMBIENTE TERRESTRE
267	10.2 BACTERIAS AMBIENTE MARINO
272	11. INVERTEBRADOS
273	11.1 INVERTEBRADOS TERRESTRES
323	11.2 INVERTEBRADOS MARINOS
343	11.3 INVERTEBRADOS DULCEACUÍCOLAS
377	BIBLIOGRAFÍA



◀ Orquídea nativa (*Chloraea multiflora*), es posible encontrarla desde la Región de Valparaíso a la Región de La Araucanía.
Foto: Jorge Herreros.

INTRODUCCIÓN CONCEPTUAL

Hernán Cofré, Yerko Vilina, Iván Lazo, Rosanna Ginocchio, y Agustín Iriarte

EL CONCEPTO DE BIODIVERSIDAD

El término "Biodiversidad" fue acuñado en 1988 por el destacado biólogo E. O. Wilson (1988), como contracción de la expresión "diversidad biológica". Hoy en día, el término es un concepto multidimensional y multifacético que se refiere a la variedad y variabilidad de todos los organismos y sus hábitats, así como a las relaciones que se originan entre ellos. Sin embargo, el público en general, solo reconoce el término en relación al número de especies de un lugar, dejando de lado otros componentes (genes, poblaciones, grupos funcionales, comunidades y unidades de paisaje) y atributos (abundancia relativa, rango, distribución espacial e interacciones; relaciones filogenéticas) (Menzel & Bögeholz, 2009; Naeem et al., 2012; Bermudez et al., 2014). De esta forma, es importante destacar que hoy en día la biodiversidad se reconoce como una expresión integradora de muchas diferentes escalas espaciales o de organización, desde genes hasta paisajes, y donde cada nivel o escala posee tres componentes diferentes: su composición, su estructura y su función (Franklin, 1988; Noss, 1990; Purvis & Hector, 2000; Tilman, 2000; Cardinale et al., 2012).

Tradicionalmente, la biodiversidad se ha dividido en tres niveles: genes, especies y ecosistemas (Fig. 1), sin embargo, y como explicábamos en el párrafo anterior, esta se puede

entender a cualquier escala o nivel de organización biológica. La diversidad genética se refiere a la variación en la composición de los genes que posee una especie (pool), tanto dentro de una población como entre sus poblaciones. Si una de sus poblaciones se llegara a extinguir la especie perdería diversidad genética (composición y estructura), la cual es importante en los procesos evolutivos y de adaptación al medio donde vive (función). La pérdida de la diversidad genética no sólo es importante para la sobrevivencia de cada especie, sino también tiene implicancias directas para el bienestar del ser humano. Por ejemplo, la extinción de plantas nativas emparentadas con especies de importancia para la agricultura, implica que se pierden recursos genéticos que podrían haberse usado para mejorar las características de las especies domésticas.

La diversidad de especies es la acepción más utilizada en el ámbito de la ecología, y en general, se refiere tanto a la riqueza o número de especies que existen en una comunidad u otra área geográfica (e. g. país, ecorregión, bioma) como a las relaciones de abundancia que existen entre ellas (Purvis & Héctor, 2000). Hoy en día, existen evidencias científicas que el número e identidad de las especies que forman un ecosistema, tienen un papel en el funcionamiento de éste (Barnes et al., 2014). Específicamente, se ha demostrado que la pérdida de

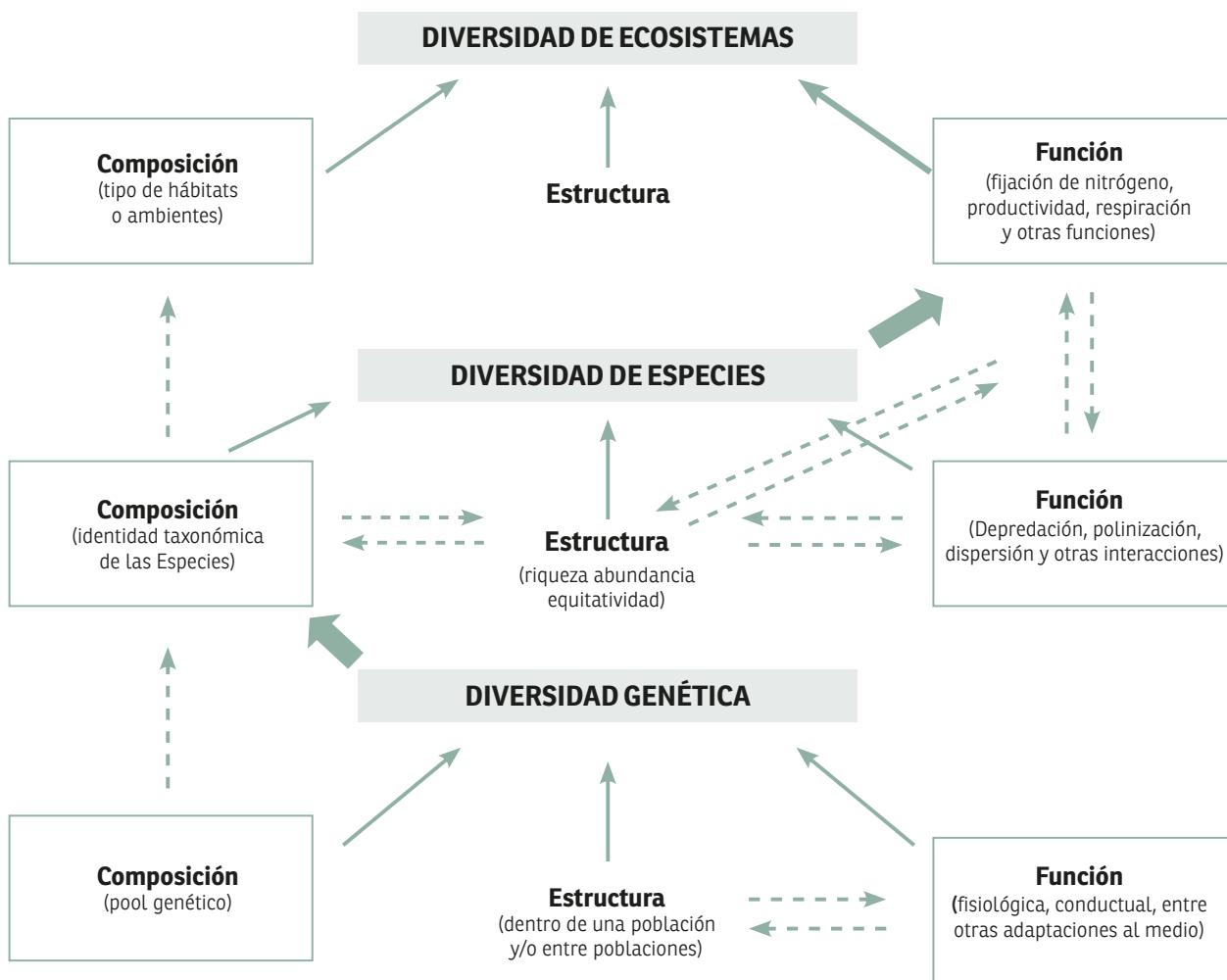


Figura 1. Representación de los tres niveles clásicos de biodiversidad y sus relaciones directas e indirectas.

La biodiversidad afecta el funcionamiento del ecosistema a través de: la reducción de la eficiencia con la que la comunidad captura recursos esenciales (por ejemplo disminuye la producción de biomasa); disminución de la estabilidad del ecosistema; pérdida de especies clave en el funcionamiento del ecosistema, entre otros (Cardinale et al., 2012). Por lo tanto, una especie no sólo es importante por los genes y el provecho que puede obtener el hombre de ella en forma aislada, sino también por la función que cumple en el sistema (diversidad funcional), ya que cada especie se relaciona con otras especies (diversidad de interacciones), lo que finalmente redundará en el funcionamiento de la comunidad y en la calidad de los servicios del ecosistema, como la polinización o la purificación de las aguas dulces (Fig. 1; Cardinale et al., 2012; Naeem et al., 2012). A este nivel, también se ha propuesto hablar de diversidad filogenética, como una medida de la distancia de parentesco que existe dentro de la comunidad o lugar que se está estudiando, en comparación con otros sistemas (Naeem et al., 2012).

La diversidad de ecosistemas se refiere a que cada ecosistema tiene patrones característicos de flujos de energía y ciclos biogeoquímicos. La falta de uno de ellos puede afectar el

funcionamiento completo de la biósfera. Por ejemplo, la destrucción del Amazonas, y dentro de él, de numerosos ecosistemas particulares de bosque tropical lluvioso, impacta el ciclo global del carbono y finalmente el proceso de calentamiento global que está enfrentando la biósfera (Cardinale et al., 2012).

LA CLASIFICACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD DE ESPECIES

Si tomamos como base la definición de biodiversidad que tiene que ver con el número e identidad de especies que existen en un lugar, es evidente que asociadas a ellas existen una infinidad de formas, colores y tamaños de la vida, que desde hace mucho tiempo han fascinado a los científicos. Aristóteles (384-322), en la antigua Grecia reconoció 540 especies de animales en la zona del mar Mediterráneo. Él también hizo una primera clasificación de los animales en "sanguíneos" y "no sanguíneos", que en la actualidad correspondería a los vertebrados y los invertebrados. A mediados del siglo XVII, la naturaleza era agrupada en 3 grandes Reinos: Mineral, Vegetal y Animal. Esta agrupación de los organismos dominó por más de una centuria. Sin embargo, fue Carolus Linnaeus (1707-1778) el que fundó la taxonomía, aquella rama de la



Cometocino del Norte (*Phragmites atriceps*) macho, en Lago Chungará. Foto: Jorge Herreros

biología que se encarga principalmente de nombrar y clasificar los organismos. Linneus clasificó a más de 7 mil especies de plantas y cerca de 4 mil animales, lo cual representaba gran parte de las especies reconocidas en su época.

Posterior al gran avance realizado por Linneus, Haeckel en 1866, propuso el primer "Árbol de la vida", reconociendo tres grandes Reinos: Plantae, Protista y Animalia con un criterio monofilético; es decir, asumiendo que cada grupo provenía de un único ancestro

distinto al de los otros. Ya en el siglo XX, algunos autores como Hyman (1940), consideraron a los protozoos, como un phylum de animales "acelulares". Sin embargo, la clasificación ampliamente aceptada de cinco reinos propuesta por Wittaker (1969), movió nuevamente a los protozoos fuera del reino Animalia hacia el reino Protista, donde se unieron con las algas (Tabla 1).

A fines de la década de los 70', Carl R. Woese, dejó atrás las comparaciones anatómicas o fisiológicas, y utilizó las

Tabla 1. Comparación de los sistemas más importantes que se han propuesto para la clasificación de los organismos vivos.

CLASIFICACIÓN DE REINOS				CLASIFICACIÓN DE SERES VIVOS EN GRUPOS SOBRE LOS REINOS	
Tres Reinos (Haeckel 1894)	Cinco Reinos (Whittaker 1959)	Seis Reinos (Woese y Fox 1977)	Seis Reinos (Cavalier-Smith 2004)	Tres DOMINIOS Woese et al., (1990)	Dos IMPERIOS Cavalier-Smith (2004)
	Monera	Eubacteria	Bacteria	Bacteria	Prokaryota
Protista		Archaeobacteria		Archaea	
	Protista	Protista	Protozoa	Eukarya	Eukaryota
			Chromista		
	Fungi	Fungi	Fungi		
Plantae	Plantae	Plantae	Plantae		
Animalia	Animalia	Animalia	Animalia		



Juan bueno (*Raphithamnus venustus*), árbol endémico del Archipiélago de Juan Fernández. Foto: Miguel Stutzin.

diferencias en genes para trazar parentescos entre los diferentes tipos de organismos. Utilizando un gen que codifica para la subunidad pequeña del ARN ribosómico (involucrado en la síntesis de proteínas en las células), Woese llegó a algunas conclusiones esperadas, pero también propuso nuevas ordenaciones. Por una parte reafirmó la distinción entre células procariontes y eucariontes, distinguiendo en términos taxonómicos dos grupos o "dominios" distintos. Por otro lado, Woese también propuso la creación de un nuevo dominio (Archaea) y de paso un nuevo reino, Archaeobacteria (Tabla 1). Esta proposición se basó en las diferencias entre el ADN que codificaba para muchas proteínas de eubacterias y arqueas. Este último grupo incluye especies que viven en ambientes con condiciones extremas, como altas temperaturas, (sobre 100° C), altas concentraciones de sulfuros, alta salinidad y sedimentos marinos carentes de oxígeno. Además, las membranas celulares de todas las arqueas contienen lípidos de características únicas y muy diferentes a los lípidos de las eubacterias.

A fines del siglo XX se desarrollaron nuevas propuestas, entre las que destaca la realizada por el microbiólogo inglés Thomas Cavalier-Smith (Tabla 1). El trabajo de este investigador se ha

centrado en la difícil tarea de clasificar aquellos organismos unicelulares eucariontes que anteriormente fueron incluidos en el reino Protista. De acuerdo a sus investigaciones, se deberían reconocer dos reinos de eucariontes, además de los ya conocidos Fungi, Plantae y Animalia: Protozoa y Chromistas. El primero incluye organismos principalmente fagotróficos, mientras que el segundo incluiría organismos mayoritariamente fotosintetizadores. No obstante, existen grupos bien definidos como los dinoflagelados, que presentan ambas características. Asimismo, según este autor, son muchas más las diferencias en términos estructurales y morfológicos entre procariontes y eucariontes que entre eubacterias y arqueas; por lo tanto, él propone solo dos Imperios (y no dominios) como separaciones sobre los seis reinos.

Si bien hoy en día la clasificación más utilizada es la de Woese, año a año aparecen nuevas clasificaciones y modificaciones en la ordenación del árbol de la vida. Por ejemplo, recientemente se ha propuesto separar el grupo de los Protistas en 11 diferentes reinos debido a que no parece haber un ancestro común para toda la diversidad de formas unicelulares eucariontes (Baldauf et al., 2000).

EL AMANECER DE LA BIODIVERSIDAD EN CHILE Y SU ESTADO ACTUAL

Desde los tiempos de la conquista, naturalistas de diversas nacionalidades han realizado catastros y levantamientos de la flora y fauna silvestre en Chile. Ya en 1714, Feuillée hizo la primera mención de un anfibio chileno; la larva de la rana chilena (*Calyptocephalella gayi*, Donoso-Barros, 1970). El abate Molina publica en el año 1782 su obra cumbre sobre la Historia Natural del Reino de Chile (Molina, 1782), donde tempranamente se describen, y en algunos casos confusamente, las primeras especies de flora y fauna silvestre nativas del país. Incluso el gran naturalista inglés Charles Darwin, al visitar Chile entre los años 1832 y 1834, hace contribuciones a la taxonomía chilena al coleccionar y clasificar distintas especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos (Jaksic & Lazo, 1994). Pero es el naturalista francés Claudio Gay, contratado en 1847 por el gobierno chileno de la época, quien por primera vez realiza un estudio sistemático de los recursos biológicos de Chile (Gay, 1847), conocimientos que posteriormente fueron sólidamente complementados por el biólogo alemán Rodolfo Philippi, entre 1857 y 1903.

Sin lugar a duda la primera mitad del siglo XX es muy productiva para el conocimiento de los vertebrados chilenos, ya que tres mosqueteros de la ornitología chilena, J. Goodall, A. Johnson y R. A. Philippi (1946, 1951) escriben su obra monumental en dos tomos sobre la historia natural de las aves de Chile, la que complementa y supera el trabajo de Hellmayr (1932) sobre la clasificación de dichas aves. En el ámbito de la mastozoología, W. Osgood publica en 1943 una monografía, la más completa hasta la fecha, sobre los mamíferos de Chile.

En el ámbito marino, los estudios fueron más tardíos; recién a fines del siglo XIX y en la década de 1940, hubo expediciones naturalistas de importancia, especialmente inglesas y suecas, que recorrieron las costas de Chile con el fin de estudiar

sus recursos (entre otros, Schulze, 1887; Sollas, 1886 y 1888; Wesenberg-Lund, 1955 y 1962).

Sin embargo, no fue hasta 1991, cuando la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) crea el Comité Nacional de Diversidad Biológica. Dicho comité evaluó, por primera vez, toda la riqueza biológica de Chile a través del Primer Taller Nacional de Diversidad Biológica, realizado en noviembre de 1992. Es así como diversos científicos, expertos en sus campos, se dieron a la tarea de estimar nuestra biodiversidad, revisaron los antecedentes históricos de cada grupo, la riqueza específica y las características singulares como endemismo, distribución geográfica y estado de conservación de los distintos grupos. Incluso evaluaron los recursos humanos disponibles en el país, para el estudio de cada grupo. Este esfuerzo se tradujo en 1995 en la obra "Diversidad Biológica de Chile" (Simonetti et al., 1995), donde se registraron los resultados obtenidos hasta ese momento por la comunidad científica nacional. Se determinó la existencia de unas 30.000 especies de flora y fauna silvestres, de las cuales, alrededor de 6.331 son exclusivas de Chile (endémicas). Evidentemente, estos números están subestimados, debido a que en esta temprana revisión no se consideraron varios grupos de singular relevancia; asimismo, también quedó claro el déficit de especialistas en algunos grupos taxonómicos claves, además de hacer patente disímiles grados de desarrollo que cada grupo poseía y la heterogeneidad de tratamientos en su estudio.

A partir del año 2000 se ha generado un gran desarrollo de nuevas monografías sobre diferentes grupos taxonómicos, tanto vertebrados como invertebrados, así como de diferentes grupos de flora nativa. Sin embargo, este esfuerzo no ha sido homogéneo, lo que ha producido un desarrollo dispar dependiendo del grupo. Por ejemplo, se han generado nuevas monografías sobre vertebrados y plantas en general (Chester, 2008); sobre mamíferos (e.g. Galaz & Yáñez 2006; Muñoz-

Gaviota peruana (Larus belcheri) con plumaje reproductivo. Foto: Jorge Herreros.





Lagartija negro verdosa (Liolaemus nigroviridis), presente en las cordilleras de La Costa y de Los Andes entre las regiones de Valparaíso y de O'Higgins. Foto: Jorge Herreros.

Pedrerros & Yáñez, 2000; Iriarte, 2008; Iriarte & Jaksic, 2012), sobre herpetofauna (e.g. Pincheira-Donoso & Núñez, 2005; Vidal & Labra, 2010), sobre aves (e.g. Rozzi & Jiménez, 2013) y en peces (e.g. Reyes, 2012). Sin embargo, el grupo de los invertebrados aún permanece menos estudiado. Algunas notables excepciones la constituyen trabajos como Insectos de Chile (Briones et al., 2012) y Bupréstidos de Chile (Moore & Vidal, 2015). En cuanto al grupo de las plantas, en los últimos años se han publicado nuevas monografías tanto en grupos específicos, como las epífitas y trepadoras (Alarcón et al., 2010), o los helechos (Rodríguez et al., 2009), y también sobre zonas geográficas específicas, como la flora de la cuenca del río Mapocho y Maipo publicado por Teillier, Marticorena & Niemeyer (2012).

LA BIODIVERSIDAD EN CHILE

Es muy difícil conocer la real magnitud de la biodiversidad del planeta (May, 1988; Mora et al., 2011). En general, las estimaciones de los últimos años han oscilado en entre 3 y 100 millones de especies (May, 1988; Mora et al., 2011). Para Chile, se han descrito alrededor de 30.000 especies (Simonetti et al., 1995); es decir, el equivalente al 2 por ciento de todas las especies descritas en el planeta, las que alcanzarían alrededor de 1,2 millones de especies, y menos del 0,3 por ciento de las 8,7 millones de especies que han sido estimadas de acuerdo a los patrones de descripción de especies en diferentes taxa (Mora et al., 2011).

Chile es un país pequeño en superficie continental y pareciera ser que la magnitud de su biodiversidad refleja esta característica. No obstante esta limitación, según Mora et al. (2011) aún faltaría el 90 por ciento de nuestras especies "chilenas" por descubrir; es decir, la biodiversidad chilena tendría un potencial de descubrimiento de alrededor de 150 mil nuevas especies para los próximos años, las que probablemente, en más de un 50 por ciento, corresponderán a artrópodos. Este potencial de descubrimiento no es exagerado, si se tiene en cuenta que incluso animales tan conspicuos como los roedores, todavía se siguen descubriendo en nuestro territorio. Este es el caso de la recientemente descubierta laucha de las dunas, *Eligmodontia dunaris* (Spotorno et al., 2013).

Volviendo a la magnitud de nuestra biodiversidad, es claro que Chile presenta una de las menores riquezas específicas de fauna y flora silvestres en comparación con el resto de los países sudamericanos. Por ejemplo, en el caso de las aves, en Chile habitan algo más de 450 especies; no obstante, en Argentina coexisten sobre las 800 especies, en Bolivia y Perú sobre las 1.200 especies y en Colombia 1.721 especies. Un caso aún más dramático ocurre con la diversidad de plantas angiospermas, en donde Chile posee sólo 5.300 especies, y países como Brasil sobrepasan las 55.000 especies (Conservación Internacional, 2005).

Esta baja biodiversidad de especies que Chile presenta (no olvidar que esta es sólo una de los tres tipos de escalas de biodiversidad), se puede explicar, en parte, por la curiosa característica del aislamiento que presenta, muy asimilable a una isla. Así, la parte terrestre del país está separada al este

del continente por la cordillera de los Andes, al norte por el desierto de Atacama y de Tarapacá, y por el sur y el oeste, por el vasto Océano Pacífico, que en conjunción con la historia geológica del país, aparentemente no solo explicaría la baja diversidad de especies, sino también sería el origen de especies extremadamente singulares para el territorio chileno, lo que en muchos grupos, se traduce como altos grados de endemismo.

Es así como en Chile, entre muchos ejemplos, podemos encontrar la queñoa (*Polylepis tarapacana*), que es el único árbol que crece en forma natural a más de 4.000 metros de altitud. Otro ejemplo de alto endemismo son las Orestias, pequeños peces que se encuentran restringidos a los espejos de agua presentes en los salares del altiplano chileno, de las cuales se desconoce en gran parte su historia natural y evolutiva. También está el dragón de la Patagonia, un insecto recientemente descubierto en una poza de agua a más de 40 metros de profundidad y a menos de cero grados Celsius en Campos de Hielo Sur, pero que además sería capaz de vivir en ambientes con aire. Otro caso particular es el Monito del Monte (*Dromiciops gliroides*), que constituye la única especie viva representante de un orden completo de marsupial (*Microbiotheria*). Esta singularidad, solo la iguala el cerdo hormiguero africano, único representante del orden Tubulidentata, dentro de los mamíferos placentados (Wilson & Reeder 2005).

Finalmente, en términos geográficos, la diversidad de Chile continental está influida por dos gradientes ambientales. Por un lado, un gradiente latitudinal, que va desde los 18 grados hasta los 56 grados de latitud sur, y un gradiente altitudinal, que va desde los ambientes costeros hasta los 7.000 metros de altitud en algunos puntos de la cordillera. Junto a estas características topográficas, existen otras variables ambientales que también varían a través de ellas, como la temperatura, las precipitaciones y la radiación solar. Producto de estas variaciones, Chile presenta un patrón distintivo de variación en su diversidad el cual en la gran mayoría de los grupos de plantas y animales, presenta un máximo entre los 35° y los 40° de latitud sur. Desde el número de especies de helechos (Parra et al., 2015) hasta el 95% de los géneros de plantas vasculares descritos en Chile (Bannister et al., 2012); desde el ensamble de micromamíferos de los bosques de Chile (Cofré et al., 2007), hasta el total de mariposas descritas en Chile (Samaniego & Marquet, 2009).

Aunque en nuestros ambientes costeros también existen grupos que presentan su mayor riqueza de especies en la zona centro-sur del país, por ejemplo peces del intermareal (Navarrete et al., 2014), el patrón de diversidad parece ser más complejo, encontrándose también una mayor diversidad hacia el extremo sur (Valdovinos et al., 2003). Esto podría estar explicado por la gran diversidad de ambientes presentes en los fiordos australes.

Copiapoa de Carrizal (Copiapoa dealbata), cerca de Carrizal Bajo, en el desierto de Atacama. Foto: Jorge Herreros.







CAPÍTULO
MEDIO FÍSICO

1



◀◀ Roblerías en cerros de Icalma, región de La Araucanía. Foto: Flavio Camus.

◀ Los líquenes son componentes comunes en todos nuestros paisajes. Foto: Jorge Herreros.

MEDIO FÍSICO

INFLUENCIA DEL MEDIO FÍSICO EN LA BIODIVERSIDAD

Fernando Santibáñez Q.¹, Pablo Roa M.¹ y Paula Santibáñez V.¹

El territorio de Chile está en el extremo suroccidental del América; y posee una extremada longitud, de aproximadamente 4 300 km de norte a sur en América del Sur, que se incrementa a 8 000 km considerando el Territorio Antártico Chileno; y es bastante estrecho, ya que posee un ancho promedio de 180 km.

El límite norte con el Perú, fijado en el año 1929, comienza en la línea de la Concordia, que comienza al norte de Visviri (17° 29' latitud S y 69° 28' longitud O), llegando al océano Pacífico.

El límite oriental con Bolivia, establecido fijado definitivamente en 1904, llega hasta el hito trifinio en el Cerro Zapaleri (5 652 m s.n.m.). Luego viene el límite oriental con Argentina que corre entre el C° Zapaleri, y llega hasta Punta Dungeness, Continuando en Tierra del Fuego y luego en el Canal Beagle hasta alcanzar el meridiano 66° 25' de longitud O.

Existe el carácter de tricontinentalidad, por el cual Chile posee territorio en el Continente América; en Oceanía a través de Las Islas de Sala y Gómez, y la Isla de Pascua o Rapa Nui; y en la Antártica, a través del Territorio Chileno Antártico.

Finalmente hay otro rasgo distintivo del territorio chileno, que corresponde a su insularidad. Es un fenómeno que se ha dado por las "barreras" naturales propias de nuestra geografía.

Por un lado, tenemos en el norte una zona desértica que se ubica entre la Región de Tarapacá y Atacama. También existe una barrera física ofrecida por la presencia a lo largo de casi toda la extensión, de la Cordillera de Los Andes con una altura variable que disminuye de norte a sur. Finalmente, está el Océano Pacífico que también se distribuye a lo largo del territorio continental e insular.

El territorio chileno ha sufrido importantes fluctuaciones climáticas como producto de las glaciaciones del cuaternario. Durante los periodos cálidos, las especies de origen tropical han avanzado considerablemente hacia el sur, aprovechando el clima benigno ofrecido por este corredor de clima marítimo. Por el contrario, durante los periodos fríos, esta vegetación se ha replegado dejando el espacio a las especies australes. Esto hizo que en la flora de la Zona Central evolucionaran concomitantemente especies templadas y tropicales, lo que, junto con

¹ Centro de Agricultura y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile.

la alternancia, fue provocando una mezcla que fue favorecida por la condición marítima de nuestros climas.

El paisaje chileno presenta una configuración poco común en el mundo, como son las grandes elevaciones andinas a distancia relativamente reducidas del mar. Esto origina, en distancias de 150 km, pisos bioclimáticos diversos que van desde el regular y benigno clima litoral, hasta el clima polar de altura, pasando por el clima continental en la precordillera. A su vez, por lo accidentado del relieve, los mecanismos genéticos del suelo han sido extraordinariamente diversos. Así, en distancias reducidas, coexisten suelos de origen marino, aluvial, coluvial, volcánico. Igualmente, los grados de evolución de los suelos son variados, como consecuencia de los gradientes climáticos que van desde el desierto absoluto, hasta regiones hiper-húmedas. En el árido desierto, los suelos tienden a ser esqueléticos, con muy poco desarrollo, mientras que en las regiones húmedas del sur aparecen suelos con gran desarrollo y, en algunos casos, con claros signos de reducción por anaerobiosis.

Los ríos, que corren transversalmente de cordillera a mar, se han encargado de sedimentar grandes extensiones de la Depresión Central, rellenando sectores bajos y formando fértiles suelos aluviales. En la zona Central y Norte, los ríos son correntosos, con aguas turbias que llevan gran cantidad de sedimentos al mar. Esto ha originado las frecuentes formaciones de dunas que se depositan hacia el norte de las desembocaduras. Muchas de estas dunas aun no están estabilizadas, por lo que avanzan, empujadas por el viento, hacia el interior, invadiendo los terrenos agrícolas. Debido a los plegamientos que ha sufrido el relieve, hay extensa reservas de aguas subterráneas, especialmente en la depresión Central, donde las barreras rocosas de la costa provocan la acumulación de éstas. Por esta misma razón son frecuentes los afloramientos de agua, los que se convierten en vertientes que generan islas bióticas o pequeños humedales.

El litoral, por lo general es rocoso y agreste, con una placa continental estrecha, que termina abruptamente en fosas marinas profundas. Las aguas profundas emergen con cierta frecuencia, empujadas por la corriente marina fría de Humboldt, que recorre las costas desde la península de Taitao al norte. Esto hace que las aguas marinas sean particularmente frías, pero a su vez, ricas en minerales y, por lo tanto, en plancton y peces.

En general, el paisaje chileno ha sido extraordinariamente dinámico, generando una geomorfología compleja, dominada por terrazas, serranías, valles y montañas. Esto ha creado una diversidad de ambientes para plantas y animales, los que exhiben un elevado grado de endemismo, como consecuencia del aislamiento creado por las barreras naturales del territorio.

LAS "FUERZAS MODELADORAS" DEL PAISAJE CHILENO

Chile se sitúa en el extremo sur-occidental del Hemisferio Sur, entre los paralelos 17° y 56° de latitud Sur, sirviéndole de eje el meridiano 70° de longitud Oeste. Es un territorio geográficamente aislado, con límites naturales marcados. Como barreras naturales actúan: por el norte uno de los desiertos más áridos del mundo; al sur los hielos eternos Antárticos; al este, la Cordillera de los Andes con altitudes que superan los 5000 msnm y al oeste, el océano Pacífico. Por la severidad de sus barreras naturales, su posición es biogeográficamente insular. La superficie continental e insular es de 742.000 km². Su territorio es asimétrico, con un largo del 4500 km y un ancho promedio de 180 km. Debido a la estrechez de su territorio, éste tiene una pendiente de oriente a poniente que lo hace proclive a un drenaje rápido de sus cuencas hidrográficas las que drenan el agua desde las laderas andinas hasta el mar.

FACTORES GENÉTICOS DEL CLIMA

El clima chileno tiene una marcada característica oceánica. Recibe la influencia de dos factores genéticos fuertemente determinantes: la presencia del anticiclón del Pacífico Sur Oriental (APSO) y de la corriente marina fría de Humboldt.

El APSO genera una fuerte determinante climática hacia la aridez, por cuanto bloquea la entrada de los frentes provenientes desde el SO que se generan en el anillo circumpolar. Este bloqueo tiene una oscilación estacional, debido al desplazamiento del APSO hacia el Sur en verano, lo que traslada la aridez típica del desierto, varias centenas de kilómetros hacia el Sur. Durante el invierno, el APSO se retira hacia posiciones más boreales, permitiendo la entrada de los frentes portadores de lluvia hacia la Zona Central. Junto con el bloqueo de los frentes, el APSO genera una inversión térmica cuya altura varía entre los 800 y 1200 m. El aire descendente que provoca la alta presión de los anticiclones, se comprime y se calienta en la medida que desciende. Al aproximarse a la superficie oceánica fría, este calentamiento no solo se detiene, sino que la tendencia del perfil térmico se invierte. Es decir, el aire se enfría más mientras más próximo a la superficie del océano, cruzado por las frías aguas de Humboldt.

Esta inversión de las temperaturas en las primeras centenas de metros crea condiciones de extrema estabilidad atmosférica puesto que el aire más frío y pesado se sitúa en la parte inferior de la atmósfera, impidiendo toda actividad convectiva. Esta "capa de inversión", constituida de aire frío y pesado, atrapa el vapor que emana de la superficie del océano, impidiéndole remontar hacia la alta troposfera, por lo que se forma una capa de nubes tipo estratocúmulos, bajas y de poco espesor, la que se sitúa próxima al techo de la inversión térmica.



Desembocadura del río Rapel, región de O'Higgins. Foto: Jorge Herreros.

Contribuye a la formación de esta nubosidad, la existencia de la corriente fría de Humboldt, que determina aguas particularmente frías en la cercanía de la costa. Es frecuente que este efecto refrigerante provoque la condensación del vapor de agua, que es arrastrado por las brisas costeras, generando neblinas densas o 'camanchacas' que penetran varios kilómetros por el continente. Especialmente notable es la formación de estas neblinas, en los sectores elevados de la costa que se encuentran muy próximos al mar. En estos casos, el relieve provoca un brusco ascenso de las masas cargadas de vapor que soplan desde el mar, forzando el pequeño enfriamiento que es necesario para generar la condensación y la aparición de densas neblinas costeras. Estas neblinas alcanzan tal frecuencia en ciertos lugares favorables, que se forman comunidades vegetales que se benefician del abundante aporte de agua que la depositación de la neblina hace sobre las hojas. Esto le da un carácter noblemente más húmedo a la costa chilena en relación con la pluviometría real.

La marcada influencia marítima de manifiesta en una franja de 20 a 30 km continente adentro, especialmente por los valles, donde las brisas marinas penetran fácilmente. Hacia el interior, las temperaturas máximas aumentan del orden de 10°C. Igualmente la radiación solar aumenta al disminuir la nubosidad y hacerse mas

seco el aire. Las temperaturas mínimas disminuyen gradualmente desde el litoral hacia el interior, pudiendo descender unos 10°C a 100 km con respecto al borde costero.

Casi todo el territorio posee un marcado ciclo diario de vientos. Durante el día las brisas penetran de mar a continente, atraídos por la activa convección generada como consecuencia del calentamiento de la parte interior del país. Durante la noche este ciclo se invierte, generándose una brisa de continente a mar, debido al mayor enfriamiento de la parte continental interior, invirtiendo el gradiente de presiones, soplando en la dirección contraria. La fuerte interacción océano continente hace que los climas chilenos sean, por lo general, algunos grados más frescos que lo correspondiente a su latitud.

El territorio es frecuentemente cruzado por los frentes circumpolares que vienen de regiones circumpolares desde el SO. Al ingresar oblicuamente estos frentes al territorio, deben atravesar el cordón costero, el cual rara vez supera los 1000 m de altitud. En sectores donde la costa es más alta, se produce una "sombra de lluvia", es decir, los frentes tienden a depositar más agua a barlovento, descendiendo por las laderas orientales de la costa y provocando una marcada

disminución de las lluvias detrás del cordón costero (efecto Foehn). Durante, el invierno el territorio es cruzado por uno o dos frentes semanales. La mayor parte de los frentes se disipan en la Zona Central, los de mayor energía logran provocar precipitaciones hasta Copiapó, por el norte.

El régimen de lluvias es típicamente frontal, razón por la que las precipitaciones en Chile son poco intensas, aunque pueden durar varios días. El carácter mediterráneo del régimen pluviométrico de la zona norte y central, con una marcada concentración invernal de la lluvia, hace que la humedad del suelo sea más eficiente, por cuanto ocurre en periodos en que la evaporación es baja, lo que le permite permanecer varios meses en el medio edáfico. Por esta razón, la zona central de Chile presenta una vegetación mucho más exuberante que otras regiones del mundo con igual pluviometría. En los años recientes han comenzado a emerger episodios de lluvias convectiva, más propias del trópico, de gran intensidad y con gran potencial para generar crecidas con alto potencial destructivo como las ocurridas en 2015 en Chañaral y Tocopilla.

RASGOS CLIMÁTICOS GENERALES

Regímenes térmicos

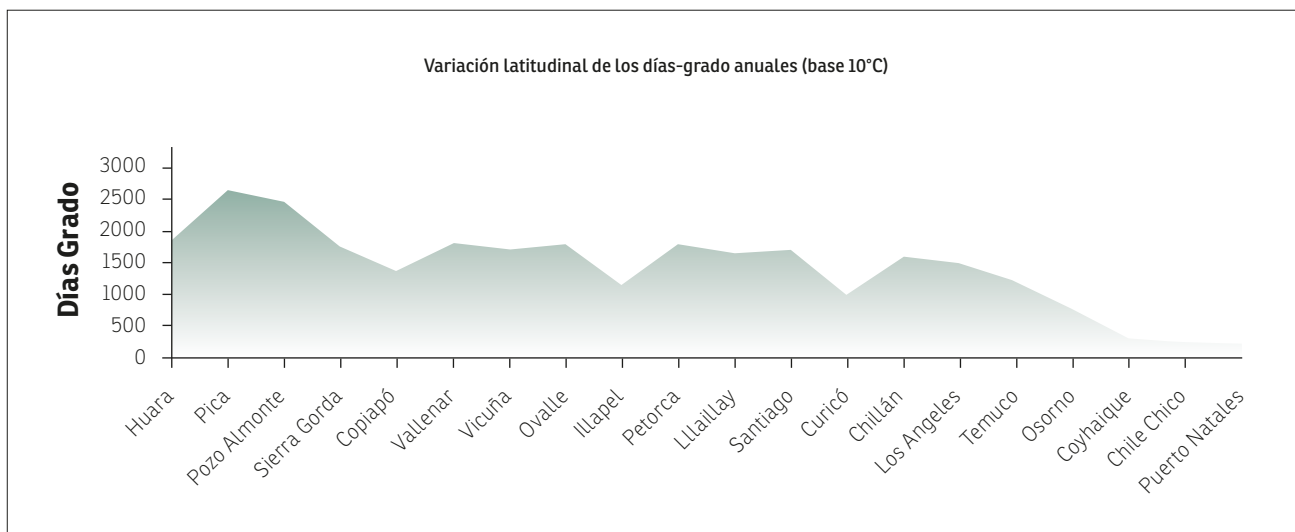
Los climas se enfrían gradualmente de norte a sur. De la Región del Libertador B. O'Higgins al norte, por la Costa, las temperaturas máximas del mes más cálido superan los 20°C, mientras que en la Región de Los Lagos ellas no sobrepasan los 15°C. Las temperaturas mínimas del mes más frío se alcanzan por sobre los 10°C en las Regiones de Atacama y Coquimbo, bajando gradualmente hasta aproximarse a los 5°C en la Región de Los Lagos. En síntesis se aprecia un enfriamiento de unos 5°C entre la Región de Coquimbo y Los Lagos. Hacia las áreas interiores las temperaturas máximas aumentan hasta en 10°C en verano y las mínimas disminuyen en 6 a 7°C en invierno. Como consecuencia de esto, la amplitud térmica diaria, a 100 km del litoral, puede superar en 10°C a la observada en la Costa a la misma latitud

La disponibilidad global de temperatura, medida a través de los días-grado (base 10°C), muestra similar tendencia, aunque en este caso el enfriamiento es más notable. Por el litoral, de la Región del Libertador B. O'Higgins, al norte la acumulación de días grado supera frecuentemente los 1500 días-grado por año, llegando a los 3000 en Arica. Por otra parte, de la Región del Bio-Bío al sur se produce un acentuado enfriamiento cayendo por debajo de los 500 días-grado por año al sur de la Región de Los Lagos (Chiloé). Hacia el interior los días grado aumentan entre 300 y 500 días-grado respecto de la Costa. Frecuentemente, las cuencas cerradas, mas ventiladas, situadas detrás de cordones costeros altos, se transforman en núcleos particularmente cálidos, donde las temperaturas máximas promedio superan los 30°C en verano y los días-grado anuales bordean los 2000 (caso de Rapel, Polpaico/Til Til, Cauquenes).





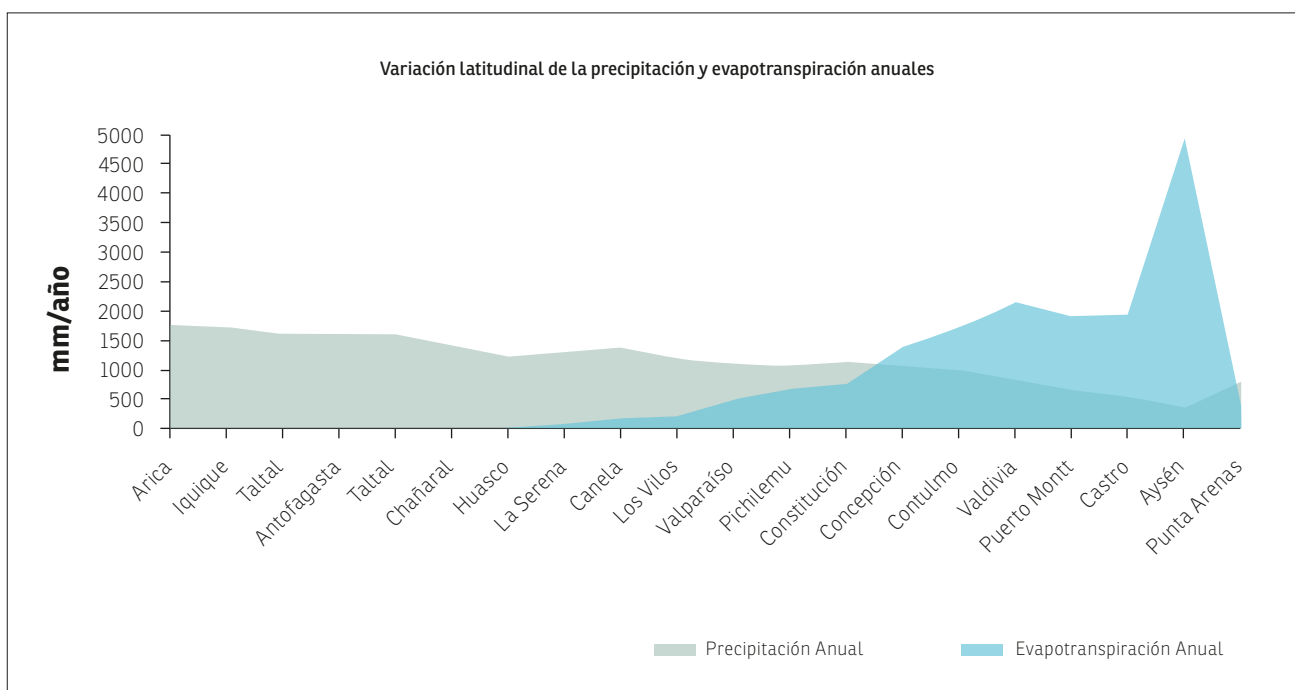
Bofedal (humedal altoandino) de Guallatire, a los pies del Volcán Guallatire, región de Arica y Parinacota. Foto: Jorge Herreros.



Por la Costa, de la Región de Valparaíso al norte no existe un período frío o de receso vegetativo (temperatura media inferior a 10°C). De la misma manera, a partir de la Región del Libertador B. O'Higgins este período se extiende por 2 a 3 meses (junio-julio-agosto) hasta la Región del Biobío, a partir de allí este se extiende a 5 meses (mayo a septiembre hasta el sur de la Región de Los Lagos. A partir de Puerto Montt este período crece a 6 o 7 meses (mayo o abril a octubre). Por el interior y a latitudes iguales siempre hay 1 a 3 meses de reposo vegetativo más que en la Costa.

Regímenes hídricos

El régimen hídrico evoluciona desde una condición desértica de Copiapó al norte, hasta una hiperhúmeda en el extremo sur. Junto con el gradiente pluviométrico latitudinal, se produce un gradiente de evapotranspiración que evoluciona en sentido inverso, es decir, mientras la pluviometría crece hacia el sur, la evapotranspiración declina, lo que contribuye a acentuar aún más la evolución de los regímenes de humedad.



Pequeña cascada de quebrada, formando un estanque que provee el agua potable para Puertecillo, región de O'Higgins.
Foto: Jorge Herreros



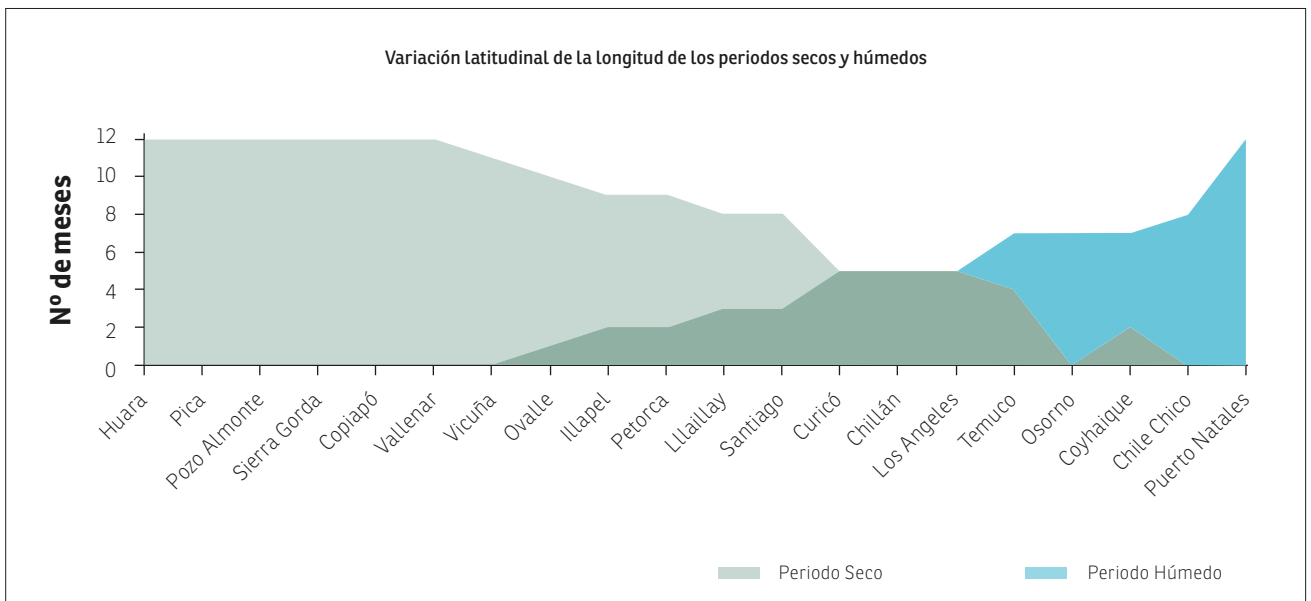
El criterio de Naciones Unidas para la tipificación de los regímenes de humedad considera el cociente anual de precipitación (Pp) y evapotranspiración potencial (ETP), según la escala siguiente:

PP/ETP	RÉGIMEN
<0.05	HlpEr-ár IDO
0.05 – 0.20	ár IDO
0.20 – 0.50	SEMI-ár IDO
0.50 – 0.65	Sub - HÚMEDO

La aplicación de este criterio define las siguientes zonas en Chile:

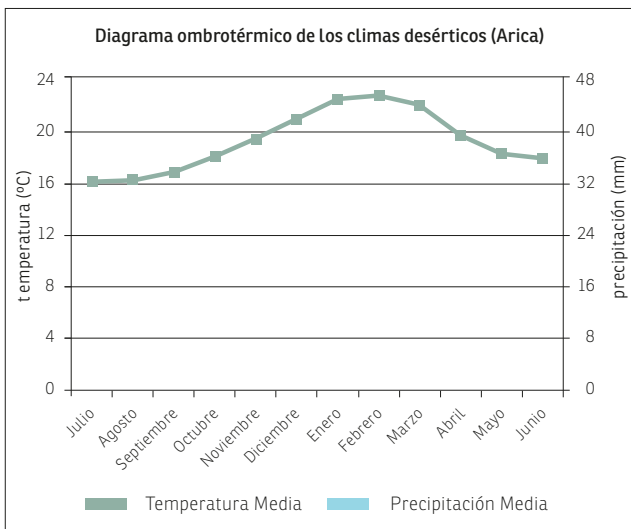
ZONA	EXTENSIÓN GEOGRÁFICA
HlpEr – ár IDO	COqu IMbO al n Or t E
ár IDO	COqu IMbO a aCO n Cagu a y z Ona al t Iplán I Ca
SEMI –ár IDO	aCO n Cagu a y z Ona DE pa Mpa S au Stral ES En al SÉN y Ma gallan ES
Sub – HÚMEDO	Valp ara ÍSO a VICHuquén

El régimen de aridez está igualmente en estricta concordancia con las longitudes del periodo seco y húmedo. En los climas hiper-áridos el periodo seco ($P_{\text{mensual}} < 0.5 ET_{\text{mensual}}$) ocupa los 12 meses, el cual se va acortando hasta llegar a desaparecer al sur de la región de Los Lagos y costa de Aysén. Inversamente el periodo húmedo ($P_{\text{mensual}} > ET_{\text{mensual}}$) es nulo entre las regiones de Arica Parinacota y Atacama. En las regiones costeras de Coquimbo comienza a existir un periodo húmedo de 1 mes, el cual va creciendo hacia el sur hasta ocupar los 12 meses en la costa de Aysén. La gradualidad entre la hiper-aridez y la hiper-humedad hace que los ecosistemas igualmente evolucionen lentamente desde la vegetación de desierto hasta el bosque templado hiper-húmedo.



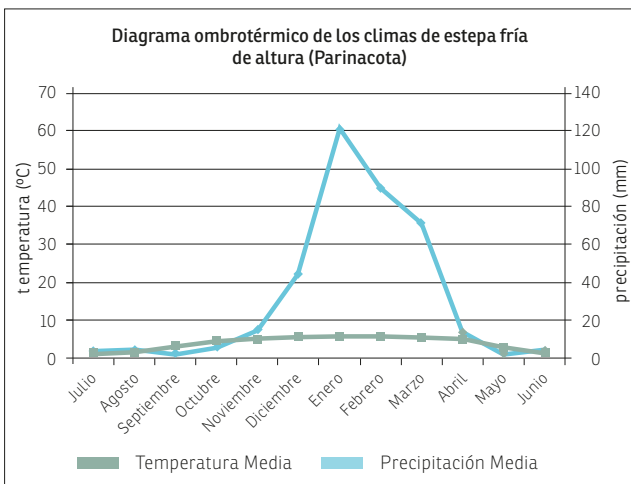
Zonas Desérticas a Hiper-áridas (Arica a Coquimbo)

La precipitación anual se sitúa por debajo de los 100 mm, con un período seco que se extiende por 11 o 12 meses. El déficit hídrico anual supera los 1200 mm y el índice de humedad invernal se mantiene por debajo de 0,2. Es decir, la precipitación durante la estación húmeda no alcanza a cubrir el 20% de las demandas creadas por la evapotranspiración potencial. No existe excedente invernal de precipitación, por lo que el escurrimiento superficial es extremadamente escaso y errático. En contraposición a esta marcada deficiencia hídrica, esta zona dispone de la mayor acumulación anual de días-grado, desde 1600 a más de 3000.



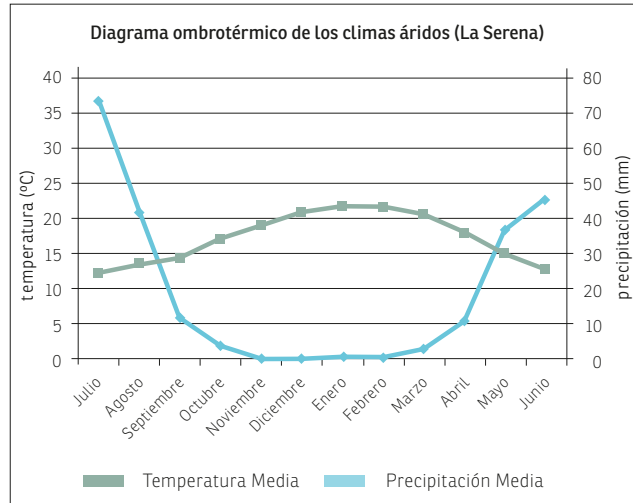
Zona esteparia fría de altura (Puna o Altiplano)

Situado por sobre los 3000 metros en Los Andes nororientales del territorio chileno, en verano, esta área recibe la visita de las depresiones tropicales provenientes de la región amazónica, provocando una estación de lluvias estivales que va de diciembre a marzo. La precipitación anual se sitúa entre los 150 y 300 milímetros. Por la altitud, el régimen térmico es extremadamente frío con una acumulación anual de días grado no superior a 500. Se registran heladas (temperaturas inferiores a 0°C) durante todo el año. El periodo seco dura entre 8 y 12 meses.



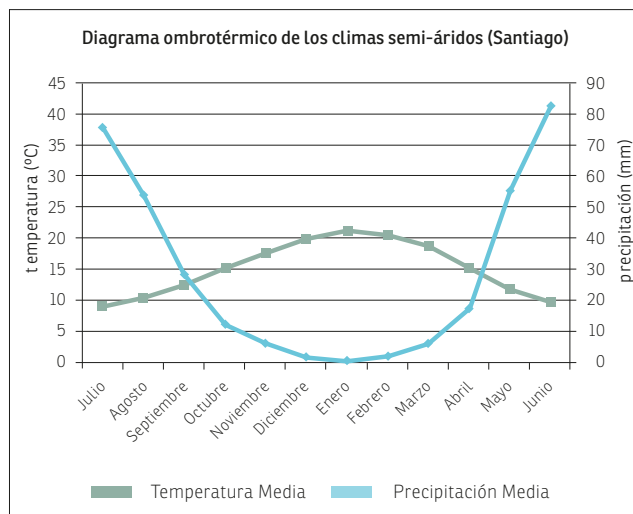
Zona árida (Coquimbo a Aconcagua)

La precipitación anual varía desde 100 mm en Coquimbo a 300 mm en Aconcagua. El período seco se extiende por 8 a 11 meses y el déficit hídrico anual se mantiene entre 1000 y 1200 mm. El índice de humedad invernal pasa de valores algo inferiores a 0,5 a algo superiores a 1, lo que evidencia la existencia de una corta estación húmeda de 1 o 2 meses. El régimen térmico acumula anualmente de 1600 a 1700 días grado.



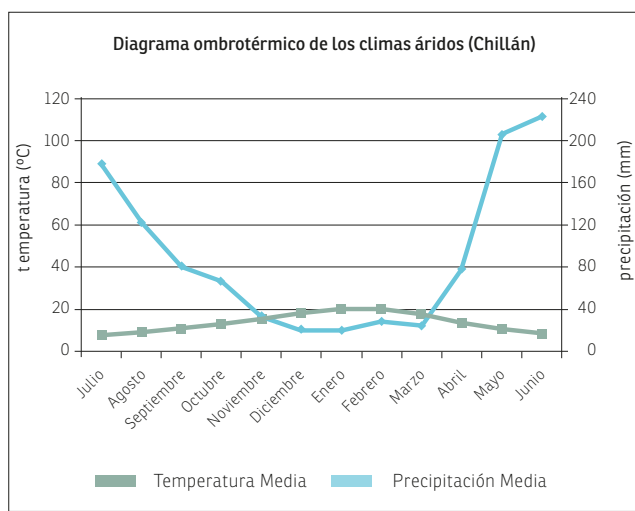
Zona semiárida (Aconcagua a Región del Maule)

Se extiende entre el río Aconcagua y la Región del Maule, excluyendo la cordillera de Los Andes en esta última región. Incluye además una importante superficie pampeana en Magallanes y algunos sectores transandinos de Aysén. El período seco se reduce a 7 u 8 meses, el déficit hídrico anual se mantiene entre 800 y 1000 mm. El período húmedo varía entre 2 y 4 meses. El índice de humedad invernal se mantiene entre 1 y 3, lo que revela la existencia de un invierno breve pero con humedad suficiente. El excedente invernal de precipitaciones varía entre algunas decenas de milímetros hasta algo por sobre los 300 mm anuales. El régimen térmico acumula anualmente 1200 a 1600 días grado.



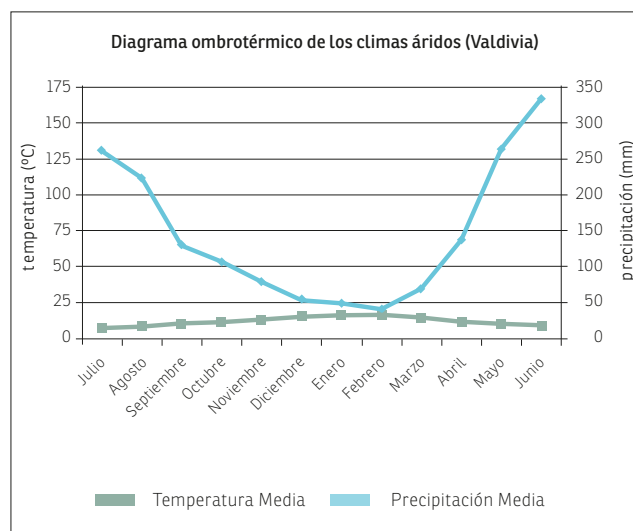
Zona Sub-húmeda (Región del Maule al Bío-Bío)

Se extiende entre la Región del Maule y el río Bío-Bío. Incluye la cordillera andina de las regiones de Santiago y el Libertador Bernardo O'Higgins. El período seco dura alrededor de 6 a 8 meses y la estación húmeda unos 4 meses. El déficit hídrico se mantiene entre 700 y 900 mm/año. El excedente hídrico se sitúa entre 300 y 400 mm/año. El índice de humedad del invierno es de 3 a 5. Con la excepción de algunos núcleos cálidos del secano interior, el régimen térmico acumula anualmente entre 1600 y 1200 días-grado, lo que es similar a la zona semiárida situada más al norte.



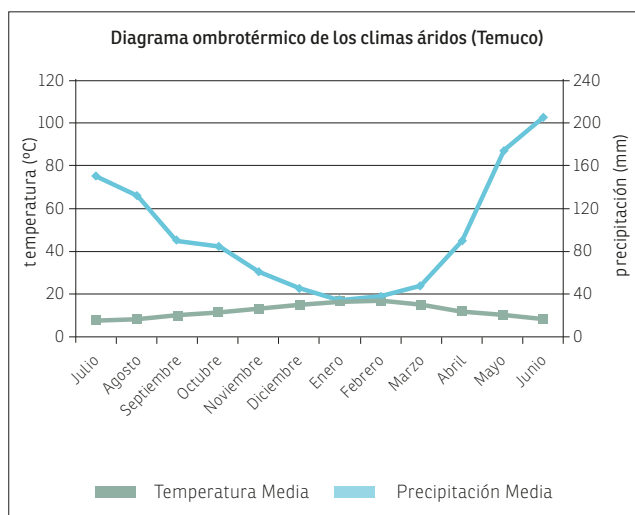
Zona Per-húmeda (del Toltén al Sur)

Se extiende desde el río Toltén al Sur, proyectando hacia el norte por la cordillera de los Andes y la costa. No existe un período seco propiamente tal, por lo que el déficit hídrico tiende a ser casi nulo. El período húmedo es de 8 a 12 meses, con excedentes hídricos superiores a 1300 mm/año. Los días-grado van desde los 900 en el límite con la Región de Los Lagos a unos 500 en Chiloé.



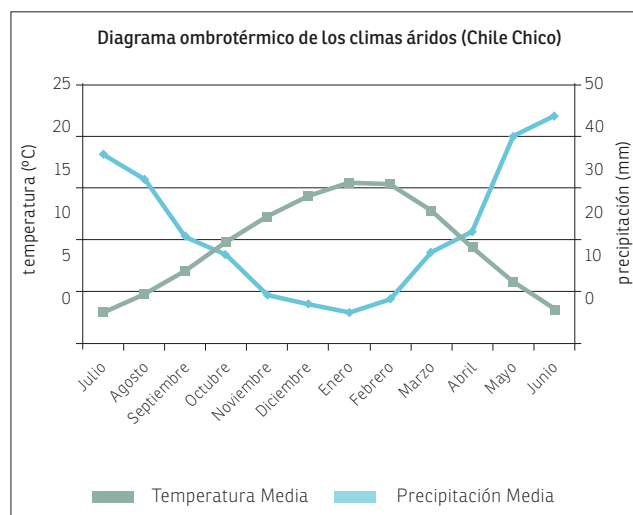
Zona Húmeda (Del Bío-Bío al Toltén)

Se extiende entre el río Bío-Bío y la Región de La Araucanía por el interior, proyectándose hasta la Región del Maule por la cordillera andina. El período seco dura entre 3 y 6 meses, con un déficit hídrico de 500 a 800 mm/año. El período húmedo dura 5 a 6 meses. El excedente hídrico va de 400 a más de 1000 mm/año, con un índice de humedad invernal de 5 a 12. Los días grado decrecen desde 1200 en el límite norte de esta zona, hasta unos 900 en el límite sur de la Región de La Araucanía.



Zona Esteparia fría semiárida

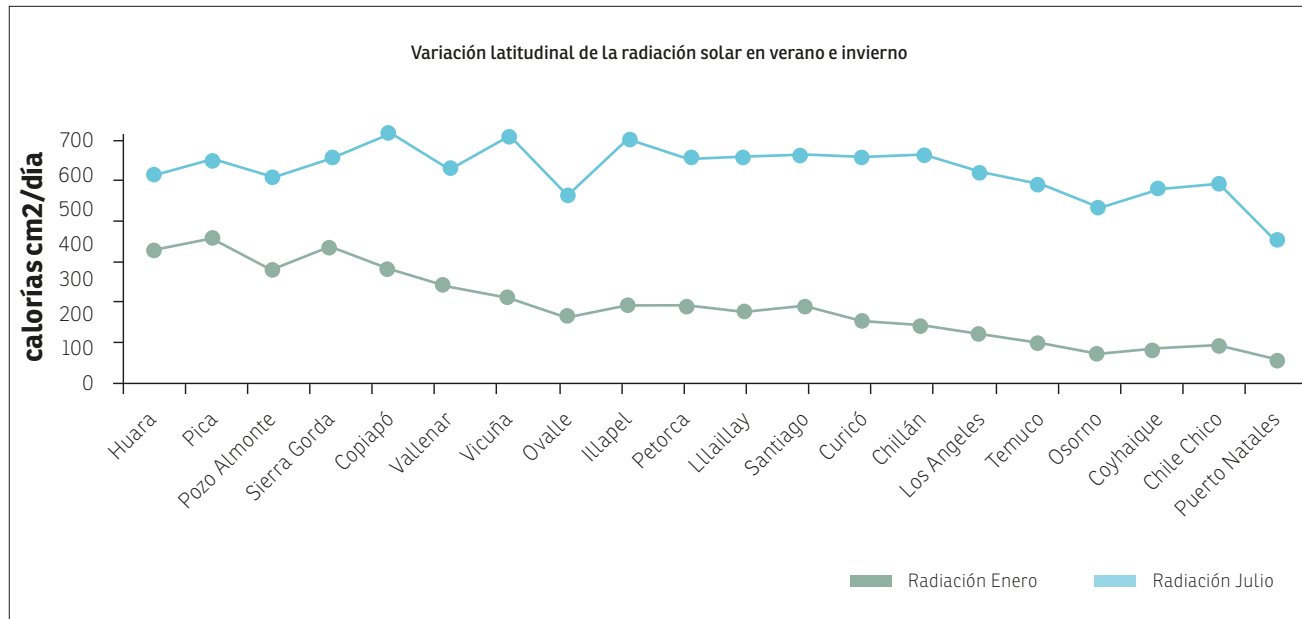
Comprende las regiones orientales de Aysén y Magallanes, especialmente en Tierra del Fuego. La precipitación se encuentra en equilibrio precario con la evapotranspiración, de modo que cualquiera deficiencia de lluvias, genera períodos de sequía. Los días grado no superan los 400 en todo el año. La precipitación anual se sitúa entre 200 y 600 milímetros. En las áreas más áridas el período seco puede llegar hasta 4 meses.



Régimen de radiación

El régimen de radiación es bastante homogéneo entre el extremo norte hiper-árido y la Región del Maule. En esta extensa zona la insolación anual se mantiene en torno de las 350 cal/cm² día. A partir de la Región del Bio-Bío la radiación comienza a declinar gradualmente, llegando a 300 cal/cm² día en la costa de la Región de La Araucanía.

En las regiones áridas, semiáridas y sub-húmedas, se producen mayores diferencias entre el secano costero e interior a una misma latitud que entre regiones. En la Región de Los Lagos la radiación anual cae por debajo de las 300 cal/cm² día, llegando a valores próximos a las 250 en Chiloé.



Camino a Punta de Choros, región de Coquimbo. Foto: Jorge Herreros.

SÍNTESIS SOBRE LOS REGÍMENES CLIMÁTICOS DEL TERRITORIO

El clima de costa occidental propio de la franja costera chilena le otorga a esta región una característica completamente distinta de la costa oriental (Atlántica) del continente Sudamericano. Las costas occidentales tienden a tener un clima más estable y fresco que sus homólogos orientales de los continentes. Esto, como consecuencia de las frías aguas marinas que se aproximan al continente por sus flancos occidentales. Los gradientes climáticos norte-sur son extraordinariamente tenues en la costa chilena. Para enfriar en un par de grados la costa, se requieren unos 800 a 1000 km de avance latitudinal. El efecto del océano frío se refleja en un litoral extraordinariamente nuboso, con un ciclo diario de nubosidad baja que mantiene cubierto los cielos hasta avanzadas horas de la mañana, retirándose completamente luego del mediodía. El contraste de temperaturas entre el mar frío y el continente calentado por la radiación solar en verano, hace que se produzcan vientos locales de mar a continente como producto de la convección continental que crea una succión de aire marino que hace penetrar la brisa varios kilómetros tierra adentro. Esto contribuye a crear gradientes térmicos marcados hacia el interior del continente. Mientras las temperaturas máximas aumentan hasta 100 o 120 km desde el litoral, las temperaturas mínimas disminuyen en la misma dirección, creando un cierto grado de continentalidad, especialmente en cuencas interiores con menor ventilación.

El aire fresco y húmedo arrastrado por la brisa marina, reduce las demandas evaporativas, lo que favorece la mantención de la humedad en el suelo por más tiempo luego de las lluvias. Como producto de esto, la costa chilena exhibe una vegetación más abundante que lo que sería esperable para iguales pluviometrías en otras regiones del mundo.

Dada la suavidad de los regímenes térmicos, la poca incidencia de temperaturas extremas y regularidad general del clima chileno, el factor más decisivo en la determinación de la evolución de la vegetación es la humedad estival. La severidad y la longitud de la estación estival seca es el rasgo climático más determinante de la evolución latitudinal de las comunidades vegetales. De hecho, el factor más variable entre ambos extremos de la zona costera, son los regímenes de humedad, que se extienden desde el desierto donde todo el año es seco, es decir, sin precipitaciones suficientes para cubrir al menos el 50% de los requerimientos de evapotranspiración, hasta el sur hiper-húmedo, sin estación seca y con excedente hídrico prácticamente permanente.

En este sentido puede observarse que los gradientes climáticos transversales, es decir de costa a interior, son frecuentemente más acentuados que los gradientes latitudinales, especialmente en lo referente a los grados de aridez. Por detrás de las elevaciones costeras se produce un efecto Föhn o "sombra de lluvia" que hace que las laderas orientales se

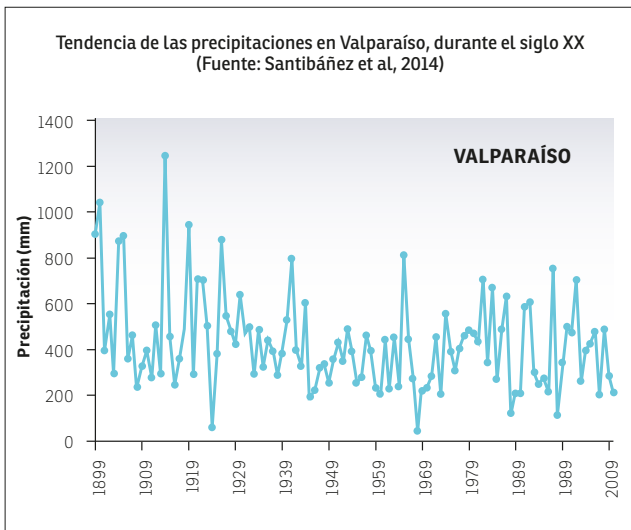
presenten notablemente más secas que las occidentales. Igualmente los sectores orientales, al estar más abrigados de la brisa costera, son más fríos en invierno y más cálidos en verano. Esto genera gradientes vegetacionales de mar hacia el interior prácticamente en todas las latitudes. En toda la extensión territorial del país, la cordillera de Los Andes actúa como agente generador de pisos climáticos con una fuerte determinante térmica. Considerando que la temperatura disminuye alrededor de 10°C por cada 1000 m de altitud, las montañas de 4000 m pueden crear climas con cerca de 40°C de diferencia en distancias relativamente cortas.

Los cambios climáticos recientes

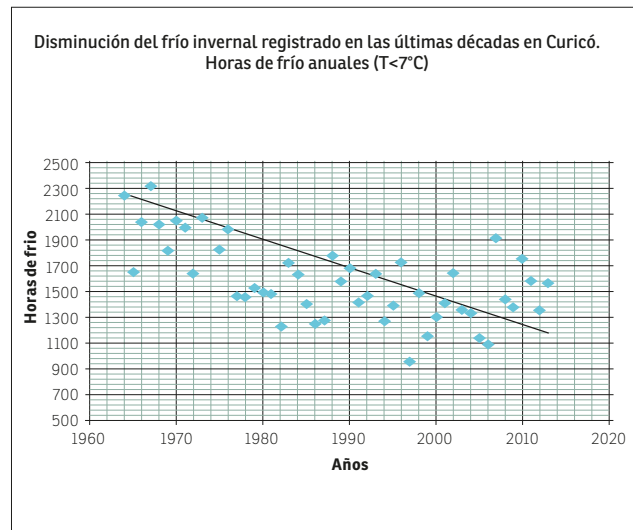
Las evidencias del cambio climático global también se hacen sentir, aunque algo más atenuados, en el territorio chileno. Las temperaturas máximas van al alza a razón de 0.25°C por cada década, mientras las mínimas lo hacen a razón de 0.12°C en igual lapso. Las proyecciones disponibles señalan que el clima chileno podría terminar el siglo con un alza de unos 2°C en la temperatura media anual, lo que del orden de la mitad de lo que se calentaría el mundo completo. Este retardo en el calentamiento de nuestros climas se deberá a la fuerte acción reguladora que ejercerá el Océano Pacífico, cuya corriente de Humboldt se verá reforzada por el incremento de la velocidad del viento sobre la superficie del océano. Como sea, es prácticamente imposible que un cambio de esta magnitud no tenga efectos en el comportamiento de la atmósfera, por lo que los cambios que sufrirá el escenario climático mundial y chileno serán uno de los grandes desafíos que enfrentará la humanidad en este siglo. Los cambios permanentes que podría sufrir el clima de las diferentes regiones del mundo, exigirán importantes acciones de adaptación para reducir los riesgos naturales, mantener la capacidad de producir alimentos, evitar la degradación de los ecosistemas, las extinciones de importantes especies, el agotamiento del agua dulce, la degradación de los suelos y un potencial desequilibrio biológico que afectaría a los ecosistemas naturales, agrícolas y a la salud humana.

Los recursos hídricos son uno de los elementos que deberán resistir a las mayores amenazas durante este siglo en Chile, debido al excesivo consumo y a la reducción de su disponibilidad asociado a los cambios que está experimentando el régimen de lluvias junto a la elevación de la línea de las nieves en la cordillera de Los Andes. La fuerte reducción que ha venido experimentando la precipitación anual en las regiones costeras de Chile hasta ahora es una señal más bien localizada en una franja litoral que hizo caer la media anual en 4 mm por década en La Serena y 80 mm en igual periodo en Valdivia. No sabemos en qué medida, durante este siglo, las regiones interiores podrían comenzar a mostrar similar tendencia. Como sea lo que acontezca con las precipitaciones, la hidrología de los ríos podría sufrir importantes consecuencias debido a la subida de 300 a 500 metros de la isoterma 0°C, lo que reducirá los depósitos de

nieve en la cordillera. Son numerosos los factores naturales que se conjugan en la crisis del agua en Chile. A estos, se agregan factores legales derivados del estatus legal que el país adoptó para este recurso, que facilitó la concentración de la propiedad de los derechos de agua. Se suma a esto, el alto uso del recurso en la generación eléctrica, la elevación de las isoterms que han reducido los depósitos de nieve, la sobreexplotación de los acuíferos, la contaminación de las aguas, la falta de una gestión de la cubierta vegetal en las partes altas de las cuencas, el cambio en el régimen de precipitaciones.

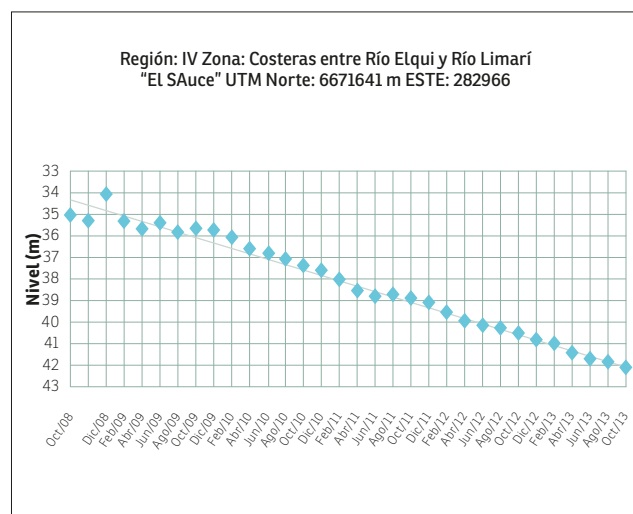
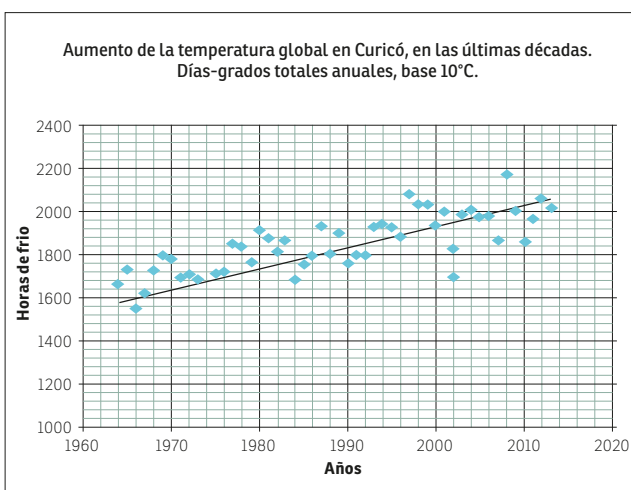


Por su parte, el aumento generalizado de las temperaturas mínimas durante el siglo XX, ha hecho que los inviernos sean menos fríos. Las horas de frío han bajado considerablemente durante los inviernos, lo que se debe, por una parte a que los veranos se prolongan a través del otoño más cálido, y a que las temperaturas mínimas subieron en poco más de 0.5° durante todo el siglo. De continuar esta tendencia, los ciclos de vida de plantas y animales podrían adelantarse, tal como se ha observado en Europa en la actualidad.



Las temperaturas máximas y mínimas han aumentado en los sectores interiores y cordilleranos del territorio. Contrariamente a esta tendencia, las temperaturas máximas han bajado en la costa, aun cuando las mínimas también muestra una tendencia creciente, aunque más atenuada que en sectores interiores. Este relativo "enfriamiento" de las temperaturas máximas en zonas costeras, es debido probablemente al aumento de la influencia marina, como consecuencia del reforzamiento de la corriente de Humboldt, que hace que los vientos provenientes del oeste se refresquen antes de ingresar al continente. Esto igualmente puede provocar un aumento en la nubosidad costera, lo que contribuye adicionalmente a refrescar las temperaturas diurnas en el litoral de Chile.

Un aspecto que puede tener una clara influencia negativa en la conservación de ciertos ecosistemas, es el marcado descenso de las napas freáticas, fenómeno observado entre Atacama y Los Lagos. Esto ha sido la causa primaria del secamiento de pequeñas quebradas y lagunas que servían de nicho a importantes relictos de bosque, así como importantes poblaciones de fauna nativa. Las quebradas costeras han sufrido el intenso rigor de este fenómeno, lo que ha puesto en regresión ecológica a importantes nicho de biodiversidad.



La extracción de aguas subterráneas a una tasa mayor a la recuperación de los acuíferos, la contaminación de las aguas, la falta de una gestión de la cubierta vegetal en las partes altas de las cuencas, el cambio en el régimen de precipitaciones han creado niveles crecientes de estrés hídrico en las cuencas de la zona central y norte del país.

Por su naturaleza los cambios climáticos son más bien graduales, lo que permite ir implementando las opciones de adaptación a las tendencias observadas. Chile está enfrentado a un fenómeno de descenso de la precipitación que no sabemos bien como

continuará. Es preferible pensar que la tendencia decreciente continuará. Por lo demás, es lo que dicen los modelos atmosféricos de que disponemos, los que indican que la precipitación de la zona central podría decrecer aun en 10 a 20%. De ser así, estaríamos transitando hacia un país algo más árido, como ocurrirá en todas las regiones del mundo que están al borde de un desierto. No podemos olvidar que el desierto de Atacama avanzó hacia el sur a razón de 0.4 a 1 Km por año durante todo el siglo XX. Es probable que esta tendencia continúe por algunas décadas antes de alcanzar el equilibrio que la detenga.



Chañares en caja del río Copiapó (región de Atacama). Destacan huellas de crecidas del río. Estas crecidas son cada vez más frecuentes e impiden el establecimiento de más vegetación, que ayudaría a reducir los efectos deletéreos de las inundaciones. Foto: Jorge Herreros.

El estrés bioclimático de los ecosistemas

Un cambio en la temperatura media de 1°C es suficiente como para crear niveles de estrés bioclimático difícil de enfrentar por los ecosistemas. Un cambio de esta magnitud equivale a desplazar centenas de Km el territorio de un ecosistema, debiendo enfrentar valores climáticos extremos a los que nunca desarrolló estrategias de adaptación evolutivas. La consecuencia puede materializarse en dificultades de reproducción, de crecimiento, de competencia con otras especies, gatillando con ello un proceso de regresión ecológica, donde las especies más rústicas podrían dominar el territorio de las más sensibles. En estudios detallados que hemos realizado sobre este tema, puede inferirse que los ecosistemas de la zona central serían los más amenazados por el cambio climático, por cuanto serían los que quedarían sujetos a mayores niveles de estrés, tanto por el alza en la temperatura, como por el cambio en el régimen de lluvias.

EL PASADO CLIMÁTICO, GEOMORFOLÓGICO Y OCEANOGRÁFICO EN LA MODELACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE CHILE

Las glaciaciones

El territorio ha sufrido el efecto de varias glaciaciones durante el Pleistoceno reciente y posteriormente una fuerte actividad eruptiva con la formación de numerosos conos volcánicos. Éstos se hacen notorios por la baja de altura promedio de la cordillera andina a partir de los 36 a 37° de latitud Sur. Varios volcanes muestran algún grado de actividad en la actualidad.

La glaciación es fruto de una variación climática que persiste por algunos miles de años. Durante estos períodos, la cantidad de nieve derretida es menor que la depositada en el terreno, haciendo crecer los cuerpos de hielo. Por el efecto erosivo que estos ejercen sobre la superficie, estos se han encargado de modelar el paisaje, en extensas áreas del territorio. Los glaciares actuales son los que se forman en terrenos montañosos o valles a gran altura o a alta latitud. En nuestro país es posible ver los glaciares remanentes de épocas más frías a todo lo largo de la cordillera de Los Andes, por sobre los 4000 m en la zona norte, hasta el nivel del mar en la región de Aysén. En la actualidad los glaciares están en retirada en todo el mundo, Chile no es una excepción a esta tendencia.

En un periodo que va de dos o tres millones de años, hasta cerca de diez mil años atrás, vastas zonas de Europa, Asia y América estuvieron dominadas por campos de hielo. La edad de Hielo, ocurrió principalmente en el Pleistoceno, extendiéndose hasta el Holoceno. (Husch, B. y Ormazábal C., 1996)

Los relieves actuales, los patrones de drenaje, lagos, ríos y tipos de suelo en las áreas cubiertas o afectadas por las capas de hielo, son el resultado de la erosión y depositación glacial. Este fenómeno es especialmente visible en la región de Los Lagos donde el relieve y la formación de sus numerosos lagos y ríos son producto de la acción de los glaciares retirados durante este periodo.



Páramo altoandino cercano al Nevado Tres Cruces, región de Atacama. Foto: Jorge Herreros.

Las glaciaciones en la región de Los Lagos han sido denominadas, según lo indicado en la tabla siguiente:

GLACIACIÓN	DURACIÓN
tEgual Da O Cara COL	(687.000 a 512.000) añ OS ant ES DE HOy.
rÍO LLICO	(480.000 a 338.000) añ OS ant ES DE HOy.
Sant a Mar ía	(262.000 a 132.000) añ OS ant ES DE HOy.
Llanqu IHuE	(75.000 a 14.000) añ OS ant ES DE HOy apr Ox.

Elaborado a partir de Vargas L., Milton, 2005

La distribución y la extinción de algunas especies de flora y fauna estuvieron relacionadas con el avance y retrocesos del hielo.

También hay evidencias de que el hielo influyó en la formación de “puentes” que sirvieron para el intercambio genético entre continentes como es el caso del estrecho de Bering y entre islas en el Caso de Australia y Nueva Guinea y el archipiélago Malayo. Estos intercambios genéticos se vieron favorecidos por el descenso del nivel mar que permitió las migraciones de poblaciones desde Asia a América y desde el Archipiélago malayo hacia Australia. (Husch, B. y Ormazábal C., 1996)

El vulcanismo

La roca fundida, el magma, se encuentra en profundidades de cincuenta a doscientos cincuenta kilómetros bajo la superficie de La Tierra. El magma puede escapar a la corteza o a la superficie si hay fracturas en la litosfera. El magma también puede alcanzar la superficie en zonas de subducción, en donde la litosfera presiona sobre las partes bajas fundidas del manto de La Tierra. Además, el magma alcanza la superficie a través de las grietas de la litosfera en los cordones montañosos que se extienden en el fondo marino, entre los límites de las placas. La mayor parte de la actividad volcánica ocurre en, o cerca de los límites de las placas tectónicas. Los diversos tipos de volcanes tienen varios patrones eruptivos con diferentes peligros asociados. La actividad volcánica bajo el mar se concentra en las cordilleras marinas en puntos calientes localizados, donde se emite magma en una forma gradual y lenta. No obstante, los volcanes submarinos que se encuentran a lo largo de la zona de subducción pueden ocasionar erupciones violentas con grandes descargas de vapor y cenizas a la atmósfera, e incluso causar maremotos. Un ejemplo dramático es la cadena volcánica activa en las costas de América del norte y del Sur, originados del choque de las placas continentales con las placas de la cuenca del Pacífico.

Los principales impactos los causan las cenizas volcánicas, los flujos de lava, la expulsión de material piroclástico y de gases. La ceniza volcánica fina expulsada puede alcanzar capas superiores de la atmósfera y flotar por varios años, lo cuál tiene





Paisaje moldeado por el vulcanismo y modificado por el ser humano. La mayoría de las especies vegetales observables son introducidas desde paisajes extranjeros. Al fondo de la imagen el volcán Villarrica, región de la Araucanía. Foto: Jorge Herreros.

incidencia en la radiación solar, y efectos en la temperatura atmosférica y de la superficie de la Tierra. Localmente, puede cubrir las áreas cercanas, provocando la muerte de flora y fauna incluida la población humana. En contraste también causan mayor fertilidad en años posteriores.

Los flujos de lava destruyen las áreas que cubren, quemando cualquier material combustible que entre en contacto con ellos. Los gases mezclados con las cenizas forman una nube muy candente capaz de carbonizar todo a su paso, y se caracteriza por su gran rapidez. Estas emisiones están compuestas por

monóxido de carbono, gases sulfurosos y cloruro de hidrógeno. (Husch, B. y Ormazábal C., 1996)

En los milenios pasados, el vulcanismo en Chile fue mucho más activo que en el presente, produciéndose grandes impactos ambientales. Las grandes áreas de la superficie terráquea cubiertas hoy por rocas basálticas son una evidencia de que la actividad volcánica ha sido una fuerza natural formadora de la actual estructura geológica de la Tierra. Diariamente hay actividad volcánica de menor magnitud, ocurriendo erupciones mayores cada cierto número de años.

Actualmente, en la zona de subducción se genera el calor suficiente para que se pueda desarrollar el vulcanismo a lo largo de Cordillera de los Andes, en toda el área influenciada por la Placa de Nazca.

Chile está asociado a este proceso desde tiempos geológicos, siendo el vulcanismo terciario y cuaternario el más representativo de la fisonomía actual. Esto ha hecho coincidir las altas cumbres con volcanes.

En la zona norte se localizan los volcanes activos de mayor altura chilena y mundial., como por ejemplo. El Nevado Ojos del Salado y el Lullailaco, sobre los 6700 m s.n.m. Se han formado extensos faldeos con el material de cenizas volcánicas.

En la zona central existe actividad volcánica de poca importancia habiendo los siguientes volcanes de importancia: Maipo, San José, Descabezado Grande y Chico, Tupungato y Tupungatito.

En la zona sur, en La Araucanía y Los Lagos se encuentra la mayor cantidad de volcanes activos.

Los más importantes son el Volcán Villarrica (2840 m s.n.m.) y el Volcán Llaima (3125 m s.n.m.). En los volcanes sureños las cimas están cubiertas de nieve por lo que aparte de desarrollarse eventos eruptivos y efusivos, las nieves y el hielo que se derrite provocan grandes lahares, como se conoce a las grandes avenidas de lodo, cenizas, lavas y rocas.

Otro volcán es el Osorno ubicado en medio de los Lagos Llanquihue y Todos los Santos, en donde se perciben huellas de aluviones asociados al calor de fumarolas y el derretimiento de la nieve en la cumbre.

En las últimas décadas se han desarrollado las siguientes erupciones principales:

- Lonquimay (2865 m s.n.m.): Se produjo una erupción fisural en el cráter Navidad, con grandes flujos de lava.
- Llaima: Se produjo una erupción en octubre de 1979, de quince horas, con derrames y flujos de lava. Al mes siguiente

se produjo dos fuertes emisiones de gases y piroclastos, las que agudizaron las efusiones de lava. En diciembre del mismo año se produjo la mayor fase eruptiva, con grandes lahares y derrames de lava que desembocaron en los lagos Villarrica y Calafquén. Un último ciclo eruptivo ocurrió en 1984.

- Volcán Calbuco en 1961
- Volcán Mirador en 1979
- Volcán Hudson (1906 m s.n.m.): Se produjo la erupción en 1991, al sur de Puerto Aisén. La primera fase fue corrientes de lava, luego vino una fase explosiva con columnas de 18 km de altura, y cuya pluma de cenizas alcanzó las Islas Malvinas, afectando edificaciones y actividades agropecuarias en territorio nacional y argentino, provocando incluso pérdidas de reses.

Otra forma asociada al vulcanismo son las fuentes hidrotermales que se encuentran a lo largo de toda la Cordillera de Los Andes. Ejemplo de estas son los géiseres del Tatio en la alta cordillera de Antofagasta, Termas de Socos, Termas de Colina en el sector norte de la Región de Santiago, Termas de Panimávida en El Maule, Termas de Huife en La Araucanía, Termas de Coñaripe y Termas de Puyehue en Los Lagos, y muchas otras, dentro de las que se encuentran las conocidas por la apertura de la Carretera Austral (Ruta 9). (Luzón, J.L.; Giral, J.M.; Ortiz Véliz, J. (cordinadores), 2001)

LA SISMICIDAD

Por ubicarse al borde de placas tectónicas activas, la sismicidad es una constante en el paisaje chileno. Los terremotos, a menudo son causados por la liberación de fuerzas generadas por la interacción de las placas, especialmente en las fallas. Cuando la tensión excede la resistencia a la ruptura de la roca, un repentino deslizamiento disipa la tensión y sucede el terremoto. El suceso de un terremoto puede tener efectos ambientales a corto y largo plazo. A corto plazo los efectos observables son sobre los inmuebles y calles en las ciudades y las vidas humanas, en forma directa o por los incendios ocasionados por los derrames o fugas de combustibles. Dentro de los impactos de largo plazo están los deslizamientos de tierra, las modificaciones topográficas, como el cambio en el curso de ríos o modificación de cuencas lacustres. Igualmente contribuyeron a estos impactos los maremotos, provocados por la dinámica de las placas tectónicas (Husch, B. y Ormazábal C., 1996). En algunos casos, la fisiografía ha sufrido importante modificaciones, modificando cursos de ríos y humedales. Cabe destacar, por ejemplo, que sitios emblemáticos como el Santuario del Río Cruces (Ramsar), en Valdivia, así como muchos sectores terminales de las cuencas hidrográficas entre Concepción y Chiloé, existen por el hundimiento que sufrieron producto del sismo ocurrido en mayo de 1960.

LAS VARIACIONES CLIMÁTICAS EL NIÑO, LA NIÑA Y LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS

El Niño

El Niño es un cambio en el sistema océano - atmósfera que ocurre en el Pacífico oriental, que induce cambios significativos en el comportamiento del clima sobre una extensa región del planeta. El nombre de "El Niño" (ENOS), corresponde a la denominación dada por los pescadores peruanos, quienes asociaron la llegada de este fenómeno hacia fines de diciembre, con la Navidad. Este fenómeno se observa en intervalos de dos a siete años y generalmente se inicia durante el periodo diciembre a marzo.

Un indicador clave del El Niño es la temperatura del agua superficial del océano, la que se alza entre 1 y 4°C tanto en el Pacífico central como en el oriental, en las costas Sudamericanas. El "calentamiento" de las aguas comienza tarde en la primavera y verano boreal y desarrolla un pico al cabo del año, con efecto mayor sobre el siguiente verano austral. Este fenómeno provoca una gran alteración en los mecanismos de circulación general de la atmósfera sobre una extensa área del planeta.

El aire caliente y húmedo sobre el océano genera tormentas eléctricas tropicales. Como el Pacífico calentado fluye hacia el este, las tormentas y temporales son más grandes en esa zona.

Por otra parte, las tormentas bombean aire tibio y húmedo a más de 15.000 metros de altura. Esto afecta, a su vez, las corrientes atmosféricas de altitud.

Durante los eventos El Niño, los centros de baja presión, formadores de nubes y precipitación, emigran desde el Pacífico

ecuatorial oriental, hacia las costas de América. Esto produce una alteración del patrón de la presión atmosférica descrito anteriormente, provocando cambios en la dirección y en la velocidad de los vientos. Los Alisios, que normalmente soplan de E a O, pueden invertir su dirección, trayendo la humedad desde el Oeste hacia las costas de América. El desplazamiento del máximo de temperatura superficial del mar va acompañado de un enfriamiento relativo en el Pacífico Occidental cercano a Asia. Le siguen precipitaciones intensas hacia el este, con inundaciones asociadas en Ecuador, Perú y Chile, y sequías en Indonesia y Australia. (Pro diversitas, 2005(a))

Aunque no hay aún pruebas estadísticas concluyentes, se cree que la conducta de las oscilaciones climáticas inducidas por El Niño, podría estar modificándose en la actualidad. Es muy posible que el calentamiento global traiga algunas modificaciones en la frecuencia, intensidad y trayectoria de esta oscilación, lo que acentuaría los cambios climáticos tanto en la región americana como asiática.

Los cambios en la temperatura influyen en la salinidad de las aguas, alterando las condiciones ambientales para los ecosistemas marinos. Estos cambios afectan las poblaciones de peces, especialmente en las áreas del Pacífico americano y, con ello, la actividad pesquera. Los cambios en la circulación atmosférica alteran el clima global, con lo que se afectan la agricultura, los recursos hídricos y otras actividades económicas importantes en extensas áreas del planeta.

Otros impactos adversos incluyen un aumento en la frecuencia de incendios forestales, inundaciones, erosión costera, alteraciones en el anidamiento de aves marinas y en los arrecifes coralinos (en los sitios que existen), así como la presencia de tormentas tropicales que pueden alterar las poblaciones de plantas y animales. (Pro diversitas, 2005(a))

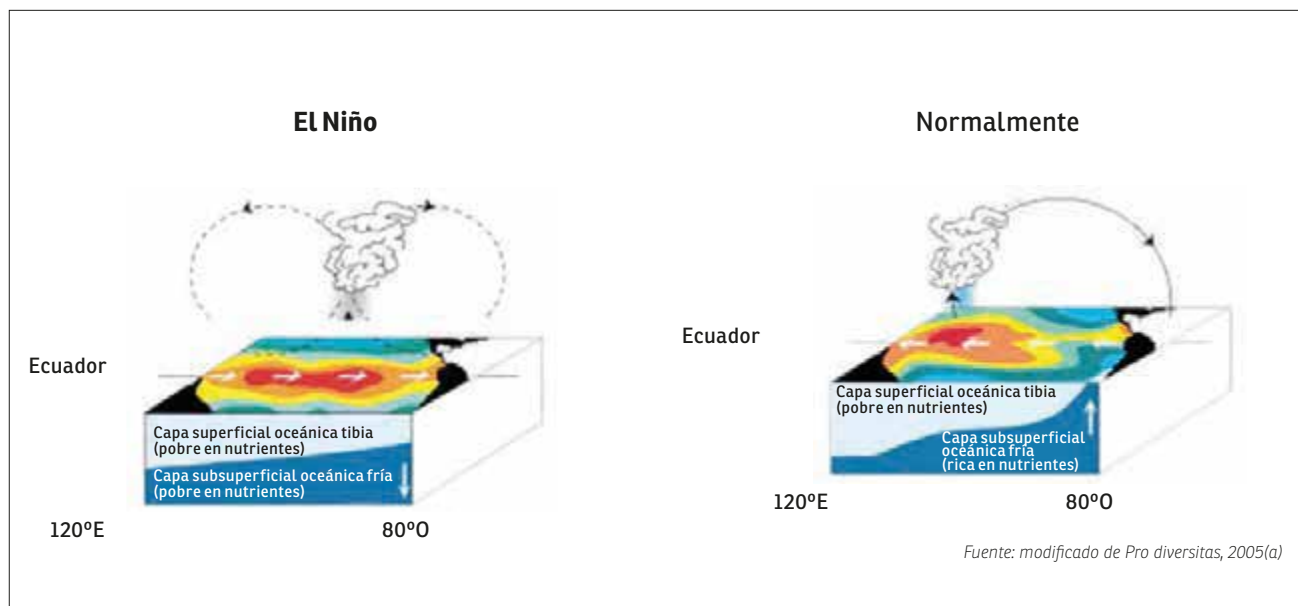


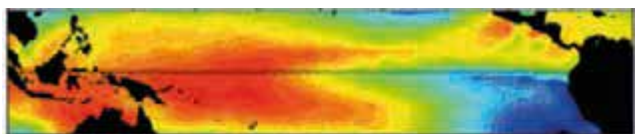
Figura 1. Cambios en la circulación atmosférica inducidos por "El Niño"

La Niña

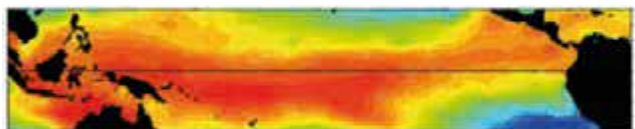
“La Niña”, es el término que se utiliza para denominar la fase fría del fenómeno ENOS. La Niña, por otra parte, se caracteriza por temperaturas oceánicas extraordinariamente frías en el Pacífico ecuatorial. Las anomalías del clima global asociadas con La Niña tienden a ser opuestas a las del Niño por lo que también ha recibido la denominación de “El Viejo”. Las condiciones de la Niña recurren cada cierta cantidad de años y puede persistir hasta 2 años.

Típicamente, La Niña es precedido por una generación de aguas subsuperficiales más frías de lo normal en el Pacífico tropical. Las ondas atmosféricas y oceánicas moviéndose hacia el Este ayudan a traer el agua fría desde las regiones Antárticas, reforzando la corriente de Humboldt, la cual durante el Fenómeno de El Niño estaba represada.

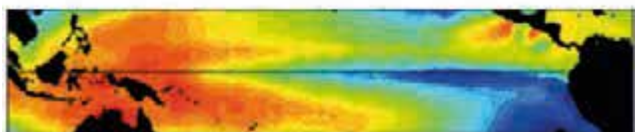
Además de las temperaturas frías en el mar, La Niña trae consigo una gran surgencia de aguas profundas, ricas en minerales, fomentando la productividad del plancton y, con ello, de la fauna marina. (Pro diversitas, 2005 (b))



Año habitual



Año de El Niño



Año de La Niña

Fuente: CPC ENSO y CICESE

Comparación entre El Niño, La Niña y la temperatura del Pacífico Ecuatorial

El Niño y la Niña resultan de la interacción entre las superficies del océano y la atmósfera en el Pacífico tropical. Los cambios en el océano impactan los patrones atmosféricos y climáticos alrededor del globo. A su vez, los cambios en la atmósfera impactan las temperaturas y corrientes del océano. El sistema oscila entre cálido (El Niño) a neutral o a frío (La Niña) con un promedio de 3 o 4 años por ciclo.

El comportamiento histórico de los eventos muestra una alternancia periódica. Por ejemplo, entre 1994 y 1995 estuvo presente el Fenómeno de El Niño y seguidamente ocurrió La Niña, evento que duró hasta 1996.

A raíz de un nuevo estudio, se indicó que el océano Pacífico es un factor clave en el clima mundial y que en los últimos 24 años la temperatura media superficial de sus aguas aumentó en 0,8 °C, posiblemente debido a la concentración de gases de efecto invernadero.

Los años de El Niño

1902-1903	1905-1906	1911-1912	1914-1915
1918-1919	1923-1924	1925-1926	1930-1931
1932-1933	1939-1940	1941-1942	1951-1952
1953-1954	1957-1958	1965-1966	1969-1970
1972-1973	1976-1977	1982-1983	1986-1987
1991-1992	1994-1995	1997-1998	2002-2003
2004-2005	2006-2007	2009-2010	2014-2015

Los años de La Niña

1904-1905	1909-1910	1910-1911	1915-1916
1917-1918	1924-1925	1928-1929	1938-1939
1950-1951	1955-1956	1956-1957	1964-1965
1970-1971	1971-1972	1973-1974	1975-1976
1988-1989	1995-1996	1998-1999	1999-2000
2000-2001	2007-2008	2010-2011	2011-2012

Fuente: Pro diversitas, 2005 (c)

Según los investigadores, las temperaturas superficiales durante el Plioceno eran muy parecidas a las que se producen durante El Niño. Esta tarea se realizó mediante el análisis de sedimentos que contenían caparazones de organismos marinos microscópicos que vivieron en la superficie de los océanos en el Plioceno, se halló que su estructura química era altamente sensible a la temperatura del agua. Al analizar su composición, se pudo reconstruir un registro detallado de las temperaturas de la superficie del océano Pacífico durante esa etapa. (Pro diversitas, 2005(c))

LAS SURGENCIAS FRÍAS DEL PACÍFICO SUR

Debido a la orientación de la costa y a la dirección de los vientos, el fenómeno de surgencia ocurre en gran parte de la costa chilena. Sin embargo, es usual que estos procesos se presenten localizados en lugares específicos, como por ejemplo, asociados a la presencia de puntas y cabos, donde hay vientos intensos. Las principales áreas de surgencia se ubican al sur de Arica, sur de Iquique hasta Punta Lobos, Antofagasta-Mejillones, al sur de Coquimbo, al sur de Valparaíso, San Antonio y la zona comprendida entre Talcahuano y el Golfo de Arauco. Estas

ERAS Y PERÍODOS	ESPACIO DE TIEMPO	SUCESOS EN LA FORMACIÓN DE CHILE
ERA PALEOZOICA		
Carbonífero	Desde los 345 millones de años	<p>Hace 300 millones de años existían dos supercontinentes. Laurasia y Gondwana. Éste última reunía a América del Sur, África, India, Australia y Antártica.</p> <p>Mientras existió Gondwana, el territorio de Chile no existía, sólo un vasto océano cuyas aguas esculpían directamente la costa occidental del continente, posiblemente en territorio argentino. La vida en tierra y mar aún era emergente y buscaba las formas evolutivas para desarrollarse.</p> <p>Pero los materiales erosionados, o sedimentos, de Gondwana se estaban depositando y acumulando lentamente en la fosa ubicada en el fondo del mar. También lo hacían las rocas ígneas que traía la propia placa marina desde su origen en la dorsal oceánica.</p> <p>Este proceso duró millones de años, mientras se libraba la primera titánica interacción de placas tectónicas por estos lugares.</p> <p>Hasta que se produjo el gran colapso debido a la saturación de la fosa. Entonces, la subducción comenzó a empujar los enormes volúmenes de materiales rocosos acumulados en la fosa hacia el continente –desde, seguramente la línea que ocupa la costa actual de Chile, más o menos-, y los distribuyó sobre la plataforma continental. Los unió a Gondwana en un gran proceso geológico de acreción, y éste creció hacia el oeste.</p> <p>Esta capa primigenia se llama basamento metamórfico paleozoico. Debido a la presión de millones de años, los sedimentos de aquellos tiempos se convirtieron en metasedimentos; y las rocas ígneas, en metaígneas. Estas últimas son las que actualmente conocemos popularmente como piedra laja, y cuya evidencia visible y sorprendente vemos hoy en la conformación de la Cordillera de la Costa. Todo el resto de esta formación quedó por debajo del actual relieve, quizás a muchos miles de metros de profundidad como base sólida sobre la cual en los próximos millones de años se irían acumulando otras capas rocosas.</p> <p>Este fenómeno abarcó toda el área que hoy se extiende entre Santiago y el Archipiélago de los Chonos, en la Región de Aisén y se extendió al menos por espacio de 150 millones de años, entre el Carbonífero hasta la primera parte del Triásico.</p>
Pérmico	Desde los 280 millones de años	Continúa la formación del basamento metamórfico paleozoico.
ERA MESOZOICA		
Triásico	Desde los 250 millones de años	<p>Con el fenómeno empezado en el Pérmico habían nacido las primeras cadenas montañosas y las depresiones del relieve.</p> <p>Al mismo tiempo comenzaron a operar las fuerzas modeladoras, produciendo erosión y meteorización, y fueron desnudando el terreno creado y arrastrando los materiales resultantes hacia las depresiones, llamadas cuencas de sedimentación.</p> <p>Tales cuencas fueron enormes lagos al comienzo y posteriormente gigantescas bahías marítimas, en las costas</p>

ERAS Y PERÍODOS	ESPACIO DE TIEMPO	SUCESOS EN LA FORMACIÓN DE CHILE
		<p>occidentales de Gondwana, posibilitando nuevamente el reinado del mar, pero ahora ya peleando palmo a palmo terreno con un territorio nuevo. Una de ellas se llamó la Cuenca Neuquén y abarcó al menos desde los actuales Alto Biobío hasta Panguipulli; también hubo una gigantesca cuenca en forma de bahía llamada Río Mayo, que ocupó gran parte de la actual localidad de Futaleufú y de Argentina.</p> <p>Los sedimentos generados por la erosión se fueron acumulando ahora en el fondo de dichas cuencas, dando inicio a la creación de la nueva capa de la torta. La potencia –o grosor- alcanzado por la capa de sedimentos ha sido estimada en 3 mil metros.</p> <p>Así, con esta segunda fase de aparente tranquilidad, en la región estaba llegando a su fin el Ciclo Orogénico Gondwánico y está por comenzar el decisivo Ciclo Orogénico Andino, que en una marcha de 120 millones de años sentaría las bases de nuestra actual Cordillera de los Andes y del paisaje que yace a sus pies, hasta el océano.</p> <p>Gondwana, comenzó a dividirse y estaba surgiendo el Océano Atlántico, ensanchándose poco a poco. Surgió una dorsal ahí en el emergente océano del este que alimentó la placa continental antigua –sobre la cual se formó Sudamérica- para empujarla constantemente hacia el oeste. Mientras tanto la placa oceánica del oeste, hacía lo propio en sentido contrario, subduciendo bajo la continental.</p> <p>Los dinosaurios estaban dominando en el mundo y lo harían durante 160 millones de años.</p>
Jurásico	Desde los 208 millones de años	En el Jurásico y el Cretácico temprano. La vida bullía en las tierras de la actual Argentina y en los mares del actual Chile sureño.
Cretácico	Desde los 146 millones de años	<p>A partir del Cretácico medio y hasta el Eoceno tiene lugar una nueva era de cambios dramáticos, provocados la subducción. La compresión intensa derivada del choque de las placas genera nuevos plegamientos y deformaciones en las enormes capas sedimentarias que se había acumulado en los fondos marinos. Ello da origen a enormes montañas que reemplazan a las antiguas. Se producen fenómenos magmáticos, surgen volcanes y el granito se eleva desde la astenósfera sin poder salir a la superficie, creando colosales montañas. Está naciendo un nuevo paisaje y las cadenas montañosas antecesoras de la actual Cordillera de los Andes.</p> <p>El Ciclo Orogénico Andino bajo el cual vivimos aún, ha pasado por lo menos por 6 periodos o fases fundamentales muy extensas de construcción y destrucción, de invasiones montañosas y marítimas, de volcanes que nacen y mueren.</p> <p>La primera fase comienza hace 120 millones de años, en el Cretácico medio hasta el Eoceno, en el Terciario. Ya no existe</p>

ERAS Y PERÍODOS	ESPACIO DE TIEMPO	SUCESOS EN LA FORMACIÓN DE CHILE
-----------------	-------------------	----------------------------------

		<p>Gondwana, que se separa en Sudamérica, África, Antártica, Australia e India.</p> <p>La compresión de las capas sedimentarias es el resultado de la disgregación de Gondwana. Las placas tectónicas se enfrentan con mayor intensidad que nunca, mientras que el granito vuelve a fluir desde las enormes profundidades pero sin salir a la superficie dejando el terreno levantado y convertido en cadenas montañosas.</p> <p>Al concluir el Cretácico terminaba también el prolongado dominio de los dinosaurios debido a cambios colosales en el clima global.</p>
--	--	---

ERA CENOZOICA

Terciario

Paleoceno

Desde los 65 millones de años

Pero la vida ya había encontrado un nuevo camino para continuar. Llegaba el Terciario con él se abrían las posibilidades para los mamíferos, que se adueñaron de la Tierra pero después de 65 millones de años se vieron obligados a cederla al hombre y a su civilización.

Eoceno

Desde los 54 millones de años

La primera fase concluye de la forma habitual, con los materiales generados por una fuerte ofensiva erosiva en el fondo de las cuencas, surgiendo nuevas capas sedimentarias. De las montañas originales del periodo prácticamente desapareció todo bajo la fuerza de la erosión

Cerrando el Eoceno, la fuerza de la subducción y la consiguiente compresión crea una proto Cordillera de los Andes, en la segunda fase.

Oligoceno

Desde los 38 millones de años

Al entrar al Oligoceno –donde a nivel planetario se establece la ubicación actual de los polos terráqueos y se forma la helada Antártica como la conocemos hoy- el mar vuelve a invadir los terrenos de la zona. Se trata de la tercera fase y un aparente periodo de paz en el enfrentamiento de las placas tectónicas, y surgen varias cuencas o inmensas bahías marítimas que cubren de agua la tierra sureña. Por ejemplo, están las cuencas de Valdivia, de Osorno-Llanquihue y la de Chiloé. Las capas de sedimentos que se acumulan en el fondo de estos mares llegan a alcanzar los mil metros de espesor. Es un periodo de fuerte magmatismo, nacen antiguos volcanes incluso en la actual isla de Chiloé que empiezan a darle su actual fisonomía a ese territorio.

Pero la erosión es tan grande en estas épocas que prácticamente la región vuelve a quedar sólo con el basamento metamórfico gondwánico, y lo queda, queda como la Cordillera de la Costa. En esta fase también se elevan masas de granito, que cristalizan a (7 u 8) kilómetros de profundidad y que en definitiva conforman las actuales montañas.

Lo más importante de esta dinámica etapa, es que se forma la “plantilla” de lo que sería el actual relieve central y sureño: Cordillera de la Costa, Depresión Intermedia (cubierta de

ERAS Y PERÍODOS	ESPACIO DE TIEMPO	SUCESOS EN LA FORMACIÓN DE CHILE
		<p>agua) y Cordillera de los Andes.</p> <p>La cuarta fase se inicia hace 10 millones de años y se trata de una nueva fase de compresión. Hace tiempo que ya tenemos a nuestra Placa de Nazca subduciendo bajo la Continental. La morfología actual está casi lista, pero la erosión volvería a cumplir su habitual papel de barrer con las montañas, creando una nueva capa de la torta.</p>
Mioceno	Desde los 24,5 millones de años	<p>La quinta fase, a la altura del Mioceno es de nueva compresión. Las placas tectónicas vuelven a aprisionar las capas sedimentarias, cimbrándolas, deformándoles y convirtiéndolas en montañas. El mar desaparece y el paisaje alcanza por primera vez un parecido al actual. Esta es también una época de granitos y la consiguiente formación de montañas y elevación de otras.</p>
Plioceno	Desde los 5 millones de años	<p>Hace 3 millones de años durante el Plioceno –en que se supone que Sudamérica se unió a Norteamérica a través de Centroamérica- comenzó una nueva fase del Ciclo Andino. Se habla de un rápido alzamiento de la Cordillera de los Andes derivado de la acción de nuevos granitos y del volcanismo. Este proceso de alzamiento dura hasta hoy y se calcula en unos 2 metros cada mil años, aproximadamente. La erosión está cumpliendo su papel inevitable, aunque ya no hay mar, este se ha retirado más allá de la cadena montañosa de la Costa.</p>
Cuaternario		
Pleistoceno	Desde los 2 millones de años hasta los 14 mil años antes de hoy	<p>Hace 2 millones de años y como parte de un fenómeno climático global que afectó a todo el planeta se inició el Cuaternario, cuyo primer periodo conocido como Pleistoceno también es llamado la Edad del Hielo. Este primer y helado periodo, concluido en nuestra zona hace unos 14 mil años, terminaría por configurar definitivamente el territorio de la región de La Araucanía y Los Lagos hacia el sur.</p> <p>Herencia de este periodo, no solamente son los grandes volcanes de la Cordillera de los Andes, sino que también los lagos del sur de Chile.</p> <p>Se trata de la última gran intervención que experimentó la configuración del paisaje chileno, lo que no significa que hayan dejado de operar las descomunales fuerzas interiores de la tierra.</p> <p>Este periodo es el que ve al hombre sobre la faz del planeta, primero en África para después colonizar toda la Tierra, convertido ya en Homo sapiens hace más de 100 mil años. Hace más de 30 mil años llegaría a América y a nuestra zona hace, por lo menos, 12.500 años.</p> <p>Las temperaturas ambientales llegaron a descender tan abruptamente y durante periodos de decenas de miles de años que los hielos comenzaron a acumularse en el sur del territorio chileno y en la Cordillera de los Andes y desde allí se abalanzaron sobre la Depresión Intermedia, en forma de</p>

glaciares y lóbulos enormes de hielo, cubriendo la zona con un manto blanco de centenares de metros de espesor, que duró por varios miles de años, arrasando con vegetación y fauna de cada época y de lo cual sólo se salvaron los más fuertes. Fue tal la cantidad de agua que se congeló en el mundo que los océanos llegaron a descender hasta más de 100 metros en relación al actual nivel, abriendo nuevos espacios para la vida allí donde los hielos no llegaron.

Se cree que estos cambios globales de orden climático han ocurrido varias veces en los casi 4 mil millones de años que tiene la Tierra, pero de los cuales existe mayor evidencia en el Cuaternario. Ellos han tenido su origen en cambios de alcance astronómico a nivel por lo menos de nuestro sistema solar, o en alteraciones en la inclinación del eje terrestre. Respecto a esta última posibilidad se ha comprobado que el Polo Sur no siempre estuvo donde está hoy y que por eso la Antártica en alguna época de la historia del planeta fue un verdadero paraíso para la vida animal y vegetal. No de puro gusto en el continente helado han sido hallados fósiles de animales y vegetales que vivieron en un pasado muy lejano en condiciones de selva tropical.

Los geólogos han logrado determinar que en la Región de Los Lagos ocurrieron al menos cuatro de estas glaciaciones, separadas unas de otras por sus respectivos periodos de interglaciaciones, es decir periodos intermedios, y en que el clima pudo haber sido como el actual.

Desde la más antigua, estas glaciaciones en nuestra región han sido denominadas:

Tegualda o Caracol, que se extendió entre los 687.000 a los 512.000 años antes de hoy.

Río Llico, se extendió entre los 480.000 a los 338.000 años antes de hoy.

Santa María, duró entre los 262.000 y los 132.000 años antes de hoy.

Llanquihue, comenzó hace 75.000 años y se extendió hasta hace 14.000 años aproximadamente.

Sin embargo, se está a punto de develar para nuestra región la existencia de una quinta glaciación, mucho más antigua que las mencionadas. Se estima que esta pudo haber ocurrido hace más de 800 mil años. Se han hallado testimonios morrénicos del fenómeno en las cumbres de la Cordillera de la Costa, a alturas promedio de 500 metros sobre el nivel del mar.

La glaciación que definitivamente terminó por modelar nuestro actual paisaje fue la Llanquihue, a la cual debemos la actual fisonomía cordillerana, de nuestra Depresión Intermedia y de nuestros lagos sureños.

A partir de los 75.000 años antes de hoy, los hielos comenzaron a avanzar nuevamente tras un periodo de miles de años de retiro. Esta glaciación concluyó hace 14 mil años aproximadamente, con lo que terminó el llamado Pleistoceno o Edad del Hielo en nuestra región y se abrió paso al actual Holoceno.

Esta vez, sin embargo, las enormes masas de hielo no fueron tan lejos y cubrieron buena parte de Chiloé, incluyendo el mar interior, el actual Seno Reloncaví, el Canal de Chacao que era la vía por la cual escurrían hacia el mar las aguas del deshielo y, por cierto, todas las cuencas que hoy constituyen los lagos. No avanzó más allá de la línea que fija actualmente la Ruta 5 y sus huellas morrénicas y glaciafluviales las puede ver el viajero en los cortes que se hicieron para abrir paso al camino.

Pero la Glaciación Llanquihue no fue un fenómeno continuo y tuvo sus avances y retrocesos. Avances conocidos como pleniglaciales y retrocesos como interestadiales. Entre los 45.000 a 30.000 años antes de hoy se produjo un interestadial que abrió camino a enormes y profundos valles que hoy son mares interiores como el Seno Reloncaví y el sector oriental de Chiloé, en que reinó el bosque nativo, especialmente especies como el alerce y el ciprés de las Guaitecas y de los cuales se pueden apreciar tocones y restos pre fosilizados en algunos puntos de esas áreas.

El pleniglacial iniciado hace 30.000 años –según lo han reportado los doctores Villagrán y Roig- le daría un golpe brutal a dichas especies vegetales obligándolas a emigrar a la Cordillera de la Costa o a colonizar áreas bien circunscritas que estuvieron en la periferia de los lóbulos glaciales en la Depresión Intermedia.

Holoceno

Desde los 14 mil años, hasta hoy.

Tras el retiro de los hielos en el sur y en el este, la Depresión Intermedia quedó nuevamente disponible, primero para la vida vegetal y animal y más tarde para el ser humano. El mar subió su nivel hasta el actual y el paisaje quedó configurado como es hoy, ahora con el aporte del hombre, con sus industrias y actividad cada vez más estresante y el ataque incesante contra la naturaleza que tantos millones de años tardó en construirse. En el Holoceno, el bosque nativo coloniza la Depresión Intermedia ya libre de hielos, pero con una presencia mínima y dispersa de seres humanos que, aunque primitivos, supieron vivir en armonía con el medio ambiente que les ofrecía un verdadero paraíso terrenal para la existencia.

El Holoceno, que es periodo en el cual vivimos hoy, ha sido un periodo aparentemente tranquilo desde el punto de vista geológico. La subducción de la placa marina continúa bajo la continental y ha sido la responsable de los innumerables y devastadores terremotos que se han registrado en la zona y de los cuales la historia registra varios. Del mismo modo, han tenido lugar violentas erupciones volcánicas, como las ocurridas en el Osorno y Calbuco hace miles de años y que dieron origen a la actual configuración de los lagos Llanquihue y Todos los Santos, cambiando el curso del río Petrohué hacia el Estuario Reloncaví y abriendo el río Maullín.

áreas coinciden con las zonas donde se localizan, en forma abundante, las principales especies que componen la pesquería pelágica chilena. (CONA)

AMENAZAS DE ORIGEN ANTRÓPICO A LA BIODIVERSIDAD EN CHILE: DESERTIFICACIÓN, CAMBIO CLIMÁTICO, DISPONIBILIDAD DE CUERPOS DE AGUA.

A todas las fuerzas naturales, descritas anteriormente, que han modelado el paisaje chileno, se suman aquellas que se originan en las actividades humanas como la minería, la agricultura, la urbanización, la industria y otras, algunas de las cuales han incidido fuertemente en los recursos naturales. El ser humano ha ido ocupando espacios ya sea para asentarse o para explotar los recursos naturales en busca de energía, alimentos y materias primas. Esta ocupación ha producido profundas distorsiones en los sistemas naturales, algunas de las cuales se han transformado en amenazas para la subsistencia de poblaciones de plantas y animales.

DESERTIFICACIÓN

Se ha llamado desertificación al proceso de degradación de los sistemas naturales de regiones áridas, semiáridas y subhúmedas, produciendo un profundo impacto en las posibilidades de sustento de las poblaciones humanas. En Chile, durante el siglo XIX, la actividad minera no metálica y metálica, fue la mayor determinante del despoblamiento vegetal, especialmente de Santiago al norte. La gran demanda de energía por parte de esta actividad, motivó la existencia de un dinámico mercado de biomasa, razón por la que se extrajo masivamente la vegetación leñosa en extensas áreas del país. Posteriormente, se agregó a esta fuerza humana, el florecimiento de la agricultura cerealera de exportación, en respuesta a las demandas de granos creada principalmente en la costa oeste de USA durante la época de la fiebre del oro californiana (1850). Esto motivó la incorporación de una extensa área, especialmente en la región costera entre la IV y la VIII Regiones, al cultivo de trigo, despoblando con ello a los ecosistemas costeros. Esta actividad estimuló el cultivo de terrenos no arables, con baja velocidad de infiltración, en pendiente, lo que condujo a la erosión de los suelos en distintos grados, alcanzando, en ciertos casos, niveles dramáticos de pérdida de suelo.

A la agricultura se adicionó la crianza de ganado, especialmente caprino, que pasaría a constituirse en la principal fuente de ingresos para las poblaciones de parte de la IV y V regiones. Cabe destacar, que no ha sido la ganadería en sí el factor degradante, sino la ausencia de sistemas de pastoreo sustentables. El ganadero chileno de regiones áridas, casi no ha utilizado sistemas de manejo de los terrenos de pastoreo, haciendo más bien un talaje continuo, exhaustivo, que no permite la regeneración de las poblaciones de plantas mediante el uso de recesos periódicos.

El frente de desertificación más activo está en la IV región. No obstante esto, el fenómeno se extiende a casi todo el territorio, afectando a casi el 50% de éste (30 a 40 millones de hectáreas).

El avance de la frontera agropecuaria, hacia la precordillera y hacia las regiones australes, especialmente durante la primera mitad del siglo XX, produjo la deforestación de valiosos ecosistemas, entre los que se incluyen el bosque esclerófilo de la Zona Central,





el bosque Maulino, el bosque Valdiviano, los bosques de coníferas australes (Alerce, Ciprés de las Guaitecas, Araucaria) y el bosque de Lenga en la región austral. Algunas de estas formaciones vegetales resultaron reducidas y fragmentadas al punto de ponerlas seriamente en peligro, como es el caso del bosque esclerófilo y del bosque maulino. El bosque esclerófilo está en la actualidad reducido a ocupar pequeños espacios en quebradas y laderas que no han tenido interés para la agricultura.

Dentro de las causas sociales de la desertificación se cita a la pobreza y falta de acceso a la tecnología y a los recursos financieros, produciéndose un pernicioso círculo vicioso desertificación-pobreza, los cuales de retroalimentan.

CUERPOS DE AGUA

Los cambios más significativos en los cuerpos de agua se observan en los glaciares. Prácticamente a lo largo de toda la geografía éstos se han retirado centenas de metros, elevando su frente inferior en un promedio de 300 metros en la cordillera de Los Andes. De continuar este ritmo de contracción, importantes glaciares, especialmente de la zona norte podrían tender a desaparecer en los próximos 100 años. Este hecho no sólo representa una menor disponibilidad de reservas de agua andinas, sino, además tiene como consecuencia un cambio en el régimen de escorrentía, ya que más agua escurrirá en épocas invernales y menos en la estival. Esto podría afectar a los ecosistemas ribereños y a los humedales dependientes de cursos de agua.

Muchos humedales, especialmente en la región Central y Norte, se han visto afectados por la derivación de cauces naturales hacia canales de regadío o para extracción de agua potable, y por la intensa extracción de aguas subterráneas que ha hecho descender las napas en las frágiles zonas áridas, donde la recuperación de éstas es lenta.

El intenso uso de las aguas de los ríos, de Santiago al norte, ha situado algunas cuencas por debajo de sus caudales ecológicos. Los caudales sobrantes de los ríos de esta extensa área del país, se sitúan claramente por debajo del 50% del caudal afluente. Esto quiere decir que en años secos, la relación caudal sobrante/caudal afluente cae a niveles claramente preocupantes.

SÍNTESIS

Los recursos bióticos que pueblan el territorio chileno, son el resultado de la acción conjunta de una diversidad de fuerzas naturales modeladoras que, en el pasado, produjeron fuertes oscilaciones y cambios profundos en la fisonomía de los paisajes. Esta dinámica geológica ha constituido una potente fuerza evolutiva, la que ha recibido alternadamente influjos tropicales y templados. Esto explica la coexistencia de especies de ambos orígenes, especialmente en la zona Central del país. El territorio, por su configuración, presenta una gran diversidad de ambientes físicos, con variadas combinaciones de clima y suelos. A pesar de esto, la diversidad biológica es moderada debido al carácter insular del territorio, y el relativo aislamiento dado por las importantes barreras naturales. Esto mismo explica el fuerte endemismo de la flora y la fauna actuales.

◀ Quebrada de Allane, donde el río del mismo nombre aporta sus aguas al río Lluta que desemboca en el mar. Foto: Jorge Herreros

*Estepa patagónica chilena. Se observa vegetación adaptada a fuertes vientos y baja temperatura. Se observa un sector de Balmaceda, región de Aysén.
Foto: Flavio Camus.*









CAPÍTULO
HISTORIA DE
LA BIOTA CHILENA

2



◀ *Vaina con esporas de la cola de caballo o yerba del platero (Equisetum giganteum). Es una especie común en el valle del río Lluta. Es una planta que sus orígenes se remontan a 100 millones de años atrás. Y ha sido usada como planta medicinal por los pueblos originarios de nuestro país.*
Foto: Jorge Herreros

◀◀ *Río Huairavo, inmerso en los bosques magallánicos y que desemboca al Estrecho de Magallanes.*
Foto Jorge Herreros

LA BIOTA CHILENA

José Yáñez¹ y Gloria Rojas²

INTRODUCCIÓN

La estructura de la naturaleza no es isomórfica a través del tiempo. Las comunidades biológicas que observamos hoy presentan una estructura que es el resultado de una historia de cambios en las distribuciones y abundancias de los diferentes organismos que las originaron, a partir de fechas tan lejanas como el Cretácico o recientes como el Pleistoceno tardío o el Holoceno, y generadas por cambios geográficos, orogénicos y/o climáticos (e.g. Graham, 1986). Estos cambios en distribución y abundancia de las distintas especies se dan a diferentes escalas temporales, las que abarcan desde un año hasta millones de años (Raup & Jablonsky, 1986; Delcourt & Delcourt, 1987).

DESDE LA FAUNA

Sabemos que la fauna de mamíferos de Chile ha variado en el tiempo. Por ejemplo, hasta hace unos 15.000 A.P. (Pleistoceno), numerosas especies de megamamíferos poblaban el actual territorio chileno (Tamayo & Frassinetti, 1980; Canto et al., 2010; Labarca, 2015).

Los estudios paleoecológicos de mamíferos chilenos no son abundantes y la escasa información disponible está sesgada temporalmente. Al revisar los trabajos sobre paleontología en mamíferos para Chile, se aprecia que las investigaciones en torno a la paleoecología son mayoritariamente discutidas para edades de los últimos 15.000 años, ya que existe una mayor concentración de datos, y especialmente para roedores. Esta ausencia de investigaciones obedece en gran medida a la falta de especialistas, sumado a la carencia de trabajos interdisciplinarios que abarquen en forma adecuada la tafonomía, la estratigrafía y la taxonomía de otros grupos de mamíferos y otros vertebrados (Tamayo & Frassinetti, 1980; Canto et al., 2009a; Canto et al., 2009b; Canto et al., 2010).

La mayor información concierne al Pleistoceno tardío (15.000 - 10.000 A.P.) y Holoceno (10.000 A.P.- 0), cuando ya las poblaciones humanas ocupaban el territorio nacional. De hecho, una revisión de la literatura zooarqueológica chilena revela que ese es el período en que han concentrado la atención las investigaciones arqueofaunísticas (Simonetti & Cornejo, 1987).

¹ Curador senior, Área Curatorial Museo Nacional de Historia Natural

² Curador, Área Botánica, Museo Nacional de Historia Natural

Sin embargo, variaciones en riqueza e identidad de las especies recuperadas de excavaciones arqueofaunísticas podría corresponder a depositación, preservación y recuperación diferencial más que a cambios en patrones de distribución y coexistencia de especies. Por ello, es necesario determinar los agentes que acumularon los restos y los procesos que operaron sobre la fosilización de la paleofauna, y con ello dilucidar la forma en que los ensambles fósiles se han generado (e.g. Saavedra & Simonetti, 1998). Esto permite estimar el grado de sesgo del registro fósil y delimitar así su validez como herramienta de estudio (Gifford, 1981; Fariña et al., 2013).

EL REGISTRO FÓSIL

El registro fósil es la base para la reconstrucción de paleoambientes y relaciones paleoecológicas. Sin embargo, este es uno de los aspectos de mayor complejidad al momento de interpretar los fósiles y sus relaciones ambientales pasadas.

Debe tenerse en cuenta el hecho, de importancia fundamental, que es determinar previamente si el medio ambiente es reconstruido a partir de datos no paleontológicos y es usado como una trama para interpretar las diferentes especies fósiles, o bien sin los propios restos fósiles son tomados para la reconstrucción del medio ambiente.

Por ejemplo, una de las principales variables que condicionan la interpretación ambiental y las posibles relaciones ecológicas, interpretadas de los restos fósiles, está dada por los procesos tafonómicos propios de los organismos, es decir, una combinación de ambas condiciones. Este proceso no sólo implica la depositación de los materiales y su fosilización, sino que también las condiciones a las que se ven sometidos los restos fósiles, entre los que la redepositación es un factor fundamental a tener en cuenta para las reconstrucciones del ambiente, ya que puede producir interpretaciones indebidas, de las condiciones paleoecológicas de una comunidad específica.

Por lo anterior es necesario disponer de un detallado conocimiento de la historia natural de los organismos contemporáneos para poder interpretar adecuadamente las causas y consecuencias de los patrones y cambios en las distribuciones y abundancias de los organismos en el pasado (Simpson, 1970; Behrensmeyer & Hill, 1980).

Sudamérica y Chile

Señalaremos aquí los hechos conocidos más importantes respecto de la llegada y evolución de los grupos principales de mamíferos sudamericanos que han dejado descendientes en la actual fauna chilena.

Para el caso del desarrollo de los mamíferos en nuestro país se evidencia, tanto a nivel de fósiles como especies actuales, la presencia de distintos elencos faunísticos que habitaron y evolucionaron en Chile a lo largo del Terciario y

Cuaternario. Sin embargo, la sucesión de dichos elencos y su conservación fosilífera está estrechamente relacionada con las constantes transformaciones del paisaje, producto de los diferentes fenómenos geomorfológicos de diferentes escalas que se registran en el territorio y que permiten agrupar las faunas de mamíferos de acuerdo a cinco grandes categorías (Spotorno et al., 2009).

La protohorofauna gondwánica

La historia de los mamíferos sudamericanos comienza antes de la separación de Sudamérica desde el gran continente Gondwana, un poco antes del Cretácico, hace 136 millones de años. En este período predominaban los ambientes húmedos, y abundaban helechos arbóreos y más tarde Gimnospermas.

Algunos descendientes de esta protohorofauna sobreviven hoy dispersos en América, Antártica, África y Australia.

El primer grupo de descendientes comprende los ancestros de los actuales metaterios (marsupiales), que se dispersaron algunos hacia la Antártica, en ese tiempo con clima más benigno y con bosques, otros dos grupos hacia Australia y otro hacia el norte, originando este último a los didelfoideos de América del Norte (continente que sólo se separó de Sudamérica hacia comienzos del Cretácico). Unos de los pocos sobrevivientes en Sudamérica son los actuales caenolestidos (del Orden Paucituberculata). Esta familia tiene hoy en Chile un solo representante viviente: el género monotípico *Rhyncholestes*, la comadreja trompuda que vive en las selvas frías de la Región de Los Lagos.

Un segundo grupo corresponde a los Xenarthra, euterios que corresponden a los quirquinchos y otros edentados sudamericanos. Gran parte de la evolución de este grupo ha ocurrido en Sudamérica, y descendientes como los pangolines (*Pholidota*) deben haber migrado a África y Asia del Sur a partir del Cretácico.

El tercer grupo incluye a los condilartros, emparentados con los ungulados del sur (Notoungulados), muy abundantes durante el Oligoceno, llegando hasta el Pleistoceno, pero actualmente extintos.

Además, la fauna sudamericana se enriquece con nuevas especies gracias al arribo de grupos de Laurasia (supercontinente que incluía en esa época a Norteamérica, Europa y Asia).

La paleohorofauna sudamericana

La diversidad y abundancia de la fauna sudamericana experimentó un notable crecimiento desde fines del Cretácico hasta fines del Eoceno. Sudamérica ya estaba completamente aislada del resto de los continentes. Es una radiación evolutiva «in situ», que probablemente acompaña a la radiación de las plantas con flores (Angiospermas), las que llegan a

ser dominantes en el Cretácico superior, en coevolución con las crecientes comunidades de insectos. En esta paleo-horofauna predominan notoungulados, xenartros y marsupiales.

La cenohorofauna sudamericana

El Cenozoico está marcado por la formación y alzamiento paulatino de la cordillera de los Andes, fenómeno que comenzó hace unos 35 millones de años y que continúa hasta nuestros días. Así, donde antes había vegetación y humedad mantenidas por los vientos provenientes del océano Pacífico, empezaron a elevarse enormes cadenas montañosas; se establecieron progresivamente los actuales ambientes más secos del altiplano y de los desiertos, que se separaron de los patagónicos, y aislaron formaciones vegetales previamente continuas. Aún hoy, las vegetaciones de estos territorios tan distantes mantienen muchos elementos desérticos en común (Spotorno & Veloso, 1990).

La neohorofauna

La diversidad de los mamíferos sudamericanos se incrementa a su máximo conocido a partir de la conexión terrestre establecida con el istmo de Panamá hace unos dos millones de años. Este evento produjo una masiva migración de vertebrados terrestres en ambos sentidos, que es llamada el Gran Intercambio Americano (Marshall et al., 1982; Fariña et al., 2013). Durante este tiempo, cánidos, mustélidos, félicos, équidos (en su primera llegada), camélidos y cérvidos de ancestro norteamericano atraviesan América Central y van poblando Sudamérica. Aquí evolucionan en nuevos géneros y especies, que se integran a las comunidades mamíferas de la cenohorofauna. No llegan de una sola vez, sino a distintos tiempos. Según el registro fósil, primero los carnívoros, después los artiodáctilos y finalmente, perisodáctilos y proboscídeos.

Esta activa evolución estuvo acompañada, y seguramente potenciada, tanto por las fases finales de elevación de la cordillera de los Andes, como por las intensas y sucesivas glaciaciones. Estas modificaron sustancialmente el paisaje, al descender las cotas de las nieves eternas, y provocaron así el descenso de los distintos cordones vegetacionales a lo largo de los Andes. Se produjeron entonces modificaciones en la distribución de las faunas acompañantes, y en muchos casos, el aislamiento de poblaciones previamente continuas (Simpson, 1983).

Con el levantamiento de la cordillera de la Costa se detuvo el drenaje hacia el océano Pacífico a partir del Oligoceno inferior y el levantamiento de los Andes Centrales durante el Oligoceno y Mioceno fue un factor que hizo de barrera a las precipitaciones desde el Amazonas. Esto estabilizó el anticiclón del Pacífico y configuró sistemas hidrográficos endorreicos, particularmente andinos y preandinos, cuyo nivel de base hidrológica es un salar o una laguna. Estos cambios afectaron de forma notable los ensambles, la composición, la estructura y la evolución en los mamíferos terrestres.

El aumento de la diversidad faunística en Sudamérica y su expansión hacia nuevas formas de vida, también significó la extinción de muchos géneros y familias locales. Parte de este fenómeno se superpone a otras extinciones masivas en otros continentes, aproximadamente en la misma época. Las más notables en Sudamérica son las extinciones de varias familias y géneros de grandes herbívoros y carnívoros en el Pleistoceno tardío, como los megaterios (*Megatherium*), mastodontes (*Stegomastodon*) y los tigres dientes de sable (*Smilodon*).

La fauna reciente

Un primer arribo importante de grupos de mamíferos a Sudamérica y a Chile, es la representada por la especie humana y fauna asociada. Este suceso tuvo lugar a través del estrecho de Bering, hace unos 40.000 años atrás. Oleadas sucesivas de humanos de origen norasiático fueron ocupando América (durante unos 10.000 años) hacia el sur dejando establecidas centenares de tribus desde cerca del Polo Norte hasta Tierra del Fuego (Berdichewsky, 1984; Fariña et al., 2013).

La segunda llegada humana bien documentada es la conquista española hace 500 años, también con su fauna acompañante. Llegan así nuevamente caballos y el resto de los animales domésticos conocidos; como también lauchas sinantrópicas (*Mus musculus*) y ratas (*Rattus rattus* y *Rattus norvegicus*). Hace pocos años han sido introducidos en el país jabalíes, y diversos tipos de ciervos para deportes y recreación, también conejos, liebres, ratas almizcleras, castores, coatíes y visones con diversos fines, que han provocado alteraciones en las relaciones depredador-presa, en el uso de recursos, en las redes de circulación de energía y puede traducirse en extinción de especies locales, generación de plagas y desastres ecológicos y económicos (Yáñez et al., 2009).

Desde la flora

La flora vascular nativa de Chile contiene elementos fitogeográficos de diversos orígenes geográficos, que es inferido por diversos estudios de relaciones florísticas, estudios paleobotánicos, paleopalinológicos, climáticos etc.

La evidente discordancia del clima de E-W en el cono sur de Sudamérica, condicionada principalmente por la cordillera de los Andes, ha establecido la presencia de una franja continua de vegetación árida que cruza el continente en sentido SE-NW, la llamada "Diagonal Árida de Sudamérica", ésta aísla la región de los bosques subtropical-templados de Chile y Argentina de los restantes bosques del continente (Villagrán & Hinojosa, 1997).

En la actualidad la Diagonal Árida, el levantamiento de los Andes, la orografía, la corriente de Humboldt, entre otros, son los que han sostenido la flora actual, aislándola de la flora que les dio origen.

El 28% de la flora son elementos de origen neotropical y el 20% de origen australasianos, los que evidencian la relación de estas especies con floras de áreas lejanas como Sudamérica tropical y Australasia (Villagrán & Hinojosa, 1997). La gran diversidad de familias que constituyen los bosques australes de Sudamérica (48% de la flora vascular de Chile continental), en contraste con la pobreza de especies y la elevada proporción de géneros monotípicos (21%) y el porcentaje de especies endémicas (90% de las plantas con semillas) sugieren una considerable antigüedad geológica de aislamiento de estos bosques, y altas tasas de extinción de especies; indicando una interesante historia geológica de la flora de Chile (Villagrán & Hinojosa, 1997).

El Paleógeno (65-33 millones de años) se caracteriza por la sucesión temporal y latitudinal de tres tipos de Paleofloras. Paleoflora-Neotropical dominada por leñosas ejemplo annonáceas y lauráceas. Paleoflora-Mixta mezcla de taxones subantárticos templado-fríos, ejemplo *Nothofagus*, *Laurelia*, *Lomatia*, subtropicales cálidos, *Annona*, *Nectandra*, *Ocotea*, además de géneros originados in situ ej. *Schinus*; y Paleoflora- Antártica dominada por taxones subantárticos –fríos como *Nothofagus*, *Laurelia* y *Austrocedrus*, esta última habría reemplazado a la paleoflora mixta durante el Eoceno superior y el Oligoceno, al sur de los 40° Sur. (Villagrán & Hinojosa, 1997).

La sucesión de estas paleofloras sería la consecuencia de una serie de eventos geológicos y climáticos, siendo el más importante la separación de Australia y Antártica y la consecuente glaciación del este de Antártica, en el Eoceno/Oligoceno (54-33 millones de años).

Durante el Mioceno medio y superior la separación de Antártica y Sudamérica, la formación del estrecho de Drake, el establecimiento de la corriente circumpolar, los inicios de la glaciación del oeste de Antártica y de la surgencia de aguas frías en la costa Pacífica de Sudamérica (corriente de Humboldt), determinaron una tendencia hacia la aridez en gran parte de los subtrópicos de Sudamérica. Durante este tiempo, en Chile central y en el norte de Argentina se registra la expansión de una Paleoflora Subtropical, sin *Nothofagus*, que incluyó taxones tropicales-subtropicales distribuidos actualmente en el bosque esclerófilo de Chile central (Hinojosa & Villagrán, 1997).

El levantamiento final del macizo de los Andes en el Plioceno-Pleistoceno (5-2 millones de años), asociado a los sucesos de

finales del Mioceno, determinaron el desarrollo del desierto hiperárido de Atacama en la costa Pacífica y los grandes rasgos del clima y vegetación actual del sur de Sudamérica, con su característico contraste climático-vegetacional E-W.

En consecuencia de lo anterior, la flora nativa vascular actual de Chile está relacionada principalmente con la flora de los países colindantes. La flora del desierto costero y el altiplano se relaciona con la flora que presenta Perú. La flora del altiplano además se relaciona con Bolivia y Argentina. Con Argentina también se relaciona la flora andina, flora del bosque templado y la flora patagónica (Teillier, 2008).

Numerosas especies y géneros son de origen neotropical por eso compartimos muchos géneros con los bosques tropicales de Sudamérica e incluso de América Central. Esto son, *Persea* (lauráceas), *Chusquea* (gramíneas), *Calceolaria* (calceolariáceas), entre otras, que comprueban la existencia de una flora común con esas áreas durante el comienzo de la era Terciaria (Teillier, 2008), en el Paleógeno (65 millones de años atrás).

Los géneros como *Azara* (salicáceas), *Myrceugenia* (mirtáceas), *Crinodendron* (elaecarpáceas), *Lithraea* (anacardiáceas), *Adesmia* (fabáceas) y *Quillaja* (quillajáceas), muestran una correspondencia próxima con las floras actuales de Brasil, Argentina y Uruguay, con las que se perdieron las conexiones a medida que se levantaba la cordillera de los Andes entre el Plioceno y el Pleistoceno, desde hace unos 13 millones de años (Teillier, 2008).

Las conexiones con Australia y Nueva Zelanda, que existían mientras el territorio formaba parte de Gondwana, están reflejadas en la presencia de géneros como *Nothofagus*, *Podocarpus*, *Eucryphia*, *Aristotelia*, *Hebe*, *Luzuriaga* y *Berberidopsis*, entre muchas otras. Esta conexión se rompió con la desintegración del macrocontinente y la apertura del paso de Drake, que separó a Chile continental de la Antártica, hace poco menos de 29 millones de años (Teillier, 2008).

Por otro lado hay muchos géneros y familias que muestran una relación con la flora temperada del hemisferio norte, que ha migrado a través de la cordillera de los Andes, destacándose géneros que han tenido una significativa evolución local como el género *Senecio* que posee alrededor de 220 especies, con alto número de especies endémicas del país, también otros como *Astragalus*, *Valeriana*, *Berberis*. Una serie de

géneros tales como *Larrea*, *Madia*, *Clarkia*, *Microseris* e incluso especies como *Phacelia secunda* relacionan específicamente los ambientes áridos de Chile con los de Norteamérica (Teillier, 2008).

Gymnospermas

Las coníferas datan del Carbonífero, hace unos 300 millones de años. Muchas de las familias actuales se desarrollaron en el Triásico tardío o el Jurásico temprano, y algunos géneros contemporáneos aparecieron a mediados del Jurásico. Hoy en día las coníferas siguen siendo importantes en los climas más fríos, como los bosques boreales de Norteamérica y Asia, donde sus especies dominan la vegetación; en el hemisferio sur son muy importantes las familia de Araucariaceae, Cupressaceae y Podocarpaceae.

Las Gimnospermas chilenas, corresponden a nueve especies agrupadas en tres familias: Araucariaceae (*Araucaria araucana*), Cupressaceae (*Austrocedrus chilensis*, *Fitzroya cupressoides* y *Pilgerodendron uviferum*) y Podocarpaceae (*Podocarpus saligna*, *Podocarpus nubigena*, *Saxegothaea conspicua*, *Prumnopitys andina* y *Lepidothamnus fonkii*), dos de las cuales, *Podocarpus saligna* y *Prumnopitys andina*, son endémicas.

Bosque Esclerófilo

El bosque esclerófilo de Chile se habría producido durante el calentamiento climático del Mioceno, a partir de las Paleofloras Mixtas de Chile central, que perdieron gran parte del elemento austral-antártico frío y se enriquecieron con aportes de linajes neotropicales durante un período de continuidad con las floras del subtrópico Sudamericano (pre-levantamiento final de los Andes). Este período se habría caracterizado por un clima cálido y un régimen pluviométrico biestacional, con lluvias invernales procedentes del oeste y lluvias estivales del este. A finales del Terciario, la conjugación de una serie de eventos, tales como la glaciación de la Antártica occidental y Patagonia, formación de la Corriente fría de Humboldt y levantamiento final de los Andes, determinaron el desarrollo de la "Diagonal Árida" de Sudamérica, la cual habría sido causante de la expansión de los bosques subtropicales del tipo esclerófilo en Chile central, producto del efecto de "barrera" de los Andes al flujo de los vientos húmedos de fuente Amazónica.

Bosque Templado

El bosque templado se ubica entre el paralelo 37° S - 48° S, y se refiere a formaciones arbóreas con predominio de angiospermas siempreverdes de hojas anchas y brillantes (laurifolias, se incluyen los bosques caducifolios que tienen como elemento principal las especies del género *Nothofagus*. Debido a su aislamiento, flanqueado por el desierto de Atacama en el norte, la cordillera de los Andes al este y el océano Pacífico en el oeste y sur, la selva valdiviana se considera una isla biogeográfica. Presentando como consecuencia un elevado porcentaje de especies endémicas. Biogeográficamente, estos bosques comparten similitudes florísticas con otros bosques templados del hemisferio sur localizados en Australia y Nueva Zelanda.

El caso *Nothofagus* es muy estudiado y aún no se tiene del todo claro como fue el comportamiento de su especiación, o historia biogeográfica (Moreira-Muñoz, 2004). Se conoce que se relaciona con las especies que se encuentran en Tasmania, Nueva Zelanda, Australia, Nueva Caledonia y Nueva Guinea, siendo este último lugar en donde se presenta el mayor número de especies: 14 (Veblen et al., 1996), sus registro más antiguos de fósiles se encontraron en la Antártica y son del Cretácico superior de hace 83 millones de años.

Epílogo

La llegada del hombre ha significado la peor catástrofe para la fauna y flora autóctona sudamericana y chilena. Diversos estudios señalan claramente el vertiginoso proceso de extinción de muchas especies, cazadas por su carne, piel o simplemente por deporte, así como la quema de vastas zonas de bosque nativo y la extracción selectiva de maderas. Sin duda la causa mayor y más grave es la destrucción masiva del hábitat natural de nuestros animales silvestres (Spotorno, 1982), así como de los ensambles vegetacionales (Armesto, 1995; Armesto, 1996).

Claramente la disminución de la diversidad biológica chilena va a continuar. Sin embargo, este valioso patrimonio genético, único en la biosfera por sus características y potencialidades, y acumulado paulatinamente durante millones de años, puede ser efectivamente preservado en lo fundamental. Tal vez podamos tener todavía la sabiduría para valorarlo y acrecentarlo (Simonetti et al., 1992; Simonetti et al., 1995).



LA BIODIVERSIDAD EXTINTA DE CHILE

Jhoann Canto¹, Richard Fariña², Sven N. Nielsen³, Martín Chávez Hoffmeister⁴, Karen Moreno⁵, Jorge Carrillo-Briceño⁶ y Cristian Becker⁷

La palabra fósil, que deriva del latín fossilis, fue empleada por Plinio (23-79 dC) para designar los objetos enterrados. En la actualidad, se refiere a evidencias de la vida en el pasado geológico, que presentan una estructura de origen biológico y que se han conservado en las rocas de la corteza terrestre.

Los restos fósiles constituyen la prueba directa de la presencia de distintas formas de vida que han existido en nuestro planeta, remontándose los más antiguos a unos 3.000 millones de años. Este gran rango de tiempo posibilitó la evolución de millones de formas de vida, que algunos autores (Raup, 1992) estiman entre 5 y 50 millones, la mayoría hoy extintas, sobreviviendo sólo algunos linajes casi sin cambios, mientras que otros evolucionaron y dieron origen a la actual biodiversidad.

La biodiversidad extinta o paleobiodiversidad es rica y variada, pero desconocida en su conjunto por la falta de especialistas y estudios continuos. La primera mención documentada que se conoce sobre fósiles de invertebrados en Chile es realizada por Degenhardt en 1839 sobre un bivalvo denominado *Pecten alatus* y procedente de Copiapó (figura 1). Para el caso de los vertebrados, la primera mención es realizada por Wyman en 1855 y se refiere a los restos de *Mastodon andium*, una forma muy similar

a los actuales elefantes, pero mucho más robusta (figura 2). Hacia 1887, Philippi en su obra "**Los fósiles terciarios i cuaternarios de Chile**" presenta las primeras descripciones de fauna fósil de invertebrados y vertebrados, siendo este trabajo el primer catálogo de fósiles para Chile. Con posterioridad, se efectúan varios trabajos aislados sobre otros grupos de fósiles, ampliando el conocimiento a nivel nacional. Si bien estos aportes han sido escasos, para dimensionarlos hay que considerar que entre 1855 y 1980 se publicaron solamente 44 trabajos sobre vertebrados fósiles, con un total de 429 páginas (Frassinetti, 1982). Sólo en 1980, gracias al trabajo de investigadores como Manuel Tamayo y Daniel Frassinetti, se dispuso de un catálogo completo de la fauna de mamíferos actuales y fósiles de Chile, constituyéndose en un estudio de importancia al revisar también los aspectos de la nomenclatura utilizada sobre los materiales fósiles de mamíferos descubiertos en el país. Si bien, los mamíferos son el grupo mejor conocido, también existen importantes estudios sobre otros grupos de vertebrados fósiles. Afortunadamente en los últimos diez años se han generado valiosas investigaciones que han contribuido a aumentar significativamente el conocimiento de la biodiversidad extinta en Chile. Con la finalidad de facilitar el recorrido por la biodiversidad fósil el capítulo se ha dividido en dos grandes grupos de organismos: invertebrados y vertebrados.

1. Área Zoología Vertebrados, Museo Nacional de Historia Natural, Santiago. jhoann.canto@mnhn.cl

2. Facultad de Ciencias, Universidad La República, Uruguay. dogor@netgate.com.uy

3. Instituto de Ciencias de la Tierra, Universidad Austral de Chile, sven.nielsen@uach.cl.

4. Instituto de Ciencias de la Tierra, Universidad Austral de Chile, paleoaeolos@gmail.com

5. Instituto de Ciencias de la Tierra, Universidad Austral de Chile, karenmoreno@uach.cl

6. Paleontological Institute and Museum, University of Zurich, Karl-Schmid-Strasse 4, Zürich, 8006, Switzerland

7. Jefe Científico y Curatorial, Museo Nacional de Historia Natural, Santiago. cristian.becker@mnhn.cl

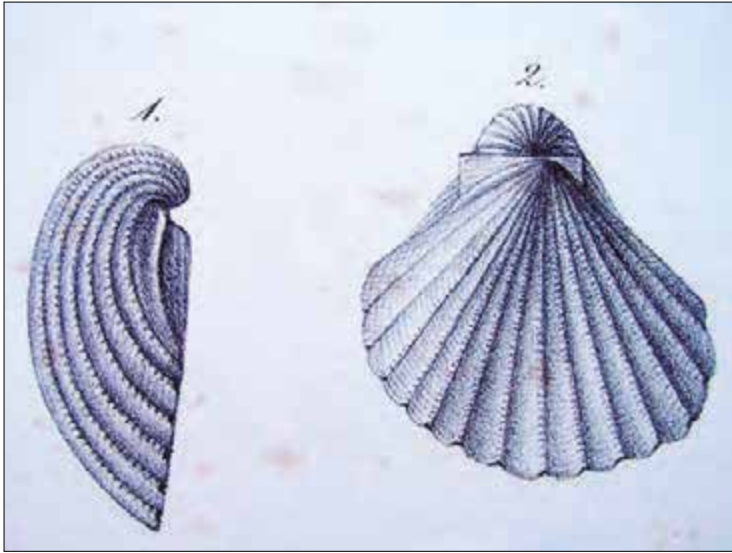


Figura 1
Ilustración del primer fósil reportado para Chile, *Pecten alatus*, en la obra dirigida por A. Humboldt.



Figura 2
Ilustración de los restos fósiles de *Mastodon andium*, presentada en el trabajo de Wyman 1855.

INVERTEBRADOS

Los invertebrados, entre los que se incluyen grupos como los equinodermos (erizos de mar, estrellas de mar, etc.), artrópodos (cangrejos, arañas, insectos, etc.) y moluscos (incluye calamares, almejas, caracoles, etc.), comprenden muchos filos. Muchos de estos grupos poseen esqueletos mineralizados que aumentan su potencial de quedar en el registro fósil. (figura 3)

No obstante, como en Chile nunca se generó una cultura paleontológica, los grupos de fósiles relativamente bien estudiados son los pocos que sirven directamente a los geólogos como herramienta para determinar la edad de las rocas sedimentarias. El resto ha sido poco estudiado, porque no existía la conciencia de lo relevante que es conocer el pasado para entender el presente y para predecir posibilidades del futuro en materias de biodiversidad.

PALEOZOICO (540-250 Millones de años atrás)

Los depósitos sedimentarios de edad paleozoica son relativamente escasos en Chile. No obstante, hay registros desde el norte hasta el extremo sur del país. Entre las regiones con un registro paleozoico más abundante se encuentra Antofagasta, con registros marinos que incluyen braquiópodos y graptolites (Benedetto et al. 2008), y registros continentales con artrópodos (Covacevich et al. 1988). En el centro de Chile destaca el Paleozoico tardío marino descrito por Thomas (1958). En el sur de Chile se encuentran registros de sedimentos devónicos con trilobites en Chiloé continental (Fortey et al. 1992), mientras que en el Archipiélago Madre de Dios hay calizas marinas del Paleozoico tardío con foraminíferos tropicales (Douglas y Nestell, 1976), mostrando que ese

archipiélago estaba lejos de Suramérica durante la formación de estas calizas, ya que el continente estaba sujeto a glaciación durante este período geológico.

MESOZOICO (250-66 Millones de años atrás)

Contrastando con las limitadas ocurrencias del Paleozoico, el registro de edad mesozoica en Chile es muy abundante y diverso. El Triásico está principalmente representado por ambientes continentales con su respectiva flora y fauna (Gallego et al. 2005) y solamente por pocos registros marinos (Bartel 1958; Jaworski 1922). Tanto del Jurásico como del Cretácico se conoce más bien su fauna marina y especialmente los amonites y los bivalvos del grupo de las trigonias, que recibieron mucha atención por su valor bioestratigráfico, lo que en la práctica implica disponer de un ordenamiento de las rocas sedimentarias en el tiempo, basándose en el registro de fósiles. La fauna del Jurásico inferior y medio del norte de Chile fue fuertemente investigada por especialistas alemanes y chilenos quienes revisaron principalmente diferentes grupos de moluscos, como bivalvos (Aberhan 1993; Pérez et al. 2008; Reyes y Pérez 1979), gastrópodos (Gründel 2001) y amonites (Hillebrandt 2002, 2006), pero también corales (Prinz 1991). Existe fauna cretácica tanto del centro como del sur del país (Aguirre-Urreta et al. 2007; Kielbowicz et al. 1983; Lahsen y Charrier 1972; Salazar et al. 2010).

CENOZOICO (66 Millones de años hasta hoy día)

Después de más de cien años de investigación sobre el registro fósil del Cenozoico chileno, uno de los trabajos más importantes sigue siendo "Los Fósiles Terciarios y Cuaternarios de Chile" de Rodolfo Amando Philippi (1887).

Existe mayor registro fósil del Neógeno que del Paleógeno y proviene principalmente de las formaciones Navidad y Coquimbo. Pero también otros, como por ejemplo los registros de Península Mejillones, varias islas del sur (Frassinetti y Covacevich 1995) y de Magallanes (Ortmann 1902). Las faunas fósiles comprende entre otros grupos a foraminíferos (Finger 2013; Hromic 1995; Ibaraki 2001), equinodermos (Larraín 1975), cangrejos (Feldmann et al. 2005, 2010) y sobre todo moluscos (Herm 1969; Frassinetti y Covacevich 1993; Nielsen y Frassinetti 2007). Se ha descrito más de 500 especies de moluscos fósiles del Cenozoico chileno, a las que se suman los registros fósiles de especies actuales (Nielsen 2013; Nielsen y Valdovinos 2008). Este diverso, pero incompleto registro, demuestra que las temperaturas durante el Mioceno eran más altas que hoy, y que existían estrechas conexiones con Nueva Zelanda en la fauna (Beu et al. 1997; Nielsen y Glodny 2009).



Figura 3
Imaizumila araucana (Philippi, 1887). Cangrejo del Eoceno de Península Arauco.

Sólo hace poco la paleontología en Chile salió de la "descripción pura" de especies y la bioestratigrafía, utilizando los datos disponibles para aplicarlos a temáticas macroecológicas más amplias como son las extinciones y el desarrollo de faunas a través del tiempo geológico (Kiel y Nielsen 2010; Rivadeneira y Marquet 2007).

VERTEBRADOS

PRINCIPALES GRUPOS DE FAUNA FÓSIL

La visión del patrimonio paleontológico en Chile por muchos años se conocía en la idea de una pobreza de restos fósiles de vertebrados para el territorio chileno. Sin embargo, esta concepción está relacionada a la baja actividad científica que se ha tenido tradicionalmente en este campo, la que ha sido drásticamente cambiada en los últimos 15 años. Este avance se evidencia en la presente descripción, ampliada de forma considerable con respecto a la versión anterior de este volumen. Estos han sido compilados con particular detalle en Rubilar-Rogers et al. (2015), pero los diferentes trabajos de investigación que se realizan aumentan el listado exponencialmente. El surgimiento de nuevos investigadores en la paleontología nacional esta permitiendo cambiar el panorama de diversidad de fósiles descubiertos en Chile. Esta breve revisión, lejos de ser detallada, es sólo un esbozo general del rico patrimonio paleontológico que se ha ido revelando en los últimos años. Una recopilación actualizada de la paleontología nacional puede verse en el trabajo de Rubilar-Rogers et al. del 2015.

PECES

Los peces son los animales vertebrados más antiguos y su registro fósil conocido se remonta a algo más de 450 millones de años durante la Era Paleozoica. Este grupo de vertebrados es de antigua presencia, en lo referido a su edad geológica para Chile, habiéndose encontrado restos fósiles a lo largo del territorio nacional, desde el norte del país hasta la Región de Magallanes.

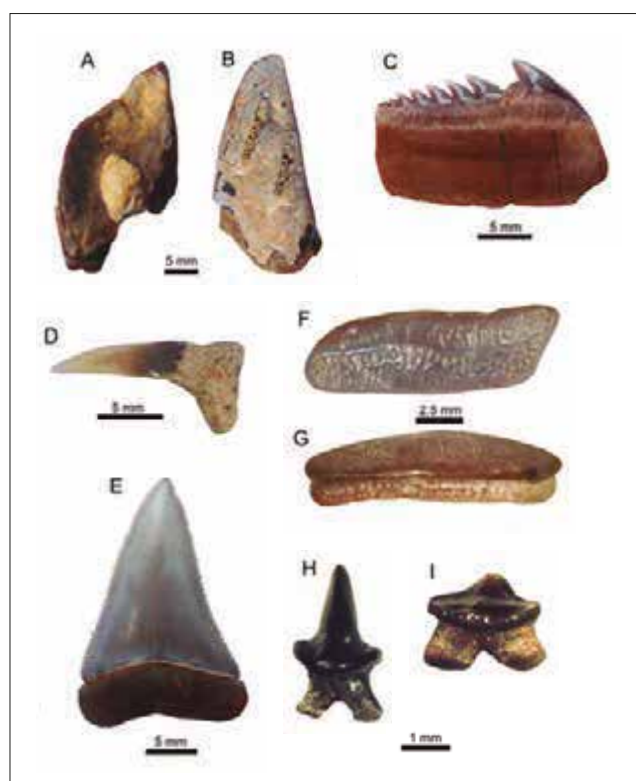


Figura 4
Condriictios fósiles del Neógeno (Plioceno, Formación Horcón, Región de Valparaíso) de Chile. A y B. Quimera "Pejegallo" (*Callorhynchus* sp.); C. Tiburón Cañabota Gris (*Hexanchus griseus*); D. Tiburón Sierra (*Pristiophorus* sp.); E. Tiburón Blanco (*Carcharodon carcharias*); F y G. Tiburón Cornudo (*Heterodontus* sp.); H y I. Raya (Rajidae).

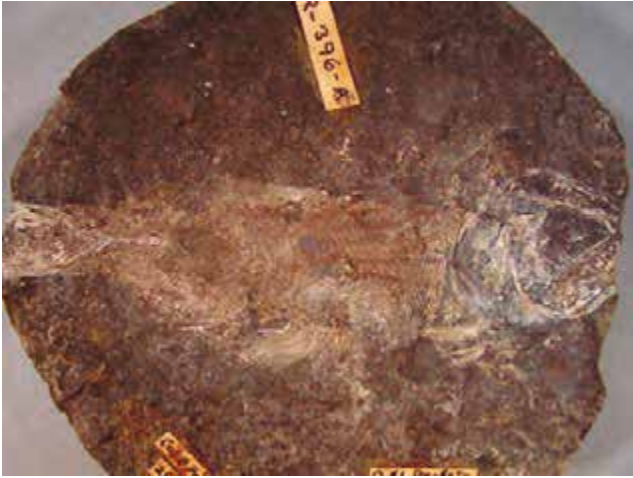


Figura 5
Pez fósil, *Protoclupea chilensis*, colecciones del Museo Nacional de Historia Natural, Chile).

Este registro fósil (figura 4) proviene de finales de la Era Paleozoica (¿Pérmico?) hasta el Pleistoceno-Holoceno y el mismo está representado por dos grandes grupos: los Chondrichthyes, que son peces con un esqueleto interno compuesto de cartílago (tiburones, rayas y quimeras), y los Osteichthyes, aquellos con un esqueleto interno óseo (atunes, peces espadas, salmones, entre otros). A continuación se presenta un breve resumen sobre los registros de peces fósiles de Chile.

PECES CARTILAGINOSOS (*Chondrichthyes*)

Este es el grupo de peces fósiles mejor representado y más diverso en de Chile, con registros fósiles desde la zona norte hasta la región de Magallanes (ver Suárez, 2015). El registro fósil chileno incluye tiburones (Selachimorpha), rayas (Batoidea) y quimeras (Holocephali), representados principalmente por remanentes aislados y semi-articulados como: dientes, dentículos rostrales, dentículos dérmicos, vertebras, espinas y coprolitos. El condriectio fósil más antiguo conocido para Chile corresponde a un diente aislado de una especie extinta conocida como *Hybodus*, el cual fue hallado en rocas del Paleozoico de la Región de Antofagasta (Formación Peine, Pérmico; Suárez, 2015). Registros del Mesozoico incluyen escasos dientes y dentículos dérmicos aislados del Triásico y Jurásico (Samson 2000; Suárez 2015), un registro no bien confirmado de Heterodontiformes para el Cretácico inferior, y al menos ocho órdenes (Chimaeriformes, Lamniformes, Myliobatiformes, Orectolobiformes, Squaliformes, Squatiniformes, Synechodontiformes y Rajiformes) y nueve familias (Callorhinchidae, Cretoxyrhinidae, Dasyatidae, Echinorhinidae, Palaeospinacidae, Odontaspidae, Sclerorhynchidae, Squalidae, Squatinidae) para el Cretácico Superior (Suárez y Cappetta 2004; Suárez 2015). El registro de condriectios del Ceno-



Figura 6
Fotografía en que se observan las rastrilladas (huellas) de saurópodos en las Termas del Flaco, VI Región.

zoico de Chile (períodos Paleógeno y Neógeno) incluye abundantes ensam-bles encontrados a lo largo del territorio nacional (ver Suárez 2015, Figura 4), y su paleodiversidad está representada por al menos doce órdenes (Carcharhiniformes, Chimaeriformes, Heterodontiformes, Hexanchiformes, Lamniformes, Myliobatiformes, Orectolobiformes, Pristiophoriformes, Rajiformes, Squaliformes, Squatiniformes y Synechodontiformes?) y veintiséis familias (Brachaeluridae, Callorhinchidae, Carcharhinidae, Cetorhinidae, Cretoxyrhinidae, Dasyatidae, Echinorhinidae, Heterodontidae, Hexanchidae, Lamnidae, Megachasmidae, Mitsukurinidae, Mobulidae, Myliobatidae, Otodontidae, Palaeospinacidae, Parascyllidae, Pristiophoridae, Rhinopteridae, Rajidae, Scyliorhinidae, Sclerorhynchidae, Squalidae, Squatinidae, Odontaspidae y Triakidae) (Suárez et al. 2006; Carrillo-Briceño et al. 2012; Otero et al. 2013; Suárez 2015, Staig et al. 2015).

PECES ÓSEOS (*Osteichthyes*)

El registro de peces óseos fósiles de Chile está representado tanto por esqueletos articulados, como por elementos aislados del cráneo (Dientes y otolitos, entre otros) y del post-cráneo (vértebras, costillas, espinas y escamas, entre otros), que han sido encontrados en rocas del Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico a lo largo del territorio nacional, incluyendo especies tanto de ambientes marinos como continentales (figura 5). El registro fósil más antiguo de un pez óseo, que se conozca en Chile, es *Arratichthys chilensis*, especie extinta de pequeño tamaño (~20 cm), que vivió durante la etapa final de la Era Paleozoica (Pérmico) en lo que hoy es la Región de Antofagasta (Formación Peine) (Richter y Breitschneider 1997). Los peces óseos del Mesozoico de Chile, en especial de los períodos Jurásico y Cretácico, son los que mejor han sido estudiados, con abundantes registros que incluyen la descripción de algo más de 10 nuevas especies

extintas de Semionotiformes, Pycnodontiformes, Aspidorhynchiformes, Pachycormiformes, entre otros (ver Arratia 2015). Incluso, los restos de un pez de aletas lobuladas *Sarcopterygii* (Coelacanthiformes), también fueron encontrados en rocas del Jurásico de la Región de Antofagasta, y en la actualidad este espécimen se encuentra en estudio, ya que el mismo representa un nuevo género (Arratia 2015). En comparación con el número de especies descritas del Mesozoico de Chile, los peces del Cenozoico han sido poco estudiados, y su registro pudiera dividirse en dos tipos de asociaciones: continentales y marinas. De las asociaciones continentales, especialmente de los sedimentos fluvio-lacustres del Mioceno de la Región de la Araucanía (Formación Cura-Mallín), se han descrito cuatro especies extintas y otros elementos aislados de Characiformes, Perciformes y Siluriformes (Arratia 1982; Rubilar 1994; Azpelicueta y Rubilar 1998). Las asociaciones marinas de peces óseos del Cenozoico de Chile son prácticamente desconocidas, lo que es debido al poco interés que se les ha dado. Sin embargo, sus restos, representados en su mayoría por elementos desarticulados (dientes, otolitos, vértebras, etc.) son muy abundantes, en especial en aquellas unidades neógenas costeras de las regiones del norte y centro de Chile. En la actualidad algunas de estas faunas del Mioceno-Plioceno se encuentran bajo estudio y de manera preliminar, se pueden referir algunos representantes de los órdenes Clupeiformes (Clupeidae), Gadiformes (Merlucciidae), Gobiesociformes (Gobiesocidae), Ophiidiformes (Ophiidae), Perciformes (Aplodactylidae, Bovichthyidae, Cheilodactylidae, Eginopsidae, Haemulidae, Istiophoridae, Kiphosidae, Labridae, Sciaenidae, Scombridae, Sphyaenidae y Xiphiidae) y Pleuronectiformes (Paralichthyidae) (Walsh 2001; Carrillo-Briceño 2011; Oyanadel et al. 2015).

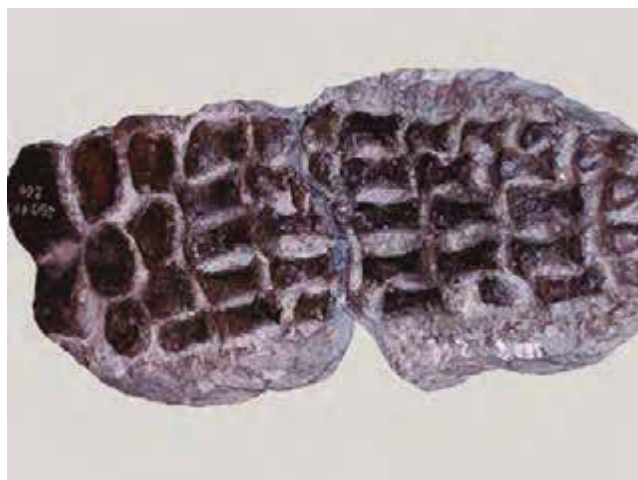


Figura 7
Restos de plesiosauro (extremidad con forma de aleta), colecciones del Museo Nacional de Historia Natural, Chile.

LOS REPTILES

Una gran variedad de grupos conforman este linaje y su presencia en Chile se registra desde el Triásico con aetosáuridos e ictiosaurios, el Jurásico y Cretácico con dinosaurios, pterosaurios y reptiles marinos (ictiosaurios, cocodrilos y plesiosaurios), hasta cocodrilos terrestres y tortugas del Mioceno tardío. Este conocimiento se ha visto exponencialmente ampliado en los últimos años y ciertamente tiene un alto potencial de desarrollo.

Uno de los reptiles más antiguos conocido para nuestro país es el aetosaurio *Chilenosuchus forttae*, un arcosaurio herbívoro basal hacia la línea de los co-codrilos (Suchia) que se encontró en el norte de Chile a fines de los 70's en la Región de Antofagasta. Fue inicialmente estudiado por Casamiquela (1980) y redescrito por Desojo (2003). Esta especie fósil, aunque aún no ha podido ser datada con seguridad, corresponde a una familia que se ha encontrado en otras regiones del mundo durante el Triásico tardío, unos 237-200 millones de años atrás. Por eso se piensa que debería corresponder a esa edad. Dentro de este mismo período de tiempo, se ha hallado los restos parciales de un Ictiosaurio, que aún no ha podido ser identificado (Suárez y Bell, 1992).

Los cocodrilos marinos en el norte se han identificado como *Metriorhynchus casamiquelai* y cf. *M. westermanni* del Bajociense y Oxfordiano respectivamente, Jurásico medio y superior (170, 163 millones de años atrás) (Gasparini y Fernández 2006; Fernández et al. 2011) y algunas huellas podrían ser identificadas como pertenecientes a cocodrilos terrestres han sido avistadas en la Quebrada Chacarilla, cerca de Pica al interior de Iquique (Moreno y Blanco 2004).

Se encuentra a lo largo del país una considerable variedad de registros tanto óseos como de icnitas (huellas de pasos) de dinosaurios entre el Jurásico superior y Cretácico temprano (145-113 millones de años atrás) y que en su mayoría tienen el registro de las abundantes trazas de dinosaurios, aunque los huesos comienzan a encontrarse. De norte a sur: en Quebrada Chacarilla, junto a las huellas de cocodrilos, se puede ver el registrado en la roca del paso de saurópodos titanosauridos de cadera ancha (i.e. *Parabrontopodus*) y diplodócidos de cadera angosta (i.e. *Brontopodus*), huellas de terópodos de gran tamaño (>50cm) comparables a *Giganotosaurus carolini*, terópodos pequeños (~20 cm) y algunos ornitópodos de tamaño pequeño a medio (Rubilar-Rogers et al. 2008; Moreno et al. 2012). En Guatacondo, una quebrada paralela, afloran los estratos de la Formación Chacarilla (antes denominada Majala), la que contiene huellas de terópodos de una amplia gama de tamaños y de saurópodos diplodócidos (Moreno 2008). En la Quebrada San Salvador, cerca de Calama, hay diversas huellas de terópodos medianos y pequeños, a veces sugiriendo movimientos de natación (Moreno et al. 2004). También, en las proximidades, la Quebrada Arca, preserva las marcas de dinosaurios saurópodos de caderas anchas (titanosaurimorfos) y una huella aislada de terópodo (Rubilar-Rogers y Otero 2008). En Atacama, Quebradas La Descubridora,

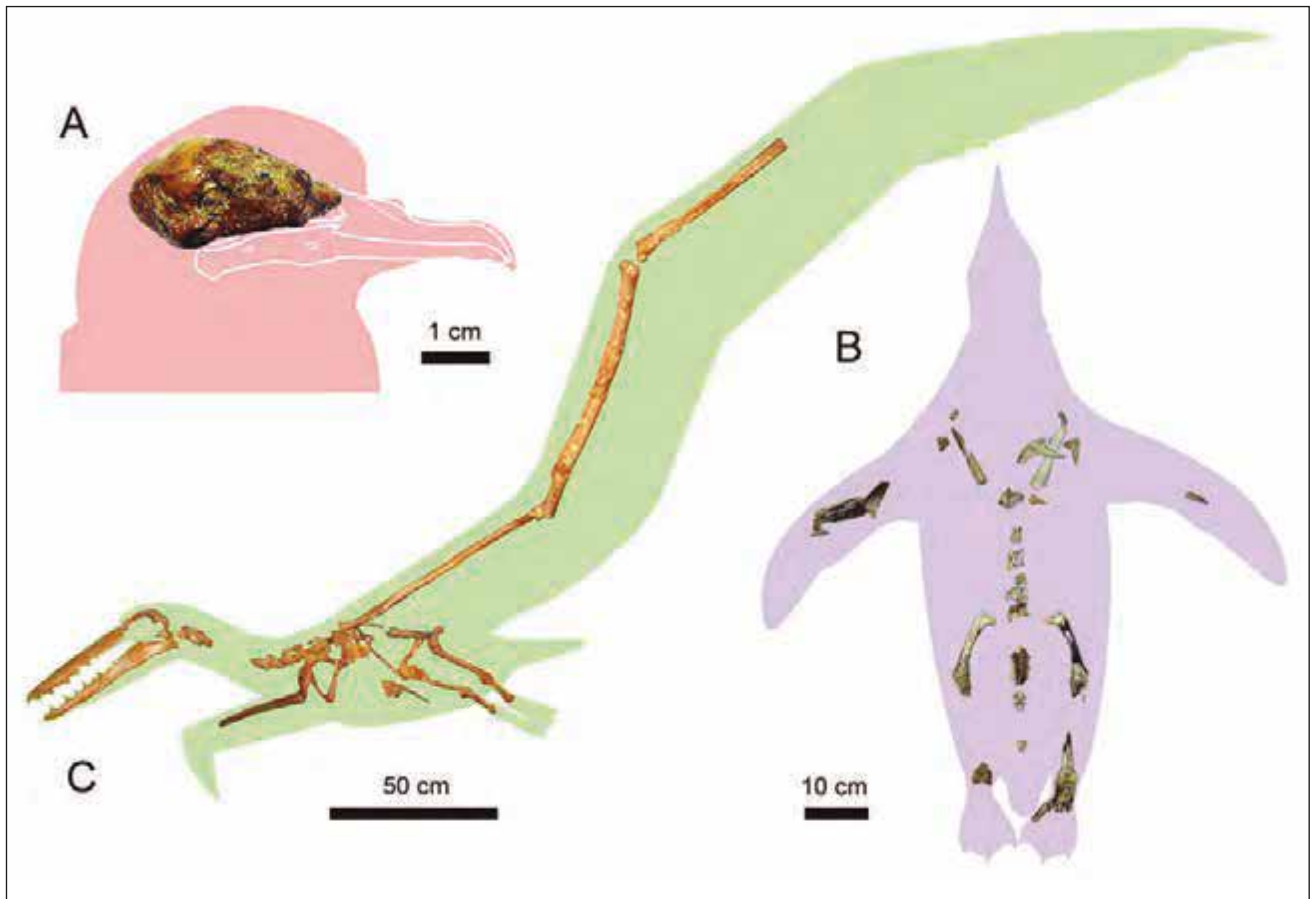


Figura 8
 Aves fósiles de la Formación Bahía Inglese (Mioceno-Plioceno), Caldera, Chile. (a) Cráneo de petrel-paloma (*Pachyptila* sp), (b) esqueleto del pingüino *Pygoscelis grandis* y (c) del ave gigante *Pelagornis chilensis*.

Codoceco y Cerro La Isla se encuentran huellas de terópodos medianos a pequeños y sólo en la primera de ornitópodos de gran tamaño (Bell y Suárez 1989; Rubilar-Rogers et al. 2014). En Cerro La Isla ha habido registros óseos aislados aparentemente asignables a Iguanodontia. A pocos kilómetros de Santiago, frente al Cerro Arenas en el Cajón del Maipo, han aparecido improntas de probables saurópodos y algunas huellas aisladas de terópodos, además de trazas asignables a Lacerta, las que están en estudio (Moreno, en prep.). En Baños del Flaco, hay icnitas identificadas con el nombre *Iguanodonichnus frenki*, que a pesar de haber sido interpretadas como hechas por iguanodóntidos (Casamiquela et al. 1969), pertenecen en realidad a saurópodos (Fig. 6) de caderas angostas (Moreno y Benton 2005) y se asocian además a huellas de ornitópodos y terópodos pequeños (Moreno and Pino 2002). En la Región de Aysén se ha encontrado material en donde destaca un pié articulado referible a un dinosaurio terópodo del Jurásico Superior (Salgado et al. 2008). Recientemente se suma, y con gran controversia *Chilesaurus diegosuarezi* (Novas et al. 2015) de la Región de Aysén. *C. diegosuarezi* es relativamente pequeño (hasta 3 metros de largo), presenta características mixtas en la morfología de su pubis, el que es superficialmente más similar al de ornitópodos, dientes en forma de lápices semejantes a los saurópodos y que, sin

embargo, es en realidad el único terópodo herbívoro conocido antes de fines del cretácico. Se descubrieron varios especímenes de distintas edades (estadios ontogenéticos) y completamente articulados, dejando en claro que es una de las especies de dinosaurios más extrañas del mundo. De la misma formación rocosa de donde se extrajo *Chilesaurus diegosuarezi* provienen diversos restos de saurópodos y prontamente obtendremos más sorpresas sobre esta fauna (Salgado et al., en prensa).

Los ictiosaurios del Jurásico Medio-Cretácico Inferior de Magallanes recientemente han sido los protagonistas de noticias alrededor del mundo. Inicialmente hubo un descubrimiento aislado de un ictiosaurio descontextualizado en la provincia de Última Esperanza (Shultz et al. 2003) y luego, en otra localidad, se reveló un cementerio completo de ictiosaurios oofthalmosáuridos fosilizado, que conservaron incluso marcas del tejido blando y embriones en su interior. Estas rocas fueron finalmente destapadas por el retroceso del glaciar Tyndall, en Torres del Paine, Punta Arenas (Stinnesbeck et al. 2014).

Los pterosaurios de la Formación Monardes, Jurásico-Cretácico están representados por la especie *Domeykodactylus ceciliae* (antes asignado al

género *Pterodaustro* Bonaparte), miembro de la familia Dsungaripteridae la cual es bien conocida en América del Sur, Asia y Europa (Casamiquela y Chong 1980; Bell y Suárez 1989; Bell y Padian 1995; Martill et al. 2000; Martill et al. 2006).

Hacia el final del Cretácico superior (90-65 millones de años atrás) se encuentran varios registros de saurópodos titanosaurios cf. *Antarctosaurus wichmannianus* y Titanosauridae indet. (Casamiquela et al. 1969), así como *Atacamatitan chilensis* (Kellner et al. 2011). Algunos otros restos parciales referidos a terópoda y saurópoda han sido hallados en Atacama al norte. Aunque no son suficientemente concluyentes, pronto habrá más noticias sobre el resultado de investigaciones en Magallanes que han identificado preliminarmente abundante material de saurópodos y de hadrosáuridos.

Sobre el conocimiento de plesiosaurios elasmosáuridos del Cretácico superior, ha habido importantes avances a la ya numerosa presencia que se reconocía del centro-sur al norte del país (Gasparini 1985; Gasparini et al. 2003; Gasparini y Fernandez 2006), nueva información en la zona central (Otero et al. 2012a; Otero et al. 2012b; Otero y O'Gorman 2013; Otero et al. 2014a); y en Magallanes y en la Antártica (Otero et al. 2009; 2014b; 2015); lo que fortalece la idea de un intercambio de fauna marina dentro de la Provincia Weddeliana, compuesta por Australia, Nueva Zelanda, Antártida y el Sur de América del Sur.

Además, se han identificado tortugas marinas del Cretácico tardío en Algarrobo y Concepción (Otero et al. 2012a; Parham et al. 2014) y algunos restos muy parciales

referidos a tortugas indet. así como cocodrilos, en el Eoceno de Magallanes ~56 Millones de años atrás (Soto-Acuña et al. 2012). Finalmente, el último registro de cocodrilos y de tortugas en nuestro país proviene de la Formación Bahía Inglesa hace más de 7 millones de años atrás (Walsh 2005).

LAS AVES

Históricamente, el estudio de la avifauna fósil de Chile ha sido escaso, pese a la relativa abundancia de aves fósiles en las formaciones cenozoicas marinas y sitios arqueológicos pleistocénicos como Tagua Tagua. Los principales registros paleornitológicos en Sudamérica proceden de Argentina y Brasil, áreas para las cuales se ha descrito más de dos centenares de registros en niveles mesozoicos y cenozoicos. En contraste, Chile solo rondaba los veinticinco registros durante la primera década del siglo XXI (Chávez Hoffmeister 2007), con menos de una decena de trabajos publicados en revistas de corriente principal, todos ellos realizados por extranjeros. Los primeros estudios específicos sobre aves fósiles en Chile fueron realizados por R. A. Phillipi (1895), quien describió dos nuevas paleoespecies basado en materiales subfósiles procedentes de las guaneras de Mejillones y Tarapacá, *Sula antiqua* y *Phalacrocorax sulcatus*, ambas hoy consideradas inválidas. Durante todo el siglo XX solo se describen dos nuevas especies: *Neogaeornis wetzelli* del Cretácico tardío de Concepción y *Meganhinga chilensis* del Mioceno temprano de Malleco.

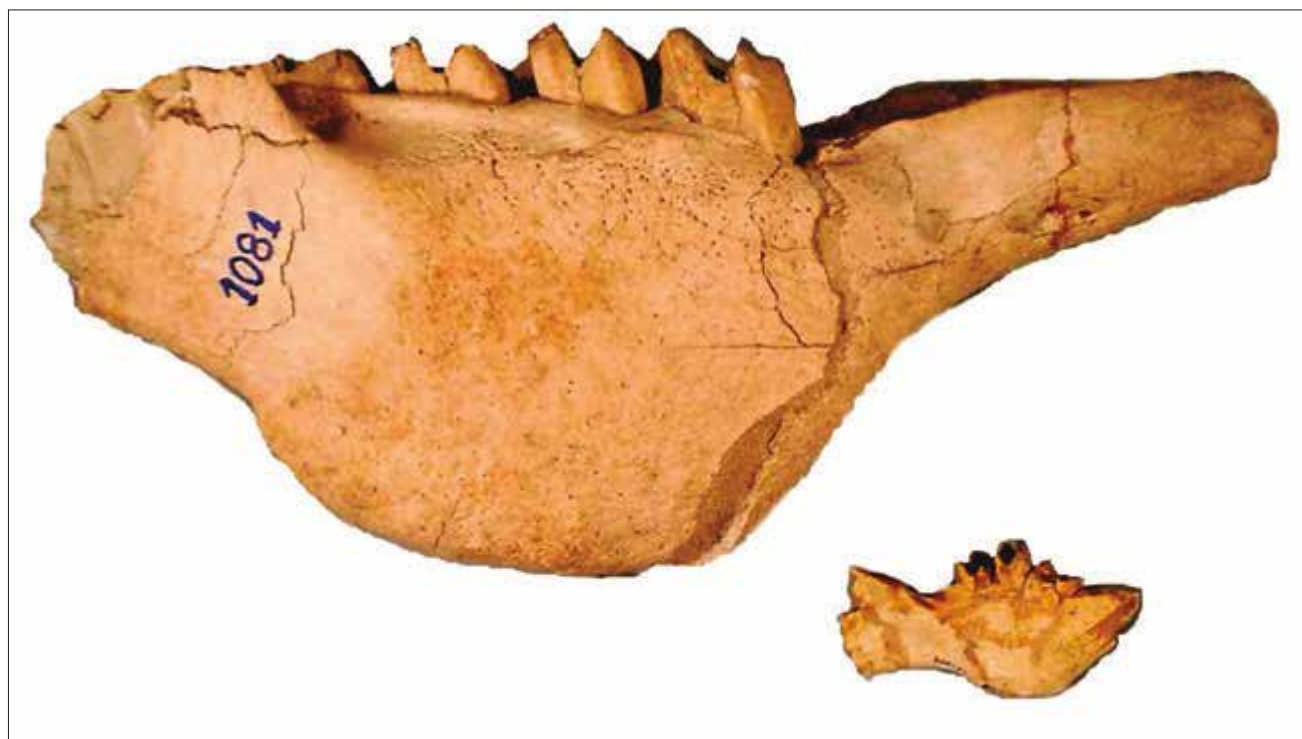


Figura 9
Mandíbulas de *Megatherium medinae* y *Thalassocnus sp.*, colecciones del Museo Nacional de Historia Natural, Chile.



Figura 10
Mastodonte depositado en las colecciones del Museo Nacional de Historia Natural, Chile.

No es sino hasta inicios del presente siglo que el estudio de las aves fósiles chilenas sufre un fuerte incremento potenciado por dos factores principales: el inicio de los estudios en la Formación Bahía Inglesa (Fig. 8) y el afianzamiento de la paleontología de vertebrados nacional. En este sentido, los ricos depósitos marinos de la región de Atacama han captado el interés de una nueva generación de investigadores, quienes han prestado especial atención a los abundantes restos de aves. A partir de entonces, la paleornitología se ha posicionado como una de las áreas más dinámicas de la paleontología chilena. Revisiones recientes del registro chileno pueden hallarse en Chávez Hoffmeister (2007), Rubilar-Rogers et al. (2012) y Sallaberry et al. (2015).

Los depósitos portadores de aves en Chile continental corresponden en su mayoría a formaciones asociadas con ambientes marinos, siendo la localidad de Bahía Inglesa la más importante en cuanto a abundancia y diversidad de aves fósiles. Esto produce una inmediata selección de los taxones posibles de hallar en tales localidades, observándose en consecuencia mayoritariamente órdenes de aves marinas y aves asociadas a sistemas fluviales. Es de esperarse que la futura exploración de formaciones continentales, amplíe el conocimiento de las aves terrestres presentes en territorio nacional, el cual de momento es muy limitado. Temporalmente, la mayor parte de nuestro conocimiento procede del Neógeno (23-2,6 Ma), existiendo escasos registros para el Mesozoico y Paleógeno. *Neogaeornis* es el único registro de aves conocido para el Cretácico (72-66 Ma) y posiblemente corresponde a un colimbo, del orden Gaviiformes, o bien a un linaje extinto de aves relacionadas con los patos modernos; mientras que solo recientemente se han presentado los primeros registros para el Eoceno (56-34 Ma) de Magallanes y el litoral central.

Los fósiles hallados en Chile continental contribuyen significativamente a nuestro conocimiento sobre la evolución de la avifauna marina en el Pacífico

sudeste, observándose especies similares a las conocidas en Perú y la península Antártica. También existen indicios de un declive en la diversidad de algunas familias a lo largo del Cenozoico, así como del retroceso en las áreas de distribución que han llevado a la conformación de las actuales áreas de endemismo, incluyendo la presencia de aves actualmente ausentes en nuestro país (ej. Gaviiformes, Anhingidae, Cariamidae). Los pingüinos son sin duda las aves más abundantes en el registro fósil chileno, incluyendo la presencia del pingüino gigante *Palaeudyptes* durante el Eoceno y numerosas especies relacionadas con los pingüinos modernos durante el Neógeno incluyendo *Spheniscus chilensis*, *Pygoscelis calderensis*, *Pygoscelis grandis* (Fig. 8B) y *Eudyptes calauina*. Los Procellariiformes y Suliformes también se encuentran bien representados incluyendo albatros, petreles (Fig. 8A), piqueros y cormoranes a partir del Mioceno. Otro grupo de aves marinas presentes en el registro chileno son los Pelagornithidae, un linaje cosmopolita completamente extinto en la actualidad y posiblemente relacionado con los patos. Se trata de aves voladoras grandes, superando los seis metros de envergadura, y caracterizados por poseer numerosas proyecciones óseas a modo de dientes a lo largo de sus mandíbulas. Para Chile se conoce *Pelagornis chilensis* (Fig. 8C) de la Formación Bahía Inglesa, el cual fue descrito a partir de uno de los esqueletos más completos conocidos para la familia y del cual especímenes fragmentarios se conocen desde fines de la década de 1990. Por último, el registro de aves continentales incluye la presencia de tiqués (*Milvago sp.*) en los depósitos pliocénicos de Antofagasta, posiblemente garzas en el Eoceno y chuñas (familia Cariamidae) en el Mioceno temprano de Magallanes y restos de aves aun sin describir procedentes de numerosos sitios pleistocénicos, incluyendo una posible nueva especie de tagua gigante en Tagua Tagua. Durante el Mioceno temprano también se conoce la presencia de aves serpiente (familia Anhingidae), formas propias de ambientes fluviales y que actualmente están extintas en Chile.

Las aves fósiles de la Península Antártica también merecen una breve mención, pues ejemplifican los dramáticos cambios sufridos en este continente durante el Cenozoico. La mayor parte del registro antártico procede de las islas Seymour y Vega (Chávez Hoffmeister 2007, Tambussi y Acosta Hospitaleche 2007), mientras que huellas fósiles son también conocidas para el Eoceno de Isla Rey Jorge (Mansilla et al. 2012). El registro mesozoico data del Cretácico Tardío y está dominado por aves acuáticas emparentadas con linajes modernos incluyendo al posible colimbo *Polarornis gregorii* y patos como *Vegavis iaai*. Para el Paleoceno (66-56 Ma) sólo se conoce el pingüino gigante *Crossvallia unienwillia*, uno de los registros más antiguos del grupo. Finalmente, el ensamble más diverso procede del Eoceno de la Formación La Meseta en isla Seymour, siendo uno de los depósitos más ricos en pingüinos fósiles del mundo (Myrcha et al. 2002; Jadwiszczak 2006). Adicionalmente una gran variedad de aves marinas y continentales habitaba cerca de las zonas costeras del entonces boscoso continente antártico, incluyendo albatros, petreles, pelagornitidos, ratites y posiblemente patos, flamencos y rapaces (Tambussi y Acosta Hospitaleche 2007). Aves del terror (familia Phorusrhacidae) también han sido descritas en La Meseta, pero recientemente estos registros han sido reasignados a ratites y pelagornitidos (Cenizo 2012). Posterior al Eoceno sólo se conocen restos subfósiles de pingüinos y salteadores en la península antártica, por lo que aún no poseemos un registro detallado de cómo se produjo el declive y extinción de los ensambles de aves continentales en Antártica tras el inicio de su enfriamiento.

Finalmente debemos mencionar el registro de Isla de Pascua, para la cual solo se conocen restos subfósiles hallados en sitios arqueológicos y representa uno de los ejemplos más extremos de colapso ambiental

causado por el hombre (Steadman 1995). Los registros más antiguos proceden de Ahu Naunau y datan de entre 900 y 650 años atrás, momento para el cual los primeros grupos de humanos ya habían arribado a la isla. Los restos hallados en los niveles más antiguos demuestran que la isla estuvo anteriormente habitada por una amplia variedad de aves actualmente extintas, incluyendo formas continentales. Al menos 25 especies de aves marinas, más de la mitad de las cuales ya no nidifica en la isla, se encontraban presentes en aquel entonces incluyendo al petrel-paloma de pico ancho (*Pachyptila vittata*), el petrel plateado (*Fulmarus glacialoides*), la fardela blanca de Juan Fernández (*Pterodroma externa*), la fardela negra de patas pálidas (*Ardenna carneipes*), la golondrina de mar polinésica (*Nesofregatta fuliginosa*), el ave del trópico de cola blanca (*Phaethon lepturus*) y al menos una especie de albatros. Por su parte la fauna continental estaba representada por al menos seis especies de aves nativas incluyendo una especie de tagüita del género *Porzana*, garzas, lechuzas y dos especies de loros. Posteriormente, los restos de estas aves se hacen progresivamente más escasos y tras la deforestación de la isla hace unos 550 años, la gallina traída por los polinesios se convierte en el ave dominante en los sitios arqueológicos.

LOS MAMÍFEROS

Los descubrimientos de mamíferos fósiles en Chile han sido, en la mayoría de los casos, fortuitos, aunque sin duda, constituyen los vertebrados chilenos mejor representados.

A pesar, de que la mayoría de los trabajos de vertebrados fósiles se han concentrado, principalmente, en mamíferos que habitaron entre el Pleistoceno y Holoceno, es decir, dos millones y medio de años



Figura 11
Delfines de río fósiles (*Brachydelphis sp.* y *Pliopontos sp.*, colecciones del Museo Nacional de Historia Natural, Chile.

y hasta hace unos 10.000 años atrás, se observa que en descubrimientos recientes hay una serie de mamíferos fósiles de mayor antigüedad:

- El período que representa el registro fósil más antiguo de mamíferos conocido en Chile se remonta al Eoceno tardío – Oligoceno temprano (37 a 33 millones de años atrás). Reúne a varias Familias extintas: Archaeohyracidae, Interatheriidae, Groeberiidae, Polydolopidae, Chinchillidae, Isotemnidae, Homalodotheriidae, Notohippidae y el Suborden (Fig 9 y 10) Phyllophaga. Las características únicas de este ensamble de faunas han permitido el establecimiento de una nueva edad biocronológica, SALMA (South American Land Mammals), denominada Tinguiriquense (Flynn et al. 2003), nombre procedente del área geográfica de los descubrimientos de los restos fósiles, valle del Tinguiririca, yacimiento que abarca además el sector alto del río Cachapoal.
- Otro hallazgo singular es el descubrimiento del primer primate fósil para Chile (*Chilecebus carrascoensis*), y sin duda constituye un importante descubrimiento, ya que abre numerosas interrogantes sobre este linaje y su relación paleogeográfica con el resto de las faunas de primates de América del Sur (Flynn et al. 1995).
- En el extremo austral (Región de Magallanes) se ha logrado determinar la presencia de grandes felinos representados por *Smilodon sp.* (Canto 1991; Mol y Van Bree 2003), *Smilodon populator* (Prieto et al. 2010, Labarca 2015), *Panthera onca mesembrina* (Borrero et al. 1997) y osos, como es el caso de *Arctotherium tarijense*, lo que contribuye a incrementar la fauna de carnívoros fósiles (Prevosti et al. 2003; Labarca 2015) presentes en nuestro territorio. También se ha reconocido la presencia de herbívoros como *Vicugna provicugna*, *Antifer ultra*, *Macrauchenia patachonica*.

En el caso de las formas de mamíferos que optaron por el medio marino, su presencia en el registro fósil ha proporcionado nuevos géneros: *Thalassocnus sp.* (Canto et al. 2008) una especie de hábitos acuáticos perteneciente al orden Xenarthra, pero de pequeño tamaño (no superior a 40 kilos) en comparación con especies del mismo orden que sobrepasan la tonelada, como *Megatherium medinae*. Es interesante notar también la presencia del Orden Sirenia, gracias al descubrimiento de un molariforme de un Dugongidae proveniente de la localidad "Las Arenas" Región de Atacama del Mioceno tardío (Bianucci et al. 2006).

En fauna de cetáceos (ballenas y delfines), los odontocetos (delfines) fósiles han mostrado una rica diversidad con el hallazgo de al menos dos géneros de la familia Pontoporiidae, también conocidos como delfines de río (Fig. 11). Cabe destacar que esta familia es nueva en Chile (Canto et al. 2002a y b), destacándose por la confirmación de la presencia de *Brachidelphis maseazi* (Gutstein et al. 2015).

También los cachalotes (Physeteroidea) presentan una amplia biodiversidad durante el Plioceno, como la atestiguan formas fósiles procedentes de la zona norte y centro sur del país (Canto 2007; Canto et al. 2010, Gutstein et al. 2015), que se destacan por presentar una amplia variedad de tamaños. Interesante ha sido el descubrimiento de una nueva familia para Chile, Eschrichtiidae (Horwitz 2014) grupo que solo era conocido para el hemisferio norte y que en la actualidad está re-presentado por la ballena gris. Otro hallazgo de importancia está dado por la presencia, también en la costa de la Región de Atacama, del delfín morsa (*Odobenocetops sp.*) que originalmente era solo conocido en Perú (Pyenson et al. 2012).

En la fauna de carnívoros marinos se han descubierto focas extintas, procedentes del norte de Chile (*Piscophoca* y *Acrophoca*), que eran sólo conocidos para el Perú (Walsh y Naish 2002). Estos géneros se agrupan filogenéticamente en la misma Tribu que los que existen en la actualidad en el extremo austral del país (*Arcthocephalus*, *Hydrurga*) (McKenna y Bell 1997).

En términos de cantidad, en Chile existe el registro de al menos 54 familias de mamíferos con representantes fósiles, de las cuales 25 familias ya no existen, cifra que podría modificarse con los nuevos trabajos actualmente en desarrollo.

MEGAFAUNA: EXTINCIONES PLEISTOCÉNICAS Y POBLAMIENTO HUMANO

Sin duda, nuestra especie, *Homo sapiens*, es dominante en el planeta, en cuanto a ocupación del territorio y desarrollo de tecnología. Esta condición es tema de debate en los últimos años, particularmente en el sentido de si somos o hemos sido los responsables de la extinción de especies y particularmente de la megafauna, es decir, de los mamíferos de una misma región, cuya masa en su estado adulto excede los 1.000 kg (Fariña et al. 2013).

Al respecto, se ha señalado que el proceso de colonización de los primeros humanos modernos (50.000 años atrás), asociado al desarrollo de tecnología, como el uso de instrumentos de piedra (puntas de flecha) en los diferentes continentes, produjo un impacto significativo sobre la fauna respectiva, principalmente en los grupos de mamíferos que constituían sus presas.

Las pruebas sobre esto son variables. Por ejemplo, para Norteamérica existe sólida evidencia de extinciones de mamíferos por la acción de los primeros cazadores (Barnosky et al., 2004). Para Sudamérica, los datos no son contundentes; sin embargo, el tema no está resuelto, ya que existen argumentos en ambos sentidos (Fariña et al. 2014).

La importancia de este punto es fundamental para comprender cómo una especie puede llegar a modificar y destruir el entorno o directamente afectar a una o varias especies, debido a sus patrones de conducta. En este contexto, somos responsables, ya que somos los únicos que tomamos conciencia de nuestro potencial como modificadores del ambiente. Por esto mismo, la comprensión de la extinción de la megafauna es crucial, ya que nos brinda la oportunidad de efectuar las correcciones necesarias, ante la potencial extinción de nuevas especies en la actualidad.

LA SEXTA EXTINCIÓN

Los científicos hoy reconocen cinco extinciones masivas en el planeta, desde la aparición de las primeras formas de vida. Sin duda, la ocurrida durante el Pérmico fue la más impactante ya que comprometió el 95 por ciento de la fauna marina y terrestre.

La última extinción y la más conocida -hace unos 60 millones de años-, antes de la aparición de nuestra especie, es atribuida a un conjunto de eventos naturales, entre los que se incluye el supuesto choque de un meteorito, propuesto como uno de los principales agentes causales de la extinción de los dinosaurios.

Aunque no existen datos globales sino sólo estimaciones de las especies que se han extinguido en las últimas centurias, se estima que desde la revolución industrial hasta el presente unas 600 especies -entre animales y plantas.

Si bien es cierto que muchas especies podrían estar ya en camino de la extinción, es claro que nuestro impacto en los hábitat y en el mismo clima podría poner en marcha la "sexta extinción" sin siquiera saberlo, y mucho menos saber dónde terminará.

Nuestra única forma de prevenir es conservar lo que tenemos. En este contexto no debemos olvidar que la biodiversidad actual es el resultado de millones de años de evolución, como lo atestigua nuestro patrimonio paleontológico, único testigo de las formas de vida que existieron y perecieron a lo largo del tiempo en nuestro país y en el planeta.

Agradecimientos

Nuestra gratitud con aquellas personas que nos apoyaron con la lectura crítica de este trabajo, que sin duda contribuyeron a mejorarlo. Un especial agradecimiento a la Claudio Gómez, Director de Museo Nacional de Historia Natural por su entusiasmo con este trabajo y su constante apoyo.





CAPÍTULO DIVERSIDAD GENÉTICA



◀ ◀ *Maíz de la precordillera de Parinacota, se observa que cada grano tiene un diferente patrón de coloración, reflejo de la variación genética de los gametos involucrados, que son diferentes entre sí aún cuando provengan de los mismos progenitores. Foto: Jorge Herreros.*

◀ *El guanaco (*Lama guanicoe*) es el antecesor de las Llamas, y presenta dos subespecies. *L. guanicoe cacsilensis*, que se encuentra en Perú y norte de Chile y *L. guanicoe guanicoe*, que correspondería a la forma presente en Bolivia, Argentina y centro-sur de Chile. Foto: Jorge Herreros,*

DIVERSIDAD GENÉTICA

Karina Martínez¹, Pedro León-Lobos², Elie Poulin³

INTRODUCCIÓN

La diversidad genética, es la suma de la información hereditaria contenida en el ADN (ácido desoxirribonucleico) de cada ser vivo que habita la Tierra. Se puede definir como las variaciones de los genes y genotipos que ocurren en cada organismo, entre los individuos de una población y entre las poblaciones dentro de una misma especie. Corresponde al componente más básico de la biodiversidad. Por su parte, el gen (un fragmento de ADN) es la unidad física y funcional básica de la herencia, en la cual está codificada la información genética de características morfológicas y funcionales que define a un organismo.

La variabilidad de la información genética incluye información a nivel de genes, conocida como "Diversidad genotípica" y corresponde a la información contenida en el conjunto de genes que hereda un individuo de sus progenitores. Por otra parte, tenemos la "Diversidad fenotípica", referida a la información de todos los caracteres de un individuo respecto a

su morfología, fisiología, relaciones ecológicas y propiedades funcionales observables. La expresión fenotípica final de un organismo es el resultado de la interacción de su información hereditaria con el entorno.

La diversidad genética juega un papel decisivo en la viabilidad de las especies, su conservación y su uso potencial. El conocimiento de esta diversidad puede ser una herramienta efectiva para la conservación de especies y la utilización de la biodiversidad potencialmente productiva. La importancia de conocer y preservar la diversidad genética de especies silvestres radica en el resguardo de su valor evolutivo y la sustentabilidad de los ecosistemas de los cuales forman parte.

La variabilidad genética hace posible la adaptación o resistencia de los organismos a enfermedades, parásitos, diversas condiciones climáticas, de alimentación, y su preservación adquiere un valor agregado en las especies domésticas, dada su utilidad para el ser humano. La diversidad genética es relevante y esencial desde el punto de vista biológico,

¹ Investigadora Banco Base de Semillas, Centro Regional de Investigación Intihuasi, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, Camino Peralillo s/n, Vicuña. E-mail: kpmartinez@gmail.com

² Programa de Recursos Genéticos, Centro Regional de Investigación La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, Av. Santa Rosa 11.610 La Pintana, Santiago. E-mail: pleon@inia.cl

³ Laboratorio de Ecología Molecular (LEM) Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB) Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Las Palmeras 3425, CP 780-0024, Ñuñoa, Santiago, Chile. E-mail: epoulin@uchile.cl



Variabilidad en el color de flores de *Viola escarpela*, Quebrada Marquesa, Provincia de Elqui, región de Coquimbo. Foto: Marcelo Rosas. Propiedad: INIA.

ecológico, económico y socio cultural. Es la base del desarrollo de nuevos cultivos y variedades, por lo tanto lo es también de nuestra agricultura y seguridad alimentaria, siendo fuente de nuevos genes y la generación de novedosos bioproductos.

La diversidad genética de las especies domesticadas se ha utilizado eficazmente a lo largo de los siglos. Los agricultores y ganaderos han seleccionado plantas y animales con una amplia variedad de características, resultando en el desarrollo de las variedades y razas existentes actualmente, las cuales poseen características que les permiten obtener mejores cosechas y crías.

FACTORES QUE INCIDEN EN LA DIVERSIDAD GENÉTICA POBLACIONAL

La diversidad genética es la materia prima para la evolución, ya que de ella depende tanto la adaptación de las especies como la especiación. El nivel de diversidad puede definir la habilidad de cada especie y dentro de estas, de cada individuo, para responder a enfermedades, parásitos, depredadores y cambios ambientales.

Existen varios factores que determinan la diversidad genética de una población, entre estos encontramos los procesos de mutación, flujo génico, selección y deriva genética.

Mutación: Las mutaciones ocurren a nivel del genoma y corresponden a un cambio o alteración en la información genética, lo que puede producir cambios heredables en una o varias características de un organismo. Las mutaciones pueden tener consecuencias benéficas o perjudiciales, por ejemplo, pueden generar enfermedades genéticas, o bien permitir una nueva función enzimática en el organismo que mutó. A largo plazo son esenciales para la evolución de todos los organismos. Este proceso es considerado como la principal fuente de variación genética y puede originarse por

diversos motivos, entre los cuales se encuentran los errores de duplicación del ADN y daños causados por radiación.

Flujo génico: También conocido como migración génica, es el desplazamiento de alelos desde una población a otra, a través de la dispersión o migración de individuos o propágulos entre localidades distantes. Si el flujo permite transportar genes hasta una población donde esos genes no existían previamente, entonces podría aportar significativamente a la variabilidad genética de la población a la cual llegan. Además, la intensidad del flujo genético determina el grado de estructuración geográfica de la diversidad genética.

Selección natural: La selección natural es uno de los mecanismos centrales del cambio evolutivo y es el proceso responsable de la evolución de las características adaptativas. Se podría definir como la supervivencia y reproducción diferencial, no al azar, de los individuos debido a las diferencias fenotípicas. El término "selección natural" fue popularizado por Charles Darwin, quien lo comparó con la selección artificial de plantas y animales, en la cual se escogen rasgos específicos deliberadamente.

Deriva genética: La deriva genética corresponde a las fluctuaciones aleatorias en la frecuencia de alelos (variantes de un gen) de una población. La deriva genética se origina por el sorteo de los gametos que participan en la generación siguiente. Este proceso puede hacer que ciertos alelos desaparezcan por completo y por lo tanto reducir la variación genética. Por lo general, la deriva genética se intensifica en poblaciones pequeñas, donde los alelos poco frecuentes tienen mayor probabilidad de perderse.

MEDIDAS DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA

No existe una definición única de diversidad genética y por lo mismo son cuantiosos los parámetros, indicadores y medidas que pueden ser entendidas como tal. Esta se puede evaluar a diferentes niveles: individual, intra-poblacional e inter-poblacional, con marcadores moleculares.

Los marcadores moleculares de ADN, son una herramienta que hoy en día juega un papel crucial en los estudios de diversidad genética siendo útiles tanto en la investigación básica, como por ejemplo en determinar la biogeografía histórica de una especie, identificar los límites de las poblaciones, identificar los procesos adaptativos o determinar sistemas de reproducción; así como en investigación aplicada, por ejemplo para apoyar medidas de conservación, realizar test de paternidad e identificar y trazar productos animales o vegetales comercializados.

Estudios de diversidad genética a nivel individual. Generalmente en este tipo de estudios se utilizan los índices de consanguinidad y proporción de loci polimórfico en un individuo.

La consanguinidad (endogamia o inbreeding) se produce por el apareamiento entre animales emparentados entre sí, y puede producir una pérdida de aptitud o vigor, así como también afectar los caracteres productivos (performance) de la descendencia. Esto se debe a que el aumento de consanguinidad incrementa los alelos homocigotos y desenmascara los genes recesivos escondidos (heterocigotos), elevando la probabilidad de que aparezcan defectos genéticos.

El Índice de consanguinidad se calcula mediante la probabilidad de que los dos alelos de un gen en un individuo sean idénticos por descendencia, asumiendo que hay un ancestro común para ambos progenitores.

La biología molecular ha permitido el desarrollo de marcadores genéticos, basados en variaciones individuales de ADN, varios de los cuales permitirían conocer la consanguinidad de uno o varios individuos en particular, conociendo su descendencia. Entre los marcadores más usados están los microsatélites y en forma más reciente, gracias al avance en la secuenciación masiva de los genomas, se han podido utilizar marcadores del tipo SNPs (Single Nucleotide Polymorphisms).

Estos marcadores también pueden ser utilizados para conocer la proporción del loci polimórfico, la que hace referencia a la relación entre el número de loci polimórficos frente a los totales (%), estimando la proporción de variantes alélicas detectables en loci que representan una muestra al azar del genoma.

Estudios de diversidad genética a nivel Poblacional. Se puede conocer identificando el número de alelos por locus así como a través del índice de diversidad génica correspondiente a la probabilidad que dos alelos (en un locus) tomados al azar en una población sean distintos. Estos índices aportan informaciones acerca de los tamaños efectivos de estas poblaciones y permiten detectar fluctuaciones demográficas actuales o pasadas.

El estudio de la distribución geográfica de la diversidad (genética de poblaciones), permite evaluar los índices de estructuración entre poblaciones locales y determinar los patrones de conectividades entre ellas, en base a las variaciones de frecuencias alélicas.

Estudios de diversidad genética a nivel de Comunidad o Ecosistema. La diversidad ecosistémica es más difícil de medir que la diversidad genética de especies o poblaciones, ya que los límites de las comunidades (asociaciones de especies) y los ecosistemas no se encuentran definidos. Sin embargo, usando criterios coherentes para definir comunidades y ecosistemas, se pueden realizar algunas medidas de diversidad genética. En este contexto, se mide la diversidad filogenética entre las especies consideradas para obtener una evaluación de la profundidad y complejidad de historia evolutiva contenida en estos taxa. Esta aproximación recientemente en desarrollo en plantas y animales ha sido



Diversidad de papas nativas, Archipiélago de Chiloé, región de Los Lagos. Foto: INIA.

ampliamente utilizada para caracterizar las comunidades bacterianas, por ejemplo en suelos o agua.

DIVERSIDAD GENÉTICA Y TAMAÑO DE LAS POBLACIONES

El tamaño de población es determinante de la estabilidad y permanencia de las poblaciones en el tiempo. Mientras menos individuos tenga una población, menor será la cantidad y diversidad de alelos para un gen determinado. En general se ha establecido que a mayor tamaño poblacional mayor es la diversidad genética presente, por tanto poblaciones más pequeñas serían menos diversas genéticamente y tendrían mayor probabilidad de extinguirse.

Además, una población puede tener un tamaño importante pero no todos los individuos pueden aportar con descendencia a la población, solo aquellos en etapa reproductiva. Aún más, en algunas especies no todos los individuos en edad reproductiva se pueden reproducir en un tiempo determinado, ya sea esto gatillado por factores ambientales, disponibilidad de alimentos y dinámicas intrínsecas de la estructura social de las poblaciones, esto último en el caso de animales.

Más importante que el tamaño censal es el tamaño efectivo poblacional (N_e) es relevante en términos evolutivos, éste se debe considerar al momento de definir estrategias de conservación. Aunque es un concepto complejo y se puede estimar de varias formas, en términos simples es el número de individuos que realmente se reproducen, por ser éstos los que contribuyen a la generación siguiente en términos demográficos y sobre todo genéticos.

La relación entre tamaño de población y extinción es en cierta forma una relación causa efecto. Aunque algo más complejo, dado que existen diversos factores o causas tanto genéticas (Ej. mutación, depresión por endogamia), demográficas, ambientales y catastróficas, que por sí solas



Gaviota garuma (Leucophaeus modestus) a (Leucophaeus modestus) con patrón de coloración distinto al promedio de la especie, ejemplo de variación genética de individuos dentro de la población. Esta variabilidad permite la sobrevivencia de algunos individuos frente a cambios en el ambiente y disminuye la probabilidad de extinción de la especie en su conjunto. Foto: Jorge Herreros.

o en conjunto aceleran el declive de las poblaciones pequeñas llevándolas en última instancia, a lo que Primack et al. (2001) denominan, los "vórtices de su extinción". Éstos se inician cuando las poblaciones son pequeñas, demográficamente inestables y tienen altos niveles de endogamia. La disminución poblacional conduce a una pérdida de diversidad genética, reducción de la adecuación biológica y aumento de la deriva genética. Esto produce una retroalimentación negativa, lo que refuerza la declinación, aumenta la depresión por endogamia y la susceptibilidad a eventos estocásticos reduciendo aún más el tamaño poblacional, y así sucesivamente hasta llegar a la extinción. A estos se suman los factores de amenaza de la biodiversidad asociados con las actividades humanas: destrucción del hábitat, degradación ambiental, fragmentación de hábitat, sobreexplotación y especies invasoras, los cuales impactan negativamente las poblaciones naturales afectando su estructura, dinámica poblacional y reduciendo su tamaño efectivo.

Aunque el factor genético es clave en el riesgo de extinción, las poblaciones se enfrentan a otros problemas de corto plazo como son las fluctuaciones de los tamaños poblacionales, reclutamiento y sobrevivencia. La estocasticidad ambiental y demográfica puede conducir a las poblaciones pequeñas a la extinción antes de que los factores determinantes de la diversidad genética desempeñen un papel importante. Por ello, tanto los factores genéticos como ecológicos y su interacción

deben ser considerados al momento de determinar la probabilidad de extinción (Rocha & Gasca, 2007).

Por tiempo y recursos, ha sido imposible a la fecha cuantificar la diversidad genética de todas las especies amenazadas, tanto a nivel mundial como en Chile, sin embargo se puede inferir a grandes rasgos el nivel de diversidad genética. Por ejemplo, poblaciones grandes que se entrecruzan, en general tienen altos niveles de diversidad genética en comparación de poblaciones pequeñas y de reproducción asexual.

En plantas, las especies leñosas perennes de amplia distribución, sucesionales tardías, polinizadas y dispersas por el viento, generalmente tienen mayor diversidad genética poblacional que las especies anuales, endémicas, sucesionales tempranas y de autopolinización. Sin embargo, hay excepciones y no siempre se cumplen estas premisas. Por ejemplo, en poblaciones de especies raras, la distribución y niveles de diversidad genética son muy variables y dependen de si la especie ha sido históricamente rara o la rareza ha sido reciente, en este último caso producto de la acción antrópica. En estas especies es necesario considerar y evaluar otros factores como los atributos reproductivos, forma de vida, demografía, estrategias de ciclo de vida, interacciones, respuesta al ambiente, ya que parte o todos estos factores pueden afectar los niveles de diversidad genética poblacional. En resumen, el sistema reproductivo y la historia de vida es determinante del nivel de diversidad genética de la especie (Rocha & Gasca, 2007).



El roble o pellín (*Nothofagus obliqua*) es un árbol endémico de los bosques templados que habita en el sur de Chile. Foto: Jorge Herreros.

DIVERSIDAD GENÉTICA EN CHILE

Chile es una verdadera isla biogeográfica, ya que se encuentra aislado por la cordillera de los Andes al este y en el norte del país por el desierto de Atacama. Además en el extremo sur se encuentra el territorio antártico y al oeste el océano Pacífico. Además de ésta condición de isla, se suma una gran variedad de ambientes que van desde el desierto absoluto hasta los campos de hielo sur, y entre medio de éstos tenemos una multiplicidad de ecosistemas muy diversos, dada la amplitud latitudinal del territorio nacional (4.270 km) que abarca casi 40°, entre los 17° y 56°S aproximadamente.

La alta variedad de ecosistemas y ambientes supone una alta biodiversidad de Chile, que se traduce en una alta diversidad genética. Afirmación que tendría respaldo por el alto nivel de endemismo (50%) de la flora nativa. En el caso de la fauna la situación es algo similar, alcanzando un 18% de endemismo en el caso de los vertebrados, de los cuales se conocen unas 1.900 especies actualmente.

La diversidad genética nacional tiene importancia ecológica, social, cultural y económica, sin embargo su cálculo es por ahora inimaginable. Sin embargo, el conocimiento actual de la diversidad intraespecífica de la biota chilena es insuficiente y aún no se dispone de una síntesis de la información total.

A pesar de lo difícil que es conocer toda la variabilidad genética presente en Chile, existen algunos estudios que se han llevado a cabo en distintas especies nativas, tanto vegetales como animales.

DIVERSIDAD GENÉTICA DE PLANTAS SILVESTRES.

Los estudios de diversidad genética en plantas vasculares, particularmente las nativas, son más bien acotados. Donoso et al., (2004) recopila la información publicada sobre la variación intraespecífica para 24 especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Los patrones reportados de variación en caracteres morfológicos y fisiológicos dentro del rango de distribución de las especies, especialmente a lo largo del gradiente latitudinal (norte-sur), sugieren una alta variación genética entre poblaciones.

Vergara et al. (2014), en un estudio genético utilizando microsatélites para 40 poblaciones de tres especies de *Nothofagus* estrechamente relacionados (*N. obliqua*, *N. alpina* y *N. glauca*), encontró baja endogamia y niveles relativamente altos de diversidad genética para estas especies. Años antes, otro estudio utilizando aloenzimas se realizó en 22 poblaciones de la especie *Nothofagus alpina*, el que arrojó altos niveles de diferenciación latitudinal norte-sur entre poblaciones, con mayor similitud en poblaciones cercanas geográficamente (Pineda, 2000).



Gato güiña (*Leopardus guigna*) ejemplar común, no melánico (completamente oscuro).
Foto: Sebastián Cisternas-Kithanofilms

Un patrón similar fue reportado para la especie *Aextoxicon punctatum* (Aextoxicaceae; olivillo), encontrándose una alta diferenciación genética entre poblaciones de bosques relictos de la zona centro norte de Chile, sugiriendo una larga historia de aislamiento entre ellas. Estas poblaciones exhibieron baja diversidad genética comparada con otras especies arbóreas del sur de Chile (Núñez-Ávila & Armesto 2006). Para *Pilgerodendron uviferon*, Allnutt et al. (2003) reportaron resultados similares. En *Fitzroya cupressoides* (alerce, Cupressaceae) y *Araucaria araucana*, coníferas en Peligro de extinción, ocurre la situación inversa y aunque una mayor parte de la variación genética se presenta dentro de las poblaciones, una significativa proporción es atribuible a diferencias entre las poblaciones (Allnutt et al., 1999; Bekessy et al., 2002).

Un análisis genético en poblaciones remanentes de *Gomortega queule* (Gomortegaceae), especie arbórea endémica, en Peligro de extinción y único representante de su familia, reveló mayor diversidad genética dentro que entre las poblaciones, mostrando un patrón de agrupamiento con estrecha base genética (Herrera et al., 2005).

Etisham-UI-Haq et al. (2001) estudiaron los patrones de variación genética en poblaciones de *Berberidopsis corallina*, enredadera endémica y en peligro, mediante un análisis de distancias genéticas RAPD. Los resultados arrojaron una proporción excepcionalmente alta de variación genética total (54,8%) entre las poblaciones. Además, se identificó una clara diferencia entre las poblaciones silvestres del norte y sur del área de distribución natural.

Hoffens & Riegel (2007), realizaron un análisis de la diversidad genética en 16 cultivares de *Lapageria rosea* (Philesiaceae; copihue) el cual arrojó que existe una alta diversidad genética entre estos cultivares, indicando que este germoplasma presenta un gran potencial para su conservación, así como para la realización de programas de cruce y selección con fines comerciales.

Crawford et al. (2001) realizaron un estudio con aloenzimas, cuyo objetivo fue conocer el nivel y la distribución de la diversidad genética para 29 especies vegetales endémicas del Archipiélago de Juan Fernández, Chile. Los resultados indican baja diversidad promedio a nivel de especie, pero comparables a las medidas en otras islas oceánicas del Pacífico. Sin embargo, el análisis a nivel de poblaciones de una misma especie registró una alta diversidad promedio. Además, se encontró que aquellas especies provenientes de grandes poblaciones o presentes en poblaciones pequeñas pero dispersas, tienen diversidad genética más alta que aquellas especies provenientes de solo una o dos poblaciones.

DIVERSIDAD GENÉTICA EN PLANTAS CULTIVADAS

En Chile existe una importante diversidad genética útil (recursos genéticos). En el caso de plantas, forma parte de uno de los centros de origen de cultivos a nivel mundial, por ser una de las áreas donde se originó la papa (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*) y la frutilla (*Fragaria chiloensis*), específicamente en las islas del Archipiélago de Chiloé. Además, Chile es el centro de diversificación de cultivos como la quínoa, maíz y porotos, la cual se expresa en la alta variabilidad morfológica observada en variedades y genotipos de estos cultivos.

Rodríguez et al. (2012), trabajaron en la caracterización genética de papas nativas de Chile, Estos autores identificaron al menos 271 genotipos de papas nativas chilenas, reafirmando a la zona sur de Chile como un sub-centro de origen de la papa y al mismo tiempo dando importancia a la conservación de este valioso recurso genético. Solano et al. (2013), al estudiar la variabilidad genética de especies de *Solanum* presentes en Chile y evaluando la distribución alélica entre variedades nativas y cultivares comerciales de *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* L., mediante el uso de marcadores de microsatélites, registraron una alta riqueza de alelos. Sin embargo, el grupo con mayor polimorfismo correspondió a las variedades nativas colectadas en el archipiélago de Chiloé, lo que indicaría que estas variedades tienen un bajo nivel de interrelación.

Por su parte, Fuentes et al. (2009), mediante marcadores moleculares específicos, caracterizó la diversidad genética de 59 accesiones de quínoa provenientes del altiplano y centro sur de Chile. Los resultados indicaron en primer lugar, que el número de alelos únicos (definidos como alelos presentes en una población, pero ausente en otra), fue mayor entre las accesiones costeras que entre las altiplánicas. Del mismo modo, el patrón de la diversidad alélica, calculado y reportado por región, mostró que las accesiones altiplánicas tienen menos alelos que las accesiones costeras. Las accesiones altiplánicas y costeras pueden segregarse en dos grupos discretos, similar a lo sugerido por investigaciones previas.

Para Sudamérica se han determinado tres razas de poroto (*Phaseolus vulgaris*), una de las cuales se ha denominado "raza Chile", apuntando a nuestro país como un sub-centro de diversidad genética para esta especie. INIA conserva gran parte de la diversidad genética asociada a este cultivo, manteniendo una colección conformada por 1.239 accesiones provenientes de 207 localidades entre Arica y Chiloé. Paredes & Gepts (1995) analizaron la diversidad genética de 95 ecotipos de porotos presentes en Chile y que son representativos del poroto chileno, mediante el uso de la proteína de la semilla (phaseolina) y de ocho isoenzimas como marcadores genéticos. Encontraron que en el poroto cultivado de Chile existe una alta frecuencia de hibridación entre las razas de mesoamérica y andina. Sin embargo, Johns et al. (1997) analizaron mediante "random amplified polymorphic DNA" (RAPD) 69 ecotipos chilenos obtenidos de la misma colecta y encontraron dos grupos principales que incluían a la mayoría de las accesiones, asociados a los grupos genéticos mesoamericanos y andinos, sin observar signos de introgresión o hibridación entre ellos.

DIVERSIDAD GENÉTICA EN ANIMALES

Animales nativos chilenos

Al igual que en plantas los estudios de diversidad genética en animales son acotados. Aunque existen algunos estudios para especies emblemáticas, endémicas y en peligro de extinción.

La Chinchilla lanígera, también conocida como chinchilla chilena, de cola larga o costina es un pequeño roedor endémico de Chile, que ha sido poco estudiado a pesar de ser un animal de interés comercial a nivel internacional, por el alto valor de su piel, y encontrarse actualmente clasificada "en peligro" de extinción. Pérez (2004) analizó el efecto de la domesticación sobre la chinchilla utilizando veinte individuos provenientes de tres localidades de la Región de Coquimbo, a partir de la medición de diez variables corporales y craneanas. Los resultados muestran que tres de las diez variables permitieron identificar diferencias estadísticas entre grupos. Posteriormente, a través de un análisis molecular se observó una distancia genética de 2,4% en las secuencias genéticas entre las chinchillas silvestres y las chinchillas domésticas, lo que permitió clasificarlas como poblaciones distintas. Sin embargo, a pesar de que existen ciertas diferencias entre las poblaciones silvestres y domésticas, la separación morfológica no se evidencia claramente, indicando que el proceso de domesticación no estaría totalmente establecido a nivel fenotípico.

El huemul (*Hippocamelus bisulcus*), es un ciervo en Peligro de Extinción, endémico de la región andino-patagónica de Chile y Argentina. Se estima que actualmente existen solo unos 2.000 individuos, que representan menos del 1% de su abundancia histórica. En dos estudios realizados por Jara et al. (2003) y Gregorini (2011), se analizó el grado de diversidad



Delfín chileno (*Cephalorhynchus eutropia*), ejemplar melánico, esto es, completamente oscuro (vientre blanco es la coloración común). Foto: María José Pérez.

genética de ejemplares de Huemul de Chile y Argentina mediante marcadores moleculares mitocondriales. Ambos estudios revelan una baja diversidad genética para todas las poblaciones. Además los resultados sugieren que no existe flujo génico dentro y entre las poblaciones de Chile y Argentina, lo que afecta la variabilidad genética de las mismas.

El guanaco (*Lama guanicoe*) es un camélido endémico de Sudamérica, que habita en Perú, Bolivia, Paraguay, Argentina y Chile, en distintos ecosistemas. Se calcula que esta especie ha reducido su rango de distribución total a un 75% en Chile. Dentro de su distribución las poblaciones se dispondrían discontinuamente en fragmentos desde el nivel del mar hasta los 4.200 m.s.n.m., a causa del impacto humano. Análisis genético de ADN mitocondrial utilizando microsatélites, para 195 muestras biológicas provenientes de 17 localidades de Chile, permitió identificar cuatro poblaciones demográficamente independientes a nivel nuclear, es decir con diferencias genéticas identificables, que se explicarían como consecuencia de la filopatría poblacional y/o el aislamiento geográfico de algunas localidades (González, 2013).

La güiña (*Leopardus guigna*), es un pequeño felino asociado a los bosques impactados por actividades antrópicas del centro y sur de Chile, y el suroeste de Argentina (Napolitano et al., 2014). Esta especie clasificada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como vulnerable, tiene como principales amenazas la pérdida y fragmentación de su hábitat y la persecución humana directa (Gálvez et al., 2013). En este contexto, Napolitano et al. (2015) estudiaron las consecuencias genéticas de la fragmentación del hábitat sobre las poblaciones de güiña, evaluando diversidad, parentesco y endogamia en el ADN mitocondrial y loci microsatélites. Los resultados muestran que un mayor grado de fragmentación está asociado con una menor diversidad genética, pero no con mayor parentesco o endogamia. Los autores registraron que la güiña posee

plasticidad adaptativa en su conducta de dispersión, y en paisajes fragmentados dispersa más lejos, evitando la endogamia. Esta flexibilidad conductual sería relevante para la sobrevivencia a largo plazo de poblaciones pequeñas y aisladas en el contexto global de creciente perturbación humana de los paisajes naturales.

Como ejemplo de mamífero marino citaremos al delfín chileno (*Cephalorhynchus eutropia*), única especie de cetáceo endémica de nuestro país. Se distribuye a lo largo de la costa central y sur de Chile desde Concón (32°56'S) a Isla Navarino (55°14' S) (Aguayo-Lobo et al., 1998). Habita dos áreas geográficamente distintas: la costa abierta, bahías y estuarios desde Valparaíso (33°02'S) a Chiloé (42°00'S) y canales y fiordos entre Chiloé y la Isla Navarino. Un estudio realizado en base a ADN nuclear (microsatélites) con muestras obtenidas a lo largo de toda la distribución de la especie, da cuenta de dos poblaciones diferenciadas genéticamente que se corresponden con las áreas Norte y Sur descritas anteriormente. La diferenciación genética entre estas dos poblaciones es alta y significativa indicando escaso o nulo flujo génico actual (Pérez-Álvarez et al., 2015). En ausencia de una evidente barrera geográfica que contribuya a la separación de ambas poblaciones, los autores proponen que la diferenciación genética refleja adaptación ecológica a diferentes condiciones ambientales y uso de recursos, siendo interesante explorar el origen histórico de ese marcado quiebre genético.

Estudios en otros grupos animales como anfibios, aves, reptiles e invertebrados son igualmente escasos. El sapo de rulo (*Rhinella spinulosa*), es un anfibio nativo del altiplano de Perú y Bolivia que habita hasta los 39° S, de Chile Central, en zonas altiplánicas y precordilleranas, con un rango altitudinal entre los 1.000 y 4.600 m.s.n.m. En Chile presenta una amplia y fragmentada distribución (18° a 33° S). Méndez et al. (2004), utilizando marcadores RAPD, encontraron una mayor diferenciación genética inter-población que dentro de las poblaciones. Bajos niveles de diferenciación genética intra-regional fueron observados en las poblaciones del norte de Chile, mientras que las poblaciones de Chile central mostraron niveles más altos de diferenciación genética.

Para el caso de reptiles, *Liolaemus monticola* es un lagarto endémico de Chile central, que se agrupa en cuatro subespecies. Se caracteriza por su amplitud cromosomal politépica

y su agrupación en cuatro razas cromosomales: "Sur, 2n=34", "Norte, 2n=38-40", "Multiple Fission, 2n=42-44" y "Norte modificado 1, 2n=38-40". Los análisis de distancias genéticas y multivariados muestran que la variación genética es distribuida en los grupos poblacionales geográficamente coherentes, de acuerdo con tres de las cuatro razas cromosomales (Vásquez et al., 2007). Vidal et al. (2012), analizando la estructura filogeográfica (Citocromo b) de *Liolaemus pictus*, lagarto del sur de Chile, con el fin de estimar su estructura genética, encontraron que las poblaciones del continente y de la Isla Grande de Chiloé no comparten haplotipos (conjunto de variaciones del ADN, o polimorfismos, que tienden a ser heredados juntos), por ellos son grupos totalmente divergentes. Esto reflejaría un grado de aislamiento mucho más antigua que la última glaciación (10.000 AP).

Animales de granja

Solo hace algunos años Chile comenzó a preocuparse por conservar en forma sistemática sus recursos zoogenéticos criollos, los cuales representan gran parte de la masa ganadera del país. A consecuencia de esto, la mayoría de estos recursos se fueron mezclando mediante cruzamientos continuos con otras razas exóticas más productivas (Mujica, 2009), lo que provocó una pérdida de genotipos originales.

El Bovino Criollo Patagónico, también conocido como "bagual", sobrevive sin problemas bajo las duras condiciones ambientales que impone la Región de Aysén. Se caracteriza por su gran rusticidad y facilidad de parto, debido al pequeño tamaño del ternero al nacer. Estas cualidades han llevado a los ganaderos a cruzarlos con vaquillas exóticas, buenas productoras de carne. Una investigación preliminar realizada por Piñeira et al. (2009), permitió concluir que las poblaciones de bovinos criollos patagónicos tendrían ciertos alelos distintos a los observados en las poblaciones bovinas domésticas (exóticas), corroborando su valor potencial en programas de mejoramiento genético, para variantes alélicas asociadas con características como facilidad de parto, rusticidad y resistencia a enfermedades.

El caballo Chilote se caracteriza por su rusticidad, mansedumbre; fortaleza y resistencia para soportar pesadas cargas, a pesar de su pequeño tamaño. Análisis moleculares llevados a cabo, permitieron concluir que los caballos chilotes son una población equina única, diferente genéticamente del caballo

chileno y en el mismo grupo del caballo ibérico "garrano" (Mujica et al., 2005). Además, a pesar del bajo número de ejemplares que quedaban en el archipiélago de Chiloé, y del aislamiento geográfico, el genotipo tiene más bajos niveles de endogamia que los esperados, seguramente por la formación de varias poblaciones pequeñas de esta raza, aisladas una de otras en el archipiélago (Mujica et al., 2005).

La gallina araucana es conocida internacionalmente por producir huevos azules. El interés por establecer su origen ha aumentado fuertemente, y los estudios genético-moleculares pueden ayudar a identificar cuáles son sus líneas genéticas originales. Avendaño (2014) tomó muestras de sangre de 100 gallinas araucanas en cinco localidades de Chile, para efectuar un análisis genético con marcadores moleculares. Para la comparación se utilizó la información de tres razas criollas españolas (Sureña andaluza, Combatiente español y Extremeña) y una muestra de la línea comercial Broiler. Los resultados muestran que la gallina de tipo araucana, tiene muy baja a nula introgresión de razas españolas, por lo que hoy en día se presenta como un grupo de aves aislado genética y geográficamente.

DESAFÍOS

Los estudios de diversidad genética son esenciales para desarrollar estrategias y planes de conservación y manejo, tanto in situ como ex situ, particularmente de aquellas especies amenazadas por factores antrópicos. Si no conocemos la diversidad genética, como está estructurada y distribuida dentro y entre las poblaciones, mal podemos diseñar e implementar medidas eficientes de conservación que permitan recuperar las poblaciones en peligro y mantenerlas en el largo plazo. En el caso de plantas, a la fecha se ha establecido oficialmente el estado de conservación para 557 especies (hasta el noveno proceso de clasificación de especies), de estas un 26% están clasificadas en Peligro Crítico o en Peligro de Extinción, la mayoría endémicas.

Uno de los principales desafíos de la conservación efectiva de especies, es fortalecer la investigación en diversidad genética, no solo en especies raras, de distribución restringida y oficialmente clasificadas en Peligro, sino también de otras especies nativas o endémicas que estén siendo explotadas con fines comerciales. Las especies nativas utilizadas con fines comerciales pueden sufrir erosión genética, por ejemplo

reemplazando o eliminando del campo aquellas poblaciones con características comerciales o de cultivo poco atractivas. Otra causa de pérdida de diversidad genética puede darse por cruzamientos indiscriminados. Ambas situaciones conducen a las poblaciones a bajos niveles de diversidad, constituyendo un problema para su mantención comercial (baja diversidad para combatir plagas y enfermedades por ejemplo), y su sustentabilidad a largo plazo.

Nuevos estudios de diversidad genética pueden ayudar a comprender y cuantificar los impactos relativos de cada factor de amenaza involucrado y dimensionar sus consecuencias; determinar la capacidad de respuesta de las poblaciones y especies frente a los cambios ambientales naturales o antrópicos; estimar los riesgos de pérdida de especies, poblaciones y recursos genéticos y; evaluar riesgos en el caso de introducción de especies exóticas sobre las poblaciones. Además, es necesario evaluar el impacto genético en el riesgo de extinción de especies amenazadas. A su vez se requiere evaluar el impacto de la fragmentación de hábitat y sus implicancias en el manejo de las poblaciones fragmentadas, dimensionar la contribución relativa y la interacción entre la depresión por endogamia y los factores no genéticos en el riesgo de extinción de poblaciones silvestres.

El ignorar o no considerar el factor genético para elaborar estrategias de conservación de especies, puede conducir a subestimar el riesgo real de extinción, implementar estrategias no apropiadas de recuperación, escoger la población incorrecta para reintroducción, no diagnosticar correctamente el grado de fragmentación de poblaciones y no considerar adecuadamente el componente de flujo genético entre poblaciones fragmentadas. Además, puede acarrear problemas de compatibilidad alélica y cromosómica y mezclar y/o forzar la hibridación entre taxas o poblaciones genéticamente distintas.

Los programas de mejoramiento genético de razas de animales y variedades de cultivos se sustentan en la base genética asociada. Por tanto, es fundamental dimensionar y caracterizar dicha diversidad, para lograr mantenerla y si es posible ampliarla. La pérdida de variabilidad de los genotipos locales, conduce a la pérdida de genes involucrados en la adaptación a condiciones edafoclimáticas adversas y en la resistencia a enfermedades y plagas.





CAPÍTULO **DIVERSIDAD DE ESPECIES**

4



◀◀ Huemul (*Hippocamelus bisulcus*), las principales amenazas que ha enfrentado son las actividades ganaderas, forestales y la cacería ilegal. Es una especie extremadamente susceptible a parásitos del ganado doméstico. También ha muerto producto de persecuciones y ataques de perros.
Foto: Jose Cañas.

◀ Zorro chilla (*Lycalopex griseus*), es una especie ampliamente distribuida en ambos lados de Los Andes, desde el extremo sur de Perú y norte de Chile hasta la Región de Magallanes, teniendo como límite natural el Estrecho de Magallanes.
Foto: Marco Subiabre.

DIVERSIDAD DE ESPECIES

4.1. MAMÍFEROS

4.1.1 MAMÍFEROS TERRESTRES

Hernán Cofré¹, Yerko A. Vilina² y Angel Spotorno³

Los mamíferos se caracterizan por ser animales que alimentan a sus crías con leche producida por glándulas mamarias que posee la hembra. Otras características importantes del grupo son: ser animales endotermos (es decir que mantienen su temperatura corporal mediante su alto metabolismo), tener el cuerpo cubierto de pelos, un encéfalo muy desarrollado, ser en su mayoría vivíparos, y presentar una gran diversidad morfológica y conductual en términos de alimentación, locomoción y reproducción. Aunque los mamíferos son la clase con menos especies dentro de los vertebrados tetrápodos (no más de 4.500 especies), se puede sostener que es el grupo más diverso en cuanto a tamaños, formas y funciones, lo que les ha permitido ocupar prácticamente todos los ambientes de la Tierra.

HISTORIA DEL CONOCIMIENTO EN CHILE

Respecto al conocimiento de los mamíferos terrestres, se puede reconocer una etapa prehistórica, donde los pueblos originarios que habitaban el territorio nacional reconocieron como parte de su entorno a la fauna, en especial a los mamíferos terrestres. Prueba de este conocimiento son los

diferentes nombres vernáculos indígenas que se han mantenido hasta el día de hoy para denominar algunas de estas especies (por ejemplo, el gato colo-colo, el zorro chilla, o la nutria de río o huillín). Además, muchos de estos pueblos utilizaron la carne, pieles y huesos de algunas especies de mamíferos; entre ellos, camélidos, roedores de tamaño mediano (tuco-tucos, degus, chinchillas, y cuyes); lobos marinos y cetáceos, incluso para satisfacer necesidades espirituales como la artesanía y la pintura. Finalmente, este conocimiento se tradujo en la domesticación de algunas especies como la llama (*Lama glama*), a partir de alguna población de guanaco de los Andes de Perú y Chile, y la alpaca (*Vicuña pacos*), a partir de alguna población de vicuña de la misma zona (Marín et al., 2007), así como el cuy (*Cavia porcellus*) a partir de *Cavia tschudii* en el extremo norte (Spotorno et al., 2004). Existen incluso algunas hipótesis que proponen que los pueblos originarios del extremo austral habrían domesticado a alguna población de zorro culpeo con objetivo de ayudar en las labores de caza.

La segunda etapa del conocimiento comienza a fines del siglo XVIII, correspondiente a la obra de destacados naturalistas

¹ Instituto de Biología, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
² Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Santo Tomás, Santiago
³ Genética Humana, ICBM, Facultad de Medicina Norte, Universidad de Chile, Santiago



Guanacos (Lama guanicoe) especie que forma tres tipos de unidades sociales básicas: los grupos familiares constituidos por un macho adulto, varias hembras y sus crías menores de un año; los machos subadultos no reproductivos o manada de machos solteros; y los machos solitarios que generalmente corresponden a animales viejos. Foto: Jose Cañas.

como Juan I. Molina, Charles R. Darwin, Claudio Gay, Rodolfo A. Philippi, entre otros, quienes recorrieron el país colectando, describiendo y nominando las distintas especies de flora y fauna presentes en Chile.

Actualmente, los mastozoólogos (científicos que estudian al grupo de los mamíferos) chilenos reconocen en el trabajo de Wilfred. H. Osgood en su libro "The mammals of Chile" publicado en 1943, en la serie de zoología del Field Museum of Natural History, el comienzo de una tercera etapa en el estudio de los mamíferos de Chile o lo que podríamos denominar la época moderna de la mastozoología chilena. Este tratado sistemático y biogeográfico estableció las bases taxonómicas de la fauna de mamíferos de Chile y sirvió (y aún lo hace) como referencia obligada para estudios específicos sobre los distintos grupos de mamíferos presentes en el país.

Dentro de los investigadores que hicieron aportes significativos al conocimiento de los distintos grupos de mamíferos chilenos, luego de 1950 destacan Philip Hershkovitz, Guillermo Mann, Osvaldo Reig, John Greer, George Fulk, entre otros. A comienzos de la década de 1980 (etapa profesional), se puede reconocer un aumento en el número de estudios sobre la ecología, sistemática, genética, morfología, y fisiología de especies de mamíferos terrestres, así como los primeros trabajos de historia natural con formato de guía de campo, por ejemplo el trabajo de Miller & Rottman (1976). Ya en las últimas décadas del siglo XX aparecen varios trabajos generales o de síntesis sobre el conocimiento del grupo en Chile. Algunos ejemplos son: el libro "Mamíferos de Chile", editado por Muñoz-Pedreros y Yáñez, en los años 2000 y 2009, el cual incluye una ficha sobre la biología y ecología de todas las especies de mamíferos de Chile (terrestres y marinos), así como capítulos específicos sobre temas del conocimiento de la fauna mastozoológica del país (por ejemplo, biogeografía, evolución, entre otros), y también el libro de Iriarte (2008) el que revisa la información disponible para cada Orden y especie de mamífero descrito en Chile. Incluso en los últimos diez años se han generado libros para órdenes específicos como los quirópteros (Galaz & Yáñez, 2006) o los carnívoros (Iriarte & Jaksic, 2012).

Pese al desarrollo alcanzado en la investigación mastozoológica en Chile, todavía existen muchas especies y grupos completos de mamíferos, como es el caso de *Xenarthra* (armadillos) y *Chiroptera* (murciélagos), que no han sido estudiados adecuadamente. Incluso en aquellos grupos mejor estudiados, como es el caso de los roedores, se siguen describiendo nuevas especies para Chile (entre otros, *Ctenomys coyhaiquensis*, *Loxodontomys pikumche*, *Eligmodontia dunaris* y *Abrothrix mannii*), indicando que todavía queda mucho trabajo por hacer para conocer adecuadamente la diversidad de mamíferos terrestres de nuestro país.

DIVERSIDAD TAXONÓMICA

En los últimos años se ha registrado un gran número de cambios taxonómicos en la mastofauna chilena, tanto por nuevas descripciones de especies, como por nuevas propuestas taxonómicas. Teniendo en cuenta lo anterior, se puede afirmar que en Chile existen alrededor de 160 especies de mamíferos nativos y 22 de especies exóticas (Muñoz-Pedreros & Yáñez, 2000; Iriarte, 2008). De éstas, aproximadamente 102 corresponden a mamíferos terrestres silvestres (Tabla 1), lo que equivale a poco más del 2% de la diversidad mundial de mamíferos terrestres. Dentro de estas especies encontramos representantes de los órdenes Didelphimorfia (2 especies); Microbiotheria (1 especie), Paucituberculata (1 especie); Chiroptera (11 especies), Xenarthra (3 especies), Rodentia (65 especies), Carnívora (12 especies) y Artiodáctila (7 especies) (Véase el Tabla 1). Esta diversidad se distribuye en 20 familias y 53 géneros. Las familias que presentan la mayor diversidad de especies en Chile son Cricetidae (38), Octodontidae (9), Vespertilionidae (6), Chinchillidae (5), Ctenomyidae (5) y Felidae (5) (Figura 1).

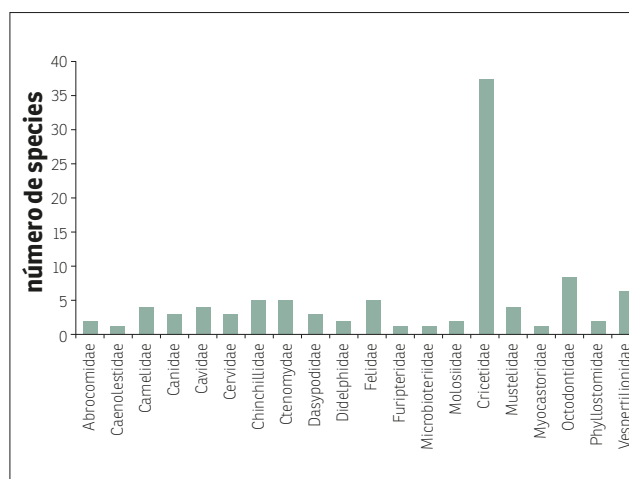


Figura 1. Riqueza de especies por cada una de las familias de mamíferos terrestres presentes en Chile.

En comparación con la diversidad taxonómica de Sudamérica, la mastofauna actual de Chile no presenta: cuatro órdenes, 14 familias y más de 600 especies. A pesar de la baja diversidad que presenta Chile en comparación con otros países del continente, como Brasil, Perú o Ecuador (con más de 350 especies), Chile alberga una riqueza (número de especies) taxonómica importante para ciertas familias presentes en Sudamérica. Por ejemplo, en el país habitan cinco de las seis especies que componen la familia Chinchillidae, dos de las tres especies de la familia Abrocomidae, 9 de las 11 especies de la familia Octodontidae, y la totalidad de las especies que componen las familias Camelidae, Myocastoridae y Microbiotheridae en Sudamérica (Figura 1). Es importante señalar que algunas de las especies que pertenecen a estas familias sólo se encuentran en Chile (endémicas del país) o son propias de regiones ecológicas del sur de Sudamérica, como la puna seca, el matorral y bosque esclerófilo o el bosque templado lluvioso (Tabla 1, Figura 2).

Tabla 1. Número de especies por género en cada uno de los órdenes de mamíferos que habitan en Chile. El (*) muestra los géneros que presentan especies endémicas de Chile.

Taxa	Número de especies	Taxa	Número de especies
DIDELPHIMORPHIA		XENARTRA	
<i>Thylamys</i>	2	<i>Chaetophractus</i>	2
		<i>Zaedyus</i>	1
MICROBIOTHERIA		RODENTIA	
<i>Dromiciops</i>	1	<i>Abrothrix</i>	9
PAUCITUBERCULATA		<i>Akodon</i>	1
<i>Rhyncholestes</i>	1	<i>Andinomys</i>	1
		<i>Loxodontomys</i>	2
CARNIVORA		<i>Auliscomys</i>	2
<i>Lycalopex</i> (*)	3 (1)	<i>Calomys</i>	1
<i>Galictis</i>	1	<i>Chelemys</i> (*)	2 (1)
<i>Lyncodon</i>	1	<i>Chinchilla</i>	1
<i>Conepatus</i>	2	Eligmodontia (*)	4 (1)
<i>Leopardus</i>	4	<i>Euneomys</i>	3
<i>Puma</i>	1	<i>Galenomys</i>	1
		<i>Geoxus</i>	1
		<i>Irenomys</i>	1
ARTIODACTILA		<i>Neotomys</i>	1
<i>Hippocamelus</i>	2	<i>Oligoryzomys</i>	2
<i>Pudu</i>	1	<i>Phyllotis</i> (*)	5 (2)
<i>Lama</i>	2	<i>Reithrodon</i>	1
<i>Vicugna</i>	2	<i>Pearsonomys</i> (*)	1 (1)
		<i>Cavia</i>	1
CHIROPTERA		<i>Galea</i>	1
<i>Platalina</i>	1	<i>Microcavia</i>	2
<i>Desmodus</i>	1	<i>Chinchilla</i> (*)	2 (1)
<i>Amorphochilus</i>	1	<i>Lagidium</i>	3
<i>Tadarida</i>	1	<i>Myocastor</i>	1
<i>Histiotus</i>	2	<i>Aconaemys</i>	3
<i>Lasiurus</i>	2	<i>Octodon</i> (*)	4 (3)
<i>Myotis</i>	2	<i>Octodontomys</i>	1
<i>Mormopterus</i>	1	<i>Spalacopus</i> (*)	1 (1)
		<i>Ctenomys</i> (*)	5 (1)
		<i>Abrocoma</i> (*)	2 (1)

DIVERSIDAD GEOGRÁFICA

En términos geográficos, la riqueza de mamíferos en Chile presenta un patrón latitudinal complejo, que no corresponde a la típica disminución de especies a medida que aumenta la latitud (es decir mayor riqueza en los trópicos y menor hacia los polos). De hecho, existen dos o tres valores máximos de riqueza que coinciden con ciertas regiones ecológicas, como la puna y la estepa patagónica (Samaniego & Marquet, 2009), o áreas muy especiales de transición faunística como es el sector del río Biobío.

Los estudios ecológicos y biogeográficos sobre la diversidad de mamíferos en Chile se han centrado en los ensamblajes (especies de un grupo taxonómico que comparten un

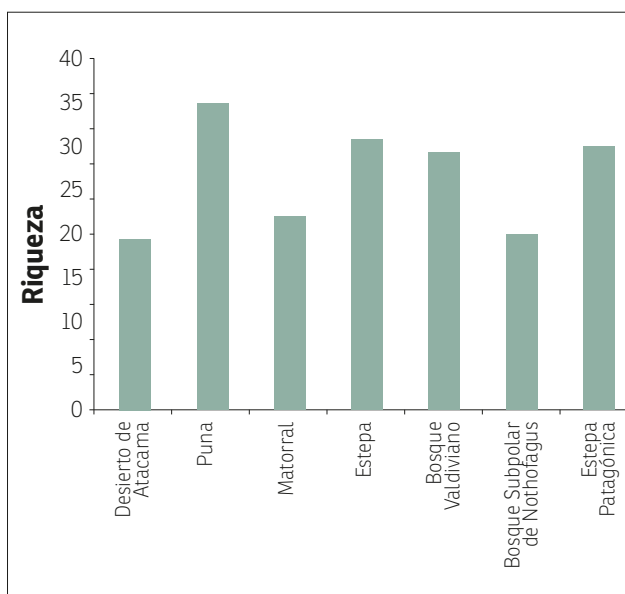


Figura 2. Riqueza de especies de mamíferos terrestres por región ecológica.

ambiente) de micromamíferos (Vergara et al., 2014). Con respecto a ellos, se sabe que en la región del desierto costero, la mayoría de los ensamblajes tienen una baja riqueza y existe un gran recambio (cambio de especies entre una localidad y otra) de especies. Además, se ha observado que en el norte de Chile la riqueza aumenta con la altitud, patrón que ha sido explicado proponiendo al altiplano como un centro generador de especies en el pasado. Hacia el sur, en el extremo norte de la zona mediterránea, tanto estudios a gran escala geográfica como estudios a largo plazo (por ejemplo en el Parque nacional Bosque de Fray Jorge y la Reserva Nacional La Chinchilla), han mostrado que la diversidad de especies en el ensamblaje de micromamíferos depende fuertemente de la productividad del ecosistema, específicamente de variables ambientales como las precipitaciones, la cobertura herbácea del suelo y la cantidad de semillas.

En la ecorregión del bosque templado de Chile se ha encontrado que los mismos factores asociados a la productividad de los ecosistemas explicarían los cambios en la riqueza de micromamíferos. Por ejemplo, se ha mostrado que a partir del volcán Osorno existe una disminución de la riqueza hacia el extremo austral, lo que se explicaría por una disminución en la densidad de árboles y el número de troncos caídos (heterogeneidad de hábitat) hacia mayores latitudes.

Finalmente, en cuanto a los patrones altitudinales dentro de la ecorregión del bosque templado, se ha registrado que tanto la riqueza como la abundancia disminuyen con la altura, a diferencia de lo encontrado para la zona desértica de Chile y Perú. En resumen, se podría decir que las variables que mejor explican el patrón latitudinal de riqueza de mamíferos de Chile son la productividad o disponibilidad de recursos del sistema y la historia de las biotas, por ejemplo, la historia glacial en el extremo sur y la historia de diversificación reciente de roedores en la puna (Vergara et al., 2014).



Quirquincho (*Chaetophractus villosus*), animal solitario, principalmente nocturno, aunque a veces sale de día. Buen corredor y excavador, si es perseguido corre emitiendo gruñidos agudos. Foto: Jose Cañas.

DIVERSIDAD ECOLÓGICA

La mastofauna de Chile ó “los mamíferos terrestres en Chile” presenta ciertas características biológicas, ecológicas y biogeográficas que la hacen muy particular. En primer término, aunque la riqueza de especies es baja en comparación con otros países de América del Sur, el grado de endemismo es relativamente alto. Se reconocen 13 especies endémicas en nuestro país (Tabla 1), a las cuales se pueden agregar otras diez especies propias de la región del cono sur del continente, es decir que se distribuyen marginalmente en países vecinos, como Argentina a través de la cordillera de Los Andes. Con esto, podríamos decir que cerca del 25% de la mastofauna terrestre de Chile presenta una distribución restringida.

Asimismo, la mayor parte de nuestra fauna presenta tamaños corporales pequeños, existiendo especies con una masa menor o cercana a 10 gramos para individuos adultos, como es el caso de algunos marsupiales, roedores (por ejemplo *Eligmodontia dunaris*) y quirópteros.

Algunas de estas especies de micromamíferos son capaces de regular su metabolismo de acuerdo a las condiciones ambientales, entrando en períodos diarios de baja actividad o sopor; incluso llegan a presentar períodos de hibernación verdadera, como es el caso del monito del monte (*Dromiciops gliroides*). Gran parte de las especies presenta una dieta herbívora, a base de semillas, frutos y tejidos vegetales, aunque

también se encuentran especies carnívoras, insectívoras, omnívoras, fungívoras y hematófagas.

Dentro de los mamíferos terrestres también existen especies con estructura social bien definida, como algunos roedores cávidos (roedores grandes como Cuis y tucu-tucus), chinchillidos (vizcachas y chinchillas) y quirópteros (murciélagos). Otras especies se reúnen en grupos familiares, como los camélidos (guanacos y vicuñas) y roedores octodóntidos (como el Degú), y otras son especies solitarias como algunos quirópteros y carnívoros.

Existe un grupo importante de especies cursoriales (camionadoras) y cavadoras dentro de los roedores y xenartros (armadillos), pero muy pocas especies realmente arbóreas.

Muchas de estas especies tienen un potencial reproductivo bajo —ya que en cada evento de reproducción sólo tienen una o muy pocas crías, como es el caso de algunos quirópteros, xenartros y artiodáctilos (ciervos y camélidos)—; sin embargo también hay especies que pueden reproducirse varias veces en el año y que generan muchas crías por camada. Es el caso de algunos roedores múridos, que incluso llegan a niveles de plaga en años de abundancia de alimento (por ejemplo, ratones colilargos).

Finalmente, en términos evolutivos, podemos decir que la mastofauna de Chile está formada principalmente por especies de origen neártico (Norteamérica), con más del 60%



Cururo (Spalacopus cyanus) es una especie colonial, de conducta gregaria, fosorial (cava cuevas en el suelo) y territorial. Excava todo tipo de terreno pero desarrolla galerías más complejas en terreno blando. El trayecto de sus galerías se ajusta a la repartición espacial de los bulbos vegetales que consume. Foto: Jose Cañas.

de las especies, las cuales migraron a Sudamérica recién a partir de los últimos dos millones de años; es el caso de la mayoría de los grandes mamíferos que vemos hoy como el puma, el huemul, el guanaco y la vicuña. Por otro lado, algunas especies son de origen sudamericano temprano (30%) como los caviomorfos (grandes roedores como chinchillas y vizcachas) y quirópteros, para las cuales existen registros en América del Sur desde al menos unos 20 millones de años. Por último, hay una pequeña fracción de origen gondwánico (7%) como los marsupiales (yaca, monito del monte) y los xenartros que están en esta región desde hace más de 50 millones de años (Carrasco, 2009).

SINGULARIDADES EN CHILE

En los ambientes terrestres presentes en el territorio nacional podemos encontrar algunas especies muy particulares. Una de ellas es el marsupial conocido como monito del monte (*Dromiciops gliroides*), el cual es el único representante vivo de un orden taxonómico completo (Microbiotheria). Esta particular especie de marsupial está más emparentada con marsupiales australianos que con sus similares de Sudamérica. Además, en términos biológicos, es la única especie en Chile que hiberna y que posee una bolsa marsupial, y es una de las pocas especies con hábitos arborícolas. Por nuevos registros, su distribución ha sido ampliada recientemente, llegando a habitar en ambientes de bosques costeros y bosques andinos desde la VII hasta la X Región.

Otro grupo interesante dentro de la mastofauna chilena son los roedores caviomorfos de la familia Octodontidae, típica de las ecoregiones semiáridas del cono sur de América del Sur. Las especies que habitan en Chile son roedores que pesan entre 100 y 200 gramos, siendo buenos cavadores; muchos de ellos pueden vivir bajo tierra en madrigueras y asociarse para vivir en colonias. La mayoría presenta distribuciones geográficas muy restringidas, por lo que cuatro de las nueve especies de este Orden que habitan en Chile son endémicas. Entre estas últimas especies se puede destacar al degú (*Octodon degus*), uno de los más bellos y conspicuos roedores de la zona mediterránea de Chile, fácilmente detectable debido a su abundancia y a sus hábitos diurnos, y al cururo (*Spalacopus cyanus*), una especie de hábitos exclusivamente fosoriales que habitan en Chile.

Por otra parte, la única especie endémica de mamífero de mayor tamaño (mesofauna) que posee Chile es el zorro de Darwin o zorro chilote (*Lycalopex fulvipes*), la cual merece ser tratada como una singularidad dentro de nuestra mastofauna. Esta especie presenta una distribución geográfica disjunta, es decir, existen poblaciones separadas por varios cientos de kilómetros; una población habita en la cordillera de Nahuelbuta (IX Región) y la población más austral ocurre en la Isla Grande de Chiloé (X Región). Recientemente hay evidencias de otra población de zorro de Darwin en la región costera de la provincia de Osorno y la provincia de Corral. El zorro chilote es uno de los pocos zorros que habita en

ambientes boscosos, lo cual explicaría algunas de sus singularidades morfológicas, como su pequeño tamaño, un peso de 2,5 a 3,5 kg, pelaje oscuro y patas cortas. Su dieta no sólo incluye insectos y pequeños mamíferos, sino que también frutos de árboles del bosque valdiviano, lo que le confiere además un papel ecológico importante como dispersor de semillas. Estimaciones poblacionales para esta especie indican que no existirían más de 600 individuos en total, lo que la pone en una situación real de peligro de extinción, ya que también se ha descrito que no tolera ambientes intervenidos por el hombre.

Finalmente, mención especial merecen los roedores cricétidos (la mayoría de los roedores pequeños que conocemos) de la zona costera de Chile (dentro de la región reconocida como un "Hotspot" de biodiversidad mundial), donde existen varias especies endémicas y muy poco conocidas. Una de ellas es el ratón topo del matorral, *Chelemys megalonyx*, una especie muy poco frecuente habitante de las zonas costeras, y que sólo en ciertas épocas ha sido registrada en algunas zonas, como el Parque Nacional Bosque de Fray Jorge. Otra especie de roedor muy especial, que habita la zona costera de la cuarta y tercera región, es la recientemente descrita laucha de las dunas, *Eligmodontia dunaris* (Spotorno et al., 2013). Esta especie, con su peso corporal de adulto de menos de 15 gramos, es la más pequeña de nuestro país. Al parecer, esta laucha de las dunas sería un aislado periférico (especie con rango geográfico alejado al de otras especies del mismo género) proveniente de una población ancestral altiplánica, adaptada a las condiciones de pocos recursos y gran estrés hídrico del ambiente desértico de los últimos miles de años en la zona costera de esta región. Su rango geográfico restringido, junto a su baja abundancia, hacen pensar que esta especie debería estar en alguna categoría de importancia para la conservación.

ESTADO DEL CONOCIMIENTO

Como ya se dijo, a partir de mediados de la década de 1980, ha existido un creciente desarrollo de la investigación mastozoológica en Chile. Desde 1985 y hasta el año 2000 se habían publicado más de 250 artículos en revistas científicas sobre la biología y ecología de mamíferos de Chile. En un análisis posterior, Palma (2007) mostró que entre los años 2001 y 2005, las publicaciones por autores nacionales llegan a las 105, con una tendencia al aumento hacia el último de los años. En cuanto a las temáticas investigadas, los artículos de las últimas décadas del siglo pasado se concentraron en áreas como: la ecofisiología, la ecología de poblaciones, la ecología de comunidades, la taxonomía molecular, la sistemática, la historia natural y la biogeografía. En la última década, a las áreas anteriores se han sumado trabajos sobre: paleontología, macroecología, filogeografía, ecología conductual, conservación biológica, especies introducidas y aspectos veterinarios como enfermedades y parásitos.

Por otra parte, en las últimas décadas se han reafirmados ciertas regiones biogeográficas y áreas locales como blancos de investigación, en desmedro de otros lugares y zonas de Chile. Por ejemplo, tanto la zona central como la zona sur han sido las regiones más estudiadas, lo que se ha traducido en la generación de monografías o artículos de revisión que sintetizan estos estudios (e.g. Vergara et al., 2014). En la zona central, especial mención se debe hacer a lugares de investigación como el Parque Nacional Bosque de Fray Jorge o la Reserva Nacional Las Chinchillas. Sin embargo, las zonas cordilleranas del norte y centro del país, así como el desierto y el extremo austral, han sido menos estudiados.

Es importante señalar que la investigación se ha concentrado en unas pocas familias de mamíferos, y que el desarrollo de nuestro conocimiento sobre las diferentes especies es, al menos, desigual. La gran mayoría de las publicaciones corresponden a estudios realizados en especies o grupos de especies pertenecientes a las familias Cricetidae y Octodontidae; es decir, en especies de mamíferos pequeños. Específicamente, muchos de estos estudios corresponden a estudios ecológicos de dos ensambles de micromamíferos en Chile, presentes en la zona del matorral en Chile central y en la zona del bosque valdiviano, en el sur de Chile respectivamente.

En cuanto a los mamíferos de mayor tamaño (megafauna), en los últimos años se han generado una veintena de trabajos sobre la familia Camelidae, la gran mayoría de ellos sobre el guanaco (*Lama guanicoe*); aumentan también los trabajos sobre la familia Canidae (zorros) y sobre la familia Felidae (felinos).

Sin embargo, existen varias familias en las cuales el desarrollo investigativo ha sido escaso, como por ejemplo las familias de quirópteros (murciélagos). Otros grupos donde se ha realizado poca investigación son los mustélidos (quique, chingue, pero no las nutrias), los roedores de la familia Caviidae y los quirquinchos de la familia Dasyopodidae.

Es importante destacar que dentro de las familias más estudiadas el esfuerzo de investigación no es equitativo. Por ejemplo, si bien la familia Octodontidae presenta un número importante de trabajos, la gran mayoría de estos estudios se han realizado sólo en una especie, *Octodon degus*, quedando otras especies menos representadas, como las especies del género *Aconaemys*, e incluso otras del mismo género *Octodon*. Dentro de la familia Cricetidae, existen géneros muy poco estudiados de especies que en general se distribuyen en zonas geográficas distantes como la puna, la región Altoandina y la Patagonia, como es el caso de *Euneomys*, *Auliscomys*, *Chelemys*, *Neotomys*, y *Andinomys*, entre otros.

Sólo recientemente se ha comenzado a estudiar los efectos de la interacción que ocurre entre los mamíferos nativos y los animales domésticos que utiliza el Hombre para su subsistencia, o como animales de compañía. Tal es el caso de los estudios de los efectos del perro sobre la fauna nativa en general, y sobre los mamíferos en particular, que demuestran graves efectos en zorros y guanacos entre otros, y los estudios del efecto del ganado doméstico en el huemul y guanacos. Estos estudios, entregan valiosa información para la conservación y manejo de los mamíferos nativos. Mismo desarrollo ha tenido el estudio de especies de mamíferos invasores (especialmente el castor y el visón) sobre la flora y fauna nativa, especialmente en el extremo austral del país.

Finalmente, otra evidencia de que aún falta mucho por investigar es que se siguen describiendo especies de mamíferos en Chile, especialmente micromamíferos como *Pearsonomys annectens* (1992), *Octodon pacificus* (1994) y *Ctenomys coyhaiquensis* (1994), *Loxodontomys pikumche* (1998), *Eligmodontia dunaris* (2013) y *Abrothrix manni* (2015). Este último micromamífero fue descrito recientemente en la ecoregión Valdiviana, como una especie hermana de *A. sanborni*, de la cual se distingue tanto por aspectos morfológicos, como moleculares (D'Elía et al., 2015). El estudio considera a esta especie como de valor para la conservación debido a su distribución restringida y al gran impacto antrópico que está sufriendo este ambiente.

Por otra parte, aún se siguen ampliando las distribuciones de especies de mamíferos chilenos, como es el caso del monito del monte, *D. gliroides*, los roedores *Geoxus valdivianus*, *Irenomys tarsalis*, o *Abrocoma bennetti*, o incluso especies tan conspicuas como la Vicuña, *Vicugna vicugna*. También siguen existiendo primeros registros de especies para Chile, como es el caso del murciélago de nariz larga, *Platalina genovesium*, en el extremo norte de Chile, o el roedor múrdo *Abrothrix jelskii*, en el altiplano.

DESAFIOS

Chile, por su larga y accidentada geografía, es un amplio laboratorio natural, un verdadero paraíso para la vida. Así, hemos heredado una rica y particular diversidad biológica que se plasma en una buena cantidad de mamíferos propios adaptados a ambientes contrastantes y a veces extremos. Pero también es un paraíso natural cada vez más fragmentado y en creciente proceso de extinción. Con cada especie propia que se pierde, desaparece para siempre una amplia batería de información y soluciones biológicas únicas, históricamente acumuladas. Por lo tanto, nuestra principal y

urgente prioridad son los señalados taxones endémicos en peligro de extinción, particularmente sus genomas y ambientes particulares, los que guardarían esa preciosa información única para el futuro.

Los estudios sistemáticos modernos constituyen el respaldo científico para evaluar la cuantía y distribución de esa diversidad. Afortunadamente, la descripción de las recientes nuevas especies ha sido integrativa y en el marco de revisiones bien documentadas del grupo biológico respectivo. Sin embargo, buena parte de los mamíferos chilenos

todavía permanece sin revisiones ni estudios actualizados en el marco de modelos cuantitativos y predictivos (por ej., efectos del cambio climático), lo que claramente establece un desafío para la comunidad local de científicos, más aun con grados de amenazas que crecen exponencialmente en el tiempo y que debemos resolver urgentemente.

*Tuco tuco del Maule (*Ctenomys maulinus*) es una especie que habita diferentes tipos de hábitats incluyendo bosques de robles y de araucaria, también áreas descubiertas con arena volcánica. Foto: Marco Subiabre.*





◀ *Lobos marinos comunes (Otaria flavescens), ampliamente distribuidos más o menos en forma continua desde el norte de Perú al sur hasta el Cabo de Hornos, y desde allí hasta el sur de Brasil, en donde no hay colonias de cría. Foto: Juan Capella.*

DIVERSIDAD DE ESPECIES

4.1. MAMÍFEROS

4.1.2. MAMÍFEROS MARINOS

Juan J. Capella^{1,2} y Jorge Gibbons³

“Shahmanink se quejaba siempre diciendo que los guanacos eran pequeños y flacos. Kwonype disgustado lo transformó en ese animal feroz...matador de ballenas (Orca). En adelante cuando veía una poderosa ballena Ohchin, la acometía y la mataba”.

Leyenda Selk’nam, recopilada por Thomas Bridges, misionero anglicano y primer hombre europeo en vivir en Tierra del Fuego en el siglo XIX

“Su grandeza parece que la hace reina de todo lo demás (...) y si donde está el rey está la corte, podemos dar este título entre las demás partes de este elemento austral a aquellas de Chile, donde hay tanta abundancia de ballenas, que no sé dónde se hallen más”.

Relato de Alonso de Ovalle, sacerdote jesuita que escribió en 1646 la “Histórica relación del Reyno de Chile”, primera crónica dedicada exclusivamente al país que fue llevada a imprenta.

INTRODUCCIÓN

Los extractos anteriores dan cuenta por una parte de la relación antigua de los habitantes originarios con los mamíferos marinos y por otra de la singular riqueza y abundancia de esta fauna que caracterizaron nuestro territorio durante el período de la colonización. Sin embargo, su conocimiento no vino aparejado con la riqueza exuberante en las aguas chilenas, sino que fue más bien escaso y en parte se perdió hasta bien entrado el siglo XX.

Los mamíferos marinos, una denominación funcional más que sistemática, representan un conjunto de cerca de 138 especies en el mundo, agrupados en tres órdenes: Cetacea (delfines, ballenas, marsopas, cachalotes, zifios, mesoplodontes, entre otros), Sirenia (manatíes y dugongos) y Carnivora (lobos marinos, focas, nutrias, morsas y oso polar). Son animales de tamaño y aspecto heterogéneo y con un origen evolutivo diverso, pero que comparten la condición de tener como hogar al medio acuático, ya sea marino, estuarino o de agua dulce.

¹ Fundación Yubarta, Cali, Colombia

² Whalesound Ltda, Punta Arenas, Chile

³ Instituto De La Patagonia, Universidad De Magallanes, Punta Arenas, Chile

En Chile se encuentran 51 especies, un 36% de la diversidad mundial de mamíferos marinos, con representantes en tres grupos: cetáceos, nutrias y pinnípedos (lobos marinos y focas). La mayoría de los mamíferos marinos del mundo pertenece al orden Cetacea (unas 87 especies), quienes a diferencia del resto de mamíferos, carecen de pelaje.

CONOCIMIENTO HISTÓRICO Y ACTUAL

Históricamente, el conocimiento de los mamíferos marinos en Chile estuvo ligado a su utilización desde antes que Hernando de Magallanes descubriera el país en 1520. Sabemos de esta relación por numerosas evidencias como pictografías de caza de ballenas francas en la quebrada del Médano en la II región de Antofagasta, la navegación en balsas de cuero de lobo común por los changos en todo el norte del país, la construcción de arpones y herramientas de huesos de ballenas por los pueblos canoeros de Chiloé al sur y el relato de caza de ballenas por los kaweskar en el Estrecho de Magallanes. Bello ejemplo de su importancia para el pueblo mapuche es el mito sobre la ballena Tempulkalwe que transportaba en su lomo a los espíritus de los muertos desde la costa de Tirúa en dirección al poniente hacia la Isla Mocha donde se encontraba “el mundo de abajo”.

El conocimiento posterior generado por los navegantes y exploradores cuya misión era describir todo lo útil que hubiera en el nuevo mundo para sus imperios mandantes, desde el siglo XVI al XIX, estuvo marcado por los cambios en su utilización o su valor económico. Por ejemplo, para el sector de la isla Carlos III en el Estrecho de Magallanes, que en la actualidad concentra una población de ballenas jorobadas, los antiguos navegantes reportaron la presencia de ballenas a lo largo de cuatro siglos comenzando en 1583.

Los descubrimientos de mamíferos marinos fueron seguidos por la caza masiva. Las primeras referencias a explotación comercial se remontan a 1563, cuando Juan Fernández descubre grandes cantidades de lobos marinos finos en el archipiélago que lleva su nombre. La caza de esta especie por parte de ingleses y norteamericanos se inicia a fines del siglo XVII, estimándose que en todo el período se cazaron unos cinco millones de ejemplares. Para mediados del siglo XIX ya había más de 400 barcos dedicados a la caza de lobos marinos a lo largo de la costa de Chile, lo que los llevó a su aniquilamiento y casi desaparición. Esta explotación seguramente fue una causa importante de la extinción de los pueblos canoeros en la región de Magallanes que dependían en más del 70% de los lobos marinos para su alimentación. Una historia similar de aniquilamiento sufrió la foca elefante en Juan Fernández, que en pocas décadas fue cazada hasta la extinción ocurrida hacia 1840 (Torres et al., 2000).

Al ciclo de explotación lobero siguió el de caza de ballenas o ballenería. El primer barco ballenero en Chile fue el “Amelia”

el cual entre 1788 y 1790, retornó a puerto con 139 toneladas de aceite. Su éxito y las noticias proporcionadas por James Cook después de su paso por nuestras aguas, atrajeron a ingleses y norteamericanos. Las primeras capturas se centraron en la ballena franca austral en aguas de Chile central, pero ya hacia 1860 la disminución en la abundancia de ésta y otras ballenas, trasladó la actividad hacia el sur. Las balleneras locales en Chile se instalaron poco después de la independencia en 1810, llegando a operar seis estaciones balleneras costeras entre Iquique y el estrecho de Magallanes (Aguayo et al., 1998). La mayor actividad ballenera ocurrió en el siglo XX, luego del declive de la caza en el hemisferio norte y el traslado de las flotas balleneras de Estados Unidos y Europa hacia el Hemisferio Sur. En lugares como el Estrecho de Magallanes las ballenas se extinguieron rápidamente en menos de una década entre 1905 y 1912.

Las dos nutrias que viven en Chile, los mamíferos marinos más pequeños del país, también fueron perseguidas al menos desde el siglo XVII, debido al extraordinario valor de su piel, tanto para uso local como para el mercado internacional. Se cazaron miles de ejemplares a lo largo del país hasta bien entrado el siglo XX, y ya desde el siglo XVIII esa práctica era reconocida como un hecho común.

De todo este conocimiento empírico de los cazadores y de los cientos de miles de ejemplares sacrificados quedó poco: en la ciencia alguna información acerca de la diversidad y distribución de ballenas, lobos marinos, nutrias y focas y en la literatura algunos relatos épicos de Francisco Coloane (Coloane, 1941). Trabajos de historiadores y arqueólogos como Martinic y Quiroz (Martinic, 1977; Quiroz, 2011) están permitiendo reconstruir en parte el pasado y compararlo con la información reciente, encontrando algunas coincidencias como las áreas de presencia actual y de caza de ballena jorobada en los canales patagónicos y Estrecho de Magallanes así como en el Golfo de Corcovado. A partir de la labor descriptiva de los primeros naturalistas, se fue cimentando el conocimiento científico posterior acerca de los mamíferos marinos. Desde el trabajo fundador del abate Juan Ignacio Molina, un destacado intelectual chileno, donde da cuenta de la existencia de ocho especies de cetáceos para Chile en su libro *Memorias de Historia Natural* publicado en 1829, la información fue aumentando gradualmente por el aporte de distintos autores, especialmente a partir de mediados del siglo XX. Entre los más destacados, se cuentan las recopilaciones y adiciones incorporadas por Osgood, Yáñez, Sielfeld y Aguayo (Osgood, 1943; Yáñez, 1948; Sielfeld, 1983; Aguayo et al., 1998), para alcanzar en la actualidad un total de 51 especies reconocidas en el territorio nacional (fotos adjuntas de varias de estas especies).

Habiendo perdido su condición de fuente de riqueza, no es de extrañar que durante el siglo XX el esfuerzo científico por conocer estos grupos en Chile fuera escaso, limitado, fragmentario y en general de corto aliento; estudios basados en

información de registros ocasionales de animales varados, enmallados o avistados, esporádicos cruceros de investigación, evaluaciones poblacionales específicas, censos puntuales en el tiempo y el espacio, estudios genéticos ocasionales y esfuerzos aislados de corta duración. Esta tendencia se ha revertido en los últimos 15 años, con avances importantes en el conocimiento de los mamíferos marinos en Chile, revelado por el aumento de publicaciones científicas a partir del nuevo milenio, período que concentra el 49% (148) del total de trabajos producidos desde 1950 (304) (Figura 1). Sin embargo, aún existen muchas especies, en particular tres familias completas de cetáceos como son Ziphiidae (zifios y mesoplodontes), Kogiidae (cachalotes enanos) y Phocoenidae (marsopas), que son raras y prácticamente no han sido estudiadas.

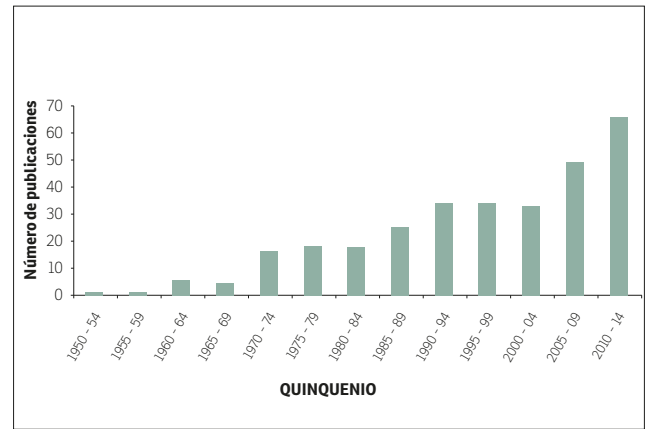


Figura 1. Producción científica (número de publicaciones) acerca de los mamíferos marinos chilenos por quinquenio aparecida en el período 1950-2014, con un total de 304 trabajos recopilados.



Chungungo (*Lontra felina*), es una de las dos nutrias que habitan Chile, es llamada nutria de mar, se encuentra en las playas rocosas del Océano Pacífico. Es además una de las nutrias más pequeñas del mundo, con un peso de 3 a 5 kg y un largo total no mayor a 1 m. Foto: Frederick Toro.



Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) saltando, esta ballena puede ser fácilmente distinguida externamente de las otras especies de la familia por presentar largas aletas pectorales, cuya longitud es equivalente a un 1/3 de la longitud total del cuerpo aproximadamente. Foto: Juan Capella

DIVERSIDAD TAXONÓMICA

En Chile no se ha hecho una revisión del estado sistemático y taxonómico de las especies de mamíferos marinos presentes en el país, y dado que la inmensa mayoría habita en amplias regiones del mundo, podemos adoptar una actualización vigente para este grupo a nivel global escrita por Rice (1998). Desde entonces, se han registrado ocasionales cambios taxonómicos sobre el reconocimiento de ciertas familias y géneros y también con algunas denominaciones específicas. Una excepción reciente dice relación con el lobo fino austral que dejó de pertenecer al género *Arctocephalus* y ahora es considerado como *Arctophoca* (Berta & Churchil, 2012). En la actualidad, en Chile (excluyendo la Antártica) está presente el 36% de la diversidad taxonómica mundial de mamíferos marinos con sólo dos órdenes (Tabla 1): Cetacea con 40 especies en 8 familias (las de mayor riqueza son Delphinidae (17 especies), Ziphiidae (10), Balaenopteridae (6) y Carnivora con 11 especies en 3 familias (Otariidae (5) y Phocidae (4) son las principales).

Para hacerse una idea de lo reciente del conocimiento sobre la riqueza de este grupo en Chile, basta decir que tres especies de cetáceos, el mesoplodonte pigmeo y el de Travers, y el delfín común de hocico largo, recién fueron reconocidas en aguas chilenas a fines de la década de 1990. Dentro de la riqueza taxonómica que se encuentra en Chile, es importante destacar dos especies endémicas (sólo habitan en

nuestro país): el delfín Chileno (*Cephalorhynchus eutropia*) en la costa central y sur aunque con presencia puntual y recientes en dos lugares de la costa de Argentina y que pertenece a un género que cuenta con solo cuatro especies en el mundo, todas con una distribución limitada a pocas localidades en el hemisferio sur, y el lobo fino de Juan Fernández (*Arctocephalus philippii*) en el archipiélago homónimo (también con registros puntuales de animales solitarios en Perú y Colombia). Además, se encuentran otras dos especies cuya distribución en el cono sur de Sudamérica abarca territorio de países vecinos en los límites con Chile: la nutria marina o chungungo (*Lontra felina*) con Perú y Argentina, y la nutria de río o huillín (*Lontra provocax*) con Argentina.

DISTRIBUCIÓN Y DIVERSIDAD DESDE LA GEOGRAFÍA

Este grupo faunístico está íntimamente asociado al mar, por lo que su distribución en buena medida se relaciona con la geografía marina y no con regiones ecológicas continentales o políticas. En ese sentido, y para efectos descriptivos de la distribución de los mamíferos marinos, se consideraron tres grandes ambientes para las aguas marinas chilenas: 1) aguas con afinidad subantártica (ASA) presentes desde Chiloé al sur, incluido el sector de aguas interiores de los fiordos australes, 2) aguas frías de la corriente de Humboldt (AFH) desde Chiloé hasta el límite norte del país, y 3) aguas templadas-cálidas (ATC) ubicadas en el sector de las islas

oceánicas (Archipiélago de Juan Fernández, Isla de Pascua, entre otras) y como cuñas con límites algo dinámicos en el extremo norte del país. Sólo aquellas especies con amplia presencia en cada uno de estos tres ambientes se consideraron aquí con distribución nacional (NAC).

La elevada capacidad de desplazamiento de la mayoría de los mamíferos marinos (particularmente los cetáceos y los pinnípedos) así como la condición altamente migratoria de muchos de ellos (especialmente las ballenas), que les faculta a vivir en ambientes diferentes, permite que se encuentren individuos lejos de las áreas de mayor concentración, y ocasiona que sea difícil en algunos casos describir un patrón geográfico claro de diversidad, por lo que debe mirarse este aspecto con cierta flexibilidad. A eso se le suma el conocimiento fragmentario que existe, marcado por un vacío de información en muchas zonas debido a la falta de estudios de largo aliento y porque la presencia de algunas especies es conocida solo por restos óseos o ejemplares varados.

En términos geográficos, la riqueza de mamíferos marinos en Chile se encuentra representada homogéneamente en los tres grandes ambientes y a nivel nacional (Figura 2), con 1/3 de las especies aproximadamente presentes en cada uno de ellos: 33% NAC, 37% ASA, 29% AFH y 35% ATC. La especie más reciente en adquirir la condición de presencia a nivel nacional es el tursiión o delfín nariz de botella, *Tursiops truncatus*, cuya distribución se ha extendido habitualmente hasta los fiordos australes y el Estrecho de Magallanes. Diecisiete especies tienen una amplia distribución nacional (NAC), 15 de las cuales corresponden a cetáceos, siete de ellas característicamente migratorias. Otras 18 especies se encuentran restringidas a algunos de los tres grandes ambientes marinos: nueve en ASA, siete en ATC y sólo dos en AFH, este último el ambiente de mayor extensión en el territorio chileno. Por otra parte, existen 14 especies que se encuentran distribuidas en sólo dos ambientes: cinco en ASA-AFH, seis en AFH-ATC y tres en ASA-ATC (Tabla 1). Curiosamente, estas últimas tres especies que son característicamente de aguas subantárticas o antárticas (foca cangrejera, *Lobodon carcinophaga*, lobo fino antártico, *Arctocephalus gazzella* y zifio de Shepherd, *Tasmacetus shepherdii*), también han sido registradas en los territorios insulares oceánicos (Tabla 1). Hay dos especies (foca leopardo, *Hydrurga leptonyx* foca elefante, *Mirounga leonina*) que no fueron consideradas con una distribución nacional a pesar de existir registros en los tres ambientes marinos, debido a que en su mayoría se trata de observaciones ocasionales de individuos solitarios errantes, salvo pequeñas colonias de foca elefante en la región de Magallanes.

DIVERSIDAD ECOLÓGICA

En nuestro país se pueden reconocer cinco hábitats principales para los mamíferos marinos, y cada especie puede hacer uso de más de uno de ellos. Estos hábitat son: sistemas

fluviales y lacustres (FyL), estuarios (E), litoral o borde de tierra (L), costero (C) y oceánico (O). De acuerdo a estos hábitats, en Chile la mayoría de las especies se encuentran exclusivamente en hábitats oceánicos (21 especies) o en hábitats oceánicos y costeros (17 especies). En los otros hábitats o combinación de ellos el número de especies es bastante menor, bajo el 21% (ver Tabla 1 y Figura 2). La condición de especies oceánicas y/o costeras de muchos de los mamíferos marinos (38 especies) constituye una de las limitantes más serias para acceder a un conocimiento más acabado de dichas especies.

La totalidad de los mamíferos marinos presentan una dieta carnívora, en la que se incluye algunas de las siguientes presas: peces, cefalópodos (calamares y pulpos), zooplancton (krill) y vertebrados mayores (tortugas, aves y mamíferos marinos). La dieta de las nutrias también incluye varios invertebrados (moluscos y crustáceos especialmente) y en el caso del huillín, huevos y aves continentales. Con la excepción del huillín cuando se encuentra en hábitats de agua dulce, el resto de los mamíferos marinos dependen totalmente del mar para su alimentación, actividad que realizan por medio del buceo con una persecución muy activa de las presas por parte de muchas de las especies, o en el caso de las ballenas mediante un proceso de filtración activa. La mayoría de las especies son buceadoras pelágicas, es decir, sus inmersiones no sobrepasan los 200-300 metros de profundidad, aún cuando tienen la capacidad para sumergirse significativamente más. Existe otro conjunto de 12 especies, que incluye a toda la familia Ziphiidae, la foca elefante y el cachalote, que son buceadores de gran profundidad, pudiendo en el caso de las dos últimas sumergirse hasta dos y tres kilómetros respectivamente. Esto significa que tienen un importante rol dentro del flujo de nutrientes nitrogenados, pues transportan la materia orgánica con rapidez a la superficie, lo que se ha denominado "bombeo de ballenas o whale pump" (Roman & McCarthy, 2010) sin lo cual esta materia permanecería en ciclos energéticos de profundidad.

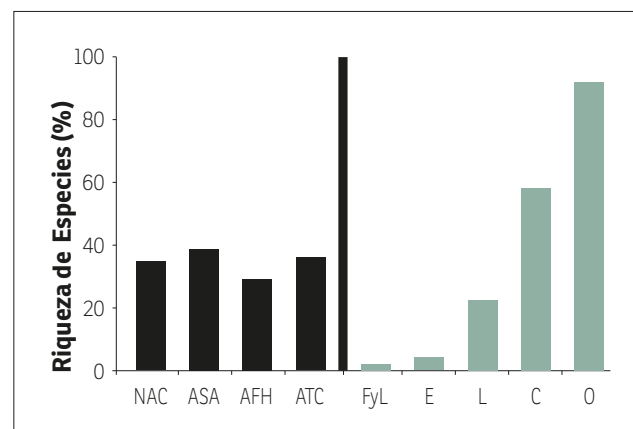


Figura 2. Riqueza de especies de mamíferos marinos en los ambientes y hábitat donde se distribuyen en Chile. El valor sobre las barras indica el número de especies y entre paréntesis el número de familias. La simbología indica los ambientes: ASA (aguas con afinidad subantártica), AFH (aguas frías de la corriente de Humboldt), ATC (aguas templadas-cálidas), NAC (amplia presencia en todas las aguas nacionales) y los hábitat: Sistemas fluviales y lacustres (FyL), Estuarios (E), Litoral (L), Costero (C) y Oceánico (O).

Tabla 1. Familias y especies de los dos órdenes de mamíferos marinos que habitan en Chile. Para cada especie se incluye su distribución, hábitat y área del conocimiento donde se han realizado estudios y donde hay vacíos. La simbología indica su distribución y los ambientes donde se encuentran: ASA (aguas con afinidad subantártica), AFH (aguas frías de la corriente de Humboldt, ATC (aguas templadas-cálidas), NAC (amplia presencia en todas las aguas nacionales) y los hábitat: Sistemas fluviales y lacustres (FyL), Estuarios (E), Litoral (L), Costero (C) y Oceánico (O).

Orden / Familia	Especie	Nombre común	Distribución	Hábitat	ESTUDIOS													
					Biogeografía	Morfología	Sistemática	Ecología	Genética	Comportamiento	Historia natural	Conservación	Paleontología	Fisiología	Arqueología			
CARNIVORA Otariidae	<i>Arctophoca australis</i>	Lobo fino suramericano	ASA, AFH	L, C, O		-	-											
	<i>Arctocephalus gazella</i>	Lobo fino antártico	ASA, ATC	L, C, O		-	-											
	<i>Arctocephalus philippii</i>	Lobo fino de Juan Fernández	ATC, AFH	L, C, O		-	-											
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Lobo fino subantártico	ATC	L, C, O		-	-											
	<i>Otaria flavescens</i>	Lobo común suramericano	NAC	L, C, O		-	-											
Phocidae	<i>Hydrurga leptonyx</i>	Foca leopardo	ASA, AFH, ATC	L, C, O		-	-											
	<i>Leptonychotes weddellii</i>	Foca de Weddell	ASA	L, C, O		-	-											
	<i>Lobodon carcinophaga</i>	Foca cangrejera	ASA, ATC	L, C, O		-	-											
	<i>Mirovunga leonina</i>	Foca elefante	ASA, AFH, ATC	L, C, O		-	-											
Mustelidae	<i>Lontra felina</i>	Chungungo o nutria marina	NAC	L, C		-	-											
	<i>Lontra provocax</i>	Huillín o nutria de río	AFH, ASA	FyL, L, E, C		-	-											
CETACEA Balaenopteridae	<i>Balaenoptera musculus</i>	Ballena azul	NAC	O, C		-	-											
	<i>Balaenoptera physalus</i>	Ballena de aleta	NAC	O, C		-	-											
	<i>Balaenoptera borealis</i>	Ballena sei	NAC	O		-	-											
	<i>Balaenoptera edeni</i>	Ballena de Bryde	AFH, ATC	O		-	-											
	<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	Ballena minke antártica	NAC	O, C		-	-											
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Ballena jorobada	NAC	C, O		-	-											
	Balaenidae	<i>Eubalaena australis</i>	Ballena franca austral	NAC	C, O		-	-										
	Neobalaenidae	<i>Caperea marginata</i>	Ballena franca pigmea	ASA	O		-	-										
	Delphinidae	<i>Cephalorhynchus commersonii</i>	Tonina overa	ASA	C, O		-	-										
		<i>Cephalorhynchus eutropia</i>	Delfín chileno	AFH, ASA	C, E		-	-										
		<i>Delphinus capensis</i>	Delfín común de hocico largo	ATC	C, O		-	-										
		<i>Delphinus delphis</i>	Delfín común	ATC, AFH	O		-	-										
		<i>Stenella coeruleoalba</i>	Delfín listado	ATC	O		-	-										
<i>Lissodelphis peronii</i>		Delfín liso del sur	NAC	O, C		-	-											
<i>Lagenorhynchus australis</i>		Delfín austral	ASA, AFH	C, O		-	-											
<i>Lagenorhynchus cruciger</i>		Delfín cruzado	ASA	O		-	-											
<i>Lagenorhynchus obscurus</i>		Delfín oscuro	ASA	O		-	-											
<i>Tursiops truncatus</i>		Tursión	NAC	O, C		-	-											
<i>Steno bredanensis</i>		Delfín de diente rugoso	NAC	O, C		-	-											
<i>Orcinus orca</i>		Orca	ATC	O		-	-											
		Calderón negro de pectoral larga	NAC	C, O		-	-											
<i>Globicephala melas</i>		Calderón negro de pectoral corta	NAC	O, C		-	-											
<i>Globicephala macrorhynchus</i>		Orca fa lsa	ATC	O, C		-	-											
<i>Pseudorca cissidens</i>		Orca pigmea	NAC	C, O		-	-											
<i>Feresa attenuata</i>			ATC	O		-	-											
<i>Grampus griseus</i>	Calderón gris	AFH, ATC	O, C		-	-												
Physeteridae	<i>Physeter macrocephalus</i>	Cachalote	NAC	O		-	-											
Kogiidae	<i>Kogia breviceps</i>	Cachalote pigmeo	AFH, ATC	O		-	-											
	<i>Kogia sima</i>	Cachalote enano	AFH	O		-	-											
Ziphiidae	<i>Ziphius cavirostris</i>	Zifio de Cuvier	NAC	O		-	-											
	<i>Mesoplodon densirostris</i>	Mesoplodonte de Blainville	AFH, ATC	O		-	-											
	<i>Mesoplodon grayi</i>	Mesoplodonte de Gray	ASA	O		-	-											
	<i>Mesoplodon peruvianus</i>	Mesoplodonte pigmeo	AFH	O		-	-											
	<i>Mesoplodon hectori</i>	Mesoplodonte de d Héctor	ASA	O		-	-											
	<i>Mesoplodon layardii</i>	Mesoplodonte de La yard	ASA	O		-	-											
	<i>Mesoplodon traversii</i>	Mesoplodonte de Travers	ATC	O		-	-											
	<i>Hiperoodon planifrons</i>	Hiperodonte del sur	ASA, AFH	O		-	-											
	<i>Berardius arnuxii</i>	Zifio de Arnoux	ASA	O		-	-											
	<i>Tasmacetus shepherdi</i>	Zifio de Shepherd	ATC, ASA	O		-	-											
	Phocoenidae	<i>Australophocoena dioptica</i>	Marsopa de Anteojos	ASA	C		-	-										
<i>Phocoena spinipinnis</i>		Marsopa espinosa	NAC	C, O		-	-											



Ballenas jorobadas (Megaptera novaeangliae) alimentándose, esta especie se alimenta en aguas productivas cercanas a la costa, especialmente en golfos, bahías y canales de la zona austral y antártica del país. Durante sus movimientos migratorios puede desplazarse hacia aguas más profundas y lejanas de la costa. Foto: Jorge Gibbons

El cachalote y la mayoría de las grandes ballenas (familias Balaenopteridae y Balaenidae), exceptuando solamente a la ballena de Bryde (*Balaenoptera edeni*), realizan migraciones periódicas entre sus áreas de alimentación ubicadas en las latitudes altas de las aguas antárticas y subantárticas y sus áreas de reproducción en zonas templadas y tropicales, pudiendo viajar hasta 8.500 kilómetros en un solo tramo como ocurre con la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*). Es de interés que en las dos últimas décadas han aparecidos sitios de alimentación en la costa chilena, los cuales revelan migraciones más cortas que las clásicas para varias especies. Es el caso por ejemplo del Estrecho de Magallanes, norte de Aysén y Chiloé y también la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt en región de Coquimbo para ballena jorobada, las aguas frente al Golfo de Corcovado, noroeste de Chiloé y Coquimbo para ballenas azules (*Balaenoptera musculus*) (Hucke-Gaete et al., 2004), y las aguas de la misma región para la ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*). Por otra parte, en aguas oceánicas,

en el norte de Chile frente a las regiones de Arica y Parícuta, Tarapacá y Antofagasta, se encuentra un área oceánica de alimentación de cachalotes (*Physeter macrocephalus*), en la que se reúne un considerable número de ejemplares.

Entre las especies que se han estudiado, está bastante generalizada la existencia de vínculos sociales estrechos y extendidos en el tiempo, especialmente entre los cetáceos de la familia Delphinidae, el cachalote y los lobos marinos. En el caso de las tres familias de ballenas, las especies tienden a ser solitarias, salvo por periodos cortos de tiempo durante la temporada reproductiva y de alimentación.

ABUNDANCIA EN EL TERRITORIO NACIONAL

Se conoce poco sobre la abundancia de mamíferos marinos en el país. La situación más dramática en cuanto a información recae en 19 especies para las cuales sólo se tiene



Huillín (*Lontra provocax*) comúnmente llamado nutria de río, es un animal solitario, excepto en el periodo reproductivo en que se lo puede observar en parejas. Foto: Juan Capella.

evidencias de su presencia en Chile basadas en registros escasos, incluso en muchas de ellas se trata de un único registro obtenido a partir de restos óseos. Entre estas especies poco conocidas se encuentran cinco pinnípedos (lobo fino antártico y subantártico, foca de Weddell, cangrejera y leopardo), seis zifidos (zifio de Shepherd, Mesoplodonte de Gray, de Héctor, de Blainville, de Travers y pigmeo), cuatro delfines (delfín cruzado, delfín listado, común de hocico largo, de diente rugoso y orca pigmea), una marsopa (marsopa de anteojos), dos Kogiidae (cachalote pigmeo y enano) y la ballena franca pigmea.

Por otra parte, se dispone de estimaciones, censos parciales o totales de siete especies solamente, cuatro cetáceos (ballena jorobada, ballena azul, tonina overa, calderón gris, *Grampus griseus*) y tres otáridos (lobo fino, *Arctophoca australis*, lobo común, *Otaria flavescens* y lobo fino de Juan Fernández). En las especies estudiadas, los datos más recientes que datan de la última década, indican que la población actual nacional del lobo marino común alcanzaría un total de 94.535 ejemplares, el lobo fino austral un total de 24.589 ejemplares y el lobo fino de Juan Fernández cerca de 17.000 ejemplares, este último con un aumento gradual y sostenido en las pasadas tres décadas (Oporto et al., 1999; Venegas et al., 2002; Bartheld et al., 2008; Osman, 2008; Sepúlveda et al., 2008). En cuanto a los cetáceos,

censos aéreos de tonina overa en el sector oriental del Estrecho de Magallanes entre 1984 y 1996, arrojan abundancias variables con valores que fluctúan entre algunos cientos y algo más de 3.000 ejemplares. A nivel muy local, existe una estimación de abundancia de calderón gris para la bahía de La Herradura en el norte del país de unos 3.100 a 3.900 individuos. Estimaciones mediante captura-recaptura de ballenas jorobadas identificadas fotográficamente en el sector central del Estrecho de Magallanes (alrededor de la isla Carlos III), indican una población estacional que fluctúa entre 110 y 130 animales en los últimos años basadas en la existencia de unas 160 ballenas registradas fotográficamente. En el caso de la ballena azul en el sur de Chile, existen estimaciones que indican una abundancia entre 180 y 625 animales y catálogos fotográficos con unos 400 individuos para las otras especies de cetáceos de Chile no hay cuantificaciones y no se dispone de estimadores confiables. La misma situación sucede con las nutrias.

VACÍOS EN EL CONOCIMIENTO

La historia muestra que el conocimiento en gran medida no es neutro, sino que responde a lo que nos interesa o necesitamos. Para los selk'nam la predicción de un varamiento de ballenas significaba alimento abundante, y esa capacidad la detentaban los chamanes. Para los loberos y balleneros

el conocimiento de aspectos de la historia natural de las especies era fundamental para saber donde y cuando cazar los animales pues significaba riqueza al retornar a puerto. En este sentido, ¿nosotros que necesitamos saber de los mamíferos marinos? ¿Que es importante en nuestros días? Pareciera que poco del universo de los mamíferos marinos despierta nuestro interés, y son pocas las especies en las que existe un conocimiento más amplio de varios aspectos de los diferentes tópicos de estudio, mientras que en una mayoría estamos claramente en deuda y existe un gran vacío (Tabla 1). De una situación ideal en que la totalidad de las 51 especies se ha estudiado en cada una de las 11 áreas del conocimiento que se han detallado en la Tabla 1, disponemos de información de sólo un 27% de ellas. Entre las especies para las cuales se han conseguido avances se tiene: lobo fino de Juan Fernández, chungungo, huillín, ballena azul, ballena jorobada, ballena de aleta, delfín chileno, tonina overa, delfín austral y tursión.

INTERÉS EN LA CONSERVACIÓN Y AMENAZAS

Este paisaje de aparente escasez parece comenzar a cambiar como resultado de una reorientación de la corriente principal de los intereses de nuestra sociedad en tres grandes temas:

(1) Interés *per sé* en el conocimiento sin un fin utilitario directo. Se busca el conocimiento de los recursos naturales de nuestro territorio y se reconoce la identidad de los mamíferos marinos como habitantes de un mundo donde la ciencia básica tiene su lugar independientemente del provecho futuro. En este sentido los aportes nacionales son limitados, y en el que destacan las contribuciones realizadas por estudiantes a través de tesis de pregrado y doctorado. Cabe mencionar algunos estudios sobre cognición social y aprendizaje en cautiverio, la identidad y relaciones genética de algunas especies, el sueño en ballenas y delfines en vida libre, y también los esfuerzos de investigación orientados a seguir poblaciones de mamíferos marinos en una misma área marina durante períodos prolongados de tiempo, de tal forma que se puedan hacer comparaciones en el tiempo y entre áreas, se modele el procesos de recuperación post industria ballenera, y se puedan predecir modificaciones como consecuencia del cambio climático.

(2) Preocupación por la forma en que nuestras actividades ponen en riesgo la conservación de la naturaleza en general y la biodiversidad en particular, así como por nuestra propia integridad. Entre las principales actividades humanas que constituyen amenazas para los mamíferos marinos y sus hábitats están:

a) Las grandes obras de infraestructura costera, centrales hidroeléctricas y desarrollos mineros, que conllevan riesgos múltiples tales como la contaminación crónica por explotación minera, vertidos industriales y urbanos, modificación física y química de hábitats costeros. La mayor parte de la investigación vinculada a esta línea de trabajo se realiza como

exigencia del proceso de evaluación ambiental del Ministerio del Medio Ambiente. Sin embargo, en muchos casos se trata de cumplir con las exigencias inmediatas de la ley y no se programan monitoreos de largo plazo además que la información entregada como informes en su mayoría no llega a consolidarse en publicaciones científicas sometidas a la revisión de pares especializados, lo que es una etapa pendiente para legitimar la información allí contenida y facilitar el acceso público y masivo a ésta.

b) Interacciones con pesquerías que tienen efectos en las poblaciones o en individuos de estas y que han sido estudiadas principalmente con Fondos de Investigación Pesquera de la Subsecretaría de Pesca. En estas se incluyen temas como a) la ocurrencia de caza para consumo humano y carnada de pequeños cetáceos (marsopa espinosa, delfín oscuro y tursión en el norte de Chile y delfín chileno para la zona centro – sur, b) la caza de delfín austral, delfín chileno y lobos marinos a partir de la década de 1970 en la región de Magallanes para usarlos como carnada de las trampas de pesca de centolla, c) la pesquería de albacora del norte de Chile en la que ocurrirían enmalles de pequeños cetáceos, d) la interacción, al parecer perjudicial para el rendimiento pesquero del hombre, de orcas, cachalotes y calderones grises con la pesquería de bacalao de profundidad en el océano abierto de la zona sur y central.

c) Los cultivos hidrobiológicos marinos, especialmente el cultivo de salmón ampliamente extendido desde Chiloé al sur, que se ha vinculado a enmalles accidentales, conflictos con lobos marinos, eutroficación y ocupación de hábitats, en especial de delfín chileno, delfín austral y huillín. Este tema fue ignorado durante mucho tiempo pero en los últimos años ha tenido un mayor seguimiento por parte del Estado y también por medio de las Declaraciones de Impacto Ambiental o Estudios de Impacto Ambiental exigidos para el otorgamiento de concesiones. Al respecto, aún no se establece como una práctica el monitoreo de estas operaciones, fase imprescindible para una correcta evaluación.

d) El aumento del tránsito marítimo y transporte de productos potencialmente nocivos se asocia a riesgos por una parte de colisiones a mamíferos marinos y por otra al deterioro ambiental debido a naufragios que generen riesgos de contaminación aguda por derrames de petróleo (como el del buque tanque Metula en el Estrecho de Magallanes en 1972 o el más reciente en la bahía de Quintero en 2014), la descarga de enormes volúmenes de aguas de lastre especialmente en aguas interiores del archipiélago austral que fueron captadas en mares distantes, y los desechos sólidos de todo tipo de las embarcaciones.

e) Los efectos de cambios climáticos y fenómenos climático-oceanográficos, tales como el fenómeno El Niño Oscilación del Sur y el derretimiento de ventisqueros en los fiordos australes del país, en relación a posibles cambios de distribución de algunas especies de mamíferos marinos y la disponibilidad alimentaria para poblaciones de algunos de ellos.





◀ Grupo de ballenas franca austral (*Eubalaena australis*). Datos de la Convención Ballenera Internacional (2006), indican que la especie no superaría los 50 individuos entre las costas de Chile y Perú. Foto: Juan Capella.

(3) Oportunidades económicas por un uso no extractivo sustentable.

a) El creciente interés en la observación recreativa de mamíferos marinos en su propio medio ha permitido asignarles un valor económico que ha favorecido el inicio de una industria de avistamiento turístico de ballenas, delfines y lobos marinos. Esta es una actividad que genera enormes recursos en el mundo. En Chile el reconocimiento de la necesidad de ordenar esta actividad para hacerla sostenible ha motivado la creación en el 2003 del Parque Marino Francisco Coloane en el Estrecho de Magallanes para la regulación del turismo de ballenas jorobadas durante la temporada de alimentación, de la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt en la regiones de Coquimbo y Atacama donde se encuentra una pequeña población de entre 40 y 50 delfines nariz de botella, muchos de ellos residentes en el sector desde hace al menos 25 años, a la que se han sumado varias especies de ballenas, y la promoción pero que aún no se ha concretado, creación de áreas marinas protegidas en una zona de alimentación de la ballena azul frente al Golfo del Corcovado y el Nooeste de Chiloé. En estas áreas se ha producido un esfuerzo especial de investigación que se revela en que en conjunto reúnen la mayoría de las publicaciones sobre mamíferos marinos (particularmente de cetáceos) producidas en aguas nacionales en la última década.

b) Otras especies o poblaciones de mamíferos marinos son utilizados como recursos turísticos fuera de éstas áreas, sin monitoreos a corto y largo plazo ni planes de manejo como es el caso de una pequeña colonia de foca elefante en el seno Almirantazgo, Tierra del Fuego, que ha recibido un turismo numeroso por mas de 20 años y las agrupaciones de delfín austral en las inmediaciones de Punta Arenas.

▶ Ballena azul (*Balaenoptera musculus*) en Chañaral de Aceituno (región de Atacama). Es el animal más grande conocido, de todos los tiempos. Se estima que la población en Chile es menor de 250 individuos maduros. Foto: Jorge Herreros.







DIVERSIDAD DE ESPECIES

4. 2. AVES

4.2.1 AVES TERRESTRES

Yerko A. Vilina¹, Hernán Cofré²

El grupo de las aves incluye más de 9.000 especies a nivel mundial que se caracterizan por tener el cuerpo cubierto de plumas, las mandíbulas modificadas en un pico córneo y porque casi todos los grupos presentan una adaptación completa al vuelo, lo que repercute en su anatomía y su fisiología. Todas las aves son bípedas, presentan corazón con cuatro cámaras y los pulmones están conectados a estructuras especiales llamadas sacos aéreos. Las aves son organismos endotermos que presentan muy pocas glándulas cutáneas y que se reproducen por huevos. En la gran mayoría de las especies, el macho no posee órgano copulador. Las aves poseen un gran desarrollo del cerebro y de los órganos de los sentidos, son altamente sociales, presentan conductas de cortejo, cuidado parental y cerca de la mitad de las especies presentan algún tipo de migración. En este capítulo se resume la información disponible sobre la diversidad de aves terrestres de Chile, entendiendo por ave terrestre aquella que puede realizar su ciclo de vida completo sin necesidad de habitar ambientes acuáticos o marinos.

HISTORIA DEL CONOCIMIENTO EN CHILE

A continuación se resume algunos hitos importantes en la historia del conocimiento de las aves terrestres de Chile.

Paralelamente, es preciso reconocer que probablemente los pueblos originarios conocieron bastante bien estas especies de vertebrados, lo que está representado en su cultura, ya sea por la toponimia de algunos lugares, por formar parte de su mitología, porque les sirvieron de recursos alimentarios o porque sus plumas formaron parte de sus atuendos.

En cuanto al conocimiento aportado por los primeros autores clásicos que dan cuenta de la diversidad natural de Chile, se debe necesariamente mencionar al abate Juan Ignacio Molina, a Claudio Gay y a Rodulfo Amando Philippi, en un período que abarca desde 1782 hasta 1904 aproximadamente.

Una segunda etapa reconocible se inicia con la obra "Las aves de Chile y su clasificación moderna", del padre Rafael Housse (1883–1963), quien resume en forma anecdótica el conocimiento que hasta ese momento existía sobre las aves que habitaban en el país. Durante este período contribuyen a su conocimiento también Carlos S. Reed (1888–1949) y Rafael Barros (1890–1970), entre otros.

Una tercera etapa está determinada por la obra "Las aves de Chile: su conocimiento y sus costumbres", de los autores J. D. Goodall, A. W. Jonson y R. A. Philippi, quienes en 1946

¹ Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Santo Tomás, Santiago

² Instituto de Biología, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

publican el primer volumen de esta obra, que está dedicado fundamentalmente a las aves terrestres. Luego, en 1951, publican el segundo volumen, en el cual incorporan a las aves acuáticas continentales y marinas, pero también a algunas aves terrestres, como las aves rapaces. Esta relevante información, cualitativamente superior a todo lo conocido hasta entonces, es aumentada por medio de la publicación de dos suplementos, en 1957 y 1964, respectivamente. En esta etapa, cada vez más profesional, resalta la obra de Braulio Araya y Guillermo Millie: "Guía de Campo de las Aves de Chile", quienes en 1986 resumen de forma muy precisa y rigurosa, la presencia de cada especie en el país y su distribución, incluso a nivel de subespecies.

Posteriormente dos estudiosos daneses, J. Fjeldsa y N. Krabbe en 1990 publican de "Birds of the High Andes", en donde se describen las aves que habitan los Andes, incorporando a la gran mayoría de las especies de aves terrestres y acuáticas continentales que habitan en Chile. Esta obra entrega información sobre la biología básica de cada especie, su distribución y migraciones, considerando a las subespecies, todo lo anterior acompañado con hermosos dibujos en colores de cada especie e incluso subespecies, dibujados y pintados por el Dr. Fjeldsa.

Finalmente, la etapa actual incluye un número moderado de investigadores, muchos de los cuales están dedicados a las aves terrestres, con particular énfasis en aquellas que habitan el bosque templado, algunos dedicados a las interacciones y otros aspectos de gran relevancia como son los efectos de fragmentación y reemplazo de los bosques nativos por monocultivos boscosos de especies exóticas de interés económico. Al menos dos especies de estas aves están siendo bien estudiadas; el rayadito (*Aphrastura spinicauda*) y el chucao (*Scelorchilus rubecula*). Ejemplos de libros actuales sobre temas definidos son la recopilación de estudios relacionados con las aves de los bosques australes de R. Rozzi y J Jiménez. 2014: "First Decade of Long-Term Bird Studies at the Omora Ethnobotanical Park, Cape Horn Biosphere Reserve, Chile" y la monografía sobre trabajo de campo hecho en el Parque Nacional Bosque de Fray Jorge de P. Pyle, A. Engilis Jr. y D. Kelt: "Manual for Ageing and Sexing the Landbirds of Bosque Fray Jorge National Park and North-central Chile, with Notes on Occurrence and Breeding Seasonality". Esta productividad científica debería permitir realizar planes de conservación de este grupo de aves, los cuales son necesarios, y en algunos casos, urgentes.

DIVERSIDAD TAXONÓMICA

La taxonomía actual reconoce más de 30 Ordenes de aves agrupados en dos superórdenes: Paleognathae y Neognathae. En el primer grupo se incluyen dos órdenes de aves de terrestres de formas primitivas con poca o nula capacidad de volar: Tinamiformes (perdices) y Struthioniformes (ñandúes, avestruces y

emús). El superorden Neognathae incluye la mayoría de los órdenes de aves actuales. Algunos de los órdenes de aves terrestres más diversos son los Apodiformes (colibríes y vencejos), los Piciformes (carpinteros), los Psittaciformes (loros) y los Passeriformes (aves cantoras).

En Chile se han descrito más de 470 especies de aves (terrestres, acuáticas continentales y marinas), cerca de 216 utilizan ambientes terrestres como estepas, matorrales, bosques, y desiertos, agrupadas en 15 órdenes, 34 familias y 121 géneros (véase el Tabla 1).

Tabla 1. Categorías taxonómicas de las especies presentes en Chile y endemismo.

Orden	Familia	Géneros	Especies (Endémicas)
Struthioniformes	1	1	1
Tinamiformes	1	3	6(1)
Pelecaniformes	1	1	1
Cathartiformes	1	3	3
Accipitriformes	1	6	10
Falconiformes	1	4	8
Charadriiformes	4	5	7
Columbiformes	1	4	9
Psittaciformes	1	3	4(1)
Cuculiformes	1	2	2
Strigiformes	2	6	7
Caprimulgiformes	1	2	2
Apodiformes	2	9	11(1)
Piciformes	1	3	4
Passeriformes	15	69	141
	Furnariidae	8	27(3)
	Rhinocryptidae	4	8(3)
	Tyrannidae	18	36(1)
	Hirundinidae	7	10
	Troglodytidae	2	2
	Phytotomidae	1	1
	Muscicapidae	2	4
	Mimidae	1	3
	Motacillidae	1	3
	Vireonidae	1	1
	Parulidae	2	2
	Thraupidae	14	30
	Cardinalidae	1	1
	Icteridae	5	7
	Emberizidae	1	1
	Fringillidae	1	5

Chile es un país que presenta pocas especies de órdenes de aves terrestres, muy diversos en el resto del mundo como los Apodiformes (11 en Chile, más de 420 en el mundo), los Piciformes (4 en Chile, más de 410 en el mundo), o los Psittaciformes (4 en Chile, más de 360 en el mundo). Dentro

de los Passeriformes, que es el orden más diverso dentro de las aves con cerca de 5.000 especies a nivel global, existe una tendencia similar en términos de la representación de especies en Chile. En general, el número de especies por Familia (por ejemplo, Tyrannidae, Fringillidae o Thraupidae), no sobrepasa el 5% de la diversidad mundial. Una excepción a esta baja diversidad la constituyen las familias endémicas de Sudamérica: Furnariidae y Rhinocryptidae, donde la riqueza de especies que se observa en Chile corresponde aproximadamente al 10 y al 28% del total de especies que existen en América del Sur, respectivamente (véase el Tabla 1).

DIVERSIDAD GEOGRÁFICA

En términos geográficos, la diversidad de especies de aves terrestres se ajusta al patrón típico que ha sido descrito para otros taxa en Chile como árboles, arbustos, mariposas, reptiles

y mamíferos, de mayor número de especies en la intersección de la región Mediterránea y Templada (entre las regiones VII y IX) (véase la Figura 1). En los valles del extremo norte del país, así como en la puna de la I Región es posible encontrar cerca de 75 especies de aves terrestres; sin embargo, esta riqueza disminuye a menos de 65 especies en la II Región. A partir de los 28 grados de latitud (al sur de Copiapó), existe un incremento en el número de especies, el cual llega a un máximo al sur de los 36° de latitud (al sur de Chillán) lo que corresponde al límite sur de la región Mediterránea e inicio de la región del bosque templado. A partir de los 39° de latitud (al sur de Temuco) comienza un descenso en la riqueza de especies que finalmente presenta los menores valores en los bosques del extremo sur del continente.

De acuerdo al número total de especies de aves terrestres que se pueden encontrar en las diferentes regiones ecológicas de Chile (ver las ecorregiones en la Figura 2), se observa



Pollos de aguilucho (*Geranoaetus polyosoma*). Es una especie de buenos cazadores; viven cerca de matorrales, de bosques y en valles arbolados. Foto: Jorge Herreros.



Tiuque (*Milvago chimango*). Foto: Jorge Herreros,

que es en la ecorregión mediterránea y en la puna donde se presentan los mayores valores de riqueza de especies, seguidas por las regiones ecológicas del desierto costero y la estepa patagónica (Figura 2). Las altas riquezas totales que se observan en la Figura 2 para las regiones de la puna y el desierto costero no se reflejan en el patrón latitudinal, muy probablemente debido a que las especies que allí habitan presentan distribuciones muy restringidas, lo que hace que exista un alto recambio de especies a través de las regiones de la zona norte.

En términos de endemismos en la región continental de Chile existen siete especies endémicas, las que en su mayoría se concentran en la región mediterránea o del matorral esclerófilo, estas son: la chiricoca (*Ochetorhynchus melanurus*), una especie poco conocida que presenta poblaciones fragmentadas, la perdiz (*Nothoprocta predicaria*), la turca (*Pterotochos megapodius*), el tapaculo (*Scelorchilus albicollis*), y el canastero (*Asthenes humicola*), del cual existen registros probables en Argentina, que deben ser confirmados. Una especie asociada al bosque templado y que no ha sido registrada en Argentina es el choroy (*Enicognathus leptorhynchus*). Por otro lado, el Picaflor de Arica (*Eulidia yarrelli*), descrito hace 50 años sólo para Perú y Chile, hoy en día puede ser considerado como casi endémico de nuestro país ya que hace más de 4 décadas que no existen registros en Tacna, Perú.

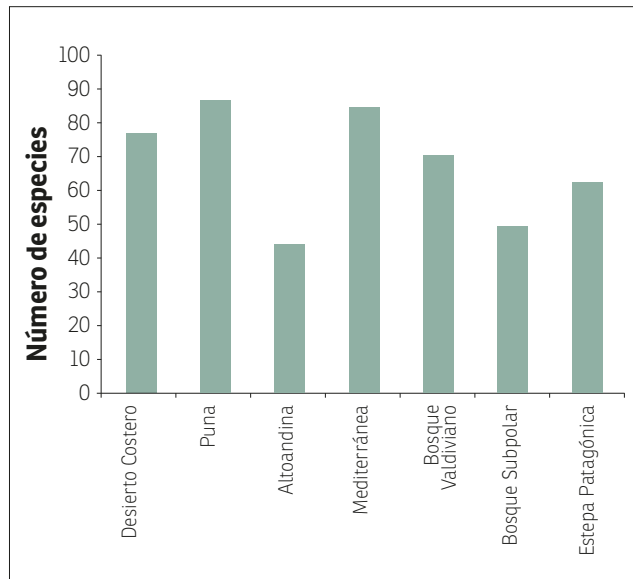


Figura 1. Número de especies en función del gradiente latitudinal de Chile continental.

En las islas del archipiélago Juan Fernández habitan otras tres especies que son endémicas de estas islas y en consecuencia también del país, el picaflor de Juan Fernández (*Sephanoides fernandensis*), el rayadito de Más Afuera (*Aphrastura masafuerae*), sólo presente en isla Más Afuera (actual Alejandro Selkirk), y el cachudito de Juan Fernández (*Anairetes fernandezianus*). En este archipiélago existen también algunas subespecies endémicas de aves que habitan

en el continente, como por ejemplo, el cernícalo (*Falco sparverius fernandensis*). Respecto a endemismos en las otras islas oceánicas de Chile, sólo se ha reportado la presencia de algunas de las subespecies endémicas del archipiélago Juan Fernández, como es el caso del aguilucho (*Geranoaetus polyosoma exsul*), en las islas Desventuradas. Por otra parte, en las islas Salas y Gómez, no se han reportado aves terrestres, lo cual se relaciona con su aislamiento, el pequeño tamaño de esta isla y la escasa vegetación que se desarrolla en ella. Lamentablemente, la fauna de aves terrestres que existió naturalmente en Isla de Pascua fue extinguida por los primeros colonizadores y actualmente sólo existen aves introducidas desde el continente.

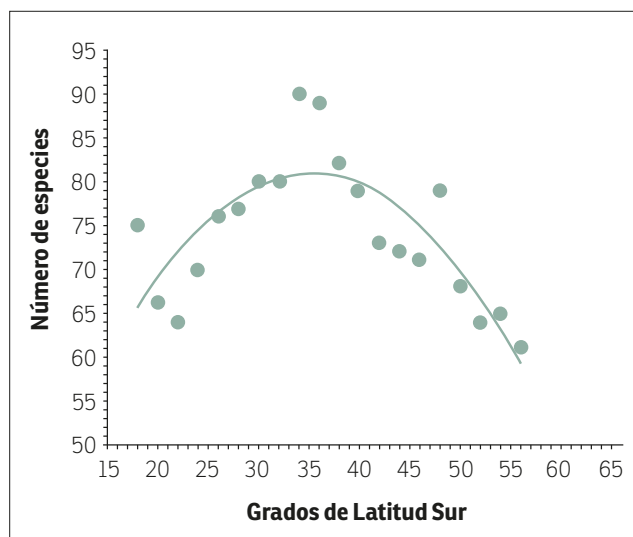


Figura 2. Número de especies presentes en las distintas ecorregiones de Chile.

DIVERSIDAD ECOLÓGICA

A diferencia del hemisferio norte, las aves terrestres que habitan en Chile no migran formando grandes bandadas, sino que lo hacen en forma solitaria y probablemente de noche, lo que hace más difícil detectar estas migraciones. Tampoco ocurre esto con las especies de aves rapaces diurnas, que en Europa y África migran en gran número, constituyendo un importante atractivo turístico. Sin embargo, varias especies de rapaces realizan estos desplazamientos de forma estacional generalmente de largas distancias y modulados por complejos procesos fisiológicos, en que participan hormonas.

El fío-fío (*Elaenia albiceps*), probablemente constituye la especie más conocida y estudiada respecto a las migraciones, ya que durante la primavera arriba a gran parte del país proveniente desde Argentina, Perú, Uruguay, y en el territorio nacional nidifica y luego migra al norte a fines del verano e inicios del otoño (aunque últimamente existen registros aislados de individuos que se mantendría todo el año), pasando el invierno probablemente en la Amazonía. Una especie que migra dentro del territorio nacional es la viudita (*Coloramphus parvirostris*), la cual se reproduce en

el extremo sur del país, asociada a los bosques de robles, lengas y coigües y se desplaza principalmente hacia el centro del país durante los inviernos, donde se asocia al bosque esclerófilo, principalmente a quebradas con maitenes y quillayes. El picaflor gigante (*Patagonas gigas*), arriba durante la primavera al centro del país, donde nidifica y migra hacia el Ecuador durante el otoño. En el norte, el comesebo de los tamarugales (*Conirostrum tamarugense*), migra desde los bosques de tamarugos donde se reproduce, hacia las regiones arbustivas de la prepuna, donde pasa el invierno. Una migración similar la realiza la dormilona tontita (*Muscisaxicola macloviana*), que se reproduce en la región altoandina de Chile central y norte, y desciende a las planicies costeras y de los valles centrales durante el invierno. Una de las subespecies del halcón peregrino (*Falco peregrinum tundrius*), llega todos los veranos al territorio nacional desde América del Norte, donde nidifica; permaneciendo en Chile, para regresar hacia el norte durante el otoño.

Para varias otras aves terrestres, el patrón migratorio es menos conocido y está sujeto a discusiones. Es el caso del picaflor común (*Sephanoides sephanioides*), que realizaría migraciones similares a la viudita, pero con algunas poblaciones que serían residentes en Chile central. Algo parecido ocurriría con el diucón (*Xolmis pyrope*).

Respecto al rol ecológico que desempeñan las aves terrestres, aunque estos son muy diversos, y han sido poco estudiados, recientemente se ha avanzado en el conocimiento sobre algunos de los procesos ecológicos en que participan las aves en los bosques australes. Ejemplos de ello son la evidencia de algunos mutualismos entre aves-flora nativa, como por ejemplo, el rol clave que desempeñan el fío-fío y el zorzal, como dispersores de las semillas de algunas especies arbóreas, y el rol del picaflor, como agente polinizador de varias especies de plantas nativas. También es el caso de algunas aves insectívoras, como el carpintero negro (*Campephilus magellanicus*), y el pitío (*Colaptes pitius*), que actúan como reguladores de las poblaciones de insectos xilófagos. Estudios recientes han permitido establecer fehacientemente que la composición y estructura del bosque templado sería muy distinta si la estructura de los ensambles de las aves terrestres fuese otra. Interesantes son también los avances que se han reportado con respecto a los ensambles de aves que habitan en los bosques exóticos, como, por ejemplo, en los bosques de pino. En este caso, los resultados obtenidos muestran que no todas las especies de aves se ven afectadas negativamente por el reemplazo del bosque nativo; no obstante, algunas de las especies sí dependen del bosque nativo, como aquellas que requieren cavidades en los árboles para nidificar.

Finalmente, en el caso de las aves rapaces existen trabajos sobre su ecología, especialmente en el ensamble que habita las zonas semiárida, mediterránea y templada de Chile. En el caso de la región semiárida, Jaksic y otros autores han

Tabla 2. Listado de especies y sus nombres comunes presentes en Chile.

Nombre científico	Nombre común
<i>Rhea pennata</i>	Ñandú
<i>Nothoprocta perdicaria</i>	Perdiz chilena
<i>Nothoprocta pentlandii</i>	Perdiz cordillerana de Arica
<i>Nothoprocta ornata</i>	Perdiz cordillerana
<i>Tinamotis pentlandii</i>	Perdiz de la puna
<i>Tinamotis ingoufi</i>	Perdiz austral
<i>Eudromia elegans</i>	Perdiz copetona
<i>Theristicus melanopus</i>	Bandurria
<i>Cathartes aura</i>	Jote de cabeza colorada
<i>Coragyps atratus</i>	Jote de cabeza negra
<i>Vultur gryphus</i>	Condor
<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Aguila
<i>Geranoaetus polyosoma</i>	Aguilucho
<i>Geranoaetus poecilochrous</i>	Aguilucho de la puna
<i>Accipiter chilensis</i>	Peuquito
<i>Elanus leucurus</i>	Bailarín
<i>Circus cinereus</i>	Vari
<i>Circus buffoni</i>	Vari huevetero
<i>Buteo ventralis</i>	Aguilucho de cola rojiza
<i>Buteo albiluga</i>	Aguilucho chico
<i>Parabuteo unicinctus</i>	Peuco
<i>Caracara plancus</i>	Traro
<i>Phalcooboenus australis</i>	Carancho negro
<i>Phalcooboenus albogularis</i>	Carancho cordillerano del sur
<i>Phalcooboenus megalopterus</i>	Carancho cordillerano
<i>Milvago chimango</i>	Tiuque
<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo
<i>Falco femoralis</i>	Halcón perdiguero
<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino
<i>Burhinus superciliosus</i>	Chorlo cabezón
<i>Oreopholus ruficollis</i>	Chorlo de campo
<i>Bartramia longicauda</i>	Batitú
<i>Attagis gayi</i>	Perdicitia cordillerana
<i>Attagis malouinus</i>	Perdicitia cordillerana austral
<i>Thinocorus orbignyianus</i>	Perdicitia cojón
<i>Thinocorus rumicivorus</i>	Perdicitia
<i>Patagioenas araucana</i>	Torcaza
<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola
<i>Zenaida meloda</i>	Tórtola de alas blancas
<i>Columbina talpacoti</i>	Tórtola rojiza
<i>Columbina picui</i>	Tortolita cuyana
<i>Columbina cruziana</i>	Tortolita quiguagua
<i>Metriopelia ceciliae</i>	Tortolita boliviana
<i>Metriopelia aymara</i>	Tortolita de la puna
<i>Metriopelia melanoptera</i>	Tórtola cordillerana
<i>Cyanoliseus patagonus</i>	Tricahue
<i>Enicognathus ferrugineus</i>	Cachaña
<i>Enicognathus leptorhynchus</i>	Choroy
<i>Psilopsiagon aurifrons</i>	Perico cordillerano
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Matacaballos
<i>Coccyzus melacoryphus</i>	Cuclillo de pico negro
<i>Tyto alba</i>	Lechuza
<i>Bubo magellanicus</i>	Tucúquere

Nombre científico	Nombre común
<i>Asio flammeus</i>	Nuco
<i>Strix rufipes</i>	Concón
<i>Glacidium nanum</i>	Chuncho
<i>Glacidium peruanum</i>	Chuncho del norte
<i>Athene cunicularia</i>	Pequén
<i>Chordeiles acutipennis</i>	Gallina ciega peruana
<i>Caprimulgus longirostris</i>	Gallina ciega
<i>Aeronautes andecolus</i>	Vencejo chico
<i>Chaetura pelagica</i>	Vencejo de chimenea
<i>Oreotrochilus leucopleurus</i>	Picaflor cordillerano
<i>Oreotrochilus estella</i>	Picaflor de la puna
<i>Sephanoides sephaniodes</i>	Picaflor chico
<i>Sephanoides fernandensis</i>	Picaflor de Juan Fernández
<i>Patagonas gigas</i>	Picaflor gigante
<i>Rhodopis vesper</i>	Picaflor del norte
<i>Thaumastura cora</i>	Picaflor de Cora
<i>Eulidia yarrellii</i>	Picaflor de Arica
<i>Colibri corruscans</i>	Picaflor azul
<i>Campephilus magellanicus</i>	Carpintero negro
<i>Colaptes pitius</i>	Pitío
<i>Colaptes rupicola</i>	Pitío del norte
<i>Veniliornis lignarius</i>	Carpinterito
<i>Geositta cunicularia</i>	Minero
<i>Geositta antarctica</i>	Minero austral
<i>Geositta punensis</i>	Minero de la puna
<i>Geositta maritima</i>	Minero chico
<i>Geositta isabellina</i>	Minero grande
<i>Geositta rufipennis</i>	Minero cordillerano
<i>Geositta tenuirostris</i>	Minero de pico delgado
<i>Upucerthia albiluga</i>	Bandurrilla de Arica
<i>Upucerthia validirostris</i>	Bandurrilla de la Puna
<i>Upucerthia dumetaria</i>	Bandurrilla
<i>Upucerthia saturator</i>	Bandurrilla de los bosques
<i>Ochetorhynchus ruficaudus</i>	Bandurrilla de pico recto
<i>Ochetorhynchus andaecola</i>	Bandurrilla de las piedras
<i>Ochetorhynchus phoenicurus</i>	Patagón
<i>Ochetorhynchus melanurus</i>	Chiricoca
<i>Pygarrhichas albogularis</i>	Comesebo grande
<i>Sylviorthorhynchus desmursii</i>	Colilarga
<i>Aphrastura spinicauda</i>	Rayadito
<i>Aphrastura masafuerae</i>	Rayadito de Másafuera
<i>Leptasthenura aegithaloides</i>	Tijeral
<i>Leptasthenura striata</i>	Tijeral listado
<i>Asthenes pyrrholeuca</i>	Canastero
<i>Asthenes modesta</i>	Canastero chico
<i>Asthenes dorbignyi</i>	Canastero del norte
<i>Asthenes pudibunda</i>	Canastero de quebradas
<i>Asthenes anthoides</i>	Canastero del sur
<i>Asthenes humicola</i>	Canastero
<i>Pteroptochos tarnii</i>	Hued Hued del sur
<i>Pteroptochos castaneus</i>	Hued Hued castaño
<i>Pteroptochos megapodius</i>	Turca
<i>Scelorchilus albicollis</i>	Tapaculo
<i>Scelorchilus rubecula</i>	Chucao
<i>Eugralla paradoxa</i>	Churrín de la Mocha

Nombre científico	Nombre común
<i>Scytalopus fuscus</i>	Churrín del norte
<i>Scytalopus magellanicus</i>	Churrín del sur
<i>Polioptila rufipennis</i>	Birro gris
<i>Agriornis montana</i>	Mero gaucho
<i>Agriornis microptera</i>	Mero de Tarapacá
<i>Agriornis andicola</i>	Mero de la puna
<i>Agriornis livida</i>	Mero
<i>Neoxolmis rufiventris</i>	Cazamoscas chocolate
<i>Muscisaxicola rufivertex</i>	Dormilona de nuca roja
<i>Muscisaxicola albilora</i>	Dormilona de ceja blanca
<i>Muscisaxicola juninensis</i>	Dormilona de la puna
<i>Muscisaxicola cinerea</i>	Dormilona cenicienta
<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	Dormilona chica
<i>Muscisaxicola flavinucha</i>	Dormilona fraile
<i>Muscisaxicola albifrons</i>	Dormilona gigante
<i>Muscisaxicola frontalis</i>	Dormilona de ceja negra
<i>Muscisaxicola capistrata</i>	Dormilona rufa
<i>Muscisaxicola macloviana</i>	Dormilona tontita
<i>Muscigralla brevicauda</i>	Cazamoscas de cola corta
<i>Ochthoeca oenanthoides</i>	Pitajo rojizo
<i>Ochthoeca leucophrys</i>	Pitajo gris
<i>Coloramphus parvirostris</i>	Viudita
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Saca tu real
<i>Myiophobus fasciatus</i>	Cazamoscas pico chato
<i>Knipolegus aterrimus</i>	Viudita negra
<i>Xolmis pyrope</i>	Diucón
<i>Elaenia albiceps</i>	Fío-Fío
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Benteveo
<i>Empidonomus aurantioatrocristatus</i>	Tuquito gris
<i>Myodynastes maculatus</i>	Benteveo chico
<i>Tyrannus tyrannus</i>	Benteveo blanco y negro
<i>Tyrannus savana</i>	Cazamoscas tijereta
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Benteveo real
<i>Hirundinea ferruginea</i>	Birro común
<i>Anairetes parulus</i>	Cachudito
<i>Anairetes fernandezianus</i>	Cachudito de Juan Fernández
<i>Anairetes flavirostris</i>	Cachudito del norte
<i>Anairetes reguloides</i>	Cachudita de cresta blanca
<i>Tachycineta meyeni</i>	Golondrina chilena
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina de dorso negro
<i>Riparia riparia</i>	Golondrina barranquera
<i>Haplochelidon andecola</i>	Golondrina de los riscos
<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina bermeja
<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	Golondrina grande
<i>Progne elegans</i>	Golondrina negra
<i>Progne murphyi</i>	Golondrina peruana
<i>Progne tapera</i>	Golondrina parda
<i>Progne chalybea</i>	Golondrina doméstica
<i>Cistothorus platensis</i>	Chercán de las vegas
<i>Troglodytes aedon</i>	Chercán
<i>Phytotoma rara</i>	Rara
<i>Turdus flacklandii</i>	Zorzal
<i>Turdus chiguanco</i>	Zorzal negro

Nombre científico	Nombre común
<i>Turdus amaurochalinus</i>	Zorzal argentino
<i>Catharus ustulatus</i>	Zorzal de Swainson
<i>Mimus thenca</i>	Tenca
<i>Mimus triurus</i>	Tenca de alas blancas
<i>Mimus patagonicus</i>	Tenca patagónica
<i>Anthus helmayri</i>	Bailarín chico argentino
<i>Anthus lutescens</i>	Bailarín chico
<i>Anthus correndera</i>	Bailarín chico
<i>Vireo olivaceus</i>	Verderón de ojos rojos
<i>Dendroica striata</i>	Monjita americana
<i>Setophaga ruticilla</i>	Candelita americana
<i>Conirostrum cinereum</i>	Comesebo chico
<i>Conirostrum tamarugense</i>	Comesebo de los tamarugales
<i>Volatinia jacarina</i>	Negrillo
<i>Sporophila telasco</i>	Corbatita
<i>Catamenia analis</i>	Semillero
<i>Catamenia inornata</i>	Semillero peruano
<i>Diglossa brunneiventris</i>	Comesebo negro
<i>Saltator aurantirostris</i>	Pepitero
<i>Thraupis bonariensis</i>	Naranjero
<i>Oreomanes fraseri</i>	Comesebo gigante
<i>Sicalis uropygialis</i>	Chirihue cordillerano
<i>Sicalis auriventris</i>	Chirihue dorado
<i>Sicalis lutea</i>	Chirihue peruano
<i>Sicalis olivacens</i>	Chirihue verdoso
<i>Sicalis lebruni</i>	Chirihue austral
<i>Sicalis luteola</i>	Chirihue
<i>Phrygilus patagonichus</i>	Cometocino patagónico
<i>Phrygilus gayi</i>	Cometocino de Gay
<i>Phrygilus atriceps</i>	Cometocino del norte
<i>Phrygilus fruticeti</i>	Yal
<i>Phrygilus alaudinus</i>	Platero
<i>Phrygilus unicolor</i>	Pajaro plomo
<i>Phrygilus plebejus</i>	Plebeyo
<i>Phrygilus dorsalis</i>	Cometocino de dorso castaño
<i>Phrygilus erythronotus</i>	Cometocino de Arica
<i>Diuca speculifera</i>	Diuca de alas blancas
<i>Diuca diuca</i>	Diuca de alas blancas
<i>Melanodera melanodera</i>	Yal austral
<i>Melanodera xanthogramma</i>	Yal cordillerano
<i>Piranga rubra</i>	Piranga
<i>Xenospingus concolor</i>	Pizarrita
<i>Curaeus curaeus</i>	Tordo
<i>Agelaioides badius</i>	Tordo bayo
<i>Molothrus bonariensis</i>	Mirlo
<i>Sturnella loyca</i>	Loica
<i>Sturnella bellicosa</i>	Loica peruana
<i>Sturnella supercilialis</i>	Loica argentina
<i>Dolichonyx oryzivorus</i>	Charlatán
<i>Zonotrichia capensis</i>	Chincol
<i>Carduelis crassirostris</i>	Jilguero grande
<i>Carduelis magellanica</i>	Jilguero peruano
<i>Carduelis barbatus</i>	Jilguero
<i>Carduelis uropygialis</i>	Jilguero cordillerano
<i>Carduelis atrata</i>	Jilguero negro

demostrado que tanto la diversidad del ensamble de aves rapaces como el número de especies de presas por cada depredador dependen en gran medida de la productividad del sistema, lo que en último término depende de la cantidad de lluvias que se registren en el año (años lluviosos o El Niño versus años secos o La Niña).

SINGULARIDADES EN CHILE

En la avifauna terrestre de Chile existen algunos grupos y especies notables desde el punto de vista ecológico, taxonómico y de distribución. En primer lugar, cabe mencionar las tres especies endémicas de las islas oceánicas, particularmente del archipiélago Juan Fernández, las cuales fueron mencionadas anteriormente y que presentan poblaciones muy reducidas dentro de un rango de distribución extremadamente pequeño. También hay otras especies de distribución restringida en Chile continental, como es el caso de la Pizarrita (*Xenospingus concolor*), especie poco abundante que habita las quebradas, oasis y riberas de río Loa, en el extremo norte del país, el Cometocino de dorso castaño (*Sicalis dorsalis*), restringido a la puna de Iquique y lugares adyacentes de los países limítrofes, y el Yal austral, (*Melanodera melanodera*), restringido a la costa continental del Estrecho de Magallanes y similar ambiente de la Isla Grande de Tierra del Fuego, entre otras especies. En cuanto a las aves rapaces, se puede citar al carancho negro (*Phalcooboenus australis*) y al aguilucho de la puna (*Buteo poecilochrous*) como las especies con distribución más restringida dentro del país.

Los Rhinocriptidos, corresponden a una familia endémica de América del Sur, cuyas especies son habitantes del matorral y sotobosque de los bosques del sur, que se caracterizan por ser poco voladores y por alimentarse principalmente de insectos y frutos. Estas aves construyen sus nidos en huecos ubicados en la tierra o en troncos de árboles maduros, por lo que dependen fuertemente de la presencia de bosque nativo adulto. Otro grupo singular en Chile son los picaflores de la Familia Trochilidae, con nueve especies registradas en el país, dos de las cuales constituyen los extremos en tamaño y fisiológico dentro de este grupo: por una parte, uno de los picaflores más pequeños que existen, el picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*), que mide sólo 8 cm de largo y de un peso menor a los 4 g, y por otra, el picaflor gigante (*Patagonas gigas*), uno de los de mayor tamaño, con 22 cm y 20 g de peso. El primero de estos picaflores ha sido estudiado en los últimos años debido a la declinación de sus poblaciones, las cuales están son amenazadas por la destrucción de su hábitat y el uso de pesticidas.

Otra especie interesante desde la perspectiva ecofisiológica es la rara (*Phytotoma rara*), un ave frecuente en el centro y sur del país. Esta ave es una de las pocas especies que, siendo de pequeño tamaño, se alimenta de hojas. Esto no es

frecuente ya que la mayoría de las especies de aves herbívoras se asocian a grandes envergaduras, dado el tamaño del intestino requerido para degradar las fibras vegetales.

Un ensamble de aves terrestres muy interesante y particular del Altiplano, es el que habita en los matorrales y bosquetes de la queñoa (*Polylepis spp.*). Este ensamble incluye especies muy poco conocidas en el país, algunas de las cuales son especialistas de dichos ambientes. Es el caso del comesebo gigante (*Oreomanes fraseri*), cuya distribución está fragmentada, debido a la especificidad de hábitat que lo asocia sólo a bosques de queñoas, lo convierte en una especie sensible y cercana a la amenaza. Otras especies menos amenazadas, pero que también se pueden encontrar solo en estos ambientes son: el tijeral listado (*Leptasthenura striata*), y los pitajos gris y rojizo, pertenecientes al género *Ochthoeca*.

ESTADO DEL CONOCIMIENTO

Si bien se reconoce que el estudio profesional y sistemático de la ornitofauna en Chile tiene más de 45 años, a partir del trabajo de Cody (1970) publicado en la revista *Ecology*, ha quedado en evidencia que no todos los grupos de aves ni todas las áreas de la ornitología (migraciones, sistemática, ecología, etc.), han alcanzado el mismo desarrollo. En cuanto a las aves terrestres, existen algunos grupos, como las aves rapaces y las aves paserinas asociadas al bosque templado, sobre los cuales se ha avanzado bastante en el conocimiento de su ecología (dieta, reproducción, relaciones ínterespecíficas y efectos de la fragmentación de hábitat, entre otros).

Uno de los temas que ha alcanzado mayor desarrollo es el del efecto de la fragmentación del bosque nativo sobre las aves, concentrándose específicamente en cuatro zonas del país: la zona austral, donde se ha estudiado la estructura comunitaria de aves asociadas a bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*) con diferente grado de perturbación; la zona de Chiloé, donde se ha estudiado principalmente los efectos de la fragmentación del bosque nativo sobre la distribución, abundancia y reproducción de aves paserinas, especialmente de la familia Rhinocryptidae; la zona del bosque maulino, donde también se ha estudiado la distribución, abundancia y reproducción de aves paserinas asociadas a la fragmentación, pero bajo la influencia de otro tipo de matriz (bosque de pino), y los bosques relictos de olivillo (*Aetoxicon punctatum*) de la zona centro norte de Chile, donde se ha estudiado el efecto de la fragmentación y el aislamiento que ha sufrido el ensamble de aves en los últimos miles de años.

Otra área de investigación que se ha desarrollado en los últimos años es la fisiología ecológica de pequeñas aves. Por ejemplo, están los estudios de ecofisiología hídrica realizados en especies de *Cinclodes* (Churretes), los estudios de metabolismo energético realizados en picaflores, y los estudios



Pequen (*Athene cunicularia*). Foto: José Cañas

de fisiología digestiva y de altura, realizados en la rara y el chincol, respectivamente. También en términos de fisiología se han estudiado las relaciones planta-ave (polinización, frugivoría y dispersión) principalmente en la zona del bosque valdiviano. Notable han sido los avances en el conocimiento de las relaciones entre la tenca (*Mimus thenca*), y el quintral, que es el parásito del Quisco; el cactus más común de la región mediterránea de Chile.

En los últimos años, también se ha avanzado en el estudio de las relaciones filogenéticas de varios grupos de especies: picaflores, rayaditos y cachuditos, donde también fueron consideradas las especies endémicas de islas oceánicas; lo mismo ha ocurrido con las dormilonas (*Muscisaxicola*), churretes (*Cinclodes*), y mineros (*Geositta*). Finalmente, en cuanto a los estudios de aves rapaces se ha avanzado en la descripción de las relaciones tróficas y la respuesta a cambios en la abundancia de presas en las especies que habitan zonas semiáridas, y también se han descrito nuevos antecedentes sobre la reproducción y conducta de algunas especies en diferentes regiones de Chile.

DESAFIOS

Como palabras finales podemos decir que, si bien existe un conocimiento importante de la ecología y biología de algunos grupos de aves terrestres en Chile, aún existe un gran desafío en cuanto al estudio de ciertos grupos y ambientes particulares. Por ejemplo, se necesitan más estudios sobre los Psitaciformes, Columbiformes, Tinamiformes, Fringillidae, Emberizidae, Piciformes (con la excepción del carpintero negro, *Campephilus magellanicus* donde se ha descrito su abundancia y ecología trófica en los bosques australes), y otros. Asimismo, existen ambientes o regiones donde el estudio ha sido escaso, como los ensamblajes que habitan los ambientes de matorral en Chile central, las especies que habitan el desierto, la precordillera y el altiplano, y aquellas que viven en los ambientes de estepa patagónica. Finalmente, existen muchas áreas donde se debería aumentar la cantidad de estudios, por ejemplo, migraciones, reproducción, conducta, evolución y biogeografía.



DIVERSIDAD DE ESPECIES

4.2. AVES

4.2.2 AVES MARINAS

Yerko A.Vilina¹, Carolina Pizarro¹

¿QUÉ ES UN AVE MARINA?

Consideramos como "ave marina" a todas aquellas especies que hacen su vida principalmente en el mar, entendiéndose por esto, aquellas especies que se alimentan en forma directa del medio marino, lo que incluye a las que se alimentan exclusiva o parcialmente en las orillas, zonas de rompientes, marismas y costa arenosa o limosa, y a aquellas que utilizan este hábitat en sus épocas reproductivas o que alguna fase de su ciclo de vida lo realizan principalmente en este tipo de ambiente.

En este artículo se consideraron aquellas especies que, cumpliendo con lo anterior, tuviesen más de un registro en el mar o la costa continental o insular chilena, dejando fuera a aquellas cuya distribución y/o reproducción estuviese restringida al territorio antártico chileno. Se consideraron, por lo tanto, aquellas aves marinas tanto oceánicas como costeras, además de algunas especies de aves marinas costeras pertenecientes a las familias Anatidae (patos, querus, caranca), Accipitridae (águila pescadora) y Furnariidae (churrete costero).

La literatura internacional considera como aves marinas aquellas que obtienen su alimento del mar, al menos en la época reproductiva, no sólo vadeando en la zona de la rompiente,

sino que con desplazamientos y dispersión sobre el océano a una cierta distancia de la costa. Algunos investigadores consideran que aves marinas son aquellas que viven y hacen su vida en el ambiente marino, el cual incluye áreas costeras, islas, estuarios, humedales costeros e islas oceánicas.

La mayoría de estas especies se caracterizan por ser longevas (viven hasta 20 a 60 años), con tamaños de nidadas reducidos, en muchos casos de un solo huevo, y madurez sexual retardada (la edad reproductiva la alcanzan sobre los 10 años), presentan extensos períodos de crianza, a menudo sobre los seis meses, y son en general monógamas sociales, filopátricas y coloniales. De acuerdo a la proporción de actividad que desarrollan en el océano, estas especies pueden ser clasificadas, según el hábitat que utilizan, como aves marinas oceánicas o aves marinas costeras.

Las familias a las que pertenecen estas especies comparten características propias de un ave marina:

- a) obtienen su alimento en el mar o en las costas marinas,
- b) gran parte de sus fecas son depositadas en el mar o en sus sitios de nidificación, y

¹ Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Santo Tomás, Santiago



Pilpilén común (*Haematopus palliatus*). Foto: José Cañas

c) participan gran parte del tiempo de los ciclos de energía del ecosistema marino.

Lo anterior es válido para las familias Diomedidae (albatros), Procellariidae (fardelas y petreles), Hydrobatidae (golondrinas de mar), Pelecanoididae (petreles zambullidores), Spheniscidae (pingüinos), Phaetontidae (aves del trópico), Sulidae (piqueros), Pelecanidae (pelícanos), Phalacrocoracidae (cormoranes), Fregatidae (aves fragata), y algunas especies de Charadriidae (chorlos), Haematopodidae (pilpilenes), Scolopacidae (playeros), Laridae (gaviotas y gaviotines) y algunos Anatidae (patos), las que, si bien no son tradicionalmente consideradas como aves marinas, presentan características ecológicas, conductuales y taxonómicas que las relacionan estrechamente con las anteriores. Hay otras dos familias, Pandionidae (Águila pescadora) y Furnariidae (Churrete costero) que tienen un representante en este grupo de aves.

ÁMBITO DE LAS AVES MARINAS EN CHILE

En este resumen se considerará como área de estudio las costas de Chile continental e insular, exceptuando el territorio chileno antártico. La línea costera de Chile continental se extiende desde los 18°S hasta los 56°S, lo que corresponde a 48° aproximadamente de extensión latitudinal y representa

cerca de 55.000 kilómetros de línea de costa. El 95 por ciento de su extensión corresponde al área conocida como archipiélago chileno, desde Chiloé hasta el cabo de Hornos. La línea de costa desde Arica (18°20'S) hasta la isla grande de Chiloé (41°47'S) es continua, suave y carece de quiebres o rasgos geográficos mayores, y constituye la unidad geomorfológica de las planicies litorales.

Una característica oceanográfica importante del norte y centro de Chile es la surgencia costera de aguas subsuperficiales hacia capas superficiales, asociada principalmente a la masa de agua ecuatorial subsuperficial, que crea temperaturas bajas anómalas y una alta productividad. Por otra parte, todo el borde continental que se extiende entre Puerto Montt (42°30'S) y el cabo de Hornos (55°30'S) corresponde a un extenso sistema estuarino resultante de procesos tectónicos y de glaciación. Este gran sistema insular (el archipiélago chileno) está conformado por un sistema mixto de valles, ríos ahogados, fiordos y mares interiores.

Otro aspecto relevante son las "anomalías" oceanográficas y atmosféricas ligadas a la dinámica de la circulación atmosférica global, particularmente el fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS). Respecto a las aguas circundantes de las islas oceánicas chilenas, el archipiélago Juan

Fernández es alcanzado por aguas subantárticas pertenecientes a la rama oceánica del sistema de la Corriente de Humboldt, pero además es circundado periódicamente por aguas subtropicales, usualmente cerca de la superficie; las islas Desventuradas, isla Sala y Gómez, e isla de Pascua son dominadas por aguas subtropicales pertenecientes a la contracorriente ecuatorial.

CONOCIMIENTO HISTÓRICO Y ACTUAL

El origen del conocimiento sobre las aves marinas que habitan en Chile debería ser recopilado por los estudiosos de los pueblos originarios, lo que aún no ocurre. Los relatos más antiguos provienen del abate Molina y de los aportados por los exploradores europeos que visitaron Chile, particularmente por aquellas expediciones marinas donde destacan, entre otras, la realizada por Charles Darwin entre 1832 y 1836. Un salto cualitativo lo representa la clásica obra de Murphy (1936), "The Oceanic Birds of South America", en la que el autor no sólo describe y comenta sobre las especies existentes, sino que además entrega una gran cantidad de información sobre las áreas en que se reproducían, su distribución en el mar, el tamaño aproximado de algunas de las colonias y también sobre sus conductas.

Posteriormente, otra obra clásica es la de Goodall et al. (1946, 1951), "Las aves de Chile, su conocimiento y sus costumbres", en la que se recoge la información aportada por Murphy y se enriquece, particularmente, por la contribución de Guillermo Millie. Con posterioridad a esto, la obra de Araya & Millie (1986), "Guía de campo de las aves de Chile", incorpora en forma sucinta nuevos registros sobre la distribución de estas aves.

Recientemente se han obtenido importantes avances en el conocimiento de algunas especies; en particular con las golondrinas de mar, con el descubrimiento de una nueva especie, la golondrina de mar pincoya (*Oceanites pincoyae*) y el descubrimiento de un primer sitio reproductivo para el país, de la golondrina de mar negra (*Oceanodroma markhami*)

DIVERSIDAD TAXONÓMICA

En Chile se ha determinado la presencia de al menos 470 especies de aves. De las regiones bioclimáticas descritas para Chile, la macrozona con mayor riqueza de especies de aves es precisamente el ambiente marino, dada su extensión y variación latitudinal. De acuerdo a esta revisión, un total



Gaviota garuma (Leucophaeus modestus). Foto: Jorge Herreros.



Pingüino rey (*Aptenodytes patagonicus*). Foto: José Cañas

de 168 especies pueden ser consideradas como aves marinas (véase la Tabla 2). Este valor destaca la importancia que tiene este grupo de aves en relación a la avifauna nacional (35 por ciento).

Es importante destacar que no fueron incluidas en el listado especies que en algunos lugares o condiciones ambientales utilizan parcialmente el mar como hábitat, pero que gran parte de sus poblaciones no requieren del medio marino para subsistir, como es el caso, por ejemplo, del cisne de cuello negro (*Cygnus melanocorypha*), que en épocas de sequías se alimenta en el mar, lo cual realiza también en fiordos y canales australes. Asimismo, tampoco fueron incluidas especies que presentan poblaciones que en ciertas latitudes de Chile utilizan el medio marino, pero en las que la especie en su totalidad no requiere necesariamente de este medio para subsistir (por ejemplo, el huairavo (*Nycticorax nycticorax*), en la zona sur de Chile; el pato juarjual (*Lophonetta specularioides*), en la zona del estrecho de Magallanes; el flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*), en las costas desde Chiloé hacia el sur, entre otras. Junto con ellas, tampoco fueron consideradas especies cuya presencia en el mar o costa es rara u ocasional (por ejemplo, el perrito, el pitotoy solitario), y aquellas que, a pesar de estar registradas en la costa, de acuerdo a la información existente no se describen

como relevantes en los ambientes marino-costeros (por ejemplo, algunas especies de garzas y zambullidores). También hay que considerar que existen varias otras especies de aves marinas cuyos registros en el país han sido muy escasos o bien están dudosos.

DISTRIBUCIÓN Y DIVERSIDAD DE AVES MARINAS

A nivel regional, el menor valor de riqueza se encuentra hacia el sur, entre la VII y XI Región con unas 60 especies, mientras que el valor más alto se registra en la V Región, la que presenta 106 especies de las cuales cabe destacar que cerca del 20 por ciento corresponde a especies de islas oceánicas, como isla de Pascua, isla Sala y Gómez, archipiélago Juan Fernández e islas San Félix y San Ambrosio. Desde el punto de vista político-administrativo, la V Región destaca como un área de gran relevancia para las aves marinas de Chile, ya que concentra la mayoría de las especies de islas oceánicas de Chile y sus colonias reproductivas más importantes.

Dentro de Chile, también existe un grupo de aves marinas, que incluye a aquellas especies características de la Corriente de Humboldt (I a X regiones), y que se diferencia de un segundo grupo, compuesto principalmente por especies subantárticas (XI y XII regiones).



HÁBITAT

Para la descripción de los requerimientos espaciales, se definió como hábitat a aquel espacio con características físicas particulares en el que existe una determinada especie. De esta manera fueron definidas cuatro categorías de hábitat: 1) mar; 2) islas, las cuales se subdividieron en: a) oceánicas, correspondientes a todas aquellas de origen volcánico, como Isla de Pascua, Archipiélago de Juan Fernández, isla Sala y Gómez, e islas San Félix y San Ambrosio, y b) continentales, incluidas todas aquellas originadas por el desprendimiento de la placa continental, tanto de la costa pareja como desmembrada; 3) costa, subdividida en: a) rocosa y b) arenosa; 4) desembocaduras y lagunas costeras; y 5) humedales interiores.

Muchas de las especies que aparecen utilizando únicamente el mar como hábitat regular corresponden principalmente a aquellas que tienen sus áreas de nidificación en la región antártica, como es el caso de la mayoría de las especies pertenecientes a las familias Diomedidae, Procellariidae y Spheniscidae. Otras especies que presentan el mismo patrón corresponden a especies que nidifican en latitudes menores, como el caso del ave del trópico de cola blanca (*Phaeton lepturus*) y del ave fragata (*Fregata magnificens*). Ocurre algo similar con algunas especies de la familia Oceanitidae; sin embargo, para este grupo la información sobre sus áreas

de nidificación es deficiente, debido en gran medida a la naturaleza críptica de sus sitios de nidificación.

Los ambientes marinos pelágicos albergan un número importante de especies de aves del orden de los Procelariiformes, tales como albatros y petreles. Sin embargo, actualmente no existe información suficiente sobre dónde estas especies se concentran en estos ambientes para alimentarse.

La conservación de las islas tanto oceánicas como continentales cobra vital importancia en la protección de las poblaciones de especies altamente pelágicas, ya que conforman hábitat específicos para su reproducción.

El segundo ambiente más requerido por las especies de aves marinas y que corresponde al de islas continentales se caracteriza, entre la I y la IV Región, por albergar a un gran número de especies, principalmente de las familias Pelecanidae, Pelecanoididae, Sulidae, Phalacrocoracidae y Spheniscidae, proporcionándoles hábitat para la nidificación y el descanso. Es en este tipo de hábitat donde se encuentran las mayores concentraciones de estas especies.

La costa arenosa representa un hábitat relativamente escaso en Chile y, sin embargo, es utilizado por alrededor de un tercio de las especies de aves marinas. Dentro de estas áreas es de importancia la costa occidental de Chiloé para especies como

Tabla 1. Lista de aves marinas de Chile.

Nombre científico	Nombre común
<i>Diomedea epomophora</i>	Albatros real del sur
<i>Diomedea exulans</i>	Albatros errante
<i>Diomedea sanfordi</i>	Albatros real del norte
<i>Phoebastria fusca</i>	Albatros oscuro
<i>Phoebastria palpebrata</i>	Albatros oscuro de manto claro
<i>Thalassarche bulleri</i>	Albatros de Buller
<i>Thalassarche cauta</i>	Albatros de corona blanca
<i>Thalassarche chrysostoma</i>	Albatros de cabeza gris
<i>Thalassarche melanophrys</i>	Albatros de ceja negra
<i>Thalassarche salvini</i>	Albatros de frente blanca
<i>Fregatta grallaria</i>	Golondrina de mar de vientre blanco
<i>Fregatta tropica</i>	Golondrina de mar de vientre negro
<i>Garrodia nereis</i>	Golondrina de mar subantártica
<i>Nesofregatta fuliginosa</i>	Golondrina de mar polinésica
<i>Oceanites gracilis</i>	Golondrina de mar chica
<i>Oceanites oceanicus</i>	Golondrina de mar
<i>Oceanites pincoyae</i>	Golondrina de mar pincoya
<i>Pelagodroma marina</i>	Golondrina de mar de ceja blanca
<i>Oceanodroma hornbyi</i>	Golondrina de mar de collar
<i>Oceanodroma markhami</i>	Golondrina de mar negra
<i>Oceanodroma tethys</i>	Golondrina de mar peruana
<i>Pelecanoides garnotii</i>	Yunco
<i>Pelecanoides magellani</i>	Yunco de magallanes
<i>Pelecanoides urinatrix</i>	Yunco de los canales
<i>Aphrodroma brevirostris</i>	Fardela de Kerguelen
<i>Ardenna bulleri</i>	Fardela de dorso gris
<i>Ardenna carneipes</i>	Fardela negra de patas pálidas
<i>Ardenna creatopus</i>	Fardela blanca
<i>Ardenna gravis</i>	Fardela capirotada
<i>Ardenna griseus</i>	Fardela negra
<i>Daption capense</i>	Petrel moteado
<i>Fulmarus glacialisoides</i>	Petrel plateado
<i>Halobaena caerulea</i>	Petrel azulado
<i>Macronectes giganteus</i>	Petrel gigante antártico
<i>Macronectes halli</i>	Petrel gigante subantártico
<i>Pachyptila belcheri</i>	Petrel paloma de pico delgado
<i>Pachyptila desolata</i>	Petrel paloma antártico
<i>Pachyptila salvini</i>	Petrel paloma de pico ancho
<i>Pachyptila turtur</i>	Petrel paloma chico
<i>Pachyptila vittata</i>	Petrel paloma de pico ancho
<i>Pagodroma nivea</i>	Petrel de las nieves
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Fardela negra grande
<i>Procellaria cinerea</i>	Fardela gris
<i>Procellaria westlandica</i>	Fardela de Nueva Zelanda
<i>Pterodroma alba</i>	Fardela de Fenix
<i>Pterodroma atrata</i>	Fardela de Henderson
<i>Pterodroma cookii</i>	Fardela de Cook
<i>Pterodroma defilippiana</i>	Fardela blanca de Más a Tierra
<i>Pterodroma externa</i>	Fardela blanca de Juan Fernández
<i>Pterodroma arminjoniana</i>	Fardela heráldica
<i>Pterodroma inexpectata</i>	Fardela moteada
<i>Pterodroma lessoni</i>	Fardela de frente blanca
<i>Pterodroma longirostris</i>	Fardela de Más Afuera
<i>Pterodroma macroptera</i>	Fardela de alas grandes

Nombre científico	Nombre común
<i>Pterodroma neglecta</i>	Fardela negra de Juan Fernández
<i>Pterodroma nigripennis</i>	Petrel de alas negras
<i>Pterodroma ultima</i>	Fardela de Murphy
<i>Puffinus assimilis</i>	Fardela chica
<i>Puffinus nativitatis</i>	Fardela de Pascua
<i>Puffinus puffinus</i>	Fardela atlántica
<i>Thalassoica antarctica</i>	Petrel antártico
<i>Aptenodytes forsteri</i>	Pingüino emperador
<i>Aptenodytes patagonicus</i>	Pingüino rey
<i>Eudyptes chrysocome</i>	Pingüino de penacho amarillo
<i>Eudyptes chrysolophus</i>	Pingüino macaroni
<i>Eudyptula minor</i>	Pingüino enano
<i>Pygocelis adeliae</i>	Pingüino de Adelia
<i>Pygocelis antarctica</i>	Pingüino de barbijo
<i>Pygocelis papua</i>	Pingüino papúa
<i>Spheniscus humboldti</i>	Pingüino de Humboldt
<i>Spheniscus magellanicus</i>	Pingüino de Magallanes
<i>Phaethon aethereus</i>	Ave del trópico de pico rojo
<i>Phaethon lepturus</i>	Ave del trópico de cola blanca
<i>Phaethon rubricauda</i>	Ave del trópico de cola roja
<i>Fregata magnificens</i>	Ave fragata
<i>Fregata minor</i>	Ave fragata grande
<i>Sula dactylatra</i>	Piquero blanco
<i>Sula leucogaster</i>	Piquero café
<i>Sula neboxii</i>	Piquero de patas azules
<i>Sula sula</i>	Piquero de patas rojas
<i>Sula variegata</i>	Piquero
<i>Phalacrocorax atriceps</i>	Cormorán imperial
<i>Phalacrocorax bougainvillii</i>	Guanay
<i>Phalacrocorax transfieldensis</i>	Cormorán antártico
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Yeco
<i>Phalacrocorax gaimardi</i>	Lile
<i>Phalacrocorax magellanicus</i>	Cormorán de las rocas
<i>Pelecanus occidentalis</i>	Pelícano pardo
<i>Pelecanus thagus</i>	Pelícano
<i>Pandion haliaetus</i>	Aguíla pescadora
<i>Charadrius collaris</i>	Chorlo de collar
<i>Charadrius falklandicus</i>	Chorlo de doble collar
<i>Charadrius modestus</i>	Chorlo chileno
<i>Charadrius nivosus</i>	Chorlo nevado
<i>Charadrius semipalmatus</i>	Chorlo semipalmado
<i>Charadrius wilsonia</i>	Chorlo de pico grueso
<i>Pluvialis squatarola</i>	Chorlo ártico
<i>Pluvialis dominica</i>	Chorlo dorado
<i>Pluvianellus socialis</i>	Chorlo de Magallanes
<i>Chionis alba</i>	Paloma antártica
<i>Haematopus ater</i>	Pilpilén negro
<i>Haematopus leucopodus</i>	Pilpilén austral
<i>Haematopus palliatus</i>	Pilpilén

Nombre científico	Nombre común
<i>Chroicocephalus cirrocephalus</i>	Gaviota de capucho
<i>Chroicocephalus maculipennis</i>	Gaviota cahuil
<i>Creagus furcatus</i>	Gaviota de las Galápagos
<i>Larus argentatus</i>	Gaviota argentea
<i>Larus belcheri</i>	Gaviota peruana
<i>Larus dominicanus</i>	Gaviota dominicana
<i>Leucophaeus atricilla</i>	Gaviota reidora
<i>Leucophaeus pipixcan</i>	Gaviota de Franklin
<i>Leucophaeus modestus</i>	Gaviota garuma
<i>Leucophaeus scoresbii</i>	Gaviota austral
<i>Xema sabini</i>	Gaviota de Sabine
<i>Anous minutus</i>	Gaviotín oscuro
<i>Anous stolidus</i>	Gaviotín de San Felix
<i>Chlidonias niger</i>	Gaviotín negro
<i>Gelochelidon nilotica</i>	Gaviotín de pico grueso
<i>Gygis alba</i>	Gaviotín albo
<i>Larosterna inca</i>	Gaviotín monja
<i>Onychoprion fuscatus</i>	Gaviotín apizarrado
<i>Onychoprion lunatus</i>	Gaviotín pascuense
<i>Phaetusa simplex</i>	Gaviotín de pico grande
<i>Procelsterna albivitta</i>	Gaviotín Gaviotín de San Ambrosio
<i>Sterna hirundinacea</i>	Gaviotín sudamericano
<i>Sterna hirundo</i>	Gaviotín boreal
<i>Sterna paradisea</i>	Gaviotín ártico
<i>Sterna trudeaui</i>	Gaviotín piquerito
<i>Sterna vittata</i>	Gaviotín antártico
<i>Sternula lorata</i>	Gaviotín chico
<i>Thalasseus elegans</i>	Gaviotín elegante
<i>Thalasseus sandwicensis</i>	Gaviotín de Sandwich
<i>Rynchops niger</i>	Rayador
<i>Stercorarius chilensis</i>	Salteador chileno
<i>Stercorarius longicaudus</i>	Salteador de cola larga
<i>Stercorarius antarcticus</i>	Salteador pardo
<i>Stercorarius maccormicki</i>	Salteador polar
<i>Stercorarius parasiticus</i>	Salteador chico
<i>Stercorarius pomarinus</i>	Salteador pomarino
<i>Actitis macularia</i>	playero manchado
<i>Aphriza virgata</i>	Playero de las rompientes
<i>Arenaria interpres</i>	Playero vuelvepiedra
<i>Calidris alba</i>	Playero blanco
<i>Calidris bairdii</i>	Playero de Baird
<i>Calidris canutus</i>	Playero ártico
<i>Calidris fuscicollis</i>	Playero de lomo blanco
<i>Calidris mauri</i>	Playero occidental
<i>Calidris melanotos</i>	Playero pectoral
<i>Calidris minutilla</i>	Playero enano
<i>Calidris pusilla</i>	Playero semipalmado
<i>Limnodromus griseus</i>	Becacina chica
<i>Limosa fedoa</i>	Zarapito moteado
<i>Limosa haemastica</i>	Zarapito de pico recto
<i>Limosa lapponica</i>	Zarapito de colabarrada
<i>Numenius phaeopus</i>	Zarapito
<i>Numenius borealis</i>	Zarapito boreal
<i>Numenius tahitiensis</i>	Zarapito polinésico

Nombre científico	Nombre común
<i>Phalaropus fulicaria</i>	Pollito de mar rojizo
<i>Phalaropus lobatus</i>	Pollito de mar boreal
<i>Tringa flavipes</i>	Pitotoy chico
<i>Tringa incana</i>	Playero gris
<i>Tringa melanoleuca</i>	Pitotoy grande
<i>Tringa semipalmata</i>	Playero grande
<i>Tryngites subruficollis</i>	Playero canela
<i>Chloephaga hybrida</i>	Caranca
<i>Tachyeres patachonicus</i>	Quetru volador
<i>Tachyeres pteneres</i>	Quetru no volador
<i>Cinclodes nigrofumosus</i>	Churrete costero



Piquero de Humboldt (*Sula variegata*) en su nido con dos pollitos. Foto: José Cañas.

Tabla 2

Orden	Familia	Géneros	Especies (Endémicas)
Procellariiformes	4	23	61
Sphenisciformes	1	4	10
Phaethontiformes	1	1	3
Suliformes	1	4	13
Pelecaniformes	1	1	2
Accipitriformes	1	1	1
Charadriiformes	8	32	74
Anseriformes	1	2	3
Passeriformes	1	1	1



Albatros de ceja negra (*Thalassarche melanophrys*). Foto: Jorge Herreros.

el playero blanco (*Calidris alba*), el zarapito común (*Numenius phaeopus*), y el zarapito de pico recto (*Limosa haemastica*). El sector de Bahía Lomas, en la Región de Magallanes, es también muy relevante para el zarapito de pico recto (*Limosa haemastica*) y el playero ártico (*Calidris canutus*), ya que ambos sectores albergan concentraciones importantes y proporcionan hábitat de alimentación y descanso para estas especies migratorias provenientes del hemisferio norte (Alaska y Canadá), de las cuales todas ellas, excepto el zarapito común (*Numenius phaeopus*) presentan poblaciones en clara disminución en la región de Norteamérica.

ESTATUS DE RESIDENCIA

Para establecer patrones de movimientos a macroescala de las aves marinas consideradas, se reconocieron tres categorías:

- a) Sedentaria: aquella especie que puede ser registrada en forma permanente en un área;
- b) Migratoria: aquella especie que presenta desplazamientos de carácter cíclico, generalmente circanual, de grandes distancias, asociados a fluctuaciones estacionales del ambiente;



c) Dispersiva: aquella especie que no presenta un patrón regular en sus desplazamientos, ya sea en el carácter temporal o espacial, ya que sus desplazamientos son de naturaleza oportunista, generalmente asociados a la oferta de alimento.

Según el tipo de movimientos a macroescala que estas presentan, unas 55 especies de aves marinas serían migratorias (37 por ciento), 65 especies serían dispersivas o presentarían movimientos oportunistas sin patrones definidos (44 por ciento), 26 especies serían sedentarias (17 por ciento) y para tres especies (2 por ciento) no existe información.

En las regiones administrativas del país dominan las especies migratorias por sobre aquellas dispersivas. Las excepciones a este patrón corresponden a la V Región, que presenta proporciones similares entre ambas categorías y la XII Región, que presentó un mayor porcentaje de especies de carácter dispersivo por sobre aquellas migratorias, siendo de esta manera la única región que sigue el patrón identificado a nivel nacional.

Para las aves marinas migratorias, el mar y la costa de Chile cumplen un rol importante como área de descanso y alimentación. Algunas especies alcanzan a concentrar aproximadamente el 50 por ciento de su población americana en el extremo sur del país durante el verano austral. La pérdida de un eslabón, necesario en las rutas de migración invernal y/o estival para estas aves, puede conducir a la reducción en el éxito reproductivo de sus poblaciones. Las áreas utilizadas por estas especies cubren una superficie restringida en nuestro país, con alta factibilidad de pérdida de sus hábitat al ser destinadas a otros usos, como el turismo y la urbanización.

ESTATUS REPRODUCTIVO

Sólo para 61 especies de aves marinas existen citas sobre sitios reproductivos en Chile, lo que corresponde a un 12,5 por ciento del total nacional. Para cada una de las especies restantes, existen dos opciones posibles: no han sido debidamente registrados sus eventos reproductivos o no se reproducen en Chile.

En los últimos años se han venido describiendo nuevos sitios de nidificación para las aves marinas. Notable han sido los avances a este respecto para algunas especies de albatros, cormoranes y para el gaviotín chico; una especie amenazada.

Con respecto al número de especies nidificantes por sitio o área destacan las islas Diego Ramírez con 12 especies descritas, Sala y Gómez con 11, isla Chañaral con 10, la isla Choros con nueve e isla Guafo con ocho. Con respecto a los sitios con mayor número de especies nidificantes en categoría de conservación a nivel internacional, resaltan las islas Diego Ramírez, que albergan seis de estas especies.

Entre las especies nidificantes, existen algunas de las que se conocen pocos sitios o áreas de reproducción. Tal es el caso de las golondrinas de mar, el yunco de Magallanes, el yunco de los canales, el cormorán de las Malvinas, el pilpilén austral, la caranca, el quetru no volador y quetru volador, aunque algunas de ellas forman colonias, como los yuncos y cormoranes. Junto con estas especies, existen otras que, a pesar de ser bastante abundantes, tienen pocos sitios descritos, como es el caso del yeco y del pelícano. Dentro de las especies mejor estudiadas y para las cuales se conocen bastantes sitios de nidificación, destacan aquellas pertenecientes a la familia Spheniscidae, como el pingüino de Humboldt y el pingüino de Magallanes.



Lile (Phalacrocorax gaimardi). Foto: José Cañas

DIVERSIDAD ECOLÓGICA

Las aves marinas, como parte de los ecosistemas marinos, participan en las tramas tróficas, principalmente como carnívoros secundarios o terciarios y carroñeros. Dada su alta tasa de alimentación, metabolismo y sus requerimientos de energía, estos organismos son considerados componentes claves de los ecosistemas costeros y pelágicos, además de ser potenciales indicadores de la disponibilidad de alimento y de la presencia de contaminantes dentro de estos ecosistemas.

Respecto a la ecología trófica, se reconocen seis categorías de hábitos tróficos en las aves marinas de Chile. La mayoría clasifica para hábitos del tipo carnívoro que consumen invertebrados y vertebrados (72 especies, 47 por ciento), en forma secundaria figuran aquellas consumidoras de invertebrados, vertebrados y carroña, como, por ejemplo, muchas especies de albatros y gaviotas. También están aquellas consumidoras exclusivas de invertebrados (con 30 especies, 20 por ciento) como muchas especies de la familia Scolopacidae. Los menores valores están asociados a aquellas especies consumidoras exclusivas de vertebrados (7 especies, 5 por ciento), entre las cuales se encuentran el guanay y el piquero (*Phalacrocorax bougainvillii* y *Sula variegata*), aquellas herbívoras y a la vez carnívoras de invertebrados, como por ejemplo, la caranca (*Chloephaga hybrida*) y aquellas carnívoras de vertebrados y a la vez de carroña (4 especies, 3 por ciento para ambas categorías) como el pelícano (*Pelecanus thagus*).

AREAS DE CONCENTRACIÓN

Una característica relevante de las aves marinas es que usualmente se congregan en colonias durante su reproducción, pero también durante su alimentación y descanso. Este fenómeno se puede observar en la bahía de Mejillones (II Región), las islas Chañaral y Pan de Azúcar (III Región). La isla Choros (IV Región), la isla Guafo (X Región), las islas Noir,

Magdalena y Diego Ramírez (XII Región), entre otras, son de gran importancia, ya que albergan tamaños poblacionales considerables; las islas Diego Ramírez puede llegar a sostener poblaciones de más de 2 millones de individuos de aves marinas.

Algunos sitios o islas albergan poblaciones importantes para las especies globalmente amenazadas, como es el caso de las planicies costeras al norte de Mejillones y de Chipana, que son relevantes para el gaviotín chico (*Sterna lorata*), la isla Chañaral para el pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*), la isla Choros, de gran importancia para el yunco (*Pelecanoides garnotii*), isla Mocha (IX Región), para la fardela blanca (*Puffinus creatopus*).

SINGULARIDADES EN CHILE

Algunas de las islas oceánicas de Chile presentan poblaciones importantes de aves marinas que incluyen algunas especies globalmente amenazadas. Chile se destaca, además, por poseer los dos únicos sitios reproductivos descritos para la fardela blanca (*Puffinus creatopus*). Otro hecho relevante, es la existencia de importantes áreas de nidificación para la gaviota garuma (*Larus modestus*), la cual nidifica formando colonias varios kilómetros al interior del desierto de la II Región; no obstante, recientemente se han encontrado colonias reproductivas en la costa. Hacia el sur, donde las costas son más extensas se encuentran importantes áreas de concentración de algunas de las especies de aves playeras migratorias provenientes de Alaska y el Canadá, como es el caso del playero ártico (*Calidris canutus*) el zarapito de pico recto (*Limosa haemastica*) y el zarapito (*Numenius phaeopus*). En el país existen además las mayores concentraciones conocidas en todo el rango de su distribución para algunas de estas especies, como es el caso del yunco (Isla Choros), el pingüino de Humboldt (Isla Chañaral), el gaviotín chico (norte de Mejillones), entre muchas otras.



DIVERSIDAD DE ESPECIES

4.2. AVES

4.2.3 AVES ACUÁTICAS CONTINENTALES DE CHILE

Yerko A. Vilina¹ Y Hernán L. Cofré²

¿QUÉ SON LAS AVES ACUÁTICAS?

Se entenderá por especies de aves acuáticas continentales a aquellas que no se esperarían estuviesen presentes si es que no existiese un humedal; por ello, se incluyen las especies asociadas a la vegetación emergente, totorales y pajonales, y no se incluyen las golondrinas, dado que estas especies depredan sobre concentraciones de insectos, no necesariamente donde hay ambientes acuáticos. No obstante lo anterior, los autores reconocen la validez de otros criterios a este respecto.

En Chile existen numerosas especies de aves que se pueden asociar con los humedales continentales, estos últimos entendidos como aquellas zonas húmedas que se encuentran al interior del continente o de las islas, y que presentan una gran diversidad y heterogeneidad de hábitat para estas especies, incluidos lagos, lagunas, salares, ríos esteros, arroyos, bofedales, vegas, pantanos, hualves (bosques inundados), mallines, totorales (*Thypha sp.*), entre otros, sean estos estables (siempre inundados) u ocasionales, salinos o dulceacuícolas, naturales o artificiales.

De este análisis se descartan aquellas especies de aves que utilizan principalmente las costas marinas, las cuales fueron analizadas en el capítulo referente a aves marinas; sin embargo, se debe tener en consideración que varias de las especies costeras (por ejemplo, chorlos, playeros, gaviotas), también utilizan los humedales continentales, ya sea para alimentarse, descansar e incluso ocasionalmente reproducirse. Del mismo modo, algunas de las especies consideradas en este capítulo pueden utilizar el mar o las costas marinas, en algunos periodos de su ciclo de vida o en algunas regiones del país, como podría ser el caso del blanquillo (*Podiceps occipitalis*), el cisne de cuello negro (*Cygnus melancorhyphus*), el cisne coscoroba (*Coscoroba coscoroba*), el pato juar jual (*Lophonetta specularioides*), el flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*), entre otros, quienes ocasionalmente se alimentan en el mar, particularmente en la región austral del país. Por lo tanto, la separación entre aves acuáticas marinas y costero-marinas, por un lado, y aves pertenecientes a los humedales continentales, por otro, es sólo artificial, pero permite realizar un análisis respecto a su diversidad y al tipo de hábitats que más frecuentan.

¹ Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Santo Tomás, Santiago1, yvilina@santotomas.cl

² Instituto de Biología, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso



Martín pescador (*Megaceryle torquata*). Foto: José Cañas.

HISTORIA DEL CONOCIMIENTO EN CHILE

Al igual que en los otros grupos de aves, la historia de su conocimiento debe necesariamente radicar en las culturas precolombinas, dado que con seguridad estas hacían uso de aquellas como recurso alimentario y probablemente asociado a ceremonias y creencias. Su conocimiento posterior se refleja en los escritos del abate Molina (1778) y de principios del siglo XIX, escritos por el naturalista Claudio Gay (1847); quien, por ejemplo, refiriéndose al cisne en cuello negro observado en el lago Budi, menciona: “Este cisne es mui común en la América meridional i sobre todo en La Plata, donde se comercia con su pellejo. Se encuentra en los lagos i llanos de las cordilleras de Chile. Solo puede huir en el agua así los paisanos suelen matarlos a palos cuando se encuentran en tierra... los huevos son dos o tres veces mayor que los del pavo, de buen gusto i que se venden en los mercados”. Posterior al aporte realizado por estos naturalistas clásicos, existen varios otros estudios de gran relevancia, realizados a mediados del siglo XIX por otros naturalistas, entre los que destaca Rodulfo Philippi, quien además de varias contribuciones, describe por primera vez para la ciencia la existencia del flamenco andino o parina grande, *Phoenicoparrus andinus*. Algo similar ocurre con Carlos S. Reed, quien siendo Director del Zoológico Nacional publicó varios escritos relativos a este tema y quien publica en 1938 el trabajo “Los anseriformes, chilenos. Su nomenclatura actual y su distribución geográfica”, una obra pionera para la época. Los dos volúmenes y dos anexos publicados a mediados del siglo XX por Goodall, Johnson y

Philippi, “Las aves de Chile, su conocimiento y sus costumbres” —en los que se describe mucha de la información de campo obtenida por los autores—, constituye otro hito en el desarrollo de la ornitología de Chile, con mucha información sobre la historia natural de estas especies. Posteriormente, la obra de B. Araya y G. Millie “Guía de Campo de las Aves de Chile”, publicada por primera vez en 1986, constituye un gran aporte, al establecer en forma rigurosa la presencia y distribución de todas las especies de aves que habitan en Chile, incluidas las aves acuáticas continentales.

DIVERSIDAD TAXONÓMICA

En nuestra revisión consideramos a 96 especies de aves asociadas principalmente a los ambientes acuáticos continentales, exceptuando las costas marinas (Tabla 1). Cabe destacar que se incorporan nuevas especies de aves respecto a las ediciones anteriores, en virtud de nuevos registros obtenidos en el país.

Algunos de estos taxa, a nivel de orden o familias, están bien representados en el país en relación a la diversidad presente en Sudamérica. Tal es el caso de los flamencos, para los cuales están presentes en Chile las tres especies existentes en Sudamérica, que corresponden al 50% de las especies que habitan en todo el mundo. Otros de los taxa bastante diversos en el país es la familia Anatidae (cisnes, gansos y patos), con 30 especies descritas para Chile, de las cuales 27 de ellas se analizan en este capítulo y las otras tres en el

Tabla 1: Representación de taxa de aves acuáticas en Chile.

Orden	Familia	Géneros	Especies (Endémicas)
Podicipediformes	1	3	5
Ciconiiformes	1	2	2
Pelecaniformes	2	10	14
Phoenicopteriformes	1	2	3
Anseriformes	1	12	27
Gruiformes	1	7	13
Charadriiformes	5	12	16
Coraciiformes	1	2	2
Passeriformes	4	8	14

capítulo referente a aves marinas. En Sudamérica habitan 32 especies de esta familia, por lo que en Chile habita el 90 por ciento de sus representantes; no obstante existe una especie introducida que se habría asilvestrado, el pato criollo (*Cairina moschata*). Para los otros órdenes, su representación en el país respecto a Sudamérica, es cercana al 50 por ciento o menor.

DIVERSIDAD GEOGRÁFICA

La mayoría de las especies de aves acuáticas migratorias provenientes del Hemisferio Norte utilizan además los ambientes marinos, por lo que fueron analizadas en el capítulo respectivo. Dentro de ese grupo de aves es necesario destacar que hay al menos tres especies que son frecuentes y en algunos casos abundantes en los humedales de la región de la puna, como es el caso del playero de Baird (*Calidris bairdii*), el pollito de mar tricolor (*Steganopus tricolor*) y, en menor abundancia, el pitotoy chico (*Tringa flavipes*). Más al sur del país, estas especies descienden hacia las tierras bajas, particularmente el playero de Baird y el pitotoy chico, utilizando las playas arenosas y los humedales costeros. Existen algunas especies de este grupo migratorio para los cuales sus registros, aunque ocasionales, han ocurrido principalmente en los ambientes acuáticos interiores, como es el caso del pato de alas azules (*Anas discors*), el chorlo gritón (*Charadrius vociferus*), quienes migran desde Norteamérica. En síntesis, la gran mayoría de las especies de aves acuáticas migratorias que provienen desde el hemisferio norte, se asocian más frecuentemente a los ambientes marino-costeros que a los humedales interiores, con algunas excepciones como las antes mencionadas.

Una ruta migratoria poco conocida es la que realiza el flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*), el cual aumenta considerablemente sus poblaciones durante los inviernos en la región austral, entre Chiloé y Magallanes, y es registrado sólo entre otoño y primavera en los humedales costeros de la zona central de Chile, entre ellos, las desembocaduras de los ríos Reloca, Mataquito y el humedal del estero El Yali. Es altamente probable que estas aves provengan desde los humedales de Argentina, pero su origen no está claramente establecido.

El canquén colorado (*Chloephaga rubidiceps*) se reproduce en los humedales costeros del estrecho de Magallanes y de la Isla Grande de Tierra del Fuego, y migra durante el otoño e invierno a las pampas de Argentina, próxima a Buenos Aires, y el piuquén (*Chloephaga melanoptera*), que habita en los humedales cordilleranos de la puna y altoandinos, y que en la zona central migra durante los otoños e inviernos hacia los humedales de los valles transversales y costeros.

Una situación similar ocurre con dos especies migratorias de hábitos insectívoros, el run-run (*Hymenops perspicillata*) y el pájaro amarillo (*Pseudocolopteryx citreola*), quienes llegan durante la primavera y verano a reproducirse en los ambientes acuáticos de Chile centro-sur, y están particularmente asociados a la vegetación emergente, como los totorales, y la vegetación ripariana, como los bosques de sauces (*Salix spp*) que bordean tranques, lagunas o esteros. Migran hacia las tierras bajas con pastizales de Argentina, donde pasan el otoño y la primavera.

Aunque dentro de este grupo de aves no existen endemismos a escala nacional, algunas de ellas sólo están restringidas a una de las regiones ecológicas que existen en el país. Ejemplo de ello son la doce aves que en Chile están restringidas a los humedales de la puna, como el cuervo del pantano de la puna (*Plegadis ridwayi*), el flamenco andino (*Phoenicoparrus andinus*), el flamenco de James (*Phoenicoparrus jamesi*), el pato puna (*Anas puna*), entre otras. Para las otras regiones ecológicas el endemismo es menor, ya que varias especies habitan en más de una región ecológica, destacando especies que son compartidas entre las regiones de la puna y la altoandina, como el piuquén y el chorlo cordillerano (*Phegornis mitchellii*).

En la Figura 1 se muestra el número de especies de aves acuáticas continentales presentes en cada región ecológica de Chile.

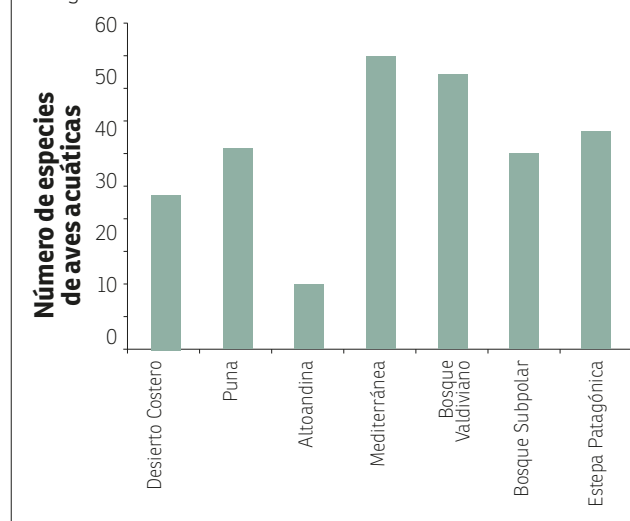


Figura 1. Distribución de aves acuáticas continentales según región ecológica de Chile.

Tabla 2. Lista de aves acuáticas de Chile

Nombre científico	Nombre común
<i>Rollandia rolland</i>	Pimpollo
<i>Podiceps major</i>	Huala
<i>Podiceps occipitalis</i>	Blanquillo
<i>Podiceps gallardoi</i>	Pimpollo tobiano
<i>Podilymbus podiceps</i>	Picurio
<i>Ciconia maguari</i>	Pillo
<i>Mycteria americana</i>	Cigüeña de cabeza pelada
<i>Ardea alba</i>	Garza blanca
<i>Ardea cocoi</i>	Garza cuca
<i>Egretta thula</i>	Garza chica
<i>Egretta caerulea</i>	Garza azul
<i>Egretta tricolor</i>	Garza tricolor
<i>Bubulcus ibis</i>	Garza boyera
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Huairavo
<i>Nyctanassa violacea</i>	Huairavo de corona amarilla
<i>Butorides striatus</i>	Garzita azulada
<i>Ixobrychus involucris</i>	Huairavillo
<i>Syrigma sibilatrix</i>	Garza chiflón
<i>Plegadis chihi</i>	Cuervo del pantano
<i>Plegadis ridwayi</i>	Cuervo del pantano de la puna
<i>Platalea ajaja</i>	Espátula
<i>Phoenicopus chilensis</i>	Flamenco chileno
<i>Phoenicoparrus andinus</i>	Parina grande
<i>Phoenicoparrus jamesi</i>	Parina chica
<i>Dendrocygna bicolor</i>	Pato silbón
<i>Dendrocygna viduata</i>	Pato pampa
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Pato silbón de ala blanca
<i>Coscoroba coscoroba</i>	Coscoroba
<i>Cygnus melancoryphus</i>	Cisne de cuello negro
<i>Chloephaga (Oressochen) melanoptera</i>	Piuquén
<i>Chloephaga poliocephala</i>	Canquén
<i>Chloephaga rubidiceps</i>	Canquén colorado
<i>Chloephaga picta</i>	Caiquén
<i>Specularis specularis</i>	Pato anteojillo
<i>Lophonetta specularis</i>	Pato juar jual
<i>Merganetta armata</i>	Pato cortacorrientes
<i>Anas georgica</i>	Pato jergón grande
<i>Anas flavirostris</i>	Pato jergón chico
<i>Anas puna</i>	Pato puna
<i>Anas versicolor</i>	Pato capuchino
<i>Anas sibilatrix</i>	Pato real
<i>Anas discors</i>	Pato de alas azules
<i>Anas bahamensis</i>	Pato gargantillo
<i>Anas cyanoptera</i>	Pato colorado
<i>Anas platalea</i>	Pato cuchara
<i>Cairina moschata</i>	Pato criollo
<i>Netta peposaca</i>	Pato negro
<i>Netta erythrophthalma</i>	Pato castaño

Nombre científico	Nombre común
<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato rana de pico ancho
<i>Oxyura vittata</i>	Pato rana de pico delgado
<i>Heteronetta atricapilla</i>	Pato rinconero
<i>Pardirallus sanguinolentus</i>	Pidén
<i>Pardirallus maculatus</i>	Pidén moteado
<i>Rallus antarcticus</i>	Pidén austral
<i>Laterrallus jamaicensis</i>	Pidencito
<i>Porphyriops melanops</i>	Tagüita
<i>Porphyrio martinicus</i>	Tagüita purpurea
<i>Gallinula galeata</i>	Tagüita del norte
<i>Fulica leucoptera</i>	Tagua chica
<i>Fulica armillata</i>	Tagua común
<i>Fulica rufifrons</i>	Tagua de frente roja
<i>Fulica ardesiaca</i>	Tagua andina
<i>Fulica gigantea</i>	Tagua gigante
<i>Fulica cornuta</i>	Tagua cornuda
<i>Vanellus chilensis</i>	Queltehue
<i>Vanellus resplendens</i>	Queltehue de la puna
<i>Himantopus mexicanus</i>	Perrito
<i>Recurvirostra andina</i>	Caití
<i>Charadrius alticola</i>	Chorlo de la puna
<i>Charadrius vociferus</i>	Chorlo ártico
<i>Phegornis mitchellii</i>	Chorlito cordillerano
<i>Tringa solitaria</i>	Pitoty solitario
<i>Calidris himantopus</i>	Playero de patas largas
<i>Gallinago paraguaiiae</i>	Becacina
<i>Gallinago andina</i>	Becacina de la puna
<i>Gallinago stricklandii</i>	Becacina grande
<i>Nycticryphes semicollaris</i>	Becacina pintada
<i>Steganopus tricolor</i>	Pollito de mar tricolor
<i>Jacana jacana</i>	Jacana
<i>Larus serranus</i>	Gaviota andina
<i>Ceryle torquata</i>	Martín pescador
<i>Chloceryle americana</i>	Martín pescador chico
<i>Cinclodes patagonicus</i>	Churrete
<i>Cinclodes antarcticus</i>	Churrete austral
<i>Cinclodes atacamensis</i>	Churrete de alas blancas
<i>Cinclodes albiventris</i>	Churrete de alas crema
<i>Cinclodes fuscus</i>	Churrete acanelado
<i>Cinclodes oustaleti</i>	Churrete chico
<i>Phleocryptes melanops</i>	Trabajador
<i>Hymenops perspicillata</i>	Run run
<i>Lessonia rufa</i>	Colegial del norte
<i>Lessonia oreas</i>	Colegial
<i>Pseudocolopteryx citreola</i>	Pajaro amarillo
<i>Tachuris rubrigastra</i>	Siete colores
<i>Agelaius thilius</i>	Trile



Gaviotas cáhuil (*Chroicocephalus maculipennis*). Foto: José Cañas.

En Chile, ocasionalmente también se registran especies frecuentes y abundantes en los humedales pampeanos y en los pantanales ubicados en la vertiente atlántica, como es el caso de las tres especies de patos del Género *Dendrocygna* y del cuervo del pantano (*Plegadis chihi*). Este último es regularmente observado e incluso ocasionalmente se reproduce en la región austral del país. Otras especies similares, pero registradas con menor frecuencia, son la cigüeña de cabeza pelada (*Mycteria americana*), el pillo (*Euxenura maguari*) y la espátula (*Platalea ajaja*).

Para algunas de estas especies existen evidencias relativamente recientes de que están ampliando su distribución y haciéndose más frecuente en el país, como es el caso de la tagüita del norte (*Gallinula galeata*), la cual en forma paulatina se está expandiendo hacia el sur.

DIVERSIDAD ECOLÓGICA

La información sobre la ecología de las poblaciones de estas especies de aves es escasamente conocida, probablemente porque requiere estudios de largo plazo o bien cubrir extensas regiones geográficas. Es por eso que no está claramente descrito cómo están conformados los ensambles de aves acuáticas continentales, cuáles y cuántas son las especies que dominan los ensambles y cuáles son aquellas que parecen como las más raras, con menores abundancias y/o menos frecuentes. En las siguientes figuras resumimos los resultados obtenidos por los autores respecto a la estructura de los ensambles de estas aves para dos regiones ecológicas de Chile, las regiones de la puna y mediterránea (véanse las figuras 2 y 3).

Los factores que determinan los patrones de distribución y abundancia de las aves acuáticas son complejos y no están bien estudiados. Para el caso de los humedales de la región central de Chile, en 1999 los autores establecieron que el fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS) es un factor relevante para explicar los cambios que ocurren en algunos grupos de aves acuáticas (por ejemplo, zambullidores) que habitan en esta región del país. Posteriormente, en 2002 algo similar informamos para la población del cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) en Chile central y lo mismo hizo R. Schlatter para esta especie en el caso de la población del río Cruces. Dado lo anterior, el fenómeno El Niño constituye un factor clave para comprender los cambios en los tamaños de las poblaciones de aves acuáticas continentales de Chile, el cual parece incidir fuertemente en las dinámicas y procesos ecológicos que ocurren en los humedales, incluidas las aves acuáticas continentales de todo el país.

Una de las temáticas de gran relevancia para comprender la dinámica de las poblaciones de aves acuáticas continentales es aquella relacionada con la conectividad entre los humedales dentro del país y con los otros humedales de Norteamérica y Sudamérica; por ejemplo, aquella referida a la conexión entre los humedales costeros y los valles transversales del centro del país con los de la región austral; la relación y conexión existente entre los humedales australes, de Valdivia al sur, con los humedales de la región atlántica; la relación existente entre los humedales de la puna con los de esta misma región ecológica de los países vecinos (Perú, Bolivia y Argentina). En este caso son destacables los esfuerzos que la Corporación Nacional Forestal (CONAF) realiza con las instituciones de estos otros países para determinar el estado de las poblaciones de las tres especies de flamencos que habitan en la región de la puna. Para el caso de los humedales de la región alto-andina, que compartimos con Argentina, las conexiones parecen ser más complejas y, al igual que en los otros casos, permanecen desconocidas.

SINGULARIDADES EN CHILE

Algunas especies que tienen una distribución restringida a escala regional y mundial tienen en Chile un porcentaje importante de su población. Uno de estos casos es la tagua gigante (*Fulica gigantea*), para la cual el Lago Chungara, en el extremo norte del país, alberga más del 80 por ciento de la población mundial de esta especie; otro caso similar ocurre con la tagua cornuda (*Fulica cornuta*), para la cual las lagunas de Miñiques y Miscanti constituyen también sitios de relevancia mundial. El chorlo de Magallanes (*Pluvianellus socialis*) se distribuye sólo en la Isla Grande de Tierra del Fuego y en la región continental del Estrecho de Magallanes, con una población probablemente inferior a los 10 mil individuos.

En los humedales mediterráneos de la zona central del país habita una de las aves acuáticas más especiales y enigmáticas que existen, el pato rinconero (*Heteronetta atrica-pilla*). Esta es la única ave en el mundo que siempre pone sus huevos en nidos de otras especies de aves y cuyas crías tienen hábitos nidífugos. Es decir, la cría nace en el nido de una especie distinta (por ejemplo, tagüas, huairavos, y otras especies de patos), y tan pronto nace abandona el nido sin recibir cuidado parental. Otras especies de aves, aunque también ponen sus huevos en nidos de otras especies, las crías son nidícolas, es decir, permanecen en el nido después de nacer y son alimentadas y cuidadas por la especie hospedero (por ejemplo el mirlo).

En el caso de las dos especies de flamencos cuya distribución se restringe a los salares y lagos de la puna, como es el caso de la parina grande (*Phoenicoparrus andinus*) y de la parina chica (*P. jamesi*), su singularidad radica en que ambas se alimentan de diatomeas, un recurso abundante en este tipo de ambientes, en tanto la otra especie de este grupo que habita en Chile, el flamenco chileno, se alimenta de invertebrados acuáticos. Es posible que esto explique el hecho de que Chile posea tres de las seis especies de flamencos que existen en el mundo.

EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL CONOCIMIENTO

Una de las últimas especies de aves acuáticas continentales registradas para la ciencia fue el flamenco de James o parina chica (*Phoenicoparrus jamesi*), descrito por Sclater (1886); sin embargo, en forma paulatina pero constante se describen nuevas especies de aves que son por primera vez registradas en Chile, entre ellas el huairavo de corona amarilla (*Nyctanassa violácea*) y la garza chiflón (*Syrigma sibilatrix*). En el caso de otras especies que se consideraban como raras o muy pocos abundantes, nuevos estudios revelan que su frecuencia y abundancia era mayor

a lo anteriormente establecido.

Lo anterior permite establecer que el estado del conocimiento de este grupo de aves es en algunos casos deficiente, particularmente en lo que respecta a su función ecológica dentro de los complejos procesos que ocurren en los humedales. Otra deficiencia manifiesta ocurre respecto al estado de sus poblaciones, estructura de los distintos ensamblajes y, muy primordialmente, a los desplazamientos y/o migraciones dentro del país, y a su relación con las otras poblaciones de los países vecinos. Hay varias especies cuyas poblaciones, al parecer, vienen declinando, pero cuyo estatus permanece desconocido; entre ellas destacan el pato anteojillo (*Specularias specularis*), que se asocia a los ríos forestados de bosque nativo de la región austral, el pato rinconero, cuyos hábitats están siendo fuertemente alterados e incluso desecados, como las Lagunas de Batuco y Matanza en la región central del país, la becacina pintada (*Nycticryphes semicollaris*), escasamente registrada en los humedales mediterráneos, y el run-run (*Hymenops perspicillata*), asociado a la vegetación ripariana, entre varias otras especies.



Chorlo gritón (*Charadrius vociferus*) especie presente en Chile sólo en la Región de Arica y Parinacota. Foto: Jorge Herreros

Flamencos andinos o parina grande ►
(*Phoenicoparrus andinus*) y de James o parina
chica (*Phoenicoparrus jamesi*) en el Sitio Ramsar
Salar de Surire, Región de Arica y Parinacota.
Foto Jorge Herreros







◀ *Lagartija de mancha negra (Liolaemus nigromaculatus)*
en desierto florido (región de Atacama).
Foto: Jorge Herreros.

DIVERSIDAD DE ESPECIES

4.3. REPTILES

Herman Núñez¹, Damien Esquerré², Carlos Garín³ y Daniel Pincheira-Donoso⁴

GENERALIDADES

Los reptiles vivos comprenden los lagartos, serpientes, tortugas, cocodrilos y caimanes, y las tuataras (un tipo de 'fósil viviente' restringido a Nueva Zelanda). Actualmente, más de 10.000 especies de reptiles habitan la tierra y de ellos, más del 95% son lagartos y serpientes. Sin embargo, según la definición tradicional de "reptiles", estos no forman un linaje evolutivo único o grupo monofilético (grupo que contiene a un ancestro y a todos sus descendientes) si no incluyen a las aves, que son los parientes vivos más cercanos de los cocodrilos y que, de hecho, son un linaje sobreviviente de dinosaurios terópodos; entre los que están los famosos tiranosaurios. En los años recientes, gracias al avance acelerado de herramientas moleculares, se han redefinido la historia y relaciones evolutivas de los reptiles (Figura 1). Entre los avances más importantes, se encuentra la nueva posición de las tortugas, ahora consideradas grupo hermano de las aves y cocodrilos en lugar del hermano de todos los reptiles, y de las serpientes, ahora consideradas como más emparentadas a los iguánidos y anguimorfos que a otros grupos de lagartos, haciendo la clásica división

entre lagartos (Suborden Sauria) y serpientes (Suborden Serpentes) obsoleta. Conociendo entonces la historia evolutiva de estos grupos podemos decir con razonable certeza que las aves son un grupo especializado de dinosaurios, y que las serpientes son un grupo especializado de lagartos. Sin embargo, por tradición y también por similitudes ecológicas y fisiológicas, llamamos reptiles a todos estos linajes, excepto por las aves.

De los reptiles, Chile sólo puede reclamar como propios del territorio nacional (incluido el mar) a cuatro tortugas marinas, y una tortuga acuática introducida, sobre un centenar de lagartijas y sólo unas pocas culebras. Interesantemente, Chile es además el único país en Sudamérica que carece de tortugas terrestres, de caimanes, víboras y boas, además de fauna de otros grupos, por ejemplo salamandras, primates y cerdos salvajes nativos.

Lo anterior ratifica que Chile sea proclamado como una isla biogeográfica, separada del resto de los ecosistemas sudamericanos por el desierto al norte, el mar por el oeste, y la enorme cadena montañosa andina por el este. En su

¹ Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile; herman.nunez@mnhn.cl

² Division of Evolution, Ecology and Genetics, Research School of Biology, The Australian National University, Canberra, Australia; damien.esquerre@anu.edu.au

³ Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB), Santiago, Chile; cgarin@bio.puc.cl

⁴ Laboratory of Evolutionary Ecology of Adaptations, School of Life Sciences, University of Lincoln, Lincoln, United Kingdom; DPincheiraDonoso@lincoln.ac.uk

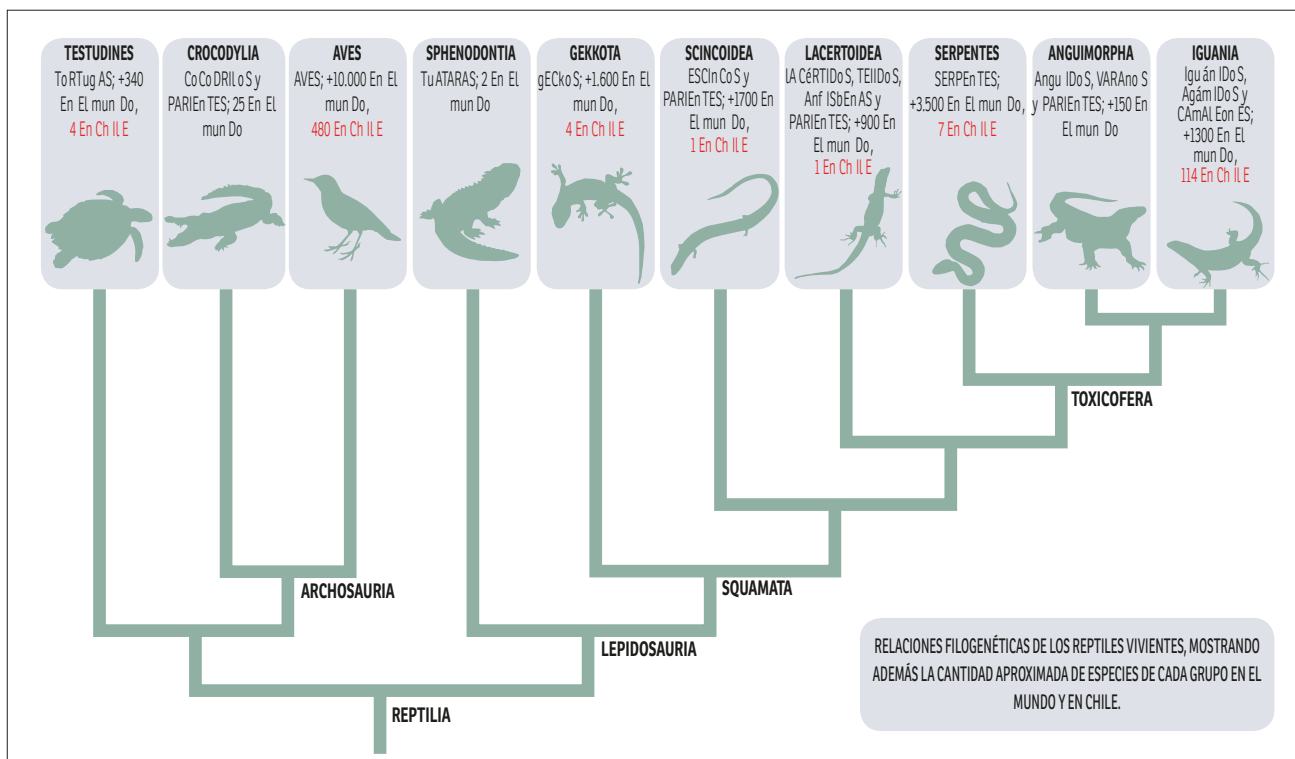


Figura 1. Árbol evolutivo o relaciones filogenéticas de los reptiles vivos. Bajo el nombre del grupo taxonómico se indican los nombres vernaculares de los organismos que lo conforman, el número de especies en el mundo, y el número de especies en Chile. Se indican en los nodos del árbol, nombres de algunos de los clados principales.

conjunto, estas barreras geográficas imponen insalvables impedimentos para la inmigración de la mayoría de las especies de animales y plantas que habitan en países adyacentes. Este aislamiento por otro lado, proporciona a Chile un muy notable endemismo, por lo que gran parte de nuestra fauna es única en el mundo.



Lagarto leopardo (*Liolaemus leopardinus*) en El Colorado (Región Metropolitana de Santiago). Foto: Jorge Herreros

Sin embargo, la cordillera andina opera también como un corredor (o 'puente climático'). Los Andes conforman un ecosistema único en el mundo, cuya biodiversidad ha requerido evolucionar en singulares adaptaciones para permitir la vida de organismos en condiciones ambientales extremas. Es interesante notar que, por ejemplo, las comunidades de reptiles andinos (en el centro y sur del continente) consisten fundamentalmente en lagartos del género *Liolaemus*, uno de los ejemplos de evolución y diversificación más

extraordinarios que se conocen entre los vertebrados vivos dadas sus más de 240 especies (algunas del género *Phymaturus* también habitan estas montañas). Otros reptiles son sumamente escasos, tanto en diversidad de especies como en abundancia poblacional. Estudios recientes sugieren que la evolución de reproducción vivípara (parto de crías vivas) en *Liolaemus* actuó en el pasado como la "llave" para que estos reptiles accedieran a los ecosistemas andinos que comenzaban a levantarse (Pincheira-Donoso et al. 2013b). Según esta emergente hipótesis, los climas fríos de los Andes impedían el acceso de organismos ectotérmicos (de "sangre fría"), como los reptiles, por varias razones, tales como la incapacidad de poder termorregular eficientemente, y que las condiciones adversas en estos ambientes impedirían el desarrollo de huevos en gestación. La selección natural entonces habría, por un lado, remodelado los volúmenes corporales de estos lagartos, imponiéndoles un "máximo eficiente" para adquirir calor corporal en condiciones de baja temperatura y días cortos (Pincheira-Donoso y Meiri 2013 y la literatura allí citada). Por otro lado, habría facilitado una transición evolutiva desde reproducción por huevos (la condición ancestral) a reproducción por crías vivas. En estas circunstancias, las madres adquirirían el rol de incubadoras para ofrecer a los embriones un ambiente térmico ideal para completar el desarrollo fetal. Estas adaptaciones habrían permitido que *Liolaemus* colonizara los Andes en unos pocos millones de años, consolidándose como el linaje más exitoso de reptiles en esta zona del planeta. De esta forma, un ambiente tan inhóspito y tan "recientemente" formado, habría sido rápidamente colonizado por una proliferante biodiversidad

de organismos que hoy, después de 20 millones de años de historia, es considerada una de las más singulares que se conocen en el planeta.

DESARROLLO HISTÓRICO DE LA HERPETOLOGÍA EN CHILE

Gerónimo de Vivar, en 1558, señala en su "Crónica y relación copiosa y verdadera de los reinos de Chile que en el reyno (sic) de Chile: De sabandijas hay zorras, nutrias, topes, hurones, ratones, culebras, lagartijas, y sapos, mas no son ponzoñosos. Hay renacuajos y mariposas". Eso es todo lo que consigna don Gerónimo en relación a los intereses de la herpetología, y no habría mucho más en los siguientes dos siglos. El sacerdote jesuita Juan Ignacio Molina es considerado como el primer zoólogo nacional. Una vez exiliado escribió en 1782 su libro "Saggio sulla Storia Naturale del Chili" sobre la base principalmente de recuerdos, lo que ha generado múltiples confusiones y controversias, y ha llevado a numerosos expertos modernos a poner en duda la validez de su contribución. Al parecer, sus descripciones de especies de reptiles chilenos contienen confusiones que combinan diferentes especies bajo un mismo nombre científico. Igualmente señaló algunos de los usos culturales de estos animales por parte de la sociedad chilena. Por ejemplo, indicó que de la piel de la iguana chilena (*Callopiastes maculatus*), la gente hacía bolsitos para usarlos de monederos. Esta práctica estuvo en

uso hasta la primera mitad del siglo XX en la zona de Aculeo (Hernán Núñez Bezanilla com. pers.). Molina señala textualmente "Habíamos dicho antes que la Clase de los Reptiles es muy escasa en Chile; de hecho, las tortugas acuáticas, las ranas de dos especies, los sapos y lagartos, tanto terrestres como acuáticos, y las culebras de una sola especie, constituyen todos los reptiles de aquel Reino, entre los cuales no existe allí ninguno que sea venenoso."

Con posterioridad, el siguiente aporte fue dado por el cirujano y naturalista francés René P. Lesson que, basado en su estada por Talcahuano a bordo de la nave "La Coquille", describió entre otras especies a *Calotes chiliensis* (= *Liolaemus chiliensis*), la primera especie descrita (por lo tanto la especie tipo) del famoso género *Liolaemus*. Más adelante, el gobierno de Chile contrató al renombrado naturalista francés Claudio Gay para compilar el más completo y complejo catastro jamás preparado para la biodiversidad de Chile. Las materias de reptiles de esta monumental obra fueron tratadas por Guichenot en 1848, quien contabilizó 31 reptiles, siendo ésta la primera relación de estos animales. Continuando con los aportes de investigadores europeos durante las siguientes décadas del siglo XIX, se destacan los aportes a la taxonomía de reptiles chilenos de los franceses André M. C. Duméril y Gabriel Bibron; los alemanes Hermann Schlegel, Johann L. C. Gravenhorst y Johann J. von Tschudi; y los británicos Thomas Bell y John E. Gray.



Iguana chilena (*Callopiastes maculatus*) en Río Clarillo (Región Metropolitana de Santiago). Foto: Damien Esquerré



Culebra de cola larga (*Philodryas chamissonis*) en Yerba Loca (región Metropolitana de Santiago). Foto: Damien Esquerré

Rodolfo Amandus Philippi, director del MNHN (Museo Nacional de Historia Natural de Chile) durante toda la segunda mitad del siglo XIX, hizo importantes contribuciones que continuaron la labor de Gay. Su filosofía fijista lo hizo reconocer en cada variedad de animal una nueva especie, lo que llevó a multiplicar copiosamente la diversidad de especies de reptiles de Chile, en particular las culebras. De hecho, hoy es sabido que a partir de mínimas variaciones observadas dentro de una sola especie actualmente válida (*Philodryas chamissonis*, la culebra de cola larga), identificó más de 40 especies diferentes (Donoso-Barros, 1966). Pese a ello, su aporte al conocimiento de las ciencias naturales de Chile es macizo y vigoroso, haciendo de la zoología nacional una verdadera ciencia y no una narrativa casi anecdótica. El rotundo temperamento de Rodolfo Philippi fue reconocido por Donoso-Barros (1966) que lo calificó de "el Júpiter Tonante de la zoología en Chile. Difícilmente se puede contabilizar los animales que describió don Rodolfo, muchas son *nomen nudum*, o variaciones individuales haciendo un frondoso árbol de nombres científicos". Sin embargo, hoy la mayoría de las especies que el describió se consideran inválidas.

Bernardino Quijada fue un profesor que estuvo a cargo de las colecciones de vertebrados del MNHN. En 1916 publicó su "Catalogo Sistemático de los Reptiles Chilenos y Extranjeros Conservados En El Museo Nacional de Historia Natural". En

él documenta aproximadamente unas 22 especies de reptiles chilenos, algunas de ellas son un nombre taxonómico asociado a localidades insólitas y muy probablemente correspondan a errores de determinación. Luego de un vacío en el estudio de reptiles en Chile, los zoólogos alemanes Lorenz Müller y Walter Hellmich realizan los mayores aportes al conocimiento del género *Liolaemus* hasta la fecha. Hellmich documentó 42 especies de reptiles para Chile (Hellmich 1934: 111), aunque no incluye en su listado a *Phrynosaura reichei* de Werner, a las culebras de Wiegmann o Schlegel, ni las tortugas marinas de Linneo.

Luego, a partir de la segunda mitad del siglo XX, en los aportes a la herpetología chilena comienzan a predominar por primera vez manos de chilenos, comenzando por los invaluables aportes del médico y naturalista Roberto Donoso-Barros de la Universidad de Chile. Su más notable obra es el libro "Reptiles de Chile" (Donoso-Barros, 1966). En este libro, Donoso-Barros señaló 79 especies de reptiles para Chile; Peters & Donoso-Barros (1970) y Peters & Orejas-Miranda (1970) consideraron 54 especies (excluyendo de este recuento a las subespecies de reptiles y las especies de tortugas). Luego, Donoso-Barros (1970) incluye 67 especies de reptiles en nuestro país. A partir de estos datos de Peters, Donoso-Barros et al. (1986) publicó una actualización hasta esa fecha e incluyó 78 especies de lagartos y culebras para Chile. Los estudios sobre reptiles en Chile luego fueron impulsados por

numerosos destacados ecólogos, sistemáticos y genetistas chilenos, entre ellos cabe destacar a Eduardo Fuentes (U. Católica), Fabián Jaksic (U. Católica), Juan Carlos Ortiz (U. de Concepción) y Alberto Veloso (U. de Chile), entre otros. Las nuevas generaciones de herpetólogos, son en general el fruto de la tutoría de estos investigadores.

COMPOSICIÓN ESPECÍFICA DE REPTILES EN CHILE

El listado de Vidal *et al.* (2013) indica 108 especies, los que aumentan en 128 cuando se incluyen formas subespecíficas. El maravilloso libro de Demangel (2016) hace la gran labor de recopilar todas las especies del país, con sus fotos. Sin embargo, el libro propone cambios taxonómicos; describe tres nuevas especies y varias sinonimias. Debido a la naturaleza no científica del trabajo (no tuvo revisión por pares) estos cambios no fueron incluidos en el listado más reciente de Gustavo Ruiz de Gamboa (2016). Estos cambios deben resolverse formalmente considerando toda la evidencia. Pero, ese no es el objetivo de este artículo. Presentamos un listado similar al de Ruiz de Gamboa con 137 especies de reptiles para Chile.

En la Figura 2 se indica la evolución del conocimiento de los reptiles en Chile. Se grafican las especies conocidas por año y cómo éstas se acumulan.

El crecimiento del elenco herpetológico es sostenido en el tiempo y se aprecia un significativo aumento de la frecuencia de las descripciones de especies a partir de los últimos 25 años, reflejando el creciente interés por este grupo animal, en especial la disciplina taxonómica. Esta tendencia es fuertemente compatible con las tendencias recogidas para el incremento de descubrimientos de la totalidad de los reptiles del mundo, desde que se inicia la era Linneana de la herpetología (Pincheira-Donoso *et al.*, 2013a).

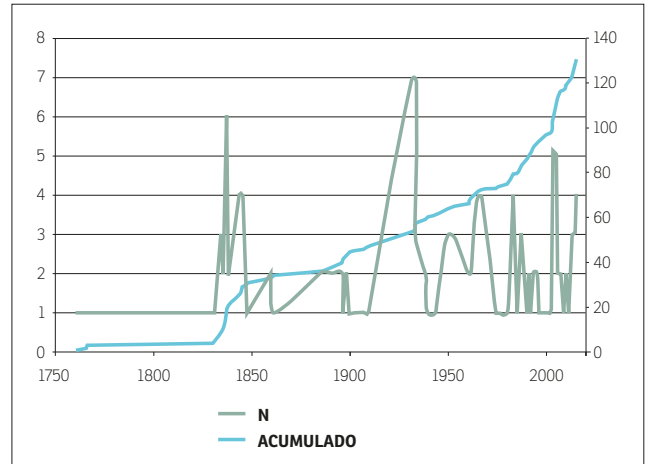


Figura 2. Se muestra la forma de crecimiento de las especies de reptiles nativos o endémicos para Chile. La línea azul (eje y, izquierda) muestra las especies descritas por año, y la línea roja (eje y, derecho) el acumulado a ese año.

Analizando la diversidad filogenética de reptiles en Chile, se aprecia un gran desbalance hacia los iguania (incluye a los leiosáuridos, tropidúridos y liolémidos), que corresponden al 90% de los reptiles de Chile. Las tortugas presentes en Chile son cinco especies de tortugas marinas de amplia distribución global, pero no existen tortugas terrestres o de agua dulce, animales comunes en el resto del continente y el mundo. Lo mismo se puede decir de los cocodrílidos, totalmente ausentes en nuestro territorio. Sin embargo, en este caso, más que por el aislamiento producido por los Andes, la ausencia de estos animales probablemente se deba a la carencia de climas cálidos y abundantes en agua que éstos requieren. La diversidad de serpientes, geckos, lagartos lacertoideos y de escincos también es notablemente baja en comparación con la abundancia y riqueza de especies que gozan en el resto del mundo, incluyendo sudamérica (Figura 1).



Lagarto de Zapallar (*Liolaemus zapallarensis*) en el Bioparque Puquén de Los Molles. Foto: Jorge Herreros

Sin embargo, como se señaló, esto se compensa con la riqueza de iguánidos de nuestro país que incluyen a los corredores (*Microlophus*), gruñidores (*Pristidactylus*), cabezones (*Diplolaemus*), matuastos (*Phymaturus*) y la impresionante abundancia y diversidad de lagartos del género *Liolaemus* (Figura 3), unos de los grupos más especioso de reptiles en el planeta. Estos constituyen más del 70% de las especies de reptiles chilenos. Acerca de este fenómeno existen múltiples preguntas aún abiertas. Por ejemplo, qué factores de la composición genómica de *Liolaemus* los convierte en un linaje de tanta capacidad evolutiva. Es importante notar que los grupos más diversos de reptiles del planeta, como los lagartos *Anolis* y *Cyrtodactylus*, que se posicionan por encima y por debajo de *Liolaemus* en número de especies, respectivamente, han estado diversificando por muchas más decenas de millones de años. La edad de *Liolaemus* aunque se haya estimado joven, alrededor de 18 millones de años puede que en realidad tenga una edad más cercana a 50 millones de años, lo que haría su diversidad más entendible (Schulte II 2013 y la literatura allí citada). Igualmente, existen zonas geográficas que podrían ser consideradas 'centros de diversificación' de *Liolaemus*. En otras palabras, áreas que concentren mayor cantidad de eventos de especiación y menos extinciones activas que, en balance, resultan en mayor número de especies concentradas en un mismo sitio ("hotspots" de biodiversidad), en particular la cordillera de los Andes entre Chile y Argentina, donde se concentra la mayor parte de la diversidad del género y donde activamente en los años recientes se han descrito especies nuevas. Finalmente, una de las grandes preguntas pendientes se refiere a cuál ha sido el modo de diversificación de *Liolaemus*. Es decir, si este linaje ha proliferado en la medida que los ambientes sudamericanos han ofrecido nichos abiertos (o 'espacio ecológico'), lo que se conoce como evolución por radiación adaptativa, o si las explosiones de diversificación no son el resultado de disponibilidad de nichos. En años recientes, algunos estudios han intentado esclarecer los factores detrás de la diversificación evolutiva de *Liolaemus*. Igualmente, estos análisis sugieren que factores como la topografía accidentada de los Andes ha contribuido a aumentar el número de especies en estos ecosistemas de altura. Una reciente discusión se ha enfocado también en la probabilidad de que las interacciones sexuales dentro y entre especies de *Liolaemus* pudieran haber contribuido a influenciar los eventos de formación de nuevas especies. Asimismo, la acumulación de nueva evidencia ha reforzado la idea de que *Liolaemus* ha diversificado bajo un proceso de radiación adaptativa iniciada por acceso a nuevos ambientes con nuevos regímenes de selección natural. Sin embargo, más esfuerzos son necesarios para aclarar la compleja historia de tan excepcional linaje, como por ejemplo confirmar que la diversidad fenotípica de *Liolaemus* está correlacionada con factores ecológicos; en otras palabras, que el motor detrás de la intensa especiación y diversificación del género es la adaptación a diversas ecologías.

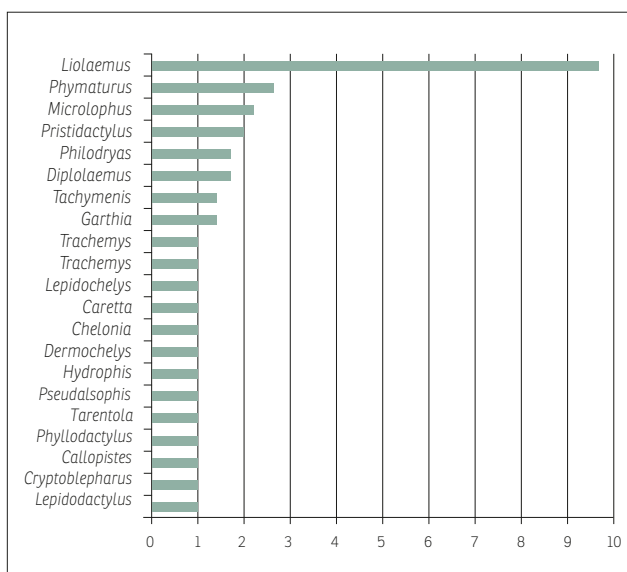


Figura 3. Se muestra el número de especies reconocidas en este capítulo por cada género de reptil presente en Chile. Los valores están transformados a la raíz de los valores originales. *Liolaemus* aparece como el mayoritario de los géneros de reptiles chilenos.

Hemos señalado que la fauna chilena no es particularmente abundante y que nuestro territorio no tiene algunos grupos animales que los demás países tienen. Sin embargo, la condición de isla biogeográfica que hemos aludido, ha propiciado una especiación in situ que no es compartida con el resto de los países, ni siquiera los aledaños. Este fenómeno es conocido como endemismo. Al menos 82 especies de reptiles tienen esa condición. En la Tabla 1 señalamos el detalle.

Tabla 1: Especies endémicas por género

Géneros	Especies endémicas
<i>Callopistes</i>	1
<i>garthia</i>	2
<i>Pristydactylus</i>	4
<i>Liolaemus</i>	63
<i>Phymaturus</i>	7
<i>microlophus</i>	4
<i>Philodryas</i>	1

Conservación de los reptiles de Chile y cambio climático: la amenaza del presente a la diversidad forjada por el pasado

El endemismo de especies que ya hemos mencionado nos trae una gran responsabilidad, ya que si estas especies endémicas desaparecen de Chile dejan de existir por completo. A diferencia de los anfibios, los reptiles en Chile no parecen estar amenazados por epidemias, pero si hay diversas potenciales amenazas, como la destrucción del hábitat y el cambio climático.

Las cuatro especies de gruñidores de Chile (*Pristidactylus*) enfrentan problemas de conservación, en especial las tres que habitan la Región Metropolitana. *Pristidactylus volcanensis*, el gruñidor del Volcán por ejemplo, solía tener



Lagartija esbelta (Liolaemus tenuis) en Pitril (región del Biobío). Foto: Damien Esquerré

Lista de reptiles chilenos - Diversidad Taxonómica

orden Squamata o ppeL, 1811	L iolaemus coeruleus Cei & ortiz, 1983
Infraorden Scincomorpha Camp, 1923	L iolaemus confusus n úñez & Pincheira-Donoso, 2006
Scincidae gray, 1825	L iolaemus constanzae Donoso-barros, 1961
<i>Cryptoblepharus</i> Wiegmann, 1834	L iolaemus cristiani n avarro, n úñez & Loyola 1991
<i>Cryptoblepharus poecilopleurus</i> (Wiegmann, 1836)	L iolaemus curicensis müller & hellmich, 1938
Teiidae gray, 1827	L iolaemus curis n úñez & Labra, 1985
<i>Callopistes</i> gravenhorst, 1838	L iolaemus cyanogaster (Dumeril y bibron, 1837)
<i>Callopistes maculatus</i> gravenhorst, 1838	L iolaemus elongatus kostlowsky, 1896
Infraorden gekkota CuVIER 1817	L iolaemus erguetae Laurent, 1995
gekkonidae o ppeL, 1811	L iolaemus erroneus (n úñez & y áñez, 1983)
<i>Lepidodactylus</i> Fitzinger, 1843	L iolaemus escarchadosi Scolaro & Cei, 1997
<i>Lepidodactylus lugubris</i> (Duméril & bibron, 1836)	L iolaemus fabiani y áñez & n úñez, 1983
Phyllodactylidae gamble, bauer, greenbaum & Jackman, 2008	L iolaemus filiorum Ramírez Leyton & Pincheira-Donoso, 2005
garthia Donoso-barros & Vanzolini, 1965	L iolaemus fitzgeraldi Boulenger, 1899
garthia gaudichaudii (Duméril & bibron, 1836)	L iolaemus fitzingeri (Dumeril y bibron, 1837)
garthia penai Donoso-barros, 1966	L iolaemus flavipiceus Cei & Videla, 2003
<i>Phyllodactylus</i> gray, 1828	L iolaemus foxi n úñez, n avarro y Veloso, 2000
<i>Phyllodactylus gerrhopygus</i> (Wiegmann, 1834)	L iolaemus frassinettii n úñez, 2007
Tarentola gray, 1825	L iolaemus fuscus Boulenger, 1885
<i>Tarentola mauritanica</i> (Linnaeus, 1758) InTRoDuCIDA	L iolaemus gravenhorstii (gray, 1845)
Infraorden Iguania CoPE, 1864	L iolaemus hajeki n úñez, Pincheira-Donoso & garin, 2004
Leiosauridae frost, Etheridge, Janies & Titus, 2001	L iolaemus hellmichi (Donoso-barros, 1974)
<i>Diplolaemus</i> bell, 1843	L iolaemus hermannunezi Pincheira-Donoso, Scolaro & Schulte, 2007
<i>Diplolaemus bibroni</i> bell, 1843	L iolaemus isabellae n avarro & n úñez, 1993
<i>Diplolaemus darwini</i> bell, 1843	L iolaemus islugensis ortiz & marquet, 1987
<i>Diplolaemus sexcinctus</i> Cei, Scolaro & Videla, 2003	L iolaemus jamesi (Boulenger, 1891)
<i>Pristidactylus</i> Fitzinger, 1843	L iolaemus jankueoae Troncoso-Palacios, Díaz, Puas, Riveros-Riffo & Elorza 2016
<i>Pristidactylus alvaroi</i> (Donoso-barros, 1975)	L iolaemus lefrarui Troncoso-Palacios, Díaz, Puas, Riveros-Riffo & Elorza 2016
<i>Pristidactylus torquatus</i> (Philippi, 1861)	L iolaemus juanortizi young-Downey & moreno, 1991
<i>Pristidactylus valeriae</i> (Donoso-barros, 1966)	L iolaemus kolengh Abdala & Lobo, 2006
<i>Pristidactylus volcanensis</i> lamborot & Díaz, 1987	L iolaemus kuhlmanni müller & hellmich, 1933
Liolaemidae frost & Etheridge, 1989	L iolaemus lemniscatus gravenhorst, 1838
<i>Liolaemus</i> Wiegmann, 1834	L iolaemus leopardinus müller & hellmich, 1932
<i>Liolaemus araucaniensis</i> müller & hellmich, 1932	L iolaemus lineomaculatus Boulenger, 1885
<i>Liolaemus atacamensis</i> müller & hellmich, 1933	L iolaemus lopezi Ibarra-Vidal, 2005
<i>Liolaemus audituvelatus</i> (n úñez & y áñez, 1983)	L iolaemus lorenzmuelleri Hellmich, 1950
L iolaemus bellii gray, 1845	L iolaemus magellanicus (h ombron & Jacquinot, 1847)
L iolaemus bibronii (bell, 1843)	L iolaemus maldonadae n avarro & n úñez, 1991
L iolaemus brattstroemi Donoso-barros, 1961	L iolaemus manueli (n úñez, n avarro, garín, Pincheira-Donoso & meriggio, 2003)
L iolaemus buergeri Werner, 1907	L iolaemus melaniceps Pincheira-Donoso & n úñez, 2005
L iolaemus carlosgarini Esquerré, n úñez & Scolaro, 2013	L iolaemus melanopleurus (Philippi, 1860)
L iolaemus chacabucoense n úñez & Scolaro, 2009	L iolaemus molinai (Valladares, Etheridge, Schulte, manríquez & Spotorno, 2002)
L iolaemus chiliensis (L esson, 1831)	L iolaemus monticola müller & hellmich, 1932
L iolaemus chillanensis müller & hellmich, 1932	L iolaemus moradoensis hellmich, 1950
L iolaemus chungara Quinteros, Valladares, Semham, Acosta, barrionuevo & Abdala, 2014	

Liolaemus neuquensis Müller & Hellmich 1939
Liolaemus nigriceps (Philippi, 1860)
Liolaemus nigrocoeruleus Marambio-Alfaro & Troncoso-Palacios, 2015
Liolaemus nigromaculatus (Wiegmann, 1834)
Liolaemus nigroviridis Müller & Hellmich, 1932
Liolaemus nitidus (Wiegmann, 1834)
Liolaemus omorfi (Demangel, Sepúlveda, Jara, Pincheira-Donoso & Núñez 2015)
Liolaemus ornatus Koslowsky, 1898
Liolaemus pachecoi (Laurent, 1995)
Liolaemus pantherinus Pellegrin, 1909
Liolaemus patriciaturrae Núñez & Navarro, 1993
Liolaemus paulinae Donoso-Barros, 1961
Liolaemus pictus (Dumeril & Bibon, 1837)
Liolaemus platei (Werner, 1898)
Liolaemus pleopholis Laurent, 1998
Liolaemus poconchilensis Valladares, 2004
Liolaemus pseudolemniscatus Lamborot & Ortiz, 1990
Liolaemus puna Lobo & Espinoza, 2004
Liolaemus puritamensis Núñez & Bix, 1989
Liolaemus ramonensis Müller & Hellmich, 1932
Liolaemus riomas Esquerre, Núñez & Scolaro, 2013
Liolaemus robertoi Pincheira-Donoso & Núñez, 2008
Liolaemus rosenmanni Núñez & Navarro, 1992
Liolaemus sarmientoi Donoso-Barros 1973
Liolaemus schmidti (Max, 1960)
Liolaemus schroederi Müller & Hellmich, 1938
Liolaemus scolaroi Pincheira-Donoso y Núñez, 2005
Liolaemus scorialis Troncoso-Palacios, Díaz, Esquerré & Urra, 2015
Liolaemus septentrionalis Pincheira-Donoso & Núñez, 2005
Liolaemus signifer (Duméril & Bibron, 1837)
Liolaemus silvai Ortiz, 1989
Liolaemus stolzmanni (Steindachner, 1891)
Liolaemus tenuis (Duméril & Bibron, 1837)
Liolaemus torresi (Núñez, Navarro, Garín, Pincheira-Donoso & Meriggio, 2003)
Liolaemus ubaghsi Esquerré, Troncoso-Palacios, Garín & Núñez, 2014
Liolaemus uniformis, Troncoso-Palacios, Elorza, Pua & Alfaro - Pardo 2016
Liolaemus valdesianus Hellmich, 1950
Liolaemus velosoi Ortiz, 1987
Liolaemus villaricensis Müller & Hellmich, 1932
Liolaemus zabalai Troncoso-Palacios, Díaz, Esquerré & Urra, 2015
Liolaemus zapallarensis Müller & Hellmich, 1933
Liolaemus zullyae Cei & Scolaro, 1996
Phymaturus gravenhorst 1837
Phymaturus aguedae Troncoso-Palacios & Esquerré, 2014
Phymaturus alicahuense Núñez, Veloso, Espejo, Veloso, Cortés & Araya, 2010

Phymaturus bibroni (Guichenot, 1848)
Phymaturus damasense Troncoso-Palacios & Lobos, 2013
Phymaturus darwini Núñez, Veloso, Espejo, Veloso, Cortés & Araya, 2010
Phymaturus maulense Núñez, Veloso, Espejo, Veloso, Cortés & Araya, 2010
Phymaturus vociferator Pincheira-Donoso, 2004
 Tropiduridae Frost & Etheridge, 1989
Microlophus Dumeril y Bibron, 1837
Microlophus atacamensis (Donoso-Barros, 1960)
Microlophus quadrivittatus (Tschudi, 1845)
Microlophus tarapacensis (Donoso-Barros, 1966)
Microlophus theresioides (Donoso-Barros, 1966)
Microlophus yanezi (Ortiz-Zapata, 1980)
 Suborden Serpentes Linnaeus 1758
 Dipsadidae Bonaparte, 1840
Philodryas Wagler, 1830
Philodryas chammissoni (Wiegmann, 1835)
Philodryas simonsii Boulenger, 1901
Philodryas tachymenoides (Schmidt & Walker, 1943)
Pseudalsophis Zaher, Grazziotin, Cadle, Murphy, de Moura-Lite & Bonatto, 2009
Pseudalsophis elegans (Tschudi, 1845)
Tachymenis Wiegmann, 1835
Tachymenis chilensis (Schlegel, 1837)
Tachymenis peruviana Wiegmann, 1835
 Elapidae Boie, 1827
Hydrophis Latreille in Sonnini de Manoncourt & Latreille, 1801
Hydrophis platurus (Linnaeus, 1766)
 Orden Testudines Linnaeus 1758
 Dermochelyidae Fitzinger, 1843
Dermochelys blainville, 1816
Dermochelys coriacea (Vandelli, 1761)
 Cheloniidae Gray, 1825
Chelonia brongiart, 1800
Chelonia mydas Linnaeus, 1758
Caretta Rafinesque, 1814
Caretta caretta (Linnaeus, 1758)
Epidochelys Fitzinger, 1843
Epidochelys olivacea (Eschscholtz, 1829)
Eretmochelys Fitzinger, 1843
Eretmochelys imbricata (Linnaeus, 1766)
 Emydidae Rafinesque, 1815
Trachemys Agassiz, 1857
Trachemys scripta (Thunberg in Schoepff, 1792) (In TRODUCIDA)

una saludable abundancia local en su localidad tipo en el Volcán Cajón del Maipo, pero hoy es extremadamente difícil observar individuos en esa restringida localidad, lo que sugiere que la especie está encaminada a desaparecer. Otra especie que ha mostrado una abrupta declinación es *Liolaemus gravenhorstii*, aparentemente abundante en la década de los 60 (Donoso-Barros, 1966; Pincheira-Donoso & Núñez, 2005), pero ahora extremadamente escasa, con pocas poblaciones aisladas por la urbanización en Santiago y los alrededores.

La amenaza del cambio climático es una realidad de escala global, respaldada por abundante evidencia científica. Alrededor del planeta, poblaciones o especies completas han colapsado hacia la extinción en lapsos de pocas décadas. Como puede esperarse, los reptiles, incluidas las especies que habitan en Chile, han sido el foco de estudios que identifican su vulnerabilidad ante esta amenaza y cuantifican sus riesgos de extinción. Un aspecto importante respecto de los efectos del cambio climático es su asimetría espacial/geográfica.

Cabezón leopardo (*Diplolaemus sexcintus*) en Paso Pino Hachado (región de La Araucanía). Foto: Damien Esquerré



Dadas las variadas condiciones climáticas, topográficas, y la distribución asimétrica de las grandes conglomeraciones humanas, se ha identificado repetidamente que el cambio climático es más severo en algunas áreas que en otras. En general, en climas más fríos (altas latitudes y elevaciones), la magnitud del cambio climático, y por tanto su impacto en la biodiversidad, es mayor. En Chile esta regla aplicaría a las zonas andinas y patagónicas. Por ello, algunos estudios han comenzado a utilizar estos ecosistemas como



áreas de investigación del impacto del cambio climático (Pincheira-Donoso et al., 2013b). El mayor estudio, de escala global, investigando la respuesta de reptiles (lagartos, específicamente) al cambio climático, reveló devastadoras consecuencias para estos organismos en un lapso de menos de siete décadas. Sin embargo, no se observa una tendencia general a un aumento del riesgo de extinción en climas particularmente fríos. Aunque dos especies pertenecientes a géneros presentes en Chile (*Liolaemus lutzae*, del trópico, y *Phymaturus tenebrosus*, de Patagonia) fueron identificadas como focos de alta probabilidad de extinción, ninguna predicción reveló consecuencias severas a especies del territorio chileno. Una observación interesante de los estudios científicos se refiere al mayor riesgo de extinción identificado para especies con reproducción vivípara, en comparación con especies ovíparas. Estos autores no presentan una explicación para este fenómeno. En un estudio más reciente, enfocado en el género *Liolaemus* en general, Pincheira-Donoso et al. (2013b) sugieren una hipótesis (popularizada como 'teoría del cul-de-sac') que explica las causas detrás de los riesgos de extinción de especies vivíparas frente al cambio climático, y desarrollan modelos matemáticos para predecir zonas de extinción. Según estos autores, algunos aspectos de la viviparidad explican los riesgos de extinción más altos. Primero, la transición a la viviparidad es fundamentalmente irreversible (esto es, muy improbable de revertirse a oviparidad), segundo, la viviparidad es una adaptación a climas fríos (de hecho, la preponderante mayoría de lagartos vivíparos habitan climas fríos), y tercero, ecológicamente, el tener que cargar un conjunto de embriones ampliamente desarrollados impone una desventaja ecológica respecto de los ovíparos. Por lo tanto, en la medida que el clima se calienta, las zonas históricamente frías que albergan especies vivíparas se contraen en superficie. En altas montañas y altas latitudes, donde no queda más territorio para escapar del calentamiento, las especies vivíparas ven sus rangos geográficos disminuidos, sus diversidades genéticas erosionadas, lo que finalmente desencadena sus altos riesgos de extinción (Pincheira-Donoso et al., 2013b).

Una conclusión importante es que cerca de la mitad de las áreas andinas y patagónicas donde habitan *Liolaemus* vivíparos podrían verse severamente afectadas por el cambio climático, lo que promueve la necesidad de imponer medidas de protección en estas áreas. El cambio climático en sí mismo impone uno de los mayores desafíos del mundo moderno, y los ecosistemas de Chile no están exentos de estos riesgos. Es preciso que las políticas de protección de la biodiversidad incorporen estas evidencias con suma urgencia.

Liolaemus zabalai en
cordillera de Los Andes
(Región de La Araucanía).
Foto: Damien Esquerré







DIVERSIDAD DE ESPECIES

4.4. ANFIBIOS

Claudio Correa¹ y Marco A. Méndez^{2,3,4}

BREVE HISTORIA DE SU CONOCIMIENTO EN CHILE

La primera descripción de un anfibio de Chile se realizó hace tres siglos, en 1714, cuando el abate francés Louis Feuillée describió la “salamandre acquatique noire”, que corresponde a la larva de la rana chilena (*Calyptocephalella gayi*). Posteriormente, Claudio Gay, quien había sido contratado por el gobierno chileno desde 1830, recolectó material que fue descrito en su mayoría por los franceses André Duméril y Gabriel Bibron, y en parte por Antoine Guichenot. Años después, en 1843, el naturalista inglés Charles Darwin recolectó varias especies de herpetozoos, descritas posteriormente por Thomas Bell, André Duméril y Gabriel Bibron. Entre estas especies se encuentra la inconfundible *Rhinoderma darwini*, también conocida como ranita de Darwin.

Durante el siglo XIX se realizaron numerosas expediciones europeas y norteamericanas que aumentaron considerablemente el número de especies descritas en nuestro país. A principios del siglo XX, Rodolfo A. Philippi escribió el Suplemento de los Batracios Chilenos (1902), una obra básica para el estudio de los anfibios de Chile, que sin embargo, se

caracterizó por la descripción de especies recurriendo a diferencias mínimas, lo cual, como señaló José Miguel Cej, llevó a “una multiplicación arbitraria de especies”.

En el año 1962, José Miguel Cej publicó Batracios de Chile, hasta la fecha la obra más completa acerca de los anfibios de Chile. Este trabajo es el único que ha recopilado la biología, historia natural y distribución geográfica de todas las especies conocidas a esa fecha, 19 según el autor. Esta información incluye la descripción de la variación geográfica y de los estadios larvales de varias especies, lo cual es complementado con hermosas y detalladas acuarelas, dibujos y fotografías.

En el año 1970, Roberto Donoso Barros publicó el Catálogo herpetológico chileno, que incluye 23 especies de anfibios. Posteriormente, en 1988, Alberto Veloso y José Navarro publicaron la Lista sistemática y distribución geográfica de anfibios y reptiles de Chile, donde se resume la información geográfica de todas las especies de Chile, 40 a esa fecha, y se provee además una clasificación distribucional en términos geográficos y ecológicos.

¹ Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción

² Laboratorio de Genética y Evolución, Departamento de Ciencias Ecológicas, Universidad de Chile.

³ Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB), Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

⁴ Centro de Ecología Aplicada y Sustentabilidad (CAPES), Dpto. de Ecología, P. Universidad Católica de Chile.
Correos electrónicos: ccorrea@udec.cl, mmendez@uchile.cl



Batrachyla sp. en sotobosque. Foto: Yerko Vuskovic.

En octubre de 2008 se publicó el libro *Herpetología de Chile*, editado por las Dras. Marcela Vidal y Antonieta Labra, el cual sintetiza el conocimiento de la biología de los anfibios y reptiles de Chile. Este libro constituye la síntesis más completa de los avances en la investigación de los anfibios del país desde que se publicó *Batrachios de Chile*. La estructura de *Herpetología de Chile* es diferente a la del texto clásico de José Miguel Cei, ya que los capítulos son temáticos y fueron escritos por los especialistas de cada disciplina.

Desde los años 70, la mayor parte de la investigación en anfibios fue liderada por los herpetólogos Alberto Veloso (Universidad de Chile), Juan Carlos Ortiz (Universidad de Concepción) y Ramón Formas (Universidad Austral de Chile). Dos generaciones de alumnos de estos investigadores han continuado y ampliado esta labor en esas y otras universidades. Por ejemplo, Patricia Iturra (citogenética), Mario Penna (bioacústica) y Marco Méndez (sistemática molecular) en la Universidad de Chile; Helen Díaz (ecología) y Claudio Correa (sistemática molecular) en la Universidad de Concepción; César Cuevas (taxonomía) y José Nuñez (sistemática molecular) en la Universidad Austral de Chile; Marcela Vidal (ecofisiología) en la Universidad del Bío-Bío y Nelson Velásquez (bioacústica) en la Universidad Católica del Maule.

Finalmente, es necesario destacar algunas contribuciones más recientes de otras instituciones académicas, asociaciones

de especialistas e iniciativas ligadas a la investigación, difusión y conservación de estos organismos. En la Universidad Andrés Bello, Claudio Soto y colaboradores han estudiado la ecología y los problemas de conservación de la ranita de Darwin, promoviendo además iniciativas de conservación in situ de esta especie. En la Universidad Santo Tomás, Claudia Vélez y Paz Acuña lideran un programa de crianza de la rana chilena que ha permitido profundizar nuestro conocimiento de la biología y reproducción de esta especie. En 2010, especialistas e interesados en la herpetología formaron la Red Chilena de Herpetología, la cual desde esa fecha se ha dedicado a la investigación y difusión de los anfibios y reptiles de Chile, y ha organizado anualmente una reunión científica. En Internet dos revistas en línea, *Biodiversity and Natural History* (desde 2009) y el *Boletín Chileno de Herpetología* (desde 2014), han publicado diversos artículos de anfibios y reptiles. Este tipo de revistas son uno de los pocos medios donde los científicos pueden publicar datos básicos, pero importantes, como ampliaciones de rangos geográficos.

DIVERSIDAD Y ENDEMISMO

Los anfibios son el grupo menos numeroso de vertebrados presentes en Chile. En el libro *Anfibios de Chile*, un desafío para la conservación, publicado en 2013, se encuentra una lista de los anfibios de Chile que contiene

63 especies nativas y una introducida (la rana africana o de uñas, *Xenopus laevis*). En esa lista se incluyen datos de su distribución y estado de conservación según el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE) del Ministerio del Medio Ambiente (MMA). La Tabla 1, que considera solo las especies nativas, se basa en una lista diferente, de la cual se eliminó a *Rhinella papillosa* (considerada una subespecie de *R. spinulosa* por el RCE) y se agregó *Alsodes cantillanensis*, descrita en 2015. Además, se excluyen las especies *Telmatobius laevis*, *T. zapahuirensis*, *Eupsophus altor*, *E. contulmoensis* y *E. septentrionalis*, que según varios estudios realizados el 2017, no serían válidas.

Tabla 1. Clasificación de los anfibios nativos de Chile, indicando el número de especies totales y endémicas por género.

Familia	Género	Número de especies en Chile	Número de especies endémicas
Alsodidae	Alsodes	18	14
	Eupsophus	6	2
Batrachylidae	Atelognathus	2	1
	Batrachyla	4	1
	Chaltenobatrachus	1	-
	Hylorina	1	-
Bufonidae	Nannophryne	1	-
	Rhinella	4	2
Calyptocephalellidae	Calyptocephalella	1	1
	Telmatobufo	4	4
Leptodactylidae	Pleurodema	3	-
Rhinodermatidae	Insuetophrynus	1	1
	Rhinoderma	2	1
Telmatobiidae	Telmatobius	9	7
Total: 7	14	57	34

La clasificación adoptada en la Tabla 1 se deriva de varios estudios filogenéticos con ADN que se han realizado desde 2005, cuando se reconocían solo tres familias para Chile. Más allá del aumento en el número de familias, el hallazgo más relevante de estos estudios fue la relación estrecha de la familia Calyptocephalellidae, que incluye a la rana chilena, con los anuros de Australasia, lo cual indica su origen en el antiguo continente de Gondwana. Otro cambio importante, fue el descubrimiento, por Basso et al. (2011), de que *Atelognathus grandisonae* pertenecía a un género nuevo, *Chaltenobatrachus*, cuya única especie habita los bosques patagónicos del sur de Chile y Argentina.

De la Tabla 1 se puede estimar que el 60% de las especies de Chile son endémicas, por lo que los anfibios son el grupo con mayor grado de endemismo entre los vertebrados terrestres de nuestro país. Es importante destacar que una familia, Calyptocephalellidae (con cinco especies) y un género (*Insuetophrynus*) son endémicos y, además, que muchas de las especies y géneros no endémicos del sur de Chile se extienden sólo en una estrecha franja limítrofe de Argentina.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

En conjunto, las siete familias de anfibios nativos de Chile se distribuyen a lo largo de todo el país (Figura 1), ocupando los más diversos hábitats, desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 4600m. Las familias con el rango de distribución más amplio son Bufonidae y Leptodactylidae, aunque ambas están ausentes de gran parte del desierto de Atacama. La familia Telmatobiidae se restringe al extremo norte del país, mientras que el resto de las familias tiene una distribución en el centro y sur (Figura 1). La familia introducida Pipidae hasta ahora se encuentra entre la Región de Coquimbo y la del Maule.



Eupsophus sp. en sotobosque. Foto: Yerko Vuskovic.

Los anfibios del Altiplano del extremo norte (cordillera de las Regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta) están representados por *Rhinella spinulosa*, *Pleurodema marmoratum* y especies de *Telmatobius*. Hacia el suroeste, en la parte más árida del desierto de Atacama, no hay anfibios, pero poblaciones aisladas del sapo de Atacama (*R. atacamensis*) se encuentran en la costa de la Región de Antofagasta hasta Paposo (25°S). Esta especie, junto con el sapito de cuatro ojos (*P. thaul*), son las únicas que han logrado colonizar el interior y la cordillera de la Región de Atacama. Más al sur, en la Región de Coquimbo, se suman otras dos especies típicas de la zona central, la rana chilena (*Calyptocephalella gayi*) desde el valle del Elqui, y el sapo arriero (*Alsodes nodosus*) desde el sur del río Limarí.

En la zona central, desde el extremo sur de la Región de Coquimbo hasta la Región del Biobío, la diversidad de géneros y especies aumenta (ver gráfico de la izquierda de la Figura 1). Por ejemplo, dos especies típicas de los bosques templados de más al sur, *Batrachyla taeniata* y la ranita de Darwin del norte (*Rhinoderma rufum*) tienen su límite

norte en Zapallar (Región de Valparaíso, 32°30'S). Entre la desembocadura del río Choapa (Región de Coquimbo) y Las Chilcas (extremo sur de la Región de Valparaíso) se encuentra el límite sur de *Rhinella atacamensis* y el límite norte de *R. arunco* (el sapo de rulo, una especie típica de la zona mediterránea central que llega hasta los 38°S), las cuales forman poblaciones híbridas en esa área. En la Región Metropolitana recientemente se descubrió a *Alsodes cantillanensis*, conocida hasta ahora solo en Altos de Cantillana. En la cordillera y precordillera de Los Andes entre las Regiones Metropolitana y del Maule, hay varias especies endémicas del género *Alsodes* (*A. montanus*, *A. tumultuosus*, *A. hugoi* y *A. pehuenche*) junto con poblaciones de *R. spinulosa*.

La mayor diversidad de géneros y especies se encuentra en los bosques templados del sur, particularmente en la Cordillera de la Costa de las regiones del Biobío, La Araucanía y Los Ríos (37-40°S, Figura 1). Es aquí donde encontramos la mayor cantidad de especies endémicas, muchas de ellas con distribuciones muy reducidas (por ejemplo, *Alsodes barrioi*, *A. norae*, *Eupsophus migueli*,



Sapo espinoso (*Rhinella spinulosa*) en Putre (Región de Arica y Parinacota). Foto: Jorge Herreros

Telmatobufo bullocki y el género endémico *Insuetophrynus*, junto con especies más comunes y de distribución más amplia en el sur (por ejemplo, *B. leptopus*, *B. taeniata*, *Eupsophus roseus*, *E. vertebralis*, *Hylorina sylvatica*, *Pleurodema thaul*, *Rhinoderma darwinii* y *Rhinella rubropunctata*). Sin embargo, algunos géneros más típicos de los bosques del sur alcanzan la Región del Maule por la costa (*Batrachyla leptopus*, *Eupsophus roseus*, *Alsodes vanzolinii* y *Telmatobufo ignotus*) y por la cordillera de Los Andes (*T. venustus*).

Los bosques templados de las regiones de Los Ríos, de Los Lagos y de Aysén se caracterizan por especies como *Batrachyla antartandica*, *B. leptopus*, *B. taeniata*, *Eupsophus calcaratus*, *E. emiliopugini*, *Hylorina sylvatica*, *Pleurodema thaul* y *Rhinoderma darwinii*. Entre estas, solo *Batrachyla antartandica* y *Eupsophus calcaratus* llegan más al sur, hasta la Región de Magallanes. En las regiones de Los Ríos y Los Lagos se pueden encontrar además especies con distribuciones reducidas o menos comunes como *Alsodes valdiviensis*, *A. verrucosus*, *A. gargola*, *Rhinella rubropunctata* y *Telmatobufo australis*.

En la Región de Aysén también se encuentran especies típicas de la estepa patagónica (*Atelognathus ceii*, *A. salai* y *Pleurodema bufoninum*) y de los ambientes de tundra (*Batrachyla antartandica*, *Chaltenobatrachus grandisonae* y *Nannophryne variegata*). Entre estas, *B. antartandica*, *C. grandisonae* (recientemente descubierta en la Isla Riesco), *N. variegata* y *Pleurodema bufoninum* alcanzan el extremo sur de la Región de Magallanes por lo que son los anfibios con el límite de distribución más austral del mundo.

HÁBITATS Y REPRODUCCIÓN

El principal factor que limita los ambientes y la distribución geográfica donde se encuentran los anfibios es la disponibilidad de agua, la cual es fundamental para su reproducción. Sin embargo, estos organismos presentan una amplia variedad de adaptaciones que les han permitido colonizar todo tipo de hábitats acuáticos. De esta forma pueden encontrarse especies de hábitos casi completamente terrestres que se acercan al agua principalmente en la época reproductiva (*Rhinella*). Otras especies habitan permanentemente



lagunas, ríos, arroyos y humedales (*Calyptocephalella* y *Telmatobius*), mientras que otras están adaptadas a los arroyos torrentosos (varias especies de *Alsodes*, *Insuetophrynus* y *Telmatobufo*).

La mayoría de las especies de los géneros *Alsodes*, *Batrachyla*, *Eupsophus*, *Hylorina* y *Rhinoderma* habitan los bosques templados y tienen hábitos más terrestres, aunque permanecen cerca de algún cuerpo de agua. El sapito de cuatro ojos (*Pleurodema thauli*) representa un caso especial ya que es la especie que tiene el rango de distribución más amplio en Chile, habitando desde algunas quebradas (oasis) de la Región de Atacama hasta los bosques templados de la Región de Aysén. En la zona central, donde es el anfibio más común, puede encontrarse y reproducirse en ambientes alterados por el hombre como tranques y canales. Sin embargo, independientemente de su mayor o menor dependencia del medio acuático o de su tolerancia a los ambientes modificados por el hombre, la mayoría de estas especies están activas en el crepúsculo o la noche, cuando la humedad ambiental es mayor.

La variedad de hábitats en que estas especies se encuentran se ha traducido también en una diversidad en las estrategias reproductivas. Por ejemplo, las especies de los géneros *Telmatobufo* e *Insuetophrynus* tienen larvas adaptadas a los cursos rápidos de agua que presentan notables modificaciones morfológicas para sobrevivir en estos ambientes. Las especies del género *Batrachyla* ponen sus huevos en la vegetación húmeda cerca de algún arroyo, después de lo cual los renacuajos que eclosionan son arrastrados por la lluvia hacia el agua donde completan su desarrollo alimentándose activamente. Las puestas de los sapos del género *Rhinella* consisten en cintas de miles de huevos que son depositadas en las orillas de ríos, esteros y lagunas. Los sapos del género *Eupsophus*, en cambio, colocan sus huevos en cavidades llenas de agua en el suelo donde permanecen hasta completar su desarrollo sin necesidad de alimentarse (sobreviven de sus reservas de alimento contenido en la yema).

La reproducción de las dos especies del género *Rhinoderma* (ranitas de Darwin) es excepcional entre los anfibios. En el caso de *R. darwini*, el macho después de la cópula permanece junto a sus huevos hasta que los renacuajos comienzan a moverse, señal que provoca que el macho se los trague. Las larvas permanecen y se desarrollan en un saco bucal modificado por medio del cual su padre los alimenta, modalidad reproductiva conocida como *neomelia*. Finalmente, después de unos tres meses de permanecer en el interior, los pequeños sapos son expulsados completamente formados y comienzan su vida independiente. La otra especie, *R. rufum*, se diferencia porque las larvas permanecen un tiempo menor en el saco bucal y completan su desarrollo en un ambiente acuático. Lamentablemente, la desaparición de esta última especie (no se ha observado desde el año 1980) ha imposibilitado el estudio comparativo de la evolución de este singular modo de reproducción.

CONSERVACIÓN DE LOS ANFIBIOS EN CHILE

A nivel mundial, las poblaciones de anfibios están disminuyendo o desapareciendo por lo que se estima que alrededor de un tercio de las 7750 especies conocidas se encuentra con algún grado de amenaza. Las causas de este fenómeno son complejas y varían a nivel local, pero indiscutiblemente el principal factor que amenaza a estos organismos es la destrucción de sus hábitats (deseccación de humedales, construcción de tranques y embalses, canalización y desviación de cursos de ríos y esteros, extracción masiva de agua, etc.). Otras causas identificadas son las especies introducidas, las sustancias contaminantes, la luz ultravioleta, la captura para consumo humano y otros fines, y, más recientemente, las enfermedades emergentes como el hongo batracocátrico (*Batrachochytrium dendrobatidis*) o el *Ranavirus*.

En Chile aún no se han realizado estudios a largo plazo que demuestren si ha habido una disminución de las poblaciones de anfibios o si alguno(s) de los factores mencionados ha afectado a alguna especie en particular. Sin embargo, la destrucción o alteración de los hábitats donde estos organismos viven es evidente a lo largo del país. La presión sobre los recursos hídricos es particularmente intensa en la zona norte del país (Regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Copiapó) debido a la intensa actividad minera. Por otra parte, la destrucción de los bosques templados nativos para ser reemplazados por plantaciones exóticas, una actividad que se ha desarrollado principalmente entre las Regiones de O'Higgins y Los Lagos, ha eliminado y fragmentado las poblaciones de numerosas especies. Recientemente, se detectó la presencia del hongo batracocátrico en poblaciones naturales de varias especies del extremo norte y el sur del país, y en la rana introducida *Xenopus laevis*, y se sospecha que este patógeno estaría involucrado en la declinación de las dos especies de *Rhinoderma*.

Los problemas de conservación de los anfibios en Chile han estimulado varias iniciativas gubernamentales, académicas y privadas. Ya se mencionó el RCE, el instrumento oficial del Gobierno para determinar los estados de conservación de los animales, plantas y hongos presentes en Chile, el cual incluye 62 especies de anfibios. Otra iniciativa gubernamental fue el proyecto para elaborar la propuesta del Plan de Recuperación, Conservación y Gestión de los Anfibios de Chile, realizado entre 2012 y 2013 por investigadores de la Red Chilena de Herpetología, el cual se encuentra actualmente en una etapa de revisión por parte del MMA. Uno de los productos anexos de este proyecto fue el libro Anfibios de Chile, un desafío para la conservación.

En Chile también se han implementado unos pocos programas de conservación *in situ* y *ex situ*. En la reserva privada de la Fundación Huilo-Huilo (Región de Los Ríos) se está realizando un proyecto de conservación y monitoreo de *Rhinoderma darwini* en colaboración con la Universidad Andrés Bello. En cuanto a la conservación *ex situ*, dos instituciones, la Universidad de Concepción y el Zoológico Nacional del Parque Me-

tropolitano de Santiago, en colaboración con universidades extranjeras, tienen programas de cría de *Rhinoderma darwinii* y otras especies nativas con problemas de conservación.

NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN

Como se muestra en la Tabla 1, en Chile se pueden reconocer 57 especies de anfibios nativos. Sin embargo, este número debe considerarse como tentativo ya que

depende de los estudios taxonómicos y del descubrimiento de nuevas especies. Por ejemplo, en 2011, Díaz-Páez et al. concluyeron que *Atelognathus salai* y *A. jeinimenensis* eran la misma especie. Por otro lado, los bosques del centro y sur del país aún podrían albergar especies desconocidas como reveló el descubrimiento de *Alsodes cantillanensis* (Región Metropolitana), descritas en 2015. Otros cambios importantes fueron el redescubrimiento de *Chaltenobatrachus grandisonae* (2011) y la revalidación de *Telmatobius laevis* (2013),



Ranita o sapito de Darwin (*Rhinoderma darwini*) en Huillinco, Chiloé (Región de Los Lagos). Foto: Flavio Camus

aunque en este último caso no se han observado ejemplares vivos desde hace más de 120 años. Sáez et al. (2014), en un estudio filogenético con ADN mitocondrial de las poblaciones de *Telmatobius* del extremo norte de Chile, cuestionaron la presencia de *T. peruvianus* en Chile. Todos estos ejemplos demuestran que se requieren mayores esfuerzos de exploración y trabajo taxonómico para establecer la diversidad de especies, particularmente en los géneros *Alsodes*, *Eupsophus* y *Telmatobius*.

Las exploraciones no solo han permitido descubrir nuevas especies, sino también extender los rangos de distribución de muchas especies. Por ejemplo, las distribuciones de las especies andinas *Alsodes montanus* y *A. tumultuosus*, que antes de 2008 se creía que solo habitaban en el sector de Farellones La Parva (Región Metropolitana), se ampliaron en más de 150km a lo largo de la cordillera hasta la cuenca del Río Tinguiririca (Región de O'Higgins). Las ampliaciones de rango que se han descrito en otras zonas del país, como el Altiplano del extremo norte (*Telmatobius chusmisensis*), las regiones de Atacama y Coquimbo (*Pleurodema thaul*, *Rhinella atacamensis*), los bosques templados costeros del sur (*Alsodes vanzolinii*, *A. valdiviensis*, *Insuetophrynus acarpicus*, *Telmatobufo australis*, *T. bullockii*) y la Región de Aysén (*Chaltenobatrachus grandisonae*), solo por mencionar unos pocos ejemplos, indican que queda mucho por conocer acerca de los patrones de distribución a lo largo de todo el país.

Aunque el estudio de los anfibios de Chile comenzó en el siglo XIX, aún se conoce muy poco acerca de la biología de estos organismos. Con la excepción de especies como *Calyptocephalella gayi*, *Batrachyla taeniata*, *Pleurodema thaul*, *Rhinella spinulosa* y *Rhinoderma darwini*, donde se concentra la mayor parte de los estudios ecológicos y etológicos, se conocen pocos detalles de la reproducción, desarrollo, comportamiento, dieta y/o ecología de unas pocas especies. Incluso, algunas especies han sido descritas a partir de unos pocos individuos adultos, por lo que se desconoce su estadio larvario o cualquier otra información de su biología. Los casos extremos son, *A. monticola* y *A. vittatus*, las cuales no han sido observadas por más de 100 años desde su descripción. Por lo tanto, es necesario obtener un conocimiento más completo de la biología de campo de estas especies.

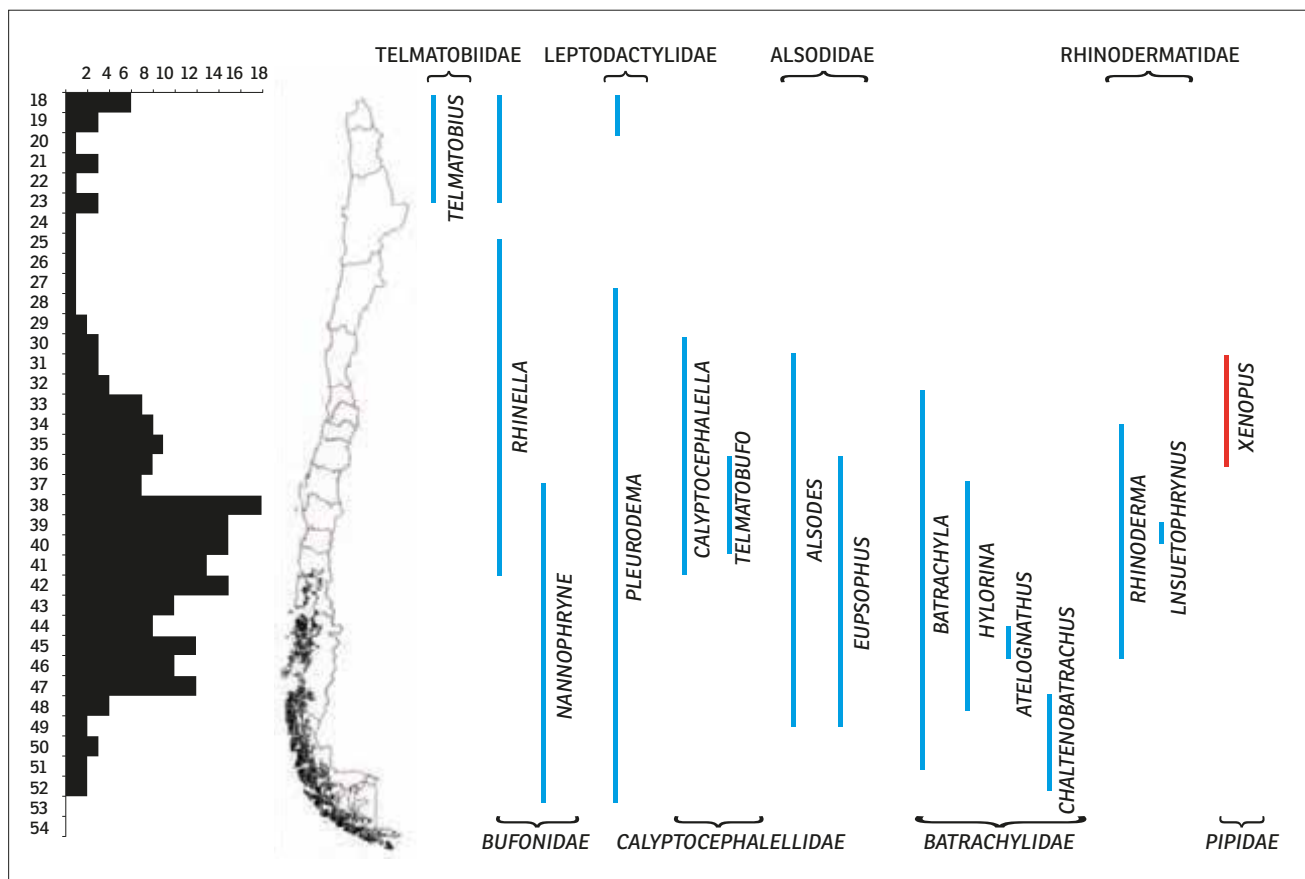
Otro aspecto prácticamente desconocido, que hasta el momento ha sido abordado en muy pocas especies, es la variación genética a nivel intraespecífico. Los estudios filogenéticos y filogeográficos utilizando secuencias de ADN u otros marcadores moleculares tienen el potencial de revelar si existen subdivisiones genéticas dentro de una especie, el nivel de estructura de sus poblaciones e identificar los factores históricos que han producido esos patrones. Por ejemplo, en *Rhinella spinulosa* y *Pleurodema thaul*, dos especies con amplios rangos de distribución y una alta variación morfológica entre poblaciones, se han descrito linajes con alta divergencia genética. En contraste, *R. arunco* y *Telmatobius*

marmoratus muestran una escasa estructura genética a lo largo de toda su distribución, lo que sugiere expansiones poblacionales y/o eventos de conectividad recientes. Entre las especies de los bosques templados, solo se ha realizado un estudio en *Eupsophus calcaratus*, en el que su estructura filogeográfica fue asociada a los eventos glaciales que afectaron el sur de nuestro país.

Prácticamente, todos los vacíos de información mencionados hasta ahora tienen implicancias para determinar las categorías de amenaza de las especies o implementar programas para su conservación. Por ejemplo, la información de la distribución geográfica ha sido utilizada en la mayoría de las categorizaciones realizadas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y el RCE, pero como se mencionó, en la mayoría de los casos se desconocen con exactitud los límites de distribución. Por otro lado, el conocimiento de la biología y la historia natural es relevante para implementar programas de conservación in situ y ex situ, y diseñar medidas de mitigación cuando cualquier tipo de proyecto destruye o afecta los hábitats de los anfibios. En ese contexto, es esencial conocer cómo, cuándo y dónde se reproducen las especies, para minimizar los impactos sobre las poblaciones. Los estudios genéticos también se pueden aplicar a la conservación ya que permiten identificar poblaciones o grupos de poblaciones diferenciados dentro de una especie que deberían ser manejados o protegidos en forma independiente. Este tipo de enfoque aún no se ha aplicado en Chile.

Finalmente, se debe mencionar otro de los aspectos considerado frecuentemente por la UICN y el RCE para determinar las categorías de conservación, la abundancia poblacional, la que ha sido prácticamente ignorada como foco de investigación. Los estudios demográficos a mediano y largo plazo son esenciales para entender las fluctuaciones naturales de estos organismos y cómo las actividades humanas afectan los tamaños poblacionales. Sin embargo, con la excepción de un estudio de dos años (a principios de los 80) de *Alsodes montanus* y *A. tumultuosus*, y de datos anecdóticos y de corto plazo en *Rhinoderma*, no hay información de abundancia o tendencias poblacionales en anfibios chilenos. Esta situación es preocupante ya que Chile se han identificado las mismas amenazas que están produciendo la declinación y extinción de especies a nivel global.

Rana de pecho espinoso de la Cordillera Pelada (*Alsodes valdiviensis*) en Parque Alerce Costero, Valdivia (Región de Los Ríos). Foto: Jorge Herreros





◀ El “torito de los canales” *Cottoperca trigloides* (Forster, 1801), es un pez óseo de la familia Bovichtidae, que habita desde el límite norte de los canales patagónicos hasta el extremo sur, e incluso el sur de Argentina. Cambia sorprendentemente de color, de acuerdo con el fondo donde se encuentre y no vive a más de 60-80 m de profundidad. Foto: Svensen y Gulliksen.

DIVERSIDAD DE ESPECIES

4.5. PECES

4.5.1 PECES MARINOS

Roberto Meléndez¹ y Germán Pequeño^{1,2}

Los peces comprenden organismos vertebrados que básicamente viven en el agua. Así es como se pueden encontrar organismos sin verdaderas mandíbulas, como son los agnathos (lampreas de aguas dulces y anguilas babosas marinas), junto a peces con mandíbulas y esqueleto cartilaginoso, como los tiburones, las rayas, las manta-rayas, los torpedos y holocéfalos, como los peje-gallos y quimeras. Pero en este grupo también se incluye a los peces óseos como el jurel, la cabrilla, la anchoveta, los lenguados, entre muchos otros. Las características que los peces poseen los ubican como un grupo parafilético (Bond, 1996).

Quizás por esta gran diversidad es que los peces son uno de los grupos de organismos evolutivamente más exitosos que han existido. Representan aproximadamente el 50 por ciento de los vertebrados actualmente presentes en el planeta.

HISTORIA DEL CONOCIMIENTO DEL GRUPO EN CHILE

La historia de la biodiversidad de peces en Chile comienza con quien es considerado el primer científico chileno, el sacerdote jesuita Juan Ignacio Molina (1740-1829), quien en 1782, publica un ensayo sobre la Historia Natural de Chile, conocido comúnmente como el “Saggio”, en el que aparecen

las primeras descripciones de algunos peces chilenos, entre lo que destacan el tollo de agua dulce (*Diplomystes chilensis*) y el rollizo (*Mugiloides chilensis*), aunque se debe señalar que el primero de ellos, lamentablemente, se encontraría en peligro de extinción, o ya extinto. Con posterioridad, y en los albores de nuestra independencia, arriba a Chile Claudio Gay, quien recorre gran parte del país por mandato del gobierno chileno de la época, recolecta peces, entre otros organismos, e informa sobre nuestros recursos naturales. Entonces, envía peces y dibujos al Museo de París, en donde el famoso ictiólogo Alphonse Guichenot (1848) describe una buena cantidad de nuevas especies para la ciencia y que son incluidas en la “Historia Física y Política de Chile” de Gay. Entre ellas destacan peces cartilaginosos como el tiburón pinta-roja (*Schroederichthys chilensis*) y la raya volantín (*Zearaja chilensis*); entre los peces óseos incluye a una especie de morena (*Gymnothorax porphyreus*), el bagre de río (*Nematogenys inermis*), la popular merluza (*Merluccius gayi*), el congrio colorado (*Gerypteris chilensis*), el pampanito de Juan Fernández (*Scorpius chilensis*), el gobio de Chiloé (*Heterogobius chiloensis*), y las cojinobas del género *Seriotelella*. Otros aportes corresponden a posteriores científicos naturalistas que se avocaron en Chile, como Rodulfo Amando Philippi, quien

¹ Instituto de Ciencias Naturales y Limnológicas, Universidad Austral de Chile, casilla 567, Valdivia, Chile.

² Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, Dirección Regional de los Ríos, Valdivia.



Helcogrammoides cunninghami (Smitt, 1898), pequeño pez óseo de la familia Tripterygiidae, conocido comúnmente como "trombolito de tres aletas", es característico de zonas intermareales de Chile central, pero también se le encuentra en el sur de Argentina. Generalmente no supera los siete centímetros de longitud total. Foto: Pablo Zavala.



Esta "cabrilla" o chancharro *Sebastes oculatus* Valenciennes, 1833, es una especie de la familia Sebastidae del orden Scorpaeniformes, que habita desde la costa peruana hasta el sur de Chile, en profundidades submareales altas y también en la plataforma continental. Frente a Corral (XIV Región) es común en fondos con piedras, desde donde se pesca con línea de mano a 14-20 m. Su cuerpo es áspero, especialmente su cabeza. De color variable, entre café amarillento a anaranjado, con algunas manchas color blanco tiza, especialmente brillantes bajo el agua. Foto: Svensen y Gulliksen.

describe algunos peces cartilaginosos como el angelote (*Squatina armata*), la manta-raya (*Mobula tarapacana*) y peces óseos como la vieja negra (*Graus nigra*) y el merlín (*Tetrapterus audax*).

Con posterioridad, podemos nombrar a Edwin C. Reed, quien, en 1897, publicó su "Catálogo de los Peces de Chile"; a Clodomiro Pérez Canto, quien publica en 1886, para la época, un completo trabajo sobre tiburones de Chile. Otro distinguido ictiólogo naturalista fue Federico Teobaldo Delfín quien, en 1901, publicó su "Catálogo de los Peces de Chile". Carlos Oliver Schneider realizó en 1943 el levantamiento de la carta ictiológica preliminar del litoral de Concepción y Arauco. Parmenio Yáñez Andrade publica en 1955 "Los Peces de importancia Económica". Entre las publicaciones de Guillermo Mann Fischer destaca el ensayo "La vida de los peces en aguas chilenas", publicado en 1954 y que hasta hoy en día no tiene par. Fernando De Buen y Lozano es, sin lugar

a dudas, el ictiólogo más productivo de los que trabajó en Chile el siglo pasado; destaca su "Lista de los Peces de Chile" (1959), en la cual contabiliza 324 especies. También es preciso mencionar a Hugo Campos Cereceda, quien hizo relevantes contribuciones sobre los peces de agua dulce, destacando "Los géneros de pejerreyes del sur de Sudamérica (1982)"; Nivaldo Bahamonde, quien, junto a Germán Pequeño, publica en 1975 "Peces de Chile. Lista Sistemática"; Gloria Arratia, que ha hecho importantes aportes en peces de agua dulce y también en la paleontología de peces. Germán Pequeño publicó, entre otros trabajos, "Peces de Chile, Lista Sistemática Revisada y Comentada" (1989) y la addenda (1997). Julio Lamilla y Silvia Sáez publican una clave para identificar las rayas de Chile (2002), grupo de peces que hasta esa fecha era difícil de identificar a nivel de especie. Patricio Ojeda et al. (2000) publicaron sobre la distribución de los peces litorales en Chile. Del mismo modo, Sielfeld & Vargas (1999) se refieren a la distribución de los peces en la zona austral de Chile, entre otros. Para los peces del archipiélago Juan Fernández, una reciente información se encuentra en Pequeño & Sáez (2000), para las islas Desventuradas destaca el trabajo de Pequeño & Lamilla (2000) y finalmente para la Isla de Pascua un nuevo listado sistemático elaborado por Randall et al. (2005).

DIVERSIDAD TAXONÓMICA

Eschmeyer (2005), en su clasificación de los peces, señala que dentro de los peces Agnathos existen dos órdenes, Myxiniformes y Cephalaspidomorphi, ambos representados en Chile. Sin embargo, no hay acuerdo entre los especialistas, pues algunos dudan del posible estrecho parentesco entre Myxiniformes y Petromyzontiformes. De allí que actualmente en Chile preferimos hablar de estos dos órdenes separados, pero sin señalar necesariamente ancestros comunes. Para el caso de los Elasmobranchios, se reconocen mundialmente once órdenes. Para Chile señalamos a Hexanchiformes, Orectolobiformes, Lamniformes, Carchariniformes, Squaliformes, Squatiniformes, Torpediniformes y Rajiformes, que representan un 8% aproximadamente, del total de los peces marinos de Chile. Para los Holocephalos, se reconoce a Chimaeriformes, el cual se encuentra representado en Chile, con alrededor del 1,7%. Para la Clase Actinopterygii (que corresponde a los Osteichthyes) se indican 35 órdenes, aproximadamente cual corresponde a alrededor del 98,3% del total. Entre los peces de Chile, se encuentran también cuatro órdenes de aguas dulces que han sido introducidas: Acipenseriformes, Cypriniformes, Characiformes y Salmoniformes (aquí se encuentran todas las especies de truchas y salmones que sustentan la salmonicultura en Chile), y Cyprinodontiformes, que representan alrededor del 8,9% del total ictiofaunístico del país.

En Chile no hay representantes de la Clase Sarcopterygii (peces pulmonados y celacantos), considerados como "fósiles vivientes".

La última recopilación de las especies que han sido citadas para Chile fue realizada por Pequeño (1997); en ella se agregan 166 especies a las 1.016 especies nativas y 19 especies introducidas señaladas con anterioridad. En un breve recuento desde 1997 en adelante, la lista sistemática de peces en Chile ha aumentado; sin embargo, debe tenerse en cuenta que las futuras revisiones taxonómicas que se realicen, tanto en el nivel nacional como internacional, harán variar el número de especies, ya sea en aumento o disminución del número de especies presentes en Chile. En un estudio en marcha (Pequeño, en preparación), se ha encontrado que en las aguas de Chile hay aproximadamente 1.400 especies, pero incluyendo las de aguas dulces (nativas e introducidas), de modo que, descontando éstas últimas, las especies marinas de todas maneras se empujan sobre las 1.300 especies (Tabla 1).

Tabla 1. Número de especies, según grandes categorías taxonómicas presentes en aguas chilenas.

Grupo taxonómico	Nº de especies	
	(Pequeño 1997)	Pequeño (En prep.)
Ciclóstomos	16	17
Chondrichthyes		
Elasmobranchii		
Squalomorpha (Tiburones)	50	60
Batidoidomorpha (Rayas)	39	44
Chondrichthyes Holocephali	4	6
Actinopterygii (Peces óseos)	1161	1274
Totales	1270	1401

Entre las descripciones de nuevas especies de peces para Chile, destacan aquellas de áreas más bien inexploradas, como las oceánicas y de media agua, como el mictófido *Nannobranchium phyllisae*; de media agua oceánica (Zaharanec, 2000), como el opistopróctido *Dolichopteryx trunovi*. Asociado con la cordillera submarina de Nazca (Parin, 2005) está el simfisánodontido *Symphysanodon parini*; de aguas profundas para la zona norte (Anderson & Springer, 2005), el ogcocefálico *Solocisquama carinata* (Bradbury, 1999); el lipárido *Careproctus atakamensis*, proveniente de la fosa de Atacama (Andriashev, 1998). De altas latitudes y antárticas tenemos la descripción de dos nuevas especies de lipáridos *Careproctus magellanicus* y *Careproctus patagonicus*, para el área del Estrecho de Drake (Matallanas & Pequeño, 2000); de la familia Zoarcidae *Dieidolycus gosztoryii*, para Tierra del Fuego (Anderson & Pequeño, 1998). El serránido *Plectranthias lamillai*, para el archipiélago Juan Fernández y, específicamente para la isla Alejandro Selkirk o Más Afuera (Rojas & Pequeño, 1998). aunque Anderson & Baldwin (2000) sinonimizan esta especie con *Plectranthias exsul*. Para la Isla de Pascua, se ha descrito el lábrido *Coris debueni*, dos especies de apogonidos, *A. kautamea* y *A. rubrifuscus*, y el gobiido *Pascua caudilinea*. Randall et al. (2005) señalan que para la Isla de Pascua se encuentran en descripción y/o en



Entre los peces bentónicos de orilla, que no viven a más de veinte metros de profundidad, el archipiélago Juan Fernández cuenta a *Scartichthys variolatus* (Valenciennes, 1836). Comúnmente llamado "cachudito de Juan Fernández", esta especie se lo pasa raspando el fondo duro con sus dientes, mecanismo que le permite obtener pequeños invertebrados como gusanos, crustáceos menudos y otros, que constituyen su alimento. Su color variable produce confusión cuando se le compara con otros congéneres, que son muy parecidos. También se encuentra en las islas Desventuradas. Foto: Pablo Zavala.



Entre los peces netamente litorales inter y submareales, se encuentra el "Rollizo", *Mugiloides chilensis* (Molina, 1782). Rara vez incursiona por la plataforma continental superior. Habita desde Tumbes (Perú) hasta Magallanes (Chile), nadando sobre fondos arenosos, entre rocas. Cuando pequeños, los rollizos son de color claro, con bandas longitudinales oscuras, pero al crecer, desarrollan pintas blancas, como en la fotografía. Foto: Svensen y Gulliksen.

prensa seis nuevas especies, que, junto a las ya señaladas, incrementan la biodiversidad de peces para Chile.

Los nuevos registros de especies son los más comunes en la literatura científica. Entre ellos podemos mencionar las nuevas adiciones a la ictiofauna del sur de Chile por Meléndez (1999); los primeros registros para el norte de Chile de cuatro especies de lenguados *Etropus ectenes*, *Bothus constellatus*, *Achirus klunzingeri* y *Symphurus elongatus*, por Sielfeld et al. (2003), del dirétmido *Diretmichthys parini* por Pequeño & Vera (2003), del tiburón dalátiido bentodemersal de aguas profundas *Etmopterus brachyurus* por Oñate & Pequeño (2005). En un reciente listado taxonómico de la Isla de Pascua, Randall et al. (2005) señalan doce nuevos registros de peces e indican que el número de especies ha aumentado a 162. Entre los nuevos registros podemos mencionar al engráulido *Engraulis ringens*, al sinodóntido *Synodus doaki* 1979, al ofítido *Ichthyapus acutirostris*, el trígido *Pterygotrigla picta*, los carángidos *Caranx sexfasciatus* y *Gnathanodon speciosus*, el corifénido *Coryphaena*



El "chanchito" o "peje chanchito" *Congiopodus peruvianus* (Cuvier, 1829) (Familia Congiopodidae, Orden Scorpaeniformes), es otro pez óseo que habita generalmente sobre el fondo, preferentemente desde la zona submareal, hasta la plataforma continental superior, razón por la cual las redes de arrastre lo capturan con frecuencia. Habita desde Perú hasta el extremo sur de Chile, así como, también en los fondos australes argentinos. Foto: Svensen y Gulliksen.

equiselis, el múlido *Mulloidichthys flavolineatus*, etc. Las extensiones en el rango de distribución geográfica forman parte de la información que ayuda a ilustrar la distribución de los peces; entre ellos destacamos las de Brito (2004a y 2004b), entre otras.

Como se señaló anteriormente, las revisiones taxonómicas y los análisis de sus relaciones filogenéticas (sean estas a nivel morfológico o molecular) son relevantes porque pueden modificar la biodiversidad, aumentando o disminuyendo el número de especies, como los trabajos sobre el estatus taxonómico sobre *Graus fernandezianus* de Vargas & Pequeño (2004), sobre la comparación morfológica y merística de los pejesapos del archipiélago Juan Fernández, Valparaíso y Valdivia, de Vera & Pequeño (2001), la revisión de las especies de *Bovichtus* por Bravo et al. (1999), o la diferenciación genética entre las subespecies *Merluccius gayi gayi* y *Merluccius gayi peruanus* de Hernández et al. (2000). La revisión del género *Gonorhynchus* por Grande (1999) permitió agregar a *G. greyi* a la lista de peces chilenos para la isla San Félix. Burridge (2000) y Russell (2000) estudian el género *Aplodactylus* (jerguillas) y ambos concluyen que en Chile hay una sola especie: *A. punctatus*. En el ámbito de las aguas continentales se debe destacar los trabajos sobre Atherinopsidae (pejerreyes) de Dyer (1998, 2000a y 2000b) y Dyer & Gosztonyi (1999).

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN

El territorio acuático de Chile, tanto marino, estuarial como dulceacuícola o de aguas continentales, cobija una amplia diversidad de ambientes, entre los que se pueden señalar a los tropicales (por ejemplo, en Isla de Pascua), templados (por ejemplo, en el litoral central), frío (en territorio antártico chileno), lagos de altura o altiplánicos (por ejemplo, el lago Chungará), lagos oligotróficos del sur (por ejemplo, el lago Caburga), fiordos (por ejemplo, en Quitrarco), humedales (por ejemplo, El Yali), hoyas hidrográficas (por ejemplo, el río Biobío), entre otros.

La extensa geografía de Chile tiene también una proyección marina hacia alta mar de gran importancia. Aun cuando nuestro mar territorial comprende desde la línea base hasta doce millas de distancia de las orillas, otros acuerdos internacionales han señalado la zona económica exclusiva hasta las 200 millas marinas, situación que también ocurre en las islas chilenas, lo que ofrece variados y diferentes hábitats, como por ejemplo, aguas profundas, cadenas montañosas y/o dorsales oceánicas (como por ej. la dorsal de Nazca).

En los últimos años, se ha desarrollado un mayor interés en explicar cómo se distribuye la biodiversidad íctica marina frente a Chile. Camus (2001) propone una hipótesis de clasificación biogeográfica, a nivel de biotas frente a Chile continental, en la cual reconoce un área sur que incluye a una biota austral (provincia magallánica), un área norte que incluye una biota templada-cálida (provincia peruana), y un área intermedia extensa (no transicional) que incluye componentes mixtos de biota sin carácter ni rango biogeográfico definido.

De manera específica para los peces, Pequeño (2000) hace una caracterización de los principales ambientes marinos del Mar de Chile y los conjuntos de peces que los caracterizan. Ojeda et al. (2000) estudian los patrones de distribución de la ictiofauna de Chile continental litoral donde detectan dos zonas tanto hacia al norte como hacia al sur, a partir de los 40°S (a la altura de Valdivia, aproximadamente); además señalan que la diversidad de peces litorales se mantiene constante a lo largo de la costa hasta los 40°S, en donde comienza a disminuir. Por otra parte, estos autores puntualizan que el endemismo de los peces litorales chilenos es del 18 %, o sea, bajo. Menares & Sepúlveda (2005) estudian patrones de distribución íctica en Chile centro-sur (31°S – 41°S), además de batimétrica, hasta la zona superior del talud continental, encontrando que la merluza (*Merluccius gayi*) y el lenguado de ojos grandes (*Hippoglossina macrops*) dominan este sistema. Sielfeld & Vargas (1999) realizan estudios de distribución de peces en el área de la Patagonia chilena.

Los peces son importantes elementos en las cadenas tróficas; muchos de ellos son grandes depredadores tope, o bien forman parte de intrincadas redes tróficas, en especial de peces litorales, como depredadores intermedios o también como presas de otros peces u otros organismos (entre otros, mamíferos marinos). Dentro de la literatura actual tenemos los estudios de alimentación de peces oceánicos eminentemente pelágicos como el pez espada (*Xiphias gladius*) (Ibáñez et al., 2004), o de peces litorales descritos por Medina et al. (2004) para el norte de Chile.

SINGULARIDADES

Una de las singularidades de la biodiversidad de peces en Chile la constituyen los representantes de la ictiofauna asociada con las islas oceánicas. Como se señaló, la de Isla de

Pascua está compuesta, en su mayoría, por peces tropicales, y con un alto porcentaje de endemismo (21,7%, según Randall et al. (2005), mientras que las islas San Félix y San Ambrosio, conocidas también como islas Desventuradas, serían el último bastión de la influencia indo-pacífica, como lo aseveran Pequeño & Lamilla (2000). Por último, el archipiélago Juan Fernández presenta una interesante mezcla en la composición de su ictiofauna, con escasa influencia tanto de la costa sudamericana como del área del Pacífico Sudoccidental, aunque también con un alto endemismo (Pequeño & Sáez, 2000). Otras áreas que están siendo estudiadas corresponden a los fiordos del sur de Chile; allí se está llevando a cabo una serie de investigaciones, dentro de las cuales están incluidas los peces que habitan esas latitudes, y entre las que destacan los de Pequeño (1999) y Pequeño & Riedemann (2005), entre otras. En esos estudios se ha encontrado que el vínculo íctico con la Antártida, parece ser el más fuerte entre todos los litorales del hemisferio sur y el continente helado. La diversidad de la familia Nototheniidae y sus parientes (típicos y dominantes en la Antártida), en el sur de Chile es muy alta.

NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIONES

Las zonas oceánicas han recibido escasa atención y han sido estudiadas sólo en algunos sectores, como las áreas de pesca del pez espada (Acuña et al., 2002). Lo mismo sucede con los peces epipelágicos, mesopelágicos y abisopelágicos; destaca en esta área el estudio de peces mesopelágicos a lo largo de una transecta entre Caldera e Isla de Pascua, como el realizado por Sielfeld & Kawaguchi (2004). Otros peces que requieren ser estudiados son aquellos asociados con los montes submarinos de los cordones montañosos que se encuentran frente a Chile (por ejemplo, la cordillera de Nazca), principalmente por el impacto que pueda representar el desarrollo de nuevas pesquerías como las del "orange roughy" (*Hoplostethus atlanticus*), o los peces que habitan zonas de aguas profundas más abajo del talud continental, para los cuales los resultados son escasos, sin que se perciba un esfuerzo nacional para estudiar esas áreas. En este contexto, se requiere prestar más atención a los llamados cañones submarinos, que en Chile son varios y de gran tamaño, que se orientan en forma aproximadamente perpendicular a la costa, pero más allá de los 180-200 m de profundidad.

Los peces antárticos no han recibido mucha atención por parte de científicos nacionales, situación que también merece ser revertida.

El conocimiento de la biodiversidad de peces requiere de la asignación de fondos para llevar a cabo las investigaciones, que, como ya se señaló, se deben realizar en zonas donde el acceso sea posible con embarcaciones especializadas.

Por otra parte, los cuadros de investigadores deben ser aumentados, no sólo en el ámbito de las universidades



Forcipiger flavissimus (Jordan & McGregor, 1898), es una de las tres especies de "pez mariposa" conocidas en Isla de Pascua. Vive desde las costas de África que miran al Océano Índico hasta aquellas del sur de Estados Unidos, alcanzando hasta Panamá, por las Américas, es decir, habita una amplia franja de aguas tropicales, pero sólo en las costas. Su selectiva alimentación, dependiendo de fondos rocosos y coralinos, le impide permanecer en el océano abierto. Es una especie admirada por los acuaristas. Foto: Pablo Zavala.



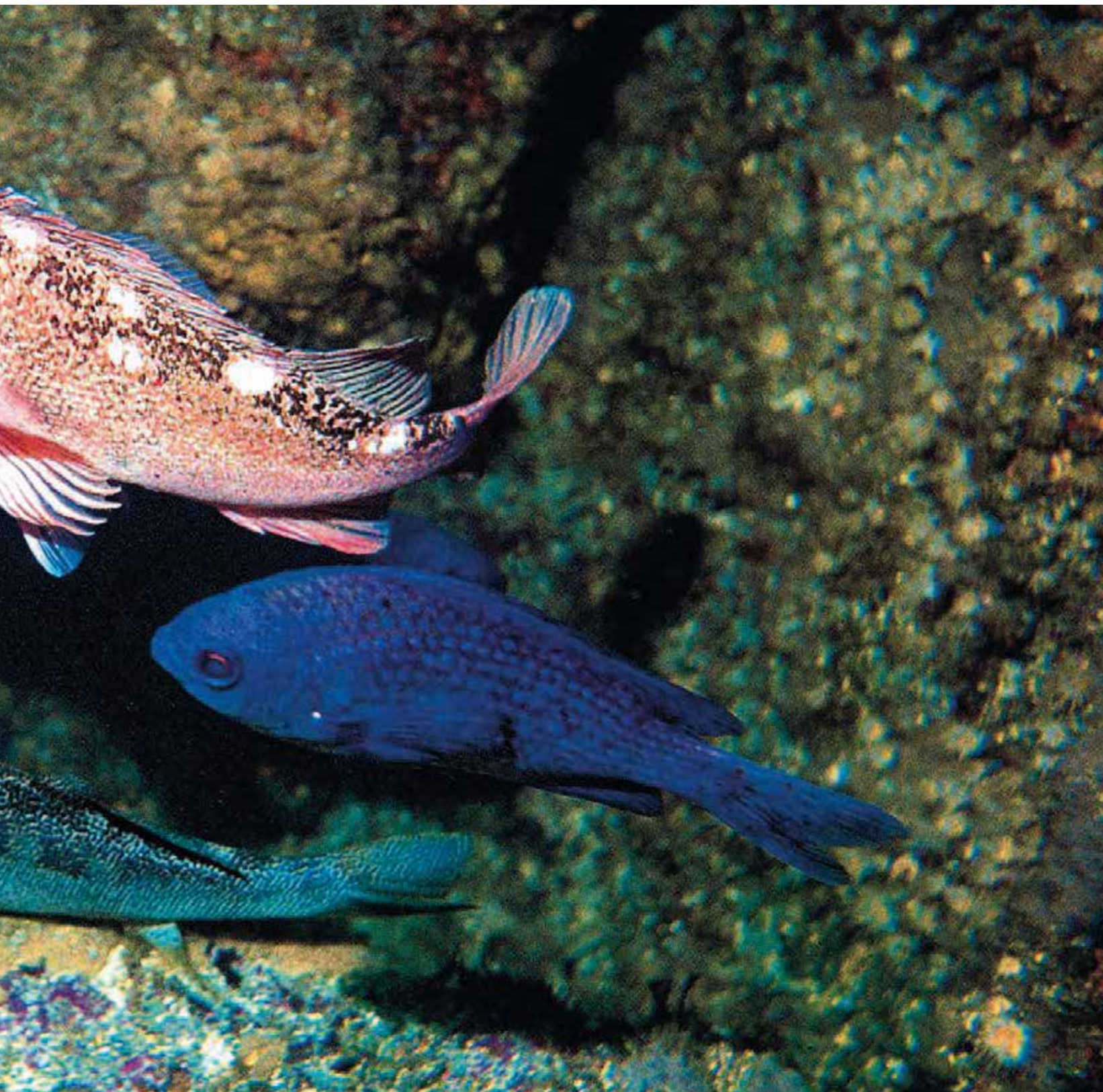
Este pez es un "tomayo", *Auchenionchus variolosus* (Valenciennes, 1836) de la familia Labrisomidae del orden Perciformes, habita en los fondos rocosos y se esconde de sus depredadores en pequeños agujeros o grietas submarinas. Adquiere con facilidad los colores de su entorno y es común en Algarrobo (Bajo Norte), V Región. Foto: Pablo Zavala.

y/o centros de estudios superiores; se debe paralelamente hacer un esfuerzo en aumentar las plazas en el sistema público en donde existan los cargos definidos para el estudio de la biodiversidad de peces. No podemos dejar de señalar que, en buena medida, muchos de los avances mencionados se deben al esfuerzo de organismos extranjeros y sus científicos asociados y también, al esfuerzo, muchas veces individual y por una evidente vocación, de los estudiosos nacidos en Chile.

En esta breve y apretada síntesis se puede apreciar los significativos avances en el conocimiento de la biodiversidad de peces que han ocurrido en estos últimos años. Sin embargo, existen áreas que deben ser atendidas con prontitud.



Peces que conviven preferentemente en fondos rocosos: Cabrilla (Sebastes capensis), Castañeta (Chromis crusma) y Jerguilla (Aplodactylus punctatus). A la Jerguilla también se le puede localizar entre las algas. Algarrobo, V Región. Foto: Pablo Zavala.





◀ *Nuestras especies de peces de aguas continentales se encuentran mayoritariamente amenazadas de extinción, por contaminación de las aguas, por ser depredadas por especies introducidas y por modificación de su hábitat. Foto: CEA*

DIVERSIDAD DE ESPECIES

4.5. PECES

4.5.2 PECES LÍMNICOS

Irma Vila Pinto¹ y Claudio Quezada-Romegialli²

IMPORTANCIA BIOGEOGRÁFICA Y ECOLÓGICA, CONOCIMIENTO ACTUAL Y VACÍOS TAXONÓMICOS.

INTRODUCCIÓN

Chile es un país tri-continental. Sólo en el largo y angosto territorio nacional en Sud América (17° a 56° Latitud Sur), nuestro país posee un amplio gradiente climático a lo largo de los más de 4.300 km de longitud. En esta extensa y compleja variedad de ecosistemas, los peces límnicos han evolucionado al adaptarse a una multiplicidad de sistemas acuáticos con heterogénea salinidad, temperatura y oxígeno disuelto. La litología de los suelos cordilleranos presenta en algunos casos alto contenido mineral, con tramos de ríos con pH extremadamente ácido (3 o 4 unidades de pH) o presencia de metales pesados. En otros ambientes, la baja conductividad eléctrica (del orden de 15 a 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ha generado ecosistemas oligotróficos y de baja productividad. En muchos casos, la corta distancia de los sistemas fluviales unido al bajo orden, escaso número de afluentes y alta pendiente, en conjunto con la multiplicidad de condiciones hidráulicas y morfológicas de los sistemas fluviales y lacustres a lo largo del país, han originado una fauna íctica pobre, comparativamente con otros sectores de similar latitud, sin embargo,

muy valiosa por su alto endemismo. Estas características han tenido relevancia en la historia evolutiva de los peces nativos del país, los que se han desarrollado en condiciones geográficas y climáticas dispares. Con diferencias significativas en la precipitación latitudinal, los sistemas acuáticos en todo el país están sujetos a drásticos cambios en diversas escalas temporales, tanto estacional, interanual, decadal e interdecadal, debido al efecto acoplado de El Niño – Oscilación del Sur (ENSO), La Niña y la Oscilación Decadal del Pacífico. Estas fluctuaciones naturales han tenido en Chile efectos importantes en la biodiversidad acuática, y especialmente en los vertebrados acuáticos como los peces, afectando particularmente a las regiones áridas, semi-áridas y mediterráneas del país.

Desde un punto de vista zoogeográfico, la fauna íctica en Sud América incluye las regiones Neotropical (reino Holotropical) y Andina (reino Austral). Las provincias Atacama, Chilena, Lagos Valdivianos y Patagonia pertenecen a la región Andina, mientras que la provincia Titicaca pertenece a la región Neotropical. Sólo en América Neotropical se han descrito más de 5.700 especies en tanto la región Andina incluye unas 160 especies nominales. En Chile, hasta el presente se han descrito 42 especies ícticas nominales para todo el

¹ Facultad de Ciencias, Universidad de Chile

² Facultad de Ciencias del Mar y Recursos Biológicos, Universidad de Antofagasta

territorio, lo cual es un número significativamente bajo en el contexto Sud Americano.

Este capítulo breve es una recopilación para actualizar el conocimiento de los peces límnicos de Chile, cuya importancia ha sido insuficientemente reconocida y valorada.

PECES NATIVOS SEGÚN PROVINCIAS ICTIOGEOGRÁFICAS Y REGIONES HIDROLÓGICAS.

Provincias Titicaca Y Atacama. Región Hiperárida Desértica Y Árida Estepárica De Altura: 17° A 26° S.

Los sistemas acuáticos en la Provincia Titicaca se caracterizan por su distribución en el Altiplano, extensa meseta en la depresión intermontana andina y la Puna, zona de transición hacia los ecosistemas acuáticos ubicados en elevaciones menores. La mayoría de los humedales son someros, con la excepción del lago Chungará, presentan alto contenido salino y diferente calidad química, por efecto del pronunciado volcanismo y la particular litología de cada sistema. El Altiplano presenta lluvias concentradas especialmente en verano, y además ciclos de sequía y humedad a escala interanual, asociados a la presencia de eventos El Niño (condiciones secas y cálidas) y La Niña (condiciones húmedas); el régimen hídrico corresponde a una condición árida estepárica de altura. En las últimas décadas la variabilidad climática y la extracción de agua por actividades mineras e industriales han tenido un fuerte impacto en la disponibilidad de recursos hídricos, generando un balance hidrológico negativo. Por otra parte, la temperatura muestra una amplia variación diaria, con promedios anuales de 2 ° C por la noche y 25 ° C al mediodía. Estas particularidades ambientales, junto a una historia sísmica que ha fragmentado reiteradamente a los sistemas acuáticos han contribuido a favorecer altas tasas de diferenciación ecológica de la fauna íctica. (Vila et al., 2013).

En estos sistemas encontramos dos familias de peces: Cyprinodontidae, con el género *Orestias* y seis especies, y Trichomycteridae, con el género *Trichomycterus* y 2 especies nominales. Sólo los "Karachi" *Orestias* han colonizado los lagos, donde viven asociadas principalmente al cinturón de macrófitas acuáticas, que les proveen de refugio, alimento y sitio para reproducción. Los "sucho" *Trichomycterus* se distribuyen en los ríos y vertientes que fluyen a los humedales, y en menor abundancia en los bofedales.

En esta área se han descrito *Orestias parinacotensis* Arratia, 1982 en el bofedal de Parinacota; *O. laucaensis* Arratia, 1982, en el río Lauca y laguna Cotacotani; *O. chungarensis* Vila y Pinto, 1986 en el lago Chungará; *O. piacotensis* Vila, 2006 en la laguna Piacota, *O. gloriei* Vila et al., 2012 en el salar de Carcote y *O. ascotanensis* Parenti, 1984 en el salar de Ascotán. *Orestias agassii* ha sido citada por diversos autores en todo el Altiplano, sin embargo estudios recientes dudan de su validez en el Altiplano sur oeste (Vila et al., 2013).

La familia Trichomycteridae, en tanto, presenta *Trichomycterus chungaraensis* Arratia, 1983 en la vertiente Mal Paso, afluente del lago Chungará y *T. laucaensis* Arratia, 1983 en el sistema del río Lauca. Si bien históricamente se ha citado la presencia de *T. rivulatus* en el Altiplano en Chile, es muy probable que esta especie no se encuentre en el país y las menciones correspondan a errores en la identificación de los ejemplares. Además, los especímenes de *T. rivulatus* Valenciennes, 1846 citados para el río Lauca no corresponden a esta especie en base a comparación con especímenes provenientes del Lago Titicaca (G. Arratia, com. pers). Nuevos registros en distintos sistemas acuáticos con diferentes grados de aislamiento aumentarán la riqueza específica del Altiplano con nuevas especies de ambos géneros, las que actualmente se encuentran en descripción (I. Vila, G. Arratia & C. Quezada, com. pers.).

Los ríos Lluta y Loa, y las quebradas de Vitor y Camarones, en tanto, son los únicos sistemas exorreicos de la Provincia de Atacama con presencia de peces nativos, y hasta hace unos años sólo se habían descrito habitados por pejerreyes (Atherinopsidae; Dyer, 2000b). Estos sistemas presentan una condición hídrica hiperárida desértica. Así, el río Lluta alberga a *Basilichthys semotilus* (Cope, 1874), mientras que la quebrada de Vitor, y los ríos Camarones y Loa albergan a una especie aún no descrita de *Basilichthys* (B. Dyer, com. pers.). Intensos muestreos en los últimos años indican un número extremadamente reducido de pejerreyes para el río Lluta, mientras que en las quebradas de Vitor y Camarones el pejerrey parece haberse extinguido localmente, quedando únicamente individuos en el río Loa, afectados seriamente por competencia y eventual depredación por parte de salmónidos introducidos (obs. pers. C. Quezada), además de los eventos de contaminación de la actividad industrial en la región (Dyer, 2000b). El río Lluta, en tanto, alberga una población de bagres del género *Trichomycterus* recientemente avistada y que se encuentra en descripción (C. Quezada y G. Arratia, com. pers.).

PROVINCIA CHILENA. REGIONES HIPERÁRIDA A SUB- HÚMEDA: 27° – 38°.

Los sistemas acuáticos en la zona central de Chile tienen predominancia fluvial, exhiben una importante variación latitudinal en pluviosidad y temperatura, e históricamente han presentado cambios interanuales, con episodios cíclicos de sequía y pluviosidad. Además, debido a la litología, el déficit hídrico y las variaciones de caudal, latitudinalmente hay significativas diferencias en la conductividad. Los ríos con origen sobre los 3000 msnm tienen un régimen nivo-pluvial con dos máximos de caudal en el año y son torrentosos en las zonas de altura. Así, esta región presenta un gradiente climático entre Copiapó y Concepción, encontrando un área hiperárida desde el río Copiapó hasta el río Limarí, un área



Muchas de nuestras especies de peces de agua dulce son endémicas de Chile. Foto: CEA

árida entre los ríos Limarí y Aconcagua, un área semiárida entre el río Aconcagua al río Maule, un área sub-húmeda entre el Maule y el Itata, y un área húmeda en el río Bío-Bío.

En esta zona están presentes la totalidad de las familias descritas para Chile, con excepción de Cyprinodontidae. La diversidad de peces exhibe una homogeneidad a nivel de géneros entre los ríos Maipo y Bío-Bío –la región Mediterránea–, zona que ha sido citada como un “hot spot” de biodiversidad acuática y que además presenta la mayor diversidad del país (Vila & Habit, 2015). Desde el río Aconcagua y hacia el norte existe un marcado quiebre en la diversidad, mientras que el río Bío-Bío es el que presenta la mayor riqueza íctica del país. La familia Characidae está representada por las especies *Cheirodon pisciculus* Girard, 1855 desde los ríos Huasco a Rapel y *Ch. galusdae* Eigenmann, 1927 desde el río Maule al Imperial. En esta región, los bagres corresponden al grupo más numeroso con 3 familias, 4 géneros, 6 especies nominales, y varias más por describir. La familia Diplomystidae está representada por *Diplomystes chilensis* (Molina, 1782) en el río Maipo y *D. nahuelbutaensis* Arratia, 1987 en los ríos Bío-Bío e Imperial (Arratia & Quezada-Romegialli, 2016); las poblaciones ubicadas entre los ríos Rapel y Maule corresponden a una nueva especie del género *Diplomystes*, actualmente en descripción (Arratia & Quezada-Romegialli, 2016). La familia Nematogenyidae presenta a *Nematogenys inermis* (Guichenot, 1848) con una distribución muy restringida: algunas vertientes en el río Maipo, el sector de Copequén en el río Rapel, y en las cercanías de Angol, en

afluentes del río Bío-Bío. La familia Trichomycteridae, en tanto, presenta las especies *Trichomycterus areolatus* Valenciennes, 1846, *T. chil-toni* (Eigenmann, 1919) y *Bullockia maldonadoi* (Eigenmann, 1919). Las dos últimas se distribuyen entre los ríos Maule e Imperial (Dyer, 2000b). *Trichomycterus areolatus* hasta hace unos años se citaba como la especie de más amplia distribución en Chile (río Huasco a Isla de Chiloé), sin embargo, recientemente un trabajo morfológico y genético determinó que *T. areolatus* se compone de *T. maculatus* Valenciennes, 1846 desde el río Rapel hacia el norte, y *T. areolatus sensu stricto* se distribuye únicamente entre los ríos Maipo a Mataquito (Quezada-Romegialli, 2010). La revalidación morfológica y re-descripción de estas especies, junto con la descripción de las especies que se encuentran desde el río Mataquito hacia el sur se encuentra en desarrollo (C. Quezada y G. Arratia, com. pers.). La familia Galaxiidae presenta en esta área a las especies *Galaxias maculatus* (Jenyns, 1842) (desde el río Huasco a Tierra del Fuego), *Brachygalaxias bullocki* (Regan, 1908) (río Maule a Isla de Chiloé) y *B. gothei* (Busse, 1982) (especie rara, únicamente se encuentra en los alrededores de Talca) (Dyer, 2000b); *Aplochiton zebra* Jenyns, 1842 y *A. taeniatus* Jenyns, 1842 se distribuyen desde el río Bío-Bío a Tierra del Fuego (Aló et al., 2013). La familia Atherinopsidae está representada por dos géneros: *Basilichthys* (con la especie *B. microlepidotus* [Jenyns, 1841] distribuida entre el río Huasco y la Isla de Chiloé: Véliz et al., 2012) y *Odontesthes*, que presenta 3 especies. Únicamente *O. brevianalis* (Günther,

1880) presenta una distribución amplia (tramos inferiores y estuarios desde el río Limarí a la Isla de Chiloé), pues *O. mauleanum* (Steindachner, 1896) se encuentra desde el río Maule al río Maullín, y *O. itatanum* (Steindachner, 1896) sólo se conoce por la serie tipo, colectados en el río Itata (Dyer, 2000b). Finalmente, las familias Percichthyidae y Perciliidae presentan cada una 1 género y dos especies: *Percichthys trucha* (Valenciennes, 1833) distribuida desde el río Aconcagua hasta el estrecho de Magallanes, y *P. melanops* Girard, 1855, distribuida entre los ríos Aconcagua al Bío-Bío; *Percilia gillissi* Girard, 1855 se distribuye desde el río Aconcagua hasta el Lago Llanquihue, y *P. irwini* Eigenmann, 1927 sólo se distribuye en el río Bío-Bío.

Provincia Lagos Valdivianos. Región Húmeda E Hiperhúmeda: 38° – 43°.

La provincia de Lagos Valdivianos corresponde a ríos tranquilos con regulación lacustre, incluyendo la Isla de Chiloé. Desde el río Bío-Bío al Toltén se presenta el régimen hídrico de tipo húmedo, mientras que desde el río Toltén hacia el sur se presenta el tipo hiperhúmedo. De acuerdo a Campos (1985), las áreas rítrónicas de los ríos Imperial, Toltén, Valdivia, Bueno y Maullín están habitados por *Aplochiton zebra*, *Trichomycterus areolatus*, *Percilia gillissi* y *Galaxias platei* Steindachner, 1898, mientras que en la zona potámica se encuentra *G. maculatus*, *Basilichthys microlepidotus*, *Odontesthes mauleanum* y *P. trucha*; los registros de FishNet2 de Dyer (2000b) incluyen también a

P. melanops. Luego de un trabajo integrativo entre morfología y genética, recientemente se ha reconocido también en esta región a las especies *Aplochiton marinus* Eigenmann, 1927 y *A. taeniatus* Jenyns, 1842 (Aló et al., 2013). También se encuentran los galáxidos *Galaxias alpinus* (Jenyns, 1842) (especie cuyo estatus taxonómico es debatido) y *G. globiceps* Eigenmann, 1927 (especie rara, descrita en un pequeño tributario del río Maullín) y el atherinópsido *O. brevianalis* (Dyer, 2000b). En los humedales se encuentra *Cheirodon australe* Eigenmann, 1927, *Ch. kiliani* Campos, 1982 y *Brachygalaxias bullocki* (Regan, 1908). De acuerdo a evidencia morfológica reciente, en el río Cautín (cuenca del río Imperial) se encuentra *Diplomystes nahuelbutaensis*, mientras que en las cuencas de los ríos Valdivia y Toltén se encuentra *Diplomystes camposensis* Arratia, 1987 (Arratia & Quezada-Romegialli, 2016). Unmack et al., (2009) reportaron la presencia de *Hatcheria macraei* (Girard, 1855) en los ríos Imperial, Valdivia y Bueno, sin embargo, al igual que lo que ocurre con *Trichomycterus areolatus* en las provincias Chilena y de Lagos Valdivianos, es muy probable que esta especie no esté presente y que en la zona nos encontremos con diversidad críptica a la espera de ser descrita, utilizando herramientas taxonómicas integrativas y comparación morfológica con los especímenes tipo (C. Quezada obs. pers.).

Los ríos de la Isla Grande de Chiloé tienen caudal bajo, cuyo origen es exclusivamente pluvial. Sus aguas presentan una



Tenemos poco conocimiento de etapas críticas del ciclo de vida de muchos de nuestros peces nativos de aguas continentales. Eso dificulta el desarrollo de acciones para su recuperación. Foto: CEA.

cantidad significativa de materia orgánica procedente de la descomposición arbórea, y además algunos sistemas presentan alta salinidad procedente de las mareas altas. Los peces descritos son: *Ch. australe* Eigenmann, *T. areolatus*, *G. platei*, *G. maculatus*, *B. bullocki*, *A. taeniatus*, *A. zebra*, *A. marinus* y *B. microlepidotus* (Habit et al., 2006; Aló et al., 2013).

Provincia Patagónica. Región Hiperhúmeda Y Semiárida Estepárica Fría: 44° – 55°.

Los ríos de la provincia Patagónica corresponden principalmente a dos tipos: ríos trasandinos septentrionales y ríos magallánicos. Los primeros se encuentran en la zona hiperhúmeda y comprenden el área desde Chiloé Continental hacia el sur, se forman al este del macizo andino en profundos glaciares, y tienen importantes caudales que se mantienen relativamente constantes producto de la ausencia de una estación seca. Los ríos magallánicos en tanto, tienen una condición climática semiárida estepárica fría; la precipitación se sitúa entre 200 y 600 mm/año, y el período seco puede llegar hasta cuatro meses. Los ríos en esta zona son de muy corta extensión a causa de la intensa glaciación en la zona. Los peces característicos de la provincia Patagónica son *Hatcheria macraei*, *Galaxias platei*, *G. maculatus*, *Aplochiton taeniatus*, *A. zebra* y *Percichthys trucha*, además de *Odontesthes hatcheri* (Eigenmann, 1909). Un hallazgo importante se refiere al diplomítido *Olivaichthys viedmensis* (MacDonagh, 1931) reportado originalmente el año 2008 (Centro de Ecología Aplicada, 2008) para el estudio de impacto ambiental de HydroAysén, y asignado al género *Diplomystes* por CEA (2008). Sin embargo, un estudio reciente resaltó las diferencias morfológicas con los demás diplomítidos en Chile, nombrándolo tentativamente como *Olivaichthys viedmensis* a la espera de un estudio morfológico que incluya especímenes de Argentina y Chile (Arratia & Quezada-Romegialli, 2016).

BIOGEOGRAFÍA HISTÓRICA: DESDE LA ACTUALIDAD A LOS FÓSILES

Hoy en día, los ecosistemas acuáticos continentales en Chile se encuentran naturalmente aislados por el desierto de Atacama por el norte, el Océano Pacífico por el oeste y la Cordillera de Los Andes por el este. La mayor parte de las cuencas hidrográficas no poseen conexiones hidrológicas entre sí, drenan principalmente de este a oeste y comúnmente tienen su nacimiento por sobre los 3000 msnm teniendo como origen la recarga pluvial o nivo-pluvial. Sin embargo, esta configuración geográfica no ha sido siempre así. Por ejemplo, el Altiplano presenta sistemas hidrográficos endorreicos y en general son ecosistemas con déficit hidrológico. Al menos durante el Pleistoceno Medio y Superior (últimos ~200.000 años) se conocen distintas fases húmedas que habrían permitido la existencia de diversos paleolagos (Minchin, Tauca, entre otros), posibilitando la conexión entre los drenajes actualmente aislados.

Además, el intenso volcanismo en el área ha alterado la conectividad de los drenajes, generando em-bancamientos (p.e. lagunas de Cotacotani) y alterando la configuración de estos sistemas. Estos dos mecanismos explicarían en parte la aislada presencia de las especies de los géneros *Trichomycterus* y *Orestias*: prácticamente en todos los sistemas incomunicados se encuentra una especie endémica (Vila et al., 2013). Modelos geológicos recientes (Charrier et al., 2015) permiten explicar la presencia de una fauna similar a nivel genérico en la zona centro-sur del país (33° – 40° Latitud Sur). En este modelo, la dispersión entre los ríos Andinos principales y las cuencas Andinas adyacentes fue posible mediante un mecanismo geológico de captura y aislamiento de los drenajes costeros y aquellos ubicados en las nacientes de los ríos Andinos (Farías et al., 2008). De esta forma los peces de los géneros *Cheirodon*, *Diplomystes*, *Nematogenys*, *Trichomycterus*, *Percichthys* y *Percilia*, habrían colonizado y dispersado en esta área. Posteriormente, el aislamiento entre los drenajes probablemente propició las condiciones para la especiación alopatrica. En el área centro-norte (27°–33° S), el marcado gradiente de aridez desde el río Aconcagua hacia el norte no habría posibilitado este mecanismo de conexiones hidrológicas, explicando la baja riqueza de sus ríos. En estos ecosistemas, sólo los pejerreyes (*Basilichthys microlepidotus*) habrían colonizado por vía costera las distintas cuencas, mientras que el bagrecito del género *Trichomycterus* exhibe un claro patrón de colonización hacia el norte, vía terrestre y desde el río Aconcagua (Quezada-Romegialli et al., 2010). Es probable que la pocha nativa (*Cheirodon pisciculus*) presente un patrón similar, resultados que están en análisis actualmente (D. Salas y S. Scott, com. pers.). En el área sur de Chile (desde los 41°S) el análisis con herramientas principalmente genéticas del ensamble característico (*Galaxias*, *Aplochiton*, *Percichthys*) sugiere un efecto mezclado de la configuración costera, régimen oceanográfico e historia glacial cuaternaria en la dinámica de estas especies. Por otro lado, la riqueza de especies no ha sido la misma en nuestro territorio. Varias especies de peces de aguas continentales –ahora extintos– han habitado nuestros sistemas acuáticos al menos desde unos 60 millones de años atrás, por ejemplo carácidos (Characidae indet.), un nematogénido (*Nematogenys cuivi* Azpelicueta & Rubilar, 1998), atherinópsidos (*Odontesthes* indet.), percíctidos (p.e. *Percichthys sandovali* Arratia, 1982, *P. sylviae* Rubilar y Abad, 1990, *P. lonquimayensis* Chang et al., 1978), un percúlido (*Percilia?* sp.) (Rubilar, 1994; Arratia, 2015), e incluso, durante el Mioceno en Lonquimay y Bahía Inglesa existieron las condiciones climáticas apropiadas para albergar a pirañas (Serrasalminae indet.) (Arratia, 2015). Este hecho demuestra el recambio taxonómico al que naturalmente la fauna se ha enfrentado.

CONCLUSIONES

VACÍOS TAXONÓMICOS Y DE DISTRIBUCIÓN.

Para poder conservar de forma adecuada, es clave una buena base de taxonomía alfa, es decir, debemos saber exactamente cuántas especies tenemos, cómo las identificamos apropiadamente y cuál es su distribución. Durante los últimos 35 años se han descrito 12 nuevas especies, y al menos 4 nuevas especies aguardan descripción. A medida que se desarrollan estudios más profundos en algunos grupos, o se realizan expediciones a sitios incompletamente conocidos, la diversidad de peces sin duda aumentará. *Diplomystes chilensis* se ha citado desde hace años como posiblemente extinta, mientras que otras especies son dudosas taxonómicamente o sólo se conoce la serie tipo. Es necesario reconocer el carácter de extinto para la primera, y se necesitan trabajos apropiados para resolver la identidad de las segundas. Hasta la fecha, sólo tenemos "alrededor" de 42 especies, sin considerar peces marinos que ingresan en ciertos estadios a los estuarios y ecosistemas salobres continentales, ni tampoco considerando a los agnathos (lampreas). Desafortunadamente existe una carencia de especialistas ictiólogos y taxónomos con base morfológica para la descripción e identificación de nuestras especies, y esta falencia permanecerá como la principal razón para el desconocimiento de nuestros peces nativos, a menos que generemos un cambio al respecto.

BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE LOS PECES NATIVOS.

De la mayoría de las especies nativas se desconocen aspectos importantes acerca de la edad y tasas de crecimiento; período, sitios y edad de la primera reproducción; además del hábitat y alimentación. Si se considera, que sobre el 90% de las especies, están en categorías de amenaza de extinción vulnerable o en peligro, este conocimiento es clave para su conservación y posible manejo.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA FAUNA ÍCTICA

Gnathostomata: Teleostei

Orden Cyprinodontiformes. Familia Cyprinodontidae

Orestias "Karachi"

Especies endémicas de los sistemas de altura interandinos entre los 10° y 22° S. Descritas por Valenciennes (1839) para el lago Titicaca, *Orestias* está relacionada biogeográficamente y paleogeográficamente al dominio altiplánico; descrito como un género especioso, es diagnosticado por la ausencia del vómer, del esqueleto, las aletas pélvicas, y el primer postcleitro. Es un género de tamaño más bien pequeño, sólo en el lago Titicaca se citan ejemplares de más de 200 mm de longitud total. En Chile, las *Orestias* descritas para todo su rango de distribución se les menciona excepcionalmente con tallas mayores a 100 mm de longitud total. Poseen dimorfismo sexual, con marcada diferencia de tamaño, alcanzando las hembras el doble de

longitud total que los machos. Una investigación inicial de *O. chungarensis* indicaría tres años de vida para hembras y dos años los machos (obs. pers. I. Vila).

Tanto ovarios como testículos están unidos en una sola unidad, característica de primitivismo. Se reproducen al primer año de vida durante la Primavera-Verano, depositando repetidas veces pequeñas camadas de huevos adheridas a la vegetación. Los huevos recién fecundados miden entre 2 y 2,5 mm de diámetro y poseen filamentos adhesivos con los cuales se adhieren a la vegetación. En el lago Titicaca, las especies viviendo en simpatria presentan diferencias alimentarias. En Chile, la alimentación de todas las especies está relacionada con la fauna de microinvertebrados (insectos, microcrustáceos y caracoles asociada a la vegetación de macrófitas.). Las especies de *Orestias* se diferencian especialmente por el patrón de escamación, distribución dorsal y lateral de los neuromastos, protractibilidad mandibular, morfología del aparato branquial y el número de



cromosomas (Vila et al., 2013). En Chile, sólo se ha descrito una especie por sistema.

Orden Siluriformes. Familia Trichomycteridae.

El orden Siluriformes incluye 43 familias extantes y fósiles (Arratia & Quezada-Romegialli, 2016), de las cuales sólo tres se distribuyen a lo largo del país. Trichomycteridae es caracterizada por su extensa distribución Neotropical y Andina, alto endemismo y variación intraespecífica. Cuerpo fuertemente comprimido; origen de las aletas ventrales anterior a la mitad del cuerpo. Opérculo e interopérculo altamente modificados, ambos presentan un parche de odontodes. Tres pares de barbillas ocasionalmente llegan al extremo de las espinas interoperculares. Tamaño pequeño, raras veces mayor a 30 cm de longitud total. *Trichomycterus* ha sido descrito habitando la zona de mayor corriente del rítrón fluvial oxigenado. No toleran salinidad. Depredadores de macroinvertebrados bentónicos especialmente larvas de Diptera, Chironomidae, Ephemeroptera, Trichoptera y caracoles desde sus estadios juveniles.

Familia Diplomystidae.

Familia considerada como la más primitiva del Orden compartiendo caracteres con teleósteos primitivos (Arratia & Quezada-Romegialli, 2016). Es endémica de la región Andina. Con el género *Diplomystes* restringido a Chile, y *Olivaichthys* compartido por Argentina y Chile (Arratia & Quezada-Romegialli, 2016). Se ha mencionado que el género *Diplomystes* disminuye significativamente en los sistemas del centro y sur del país (Obs. pers. I. Vila). Especies con piel desprovista de escamas. Alcanzan hasta 30 cm de longitud. Un par de barbillas maxilares. Dos aletas dorsales, una con radios y una adiposa. Los "tollos" han sido capturados para consumo humano. Requerimientos de hábitat con aguas bien oxigenadas y con movimientos frecuentes a lo largo de los sistemas fluviales, razón por la cual están afectados por la contaminación y construcción de represas. Con hábitos bentónicos y nocturnos los juveniles consumen larvas de insectos acuáticos, mientras que los adultos consumen preferentemente "pancoras" del género *Aegla*.



El pequeño tamaño de la mayoría de nuestras especies de peces de aguas continentales los hace poco atractivos para la pesca deportiva. Ese hecho ha sido una de las razones, que ha estimulado la práctica de introducir, en nuestros cuerpos de agua, peces de otros países, que diezman la población de los nativos, alterando los ecosistemas acuáticos. Foto: CEA



Bagre (*Trichomycterus areolatus*). Foto: CEA.

Familia Nematogenyidae.

Familia monotípica y con distribución restringida a la pro-vincia Chilena, una especie extante: *Nematogenys inermis*. Ojos pequeños. Hocico deprimido con mandíbulas subiguales. Narina anterior con barbillas prominentes; barbillas maxilares y mentonianas no alcanzan la abertura branquial; pedúnculo caudal muy comprimido. Origen de las aletas dorsal y ventrales en la mitad anterior del cuerpo. Aletas moteadas. Es hipotetizada como la especie más primitiva de Loricarioidea.

A semejanza de la mayoría de los siluriformes, requiere aguas altamente oxigenadas y se describe habitando zonas fluviales rítrónicas y potámicas.

Orden Characiformes. Familia Characidae.

Familia de origen tropical representada en Chile por solo el género *Cheirodon* con cuatro especies nativas (*Cheirodon pisciculus*, *Ch. galusdae*, *Ch. australe*, *Ch. Kiliani*) (Campos, 1985), hoy en revisión por la presencia de *Cheirodon interruptus* introducida desde Argentina. Cuerpo regularmente elongado y comprimido con escamas en transición entre cicloideas y ctenoideas.

Zona predorsal sin escamas. Tamaño pequeño, generalmente no exceden los 7 cm de longitud. Hábitat fluvial y ribereño, estos peces viven en grandes grupos, asociados a la vegetación acuática, donde se alimentan del perifiton (Habit et al., 2006).

Orden Perciformes. Familia Perciliidae.

Percilia gillissi. "Carmelita" Peces percoides pequeños de colores brillantes, endémicos de las provincias Chilena y Lagos Valdivianos, no exceden 9 cm de longitud total. Cuerpo comprimido, lateralmente moteado; con una angosta línea lateral al final del pedúnculo caudal. Escamas ctenoideas. Boca pequeña. Se encuentra en las zonas rítrónicas y potámicas fluviales bien oxigenadas. *P. irwini* se cita habitando solo el río Biobío.

Orden Perciformes. Familia Percichthyidae.

Dos especies: *Percichthys trucha* "perca trucha" y *Percichthys melanops* "Perca negra". Peces percoides, cuerpos oblongos, escamas ctenoides de tamaño moderado. Huesos operculares y post temporal aserrados (Arratia, 1982).



Orden Atheriniformes

FAMILIA ATHERINOPSIDAE. Cuerpo alargado, débilmente comprimido o subcilíndrico. Escamas cicloides. Plateados, con una banda blanca lateral más o menos marcada dependiendo de la especie. Las dos secciones de la aleta dorsal separadas una de otra. La primera dorsal con espinas blandas, fácilmente plegables. La familia está representada en Chile por dos géneros: *Basilichthys* con boca no protráctil que lo diferencia claramente del género *Odontesthes* que posee maxilares protráctiles (Dyer, 2000b). Especies ampliamente distribuidas en Chile: *Basilichthys microlepidotus*, "pejerrey chileno"; *Odontesthes mauleanum*, "pejerrey"; *Odontesthes brevianalis*, habita exclusivamente sistemas costeros euriha-linos, donde se alimenta y reproduce (Véliz et al., 2012;)

Orden Osmeriformes. Familia Galaxiidae.

Representantes diadrómicos con amplia distribución en el Océano Pacífico desde Australia, península del Cabo a Islas Malvinas. Se caracterizan por el desplazamiento de las aletas dorsal y anal hacia la región caudal, ausencia de escamas y aleta adiposa.

Galaxias maculatus: se le ha capturado generalmente en las zonas costeras. Es una de las especies más pequeñas del género no sobrepasando los 160 mm de longitud. *Galaxias platei*: alcanza tamaños sobre los 35 cm y tiene amplia distribución en la Patagonia. *Galaxias globiceps*: restringida a un tributario del río Maullín (Habit et al., 2006). *Galaxias alpinus* tiene un estatus taxonómico debatido.

Familia Aplochitonidae

Caracterizados por un premaxilar que excluye al maxilar del borde la boca, con ausencia de escamas y la presencia de una pequeña aleta adiposa. Aleta dorsal ubicada anteriormente, sobre la aleta pélvica; aleta caudal bifurcada. El género *Aplochiton* presenta tres especies: *A. zebra* Jenyns "farionela listada", *A. marinus* "peladilla" y *A. taeniatus* "peladilla".



DIVERSIDAD DE ESPECIES

4.6. FLORA

4.6.1 FLORA VASCULAR

Sebastián Teillier A.

En esta sección se sigue principalmente a Marticorena (1995).

EL DESCUBRIMIENTO

El descubrimiento de Chile, desde el punto de vista de la botánica de las plantas vasculares, esta dado a partir de dos fuentes:

- Las colectas de naturalistas que participan en expediciones de navegantes destinadas a explorar el Nuevo Mundo, y que tenían en el estrecho de Magallanes y las islas del archipiélago de Juan Fernández, paradas frecuentes con el fin de reparar naves y recuperar a la tripulación de las penurias sufridas en el viaje.

- Los descubrimientos de los españoles que se iban afinando en Chile como parte del proceso de colonización, que se interesaban, a menudo, en las plantas desde el punto de vista de las propiedades medicinales que los indígenas les atribuían.

Al parecer las primeras colecciones hechas en nuestro país corresponden a George Handisyd, cirujano de la nave *Wellfare* en 1690. Posteriormente, el sacerdote francés Louis Feuillée, entre 1708-1710, colectó y estudió unos 98 especímenes. Algunos de los nombres científicos que propuso fueron validados por Linneo, el padre de la taxonomía. Éste, a su vez,

describió seis especies chilenas en los libros que sirven de base para la nomenclatura actual de la flora (1753, 1762).

Importantes aproximaciones al conocimiento de la flora austral de Chile realizan las expediciones inglesas de J. Cook (1768-1771), quien lleva a bordo, en un primer viaje a los naturalistas, J. Banks y J. Solander, los que en Tierra del Fuego colectan unas 180 plantas. En una segunda expedición a su mando, participan J. R. Forster y su hijo Georg, los que contribuyen al conocimiento de la flora de Magallanes.

Entre los españoles o criollos que se interesaron en conocer la flora nativa destaca ampliamente Juan Ignacio Molina, sacerdote jesuita considerado el primer botánico chileno. Expulsado de nuestro país, publica, en su exilio de Italia en 1782, el *Saggio sulla storia naturale del Chile*, en el que describe, según las reglas de la nomenclatura botánica de Linneo numerosas plantas; 34 nombres científicos propuestos por el sabio permanecen como válidos hasta hoy.

LAS EXPEDICIONES CIENTÍFICAS

La Colonia

El interés que despierta el Nuevo Mundo entre los gobernantes de Europa, los lleva a organizar expediciones que están destinadas expresamente a la búsqueda de fuentes de recursos naturales. Plantas que sirvan de alimento o de



Pycnophyllum sp. Llaretilla en el altiplano (Región de Arica y Parinacota). Foto: Jorge Herreros.

especies, plantas industriales, ornamentales y medicinales, están en la mira de los sostenedores de las expediciones.

La expedición más importante es la de los españoles H. Ruiz y J. Pavón, quienes llegan al Perú acompañados por el médico francés J. Dombey. La expedición les ha sido encomendada por el rey Carlos III y esta destinada, principalmente, a encontrar plantas de *Cinchona*, principales proveedoras de la quinina, un medicamento antipirético natural. La expedición arriba a Lima en abril de 1778 y explora por varios años la selva de ese país. En 1781, los naturalistas deciden viajar a Chile, país que hasta ese momento permanecía casi ignoto para la corona, al que llegan en enero de 1782. En nuestro país colectan primero en los alrededores de Concepción, hasta la cordillera de Nacimiento. En abril, viajan a Santiago, por tierra, colectando. En octubre ya están en Valparaíso y regresan al Perú. Los resultados de la expedición son presentados: *Flora peruviana et chilensis prodromus*, *Sistema vegetabilium florum peruviana et chilensis* y *Flora peruviana et chilensis*, de la que aparecieron sólo tres volúmenes. La contribución de estos botánicos al conocimiento de nuestra flora es una de las principales hasta nuestros días. Unos 120 nombres científicos propuestos por ellos permanecen válidos.

En 1789 llega a nuestro país la expedición española a cargo de Malaspina, que trae como naturalistas a Taddaeus Haenke (austriaco) y Luis Néé (francés). Estos visitaron principalmente el norte del país, colectando en las actuales provincias de Coquimbo y Ovalle. Haenke se quedó a vivir en Bolivia y Néé regresó a Europa con las muestras. Las plantas chilenas colectadas por Néé fueron estudiadas por el español Cavanilles y las de Haenke, años más tarde, por el alemán K. Presl.

En 1816 visita las costas de nuestro país una expedición rusa a bordo del barco Rurik. El naturalista a cargo de las colecciones es Adelbert von Chamisso, quien, además de naturalista, es poeta. Realizó colecciones en la costa de Concepción, sus plantas fueron estudiadas por él mismo o por botánicos contemporáneos alemanes. El itinerario de Chamisso incluye la isla de Pascua, donde colecta dos plantas y la desolada isla Sala y Gómez, de la que posteriormente escribe: "Salas y Gómez emerge de la marejada/del Pacífico, roca calva y desnuda/por el abrasante sol vertical quemada/zócalo sin hierba ni musgo alguno/que escogieron las aves en bandada/como refugio en el movido regazo marino."

La República naciente

A pocos años de proclamada la Independencia, los viajeros y expedicionarios se multiplican, aumentando sensiblemente los de origen inglés que habían tenido, de algún modo, vedado el territorio mientras pertenecía a la corona española. Muchos naturalistas de ese país visitan nuestro país: J. Miers, H. Cuming, J. Macrae, A. Caldcleugh, J. Gillies, A. Cruckshanks y T. Bridges, recorren el país colectando por encargo de instituciones como el Jardín de Kew y la Real Sociedad de Horticultura, interesados en "domesticar" plantas exóticas para fines ornamentales. Sus colecciones servirán, además, a varios botánicos para realizar estudios y describir numerosas nuevas especies para la ciencia. Entre los principales se encuentran W.J. Hooker y G. Arnott.

El italiano Carlo G. Bertero, es el primero en realizar una colección de plantas de la isla de Más a Tierra; además, colectó numeroso material en Chile continental, parte del que



lamentablemente se perdió trágicamente en un naufragio junto con su colector.

Eduard Poeppig, botánico alemán, realizó numerosas colecciones en nuestro país, aún en territorios conflictivos como lo era la cuenca del río Bio-Bío en los tiempos de la "Guerra a Muerte". Poeppig coleccionó unos 900 ejemplares de plantas entre 1827 y 1829. Muchos de sus hallazgos los publicó él mismo persistiendo unos 115 nombres entre los propuestos.

Ineludible resulta una mención a la visita del "Beagle", buque inglés que traía a Ch. Darwin, quién además de sus observaciones que haría famosas en sus publicaciones, instado por el botánico J. Henslow, colecta y herboriza plantas. Se conocen unos 1 000 números que portan su firma. Sus plantas fueron estudiadas por Hooker padre e hijo y Arnott, algunas de ellas, colectadas en Chile austral, resultaron especies nuevas para la ciencia.

El ciclo de grandes expediciones a Chile austral culmina, en cierto modo, con los viajes y la publicación de la Flora Antártica por el naturalista británico John D. Hooker (Hooker hijo), donde sintetiza los conocimientos sobre la flora regional hasta la fecha (1844-1847).

La Joven República

Claude Gay

En 1828 llega a nuestro país el naturalista francés C. Gay. A diferencia de otros expedicionarios, viene contratado por el gobierno de Chile para trabajar como docente. Traba amistad con C. Bertero quien lo interesa en el conocimiento de la flora de Chile. En 1830, ofrece al gobierno realizar investigaciones en el ámbito de las ciencias naturales, cuestión que

éste, personificado en Diego Portales, acepta y ante quien se compromete a realizar un viaje científico por el país.

Entre los años 1830 y 1841, Gay realizó numerosos viajes y colectó una gran cantidad de plantas. Él mismo estudió una parte de ellas, en tanto que el resto las envió al Museo de Historia Natural de París, donde al menos ocho colaboradores científicos las estudiaron. El material sirvió de base a la publicación de la parte de botánica de la obra "Historia Física y Política de Chile", de la que ocho volúmenes se ocupan de la flora de Chile. Es la primera flora integral que se publicará en nuestro país (1845-1854).

Es el fundador del Museo Nacional de Historia Natural que al momento de partir a Francia tendría unos 2 000 números, unos 1 500 colectados por él mismo y el resto por C. Bertero.

Rodolfo A. Philippi

En 1851 arriba al país el médico e investigador R.A. Philippi. En primera instancia se hace cargo del fundo de la familia en la localidad de San Juan, Valdivia, recién abierta a la colonización. En 1853 se hace cargo de las colecciones del Museo Nacional de Historia Natural, en Santiago; iniciando una tarea titánica de expediciones de colección, y la publicación de numerosos trabajos, tareas que llevará a cabo hasta en los últimos años de su vida.

Existen interesantes publicaciones donde da cuenta de sus numerosas expediciones. Entre ellas, destaca la destinada a conocer el desierto de Atacama y la parte alta de la provincia de Antofagasta (1853-1854), cuyos resultados publicó en el clásico "Viage al Desierto de Atacama", en 1860. Sólo en este viaje describió 19 géneros y 268 especies nuevas para la ciencia.



Puya alpestris ssp. *zollneri*, chagual o cardón. Foto: Jorge Herreros.

Entre 1852 y 1896, publicó unos 127 trabajos, muchos dedicados a describir nuevas especies de la flora vascular del país.

R.A. Philippi contó con la colaboración de al menos 113 colectores de plantas, lo que da una idea del interés que despertó su labor entre los chilenos “ilustrados” de la época. Como una manera de retribuirlos, dedicó nombres de géneros o especies nuevas a unos 20 de ellos.

Se calcula que unos 38 nombres de géneros y 1 270 de especies de flora vascular propuestos por él aún son aceptados.

Uno de sus más destacados colaboradores, y quien lo sucedería en la dirección del Museo es su hijo Federico, quien llevó a cabo una expedición a la provincia de Tarapacá y fue uno de los primeros en describir el fenómeno del “desierto florido”. En 1881 publicó un catálogo de la flora de Chile que resumía su conocimiento hasta entonces.

Entre los aportes de R.A. Philippi al desarrollo de la botánica se cuenta, además, la creación del primer jardín botánico en el país, que estaba ubicado en la Quinta Normal de Santiago y que lamentablemente dejó de existir en los años 1930.

Karl Reiche

Botánico alemán, llega a Chile en 1890 para hacer clases en el liceo de la ciudad de Constitución. En 1896 es llamado por R.A. Philippi para trabajar en el Museo Nacional de Historia Natural, siendo nombrado, a su jubilación, como jefe de la sección Botánica.

Reiche, había colaborado desde 1885, en una de las obras cumbres de la botánica de la época: Die Naturlischen Pflanzenfamilien que dirigía el célebre F. Engler, uno de los padres de la botánica moderna.

A partir de 1854, comienza a trabajar en lo que será la segunda flora que se publique en el país. Las entregas para ir formando la publicación se sucedieron entre ese año y 1911, quedando desgraciadamente inconclusa debido a que el autor por desavenencias con la conducción del museo, viajó para radicarse a México.

La “Flora de Chile” de K. Reiche es un instrumento de enorme valor para la investigación botánica en nuestro país, siendo una de las publicaciones más consultadas, aun en nuestros días. A diferencia de la flora de Gay, Reiche presenta claves para identificar muestras y no sólo descripciones, constituyéndola así en un material muy didáctico y útil. Se puede visitar on line en la URL: http://www.efloras.org/flora_page.aspx?flora_id=60.

Además de la “Flora de Chile”, escribió varios estudios taxonómicos y publicó un importante libro sobre la geografía de las plantas de Chile (1907) recientemente re-editado por la Cámara Chilena de la Construcción, bajo el cuidado de M. Muñoz y A. Moreira.

Federico Johow

Entre los profesores alemanes contratados por el Instituto Pedagógico durante la presidencia de J.M. Balmaceda, venía F. Johow, profesor de ciencias naturales. Arribó en 1889 y se desempeñó durante 33 años en dicho instituto.

Su más conocida y apreciada contribución al conocimiento de la flora vascular de Chile la constituye su obra “Estudio sobre la flora de las islas de Juan Fernández”, que publicó en 1896. Esta obra es una síntesis del conocimiento que hasta entonces existía sobre la flora de las islas e incluye, además de las descripciones de las especies, interesantes aportes sobre la evolución de la flora y las comunidades vegetales de las islas. Escribió, además, una “Flora de Zapallar” recientemente re-editada por la Universidad de Playa Ancha bajo el cuidado de la botánica Carolina Villagrán.

EL SIGLO XX

Durante el siglo XX dos vertientes alimentarán el conocimiento de la flora vascular de Chile, el que ya había echado buenos cimientos gracias a la labor de los naturalistas del siglo anterior.

LOS BOTÁNICOS EXTRANJEROS

El interés por la flora de Chile continuó atrayendo a botánicos del mundo.

Karl Skottsberg

Fitogeógrafo y sistemático sueco. Publicó sus trabajos entre 1900 y 1963. Visitó Chile en repetidas oportunidades como miembro de varias expediciones de ese país. Sus investigaciones la destinó al reconocimiento del territorio austral de Chile, a la zona central, al Parque Nacional Fray Jorge y a las islas Juan Fernández, Pascua y las Desventuradas. Los conocimientos sobre la flora de Chile insular los difundió en publicaciones como The Natural History of Juan Fernández and Easter Island. Contribuyó, además, con innumerables publicaciones sobre la geografía de las plantas del país.

Ivan M. Johnston

Botánico norteamericano. Llegó a Chile en 1925 para hacer estudios sobre la flora de la costa del Norte Grande, particularmente la de la zona del litoral entre Antofagasta y Chañaral. Llevó a cabo una expedición que acrecentó en mucho el conocimiento de esa zona. La costa de Antofagasta prácticamente no había sido vuelta a estudiar sistemáticamente desde los tiempos de R. A. Philippi. Sus hallazgos los publicó en su obra Papers on the flora of Northern Chile. Describió numerosas especies nuevas para la ciencia y le debemos tratamientos aún vigentes sobre Astragalus, Cryptantha, Heliotropium y Nolana, entre otros géneros.



Cactus en Punta de Lobos, Pichilemu (Región de O'Higgins). Foto: Jorge Herreros.

LOS BOTÁNICOS ARGENTINOS

Una serie de botánicos argentinos han realizado valiosos aportes al conocimiento de familias y géneros de plantas vasculares de Chile. Uno de los más destacados es A.L. Cabrera, experto en la familia de las asteráceas (compuestas) quien publicó revisiones de géneros tan importantes como *Chaetanthera*, *Mutisia* y *Senecio*. Las orquídeas fueron estudiadas por M.N. Correa, quien a la vez es editora de la Flora Patagónica un importante tratado, en varios volúmenes que incluyen numerosas especies también nativas en nuestro país. Contribuciones importantes han realizado otros especialistas como R. Rosow (escrofulariáceas, *Mizodendron*), C. Boelcke (brassicáceas-crucíferas), O. Crisci (*Leucheria*) y las expertas en gramíneas: E. Nicora y Z. Rúgolo de Agrasar.

En la actualidad ha resultado muy importante la labor del profesor F. Zuloaga quien mantiene una base de datos en la WEB sobre la flora del Cono Sur de Sudamérica; la información sobre la flora de Chile está muy completa, se mantiene al día y está on line en la página del Instituto Darwinion. El trabajo se inició a la par con la edición de una "Flora del Cono Sur" en la que tuvo como colaborador al botánico chileno Clodomiro Marticorena.

LOS BOTÁNICOS CHILENOS

El aporte del Museo Nacional de Historia Natural:

En 1911 F. Fuentes reemplazó a K. Reiche en el Museo Nacional de Historia Natural. Con sus investigaciones aportó al conocimiento de flora de isla de Pascua. Falleció en un trágico accidente mientras exploraba la provincia de Aysén. El mismo año llega al Museo Nacional el profesor y botánico

M. Espinosa, quien escribió numerosas publicaciones y acrecentó las colecciones.

La dirección de la sección Botánica en los años 60-70 recayó en C. Muñoz-Pizarro quien publicó la "Sinopsis de la Flora de Chile", una síntesis del conocimiento de la flora vascular, al nivel de géneros que incluía claves y muy buenas ilustraciones, muchas de ellas realizadas por Eugenio Sierra Rafols, un botánico catalán vecindado en el país. También, con ilustraciones excelentes de Sierra, publicó "Chile: plantas en extinción", un libro que ya en los años '60 llamaba la atención sobre un problema que se ha vuelto trágicamente actual. A su fallecimiento asume su hija Mélica Muñoz quien dirigirá la sección hasta su reciente retiro, período en que produjo numerosas publicaciones botánicas, particularmente en el área de la taxonomía, dedicándose al mismo tiempo al cuidado y acrecentamiento de las colecciones del herbario (SGO).

La Universidad de Concepción

En la Universidad de Concepción existe una prolongada tradición de investigación en sistemática y taxonomía de las plantas vasculares. En el departamento de Botánica han trabajado importantes botánicos como A. Pfister, quien fundó el herbario conocido con la sigla CONC, que por tamaño, hoy en día es el mayor del país. Contribuciones muy importantes para el conocimiento de nuestra flora vascular, tanto en colecciones como en publicaciones, han sido hechas por M. Ricardi, M. Quezada, O. Matthei, C. Marticorena y R. Rodríguez. De allí nacen publicaciones muy importantes como la revista *Gayana*, fundada en 1961, y continuada en nuestros días por *Gayana Botanica*; la "Flora Arbórea de Chile" de R. Rodríguez y colaboradores y las del proyecto "Flora de Chile" cuyos editores serían C. Marticorena y R. Rodríguez.



Otros centros

Trabajando fuera de estos importantes centros de cultivo de la ciencia botánica han destacado, entre otros, E. Kausel, que publicó revisiones sobre *Escallonia* y las mirtáceas. G. Looser, que publicó unos 170 trabajos sobre botánica y fue un importante difusor del conocimiento de los helechos del país, tanto del continente como de Juan Fernández; además fue un gran recolector de plantas. Otros importantes investigadores, docentes, difusores del conocimiento de las plantas que acrecentaron las colecciones de flora vascular fueron: A. Garaventa, H. Gunckel, G. Montero y E. Pisano. Mención aparte merece O. Zollner, profesor e investigador, extraordinario colector de plantas, que destacó por organizar el más importante herbario privado del país, que luego de su fallecimiento fue comprado por la Universidad de Concepción. A L.E. Navas botánica asociada por años a la escuela de Química y Farmacia de la Universidad de Chile le debemos la importante obra: "Flora de la cuenca de Santiago" en tres volúmenes, con claves para identificar las plantas e ilustraciones.

LA ACTUALIDAD

Si bien en nuestro país se mantienen los dos centros principales donde se investiga en sistemática y taxonomía de las plantas vasculares, el Museo Nacional de Historia Natural y el departamento de Botánica de la Universidad de Concepción, dichas instituciones desde el punto de vista de la investigación desde 2006 a la fecha se han debilitado por el retiro de importantes botánicos y su reemplazo por especialistas de áreas no necesariamente ligadas a dichas disciplinas.

Estudios de botánica centrados en la ecología, la conservación y en los patrones de diversidad de las plantas de Chile, son realizados en el departamento de Botánica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile; en tanto que estudios sobre ecología forestal y conservación, en el departamento de Ecología de la Universidad Católica de Chile. Finalmente, existen investigadores relacionados con el área de la botánica, aunque no directamente con la sistemática y la taxonomía, en las universidades, Católica de Santiago (agronomía), de Chile (ciencias forestales y agronomía), Austral de Valdivia, de La Serena, de Talca, Católica de Temuco, en el Instituto de la Patagonia y en el INIA.

II. ANALISIS DE LA DIVERSIDAD DE LA FLORA VASCULAR

En esta sección trataremos sobre la flora vascular, entendiendo por ella aquellas plantas que poseen estructuras internas para conducir la savia, el floema, y el agua con sus sales minerales, el xilema. Desde el punto de vista sistemático, ellas reúnen a las pteridofitas, que comprenden en Chile continental e insular, psilófitos, licopodios, equisetos y helechos; a las gimnospermas, que incluyen a las coníferas y a las efedras; y a las angiospermas, que reúnen a las plantas que tienen flores y frutos, clasificadas tradicionalmente en dicotiledóneas y monocotiledóneas.

1. Contexto mundial

Existen estimaciones muy diversas respecto del número de especies de flora vascular a nivel mundial. Para las pteridofitas se estima que serían del orden de las 12 000. Para las gimnospermas y angiospermas unidas, las estimaciones varían al menos entre 260 000 (Thorne, 2002) y 422 000

(Govaerts, 2001), en tanto que las gimnospermas solas estarían representadas por unas 742 especies (Mabberley, 1987) a 950 (P. Stevens com. pers.). En términos muy generales, las áreas de mayor riqueza de especies corresponden a las paleo y neotropicales, pues ella disminuye hacia las áreas de las altas latitudes.

El sistema de relaciones filogenéticas que comúnmente se expresa en el reconocimiento de géneros, familias, órdenes y taxones superiores, se encuentra actualmente en un importante proceso de modificación debido a la irrupción, desde la década de los 90's, de la biología molecular y los análisis de parentesco basados en los ácidos nucleicos. En relación con las pteridófitas y las gimnospermas, se ha establecido que se trata de grupos artificiales integrados por plantas de diverso origen, razón por la que deberían ser reclasificados. A pesar de ello y para facilitar la comprensión, en este trabajo nos seguiremos refiriendo a ellas como grupos. Respecto de las angiospermas, los trabajos moleculares están revolucionando del tal modo las relaciones filogenéticas que hemos conservadoramente mantenido el esquema antiguo con el fin de poder utilizar los datos estadísticos que se dispone. Al respecto, se sugiere visitar el sitio WEB del Angiosperm Phylogeny Group (APG), para estar al tanto de la evolución de las modificaciones: URL: <http://www.mobot.org/MOBOT/Research/APweb/welcome.html>.

2. Relaciones de la flora vascular de Chile con otras floras del mundo

Al igual que Sudamérica, en general, la flora vascular nativa de Chile presenta una combinación de elementos fitogeográficos, con presencia de familias, géneros y especies de diversos orígenes geográficos.

Las conexiones actuales de flora más evidentes son aquellas con los países vecinos. Con Perú, por ejemplo, se comparten las especies y géneros que crecen en el desierto costero y en el altiplano- la flora de éste último se extiende, a su vez, al oeste de Bolivia y al norte de Argentina. Con el mismo país, se comparte flora andina al sur de los 30 ° S y muchas especies de los bosques templados y de la Patagonia.

Un gran contingente de especies y géneros son de origen neotropical, por ello, compartimos muchos géneros con los bosques tropicales de Sudamérica e incluso de América Central. Por ejemplo, las *Cryptocarya* y *Persea* (*lauráceas*), *Chusquea* (*gramíneas*), *Fuchsia* (*onagráceas*), *Weinmannia* (*cunoniáceas*) y *Calceolaria* (*escrofulariáceas*), entre otros, dan cuenta de una flora común con esos bosques durante la era Terciaria. Por otro lado, géneros como *Azara* (*salicáceas*), *Myrceugenia* (*mirtáceas*), *Crinodendron* (*elaecarpáceas*), *Lithrea* (*anacardiáceas*), *Adesmia* (*fabáceas*) y *Quillaja* (*rosáceas*), muestran, en particular, una relación cercana con las floras actuales de Brasil, Argentina y Uruguay con las que se perdieron las conexiones a medida que se levantaba

la cordillera de los Andes entre el Plioceno y el Pleistoceno hace unos 13 millones de años.

Las conexiones con Australia y Nueva Zelanda, que existían mientras el territorio formaba parte de Gondwana, son reflejadas por géneros como *Nothofagus* (*nothofagáceas*), *Eucryphia* (*cunoniáceas*), *Aristotelia* (*elaecarpáceas*), *Hebe* (*escrofulariáceas*), *Luzuriaga* (*luzuriagáceas*) y *Berberidopsis* (*berberidopsidáceas*), entre muchas otras. Esta conexión se rompió con la desintegración del macrocontinente y con la apertura del paso de Drake que separó a Chile continental de la Antártica, hace poco menos de 29 millones de años.

Finalmente existen numerosos géneros y familias que muestran una relación con la flora templada del hemisferio boreal, que migró principalmente a lo largo de la cordillera de los Andes, allí destacan géneros que han tenido una importante evolución local como *Senecio* (*asteráceas*), con 220 especies, muchas endémicas del país; *Astragalus* (*fabáceas*), *Valeriana* (*valerianáceas*) y *Berberis* (*berberidáceas*). Una serie de géneros tales como *Larrea* (*zigofiláceas*), *Madia* (*asteráceas*), *Clarkia* (*onagráceas*), *Microseris* (*asteráceas*) y aún especies como *Phacelia secunda* (*hidrofiláceas*), relacionan la flora de los ambientes áridos de Chile con la de Norteamérica.

3. La diversidad de especies

La flora vascular de Chile es del orden de unas 5 500 a 6 000 especies, sin incluir subespecies y variedades, entre las que se incluyen unas 650-700 plantas alóctonas asilvestradas (Marticorena & Quezada, 1985, Marticorena, 1990).

Si bien el número de especies comparado con otros países sudamericanos no es muy alto, el rasgo más destacado de nuestra flora vascular es su marcadísima singularidad (Marticorena, 1990), con un 50 % de especies endémicas del país. Este alto grado de endemismo se debe a la virtual condición de insularidad que tiene Chile continental cuya flora vascular ha evolucionado en un marco de aislamiento geográfico conferido principalmente por el desierto de Atacama, la cordillera de los Andes y el océano Pacífico. El grado de endemismo se incrementa, además, si se consideran las floras insulares, únicas, de los archipiélagos de Juan Fernández y de las islas Desventuradas.

Respecto de la flora alóctona asilvestrada, de acuerdo con Matthei (1995), la mayor parte de las especies son de origen euro-asiático (60%) y cerca de un 33 %, americanas. Muchas de ellas como las zarzamoras del género *Rubus* (*rosáceas*), la rosa mosqueta, *Rosa rubiginosa* (*rosáceas*), el aroma, *Acacia dealbata* (*fabáceas*), el espinillo, *Ulex europaeus* (*fabáceas*) y la hierba del rocío, *Mesembrianthemum crystallinum* (*ai-zoáceas*), se han transformado en especies invasoras, que en muchos sectores han desplazado a la flora nativa.



Eulychnia acida, copao, en el desierto florido (Región de Atacama). Foto: José Cañas.

Tabla 1. Especies nuevas para la ciencia o nuevas para Chile descritas entre 2008 y 2014.

Nombre científico	Familia
Nativas, nuevas para la ciencia	
<i>Chaetanthera kalinae</i>	Asteráceas
<i>Chaetanthera pubescens</i>	Asteráceas
<i>Haplopappus maulinus</i>	Asteráceas
<i>Haplopappus nahuelbutae</i>	Asteráceas
<i>Haplopappus pusillus</i>	Asteráceas
<i>Haplopappus racemiger</i>	Asteráceas
<i>Haplopappus setulosus</i>	Asteráceas
<i>Haplopappus undulatus</i>	Asteráceas
<i>Haplopappus valparadisiacus</i>	Asteráceas
<i>Haplopappus vicuniensis</i>	Asteráceas
<i>Kieslingia chilensis</i>	Asteráceas
<i>Leucheria graui</i>	Asteráceas
<i>Oriastrum tarapacensis</i>	Asteráceas
<i>Oriastrum werdermannii</i>	Asteráceas
<i>Pseudognaphalium munoziae</i>	Asteráceas
<i>Cryptantha mariorcardiana</i>	Boragináceas
<i>Ivania juncaensis</i>	Brassicáceas
<i>Sibara dilloniorum</i>	Brassicáceas
<i>Calceolaria philippii</i>	Calceolariáceas
<i>Eleocharis cordillerana</i>	Ciperáceas
<i>Weberbauerella chilensis</i>	Fabáceas
<i>Isoetes araucaniana</i>	Isoetáceas
<i>Loasa mollensis</i>	Loasáceas
<i>Bipinnula gabriel</i>	Orquidáceas
<i>Gavilea gladysiae</i>	Orquidáceas
<i>Paspalum chilense</i>	Poáceas
<i>Nolana diana</i>	Solanáceas
<i>Nolana lachimbensis</i>	Solanáceas
<i>Nolana onoana</i>	Solanáceas
<i>Nolana philippiana</i>	Solanáceas
<i>Nolana reichei</i>	Solanáceas
<i>Viola gelida</i>	Violáceas
Nativas, re-establecidas como especies válidas	
<i>Alstroemeria citrina</i>	Alstroemeríaceas
<i>Alstroemeria parvula</i>	Alstroemeríaceas
<i>Calceolaria caleuana</i>	Calceolariáceas
Nativas, nuevas para Chile	
<i>Eremocharis confinis</i>	Apiáceas
<i>Hydrocotyle cryptocarpa</i>	Apiáceas
<i>Cerastium mucronatum</i>	Cariofiláceas
<i>Ephedra ochreatea</i>	Efedráceas
<i>Gavilea patagonica</i>	Orquidáceas
<i>Primula comberi</i>	Primuláceas
<i>Salpichroa scandens</i>	Solanáceas
<i>Salpichroa tristis var lehmannii</i>	Solanáceas
<i>Valeriana moyanoi</i>	Valerianáceas
Alóctonas asilvestradas nuevas para Chile	
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	Amarantháceas
<i>Argyranthemum frutescens</i>	Asteráceas
<i>Senecio madagascarensis</i>	Asteráceas
<i>Tragopogon dubius</i>	Asteráceas
<i>Volutaria tubuliflora</i>	Asteráceas
<i>Buglossoides arvensis</i>	Boragináceas
<i>Heliotropium amplexicaule</i>	Boragináceas
<i>Brassica tournefortii</i>	Brassicáceas
<i>Chorispota tenella</i>	Brassicáceas
<i>Sinapis arvensis</i>	Brassicáceas
<i>Lupinus luteus</i>	Fabáceas
<i>Geranium purpureum</i>	Geraniáceas
<i>Romulea rosea</i>	Iridáceas
<i>Sparaxis bulbifera</i>	Iridáceas
<i>Juncus bulbosus</i>	Juncáceas
<i>Danthonia decumbens</i>	Poáceas
<i>Phalaris paradoxa</i>	Poáceas
<i>Fallopia japonica</i>	Poligonáceas
<i>Fallopia sachalinensis</i>	Poligonáceas

Fuente: Zuloaga, catálogo de la flora del Cono Sur (<http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/fa.ht>, consultada 10-04-2015).

INVASIÓN DE PLANTAS EXÓTICAS EN CHILE

Pablo Becerra

Las actividades del hombre han afectado significativamente la composición y la estructura de las comunidades naturales de diferentes maneras. Una de ellas ha sido la introducción, intencional o no, de especies originarias de áreas biogeográficas distintas, a las que se las ha denominado exóticas, alóctonas o introducidas.

Algunas de estas especies consiguen reproducirse y regenerarse en áreas cercanas a donde fueron introducidas, las cuales son denominadas naturalizadas o asilvestradas. Parte de estas especies logran dispersarse y formar poblaciones permanentes en lugares diferentes a los de introducción (Richardson et al., 2000). Cuando la presencia de una de estas especies implica un riesgo para el ecosistema y biodiversidad nativa de un área, la especie es considerada invasora. Así, el Convenio sobre la Diversidad Biológica (1992) propuso que una especie invasora se define como aquella especie foránea que amenaza los ecosistemas, hábitats y especies de un área determinada,

Los factores que determinan que una especie invada un área natural son en primera instancia aquellos que regulan su dispersión y, posteriormente, los que afectan su sobrevivencia y reproducción tales como el ambiente biótico –las otras especies– y abiótico–los factores físicos del medio. Por ejemplo, las especies exóticas plantadas en las ciudades y zonas rurales constituyen un importante pool de especies disponible para dispersarse hacia zonas naturales próximas. Una vez que tiene lugar la dispersión, el hábitat y la cobertura de la vegetación han sido documentados como los atributos del ambiente que más influyen en el éxito o fracaso de las invasiones.

En general se ha observado que ambientes más moderados climáticamente y con menores coberturas de vegetación incrementan la probabilidad de invasión. No obstante, los ambientes más extremos e incluso los terrenos con altas coberturas de vegetación, también han llegado a ser invadidos.

Las plantas exóticas asilvestradas en Chile han sido descritas por Arroyo et al. (2000) y Castro et al. (2005). Matthei (1995) hace una descripción en particular de las que se consideran malezas donde incluso se cita a algunas especies nativas. Teillier et al. (2003) describen las especies alóctonas asilvestradas, leñosas. Los datos conocidos a nivel nacional indican que las especies exóticas en Chile continental alcanzaban en 1990 a unas 707 especies, equivalentes al 11,6% de la flora vascular chilena, cantidad en un continuo incremento (véase la Tabla 1). La mayor representación en familias la tienen las poáceas o gramíneas, las asteráceas o compuestas y las fabáceas o leguminosas. La mayoría de ellas son hierbas y la mayor parte, anuales. Su origen principal es euroasiático.

Las especies exóticas asilvestradas muestran una amplia variedad de rangos de distribución geográfica en Chile; algunas de ellas crecen en una sola región administrativa mientras que otras como *Erodium cicutarium* (geraniáceas), *Medicago sativa* (fabáceas) y *Chenopodium album* (chenopodiáceas), se encuentran en las quince regiones del país. Las especies de carácter herbáceo que llegaron al país antes de 1900 tienen un rango de distribución más extensa. Las regiones con mayor número de especies exóticas asilvestradas son las del Biobío, Valparaíso y Metropolitana.



Chagual o cardón (*Puya chilensis*) en Bioparque Puquén, Los Molles (región de Valparaíso). Foto: Jorge Herreros.

En la Tabla 1 se muestra la progresión del conocimiento de la flora vascular de Chile desde 2006. Se incluyen las especies nuevas para la ciencia; las nativas que han resultado ser nuevas para Chile, pero que ya habían sido descritas para otros países, y las alóctonas que se han detectado como asilvestradas.

ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD POR GRUPO SISTEMÁTICO

A. DIVERSIDAD EN LOS PTERIDÓFITOS

Los pteridofitos chilenos pertenecen a los siguientes grupos taxonómicos, tratados en la literatura de especialidad como divisiones o clases: los helechos (Pteridophyta o Polypodiophyta), los licopodios (Lycopodiophyta), las yerbas del platero o colas de caballo (Sphenophyta) y los psilotos (Psilophyta). Para cada grupo la riqueza de taxones se muestra en la Tabla 2.

La riqueza de familias alcanza a 27, un 60 % de las que existen hoy en el mundo; la mayoría pertenece a las Los pteridófitos (helechos). No hay familias endémicas de Chile, ni continental ni insular. Psilotaceae y Vittariaceae, no se encuentran más que en la Isla de Pascua.

La riqueza de géneros alcanza a unos 57, de los que la mayoría son también pteridófitos. Thyrsopteris (dicksoniáceas)

e *Hymenoglossum* (himenofiláceas), ambos con una especie cada uno, son endémicos de Juan Fernández y Chile continental, respectivamente. Los géneros con mayor número de especies son *Hymenophyllum* (19, himenofiláceas), *Blechnum* (12, blechnáceas), *Asplenium* (10, aspleniáceas), *Cheilanthes* (9, adiantáceas), *Adiantum* (7, adiantáceas), *Polystichium* (7, driopteridáceas).

La riqueza de especies de los tres grupos alcanza a unas 180, entre los que los helechos propiamente tales son la gran mayoría, con unas 165. En relación con la riqueza mundial de pteridófitos, las 180 especies nativas representan un 1,5% de ellas. En relación con su grado de endemismo, 47 especies lo son del país; de ellas, 17 de Chile continental, 25 de Juan Fernández y 5 de Isla de Pascua. Existe sólo una especie alóctona asilvestrada en Chile continental: *Salvinia auriculata* (salviniáceas).

En Chile continental crecen 114 pteridófitos, de las que un 15 % serían endémicas de este territorio (Rodríguez, 1995). Desde el punto de vista de la representatividad regional; en el altiplano, destacan especies de *Cheilanthes* y *Notholaena* compartidas con los países vecinos; en los oasis de neblina del litoral del Norte Grande, como en el morro Moreno y en los cerros de Paposos y Taltal, crecen *Asplenium fragile* var. *lomense*, *Polypodium espinosae* (polipodiáceas), dos rarezas de la flora de Chile, en la zona mediterránea, destacan por su número de especies, *Adiantum*, con *A. gertrudis* y *A. pearcei*

Tabla 3. Distribución de las especies de *Hymenophyllum* (Pteridophyta, Hymenophyllaceae) en Chile

Especies	Endémicas de Chile Continental	Endémicas de Juan Fernández	Endémicas de Chile	Compartidas sólo con Argentina	Amplia distribución
<i>Hymenophyllum caudiculatum</i>					*
<i>Hymenophyllum cuneatum</i>			*		
<i>Hymenophyllum darwinii</i>				*	
<i>Hymenophyllum dentatum</i>				*	
<i>Hymenophyllum dicranotrichum</i>	*				
<i>Hymenophyllum falklandicum</i>				*	
<i>Hymenophyllum ferrugineum</i>					*
<i>Hymenophyllum fuciforme</i>	*				
<i>Hymenophyllum krauseanum</i>				*	
<i>Hymenophyllum nahuelhuapiense</i>				*	
<i>Hymenophyllum pectinatum</i>				*	
<i>Hymenophyllum peltatum</i>					*
<i>Hymenophyllum plicatum</i>				*	
<i>Hymenophyllum rugosum</i>		*			
<i>Hymenophyllum secundum</i>				*	
<i>Hymenophyllum seselifolium</i>					*
<i>Hymenophyllum tortuosum</i>				*	
<i>Hymenophyllum tunbridgense</i>					*
<i>Hymenophyllum umbratile</i>				*	
Total de especies	2	1	1	11	5

Fuente. Rodríguez, 1995; Larsen et al., 2013.

como endémicas y *Blechnum hastatum* (quilquil) y *Cheilanthes hypoleuca* (doradilla), por frecuencia; en los bosques templados y húmedos del sur la riqueza es mucho mayor, destacando por su tamaño *Blechnum magellanicum*, único helecho arbóreo de Chile continental, y *Lophosoria quadripinnata* (palmilla, ampe), con sus frondas de hasta un metro de longitud, contrastan con ellos los pequeños y frecuentemente epífitos *Asplenium*, *Grammitis* y las himenofiláceas *Hymenophyllum*, *Hymenoglossum* y *Serpyllopsis*.

Los pteridófitos de Juan Fernández alcanzan a unas 53 especies, lo que representa casi un 10 % de la flora vascular de la isla, una alta riqueza si se la compara con la de Chile continental donde sólo alcanza a un 2,16 % (Barrera, 1997); casi un 50 % de ellas son endémicas del archipiélago. Destacan por su endemismo y tamaño *Dicksonia berteriana* y *D. externa* (dicksoniáceas) que pueden alcanzar hasta 7 m de altura; entre las especies con formas de crecimiento particular se encuentra el helecho trepador, *Arthropteris altescandens* (oleandráceas).

Para la Isla de Pascua se han reportado 16 especies de pteridófitos de las que cinco, son endémicas de la isla. Entre ellas *Doodia paschalis* (blechnáceas), *Elaphoglossum skottsbergii* (lomariopsidáceas), *Diplasium fuenzalidae* (woodsíáceas) y *Polystichum fuentesii* (driopteridáceas). Destaca, además, *Psilotum nudum* (psilotáceas), miembro de una clase de pteridófitos que no se encuentra ni en Chile continental, ni en Juan Fernández.

Tabla 2. Riqueza taxonómica de los pteridófitos.

División	Familias	Géneros	Especies	Especies	
				endémicas	alóctonas
Lycopodiophyta	3	3	9	1	1
Sphenophyta	1	1	2	0	0
Psilophyta	1	1	1	0	0
Pteridophyta	22	52	167	47	0

Fuentes: Marticorena (1985), Marticorena (1990), Rodríguez (1995), Zuloaga & Belgrano, base de datos Cono Sur (<http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/fa.htm>)

Hymenophyllum, el género más rico de los helechos en Chile

Los *Hymenophyllum* son conocidos como "helechos pe-lícula" por la delgadez de sus hojas (frondas). Se trata de helechos muchas veces estrictamente epífitos, es decir, que crecen obligadamente sobre la corteza de algún árbol y se encuentran siempre bajo la protección del dosel de los bosques, se los encuentra con más frecuencia desde la cuenca del Maule al sur. En la Tabla 3 (página anterior) se muestra la distribución de las especies en el país, se observa que existen cuatro especies endémicas de Chile, considerando las de Chile Continental, las de Juan Fernández y las compartidas entre ambos; once compartidas sólo con Argentina y cinco de amplia distribución. Su importante dependencia del bosque ha hecho que a muchos de ellos en Chile se los considere entre las especies amenazadas. Un tratamiento reciente de su taxonomía se encuentra en

Tabla 4. Lista de las especies de gimnospermas silvestres en Chile

División y Familia	Género	Especie	Nombre vulgar	Origen geográfico	Distribución (Regiones)
PINOPHYTA					
Araucariaceae	<i>Araucaria</i>	<i>araucana</i>	Araucaria, pehuén	Nativa	VIII-X
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>radiata</i>	Pino insigne	Alóctona	V-XI
		<i>contorta</i>		Alóctona	IX-XIV
		<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Pino de Oregón	Alóctona	IX-XIV
Cupressaceae	<i>Austrocedrus</i>	<i>chilensis</i>	Ciprés de la cordillera	Nativa	V-X
	<i>Fitzroya</i>	<i>cupressoides</i>	Alerce	Nativa	X
	<i>Pilgerodendron</i>	<i>uviferum</i>	Ciprés de las Guaitecas	Nativa	X-XII
Podocarpaceae	<i>Lepidothamnus</i>	<i>fonkii</i>	Ciprés enano	Nativa	X-XII
	<i>Podocarpus</i>	<i>nubigena</i>	Mañío de hojas punzantes	Nativa	VII-XI
		<i>saligna</i>	Mañío de hoja larga	Endémica	VII-X
	<i>Prumnopitys</i>	<i>andina</i>	Lleuque, uva de la cordillera	Endémica	VII-X
	<i>Saxegothaea</i>	<i>conspicua</i>	Mañío hembra	Nativa	VII-XI
GNETOPHYTA					
Ephedraceae	<i>Ephedra</i>	<i>breana</i>	Pingo-pingo, solupe	Nativa	I-IV
		<i>chilensis</i>	Pingo-pingo, solupe	Nativa	III-IX
		<i>frustillata</i>		Nativa	VII-XII
		<i>gracilis</i>	Pingo-pingo	Endémica	III-RM
		<i>multiflora</i>	Pingo-pingo	Nativa	I-II
		<i>rupestris</i>		Nativa	I-IV
		<i>trifurcata</i>		Endémica	V

Fuente: Marticorena C. & R. Rodríguez 1995. Matthei, 1995; Zuloaga & Belgrano, base de datos Cono Sur (URL <http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/fa.htm>).



Stachys sp. Foto: José Cañas.

Larsen et al. (2013) los que han incluido en *Hymenophyllum* a las especies de los géneros relacionados *Hymenoglossum* y *Serpyllopsis*, lo que aumentaría su riqueza a 22 especies.

B. DIVERSIDAD EN LAS GIMNOSPERMAS

Las gimnospermas comprenden varios grupos filogenéticos (Divisiones) y en conjunto, a nivel mundial, alcanzan a unas 14 familias, 82 géneros y 947 especies. En nuestro país, están representadas por dos grupos de plantas: las coníferas propiamente tales incluidas entre las pinófitas con nueve especies nativas, y las gnetófitas con *Ephedra* (efedráceas) como único género, con siete especies nativas. Una lista de ellas donde se muestra el nombre vulgar, el origen geográfico y la distribución regional en nuestro país se muestra en el Tabla 4. Estas 16 especies nativas representan un 1,6 % de las especies del grupo en el mundo.

Entre las coníferas nativas se encuentran especies de araucariáceas, cupressáceas y podocarpáceas. La familia con más especies es la de las podocarpáceas, con cinco (Rodríguez & Quezada, 1995). Tres géneros de cupressáceas, *Austrocedrus*, *Fitzroya* y *Pilgerodendron*, además de *Saxegothaea* (podocarpáceas), son endémicos del sur de Sudamérica y monotípicos. Dos especies son endémicas de Chile: el mañío de hojas largas, *Podocarpus saligna* (podocarpáceas) y el lleuque o uva de la cordillera, *Prumnopitys andina* (podocarpáceas). *Pinus radiata*, *Pinus contorta* y *Pseudotsuga menziesii* (pino de Oregón, pináceas) son pináceas exóticas, asilvestradas, a menudo reportadas como invasoras.

Entre los aspectos más resaltantes de las coníferas chilenas se cuentan:

Los alerces (*Fitzroya cupressoides*), se encuentran entre los árboles más longeivos de la Tierra. Para un individuo se ha estimado la edad, con base en el conteo de anillos, en 3613 años, siendo en la actualidad el segundo árbol más longevo del planeta.

El ciprés enano de las turberas (*Lepidothamnus fonkii*), que crece en las cordilleras del sur de Chile, es una de las coníferas más pequeñas del mundo, con tallos que rara vez superan los 30 cm de altura.

El ciprés de las Guaitecas (*Pilgerodendron uviferum*), es la conífera que alcanza las latitudes más australes en el planeta.

Entre las gnetófitas, las *Ephedra* presentan en Chile siete especies (Matthei, 1995). Se trata de arbustos que crecen en una amplia diversidad de ambientes. *E. gracilis* y *E. trifurcata* son endémicas de Chile.

Las gimnospermas constituyen un grupo bien conocido desde el punto de vista de la sistemática. Siendo *Ephedra* el único que presenta dificultades en la sistemática y determinación de sus especies.

C. DIVERSIDAD DE LAS MAGNOLIÓFITAS (ANGIOSPERMAS)

A. RIQUEZA TAXONÓMICA

Las Angiospermas, al nivel mundial, reúnen al menos a unas 223 300 especies, reunidas en 13 208 géneros, 442 familias y 56 órdenes (sitio web APG, 2015).

Riqueza y endemismo al nivel de las familias

En Chile se encuentran representadas al menos unas 160 familias (Marticorena & Quezada, 1985), las que representarían más de un tercio de las familias en el mundo. Las más diversas son las asteráceas (compuestas), con más de 930 especies; las poáceas (gramíneas), con unas 560 y las fabáceas (leguminosas), con unas 370; familias que sobrepasan las 100 especies son las boragináceas, las cactáceas, las brassicáceas (crucíferas), las malváceas, las oxalidáceas, las escrofulariáceas (sensu lato), las solanáceas, las apiáceas (umbelíferas), las violáceas y las ciperáceas.

Dos familias son endémicas del país: las gomortegáceas, representada sólo por *Gomortega keule*, árbol endémico de Chile sur-mediterráneo que crece desde la Región del Maule hasta la de la Araucanía, y las lactoridáceas, por *Lactoris fernandeziana*, endémica, a su vez, del archipiélago de Juan Fernández. Otras familias tienen la categoría de endemismos regionales, ya que son compartidas sólo con países vecinos tales como las philesiáceas y las aextoxicáceas (con Argentina) y las malesherbiáceas (con Argentina y Perú).

Destaca el nivel del endemismo en familias de dicotiledóneas como las loasáceas con un 77 % de las especies endémicas de Chile. Entre las monocotiledóneas, las dioscoreáceas tienen casi un 100 %, las amarilidáceas un 85 %, las bromealiáceas un 84 % y las liliáceas un 80 %.

Las asteráceas (compuestas) en Chile

La familia se caracteriza por sus flores dispuestas en cabezuelas. Son polinizadas normalmente por insectos, aunque en condiciones de ausencia o escasa presencia de ellos, existen especies que son polinizadas por el viento. Respecto de su tremenda riqueza, interpretada como "éxito evolutivo", se atribuye a que las plantas de la familia portan en su interior una sofisticada batería química que las protege con eficiencia de sus predadores. En los últimos años se ha sugerido que el origen filogenético de la familia estaría en Sudamérica.

Las asteráceas en Chile son principalmente arbustos y hierbas perennes. La presencia de dos especies arbóreas como *Dasyphyllum diacanthoides* y *D. excelsum*, constituye una rareza en la familia.

Es la familia con la mayor riqueza de especies del país, las que superan las 900. 16 géneros son endémicos de Chile continental o insular. Cerca de un 50 % de las especies de Chile continental son endémicas y alrededor de un 10 % de la riqueza esta constituida por especies introducidas. Senecio

y *Haplopappus* destacan por su alto número de especies, el primero con más de 200, es el género más rico en Chile, y el segundo, posee cerca de 60. *Baccharis* si bien no tiene tantas especies, presenta una distribución geográfica muy amplia y se encuentra en prácticamente todas las comunidades vegetales de Chile continental. *Kieslingia chilensis* es un género monotípico endémico de Atacama recientemente descrito por Saldivia et al. (2104).

Las cactáceas en Chile

Las cactáceas constituyen una familia de difícil clasificación, lo que ha dado lugar a numerosos estudios que se resuelven en diferentes números de géneros y especies. En Chile, el número de especies es del orden de un centenar. La mayor parte de ellas crecen en el Norte Grande y en el Norte Chico, tanto en la costa como en el interior, decreciendo la riqueza hacia la cordillera de los Andes.

Los cactus chilenos ocupan prácticamente todo el espectro de las formas de crecimiento conocidas para la familia. En el grupo de las grandes cactáceas columnares destacan *Browningia candelaris* y *Trichocereus atacamensis*, del Altiplano de Tarapacá y Antofagasta respectivamente; algo menores en tamaño son *Trichocereus chilensis*, el quisco de la Zona Central, y los copaos y sus parientes pertenecientes a *Eulychnia*, un género prácticamente endémico de nuestro país. Los cactus globulosos que forman colonias, están magníficamente representados por numerosas *Copiapoa*; aquellos solitarios, por *Eriosyce*, *Neoporteria* y *Pyrrhocactus*, los cactus con tallos articuladas por varios *Maihuenopsis*, *Cumulopuntia sphaerica*, con artículos redondos o cilíndricos como los de *Austrocylindropuntia miquelii*. Un grupo ecológicamente muy interesante son los cactus geófitos que tienen la parte principal de su cuerpo enterrado, como *Copiapoa hypogea* y *Pyrrhocactus napinus*. Otro aspecto, no menos importante de destacar respecto de las especies de la familia es su alto nivel de amenaza.

Las gramíneas en Chile

Las gramíneas constituyen una familia con enorme importancia económica dado que incluyen especies tales como el trigo, el arroz y el maíz, que son la base de la alimentación mundial.

Son plantas herbáceas, aunque por excepción, presentan especies con tallos duros como las quilas y los coligues (*Chusquea*). Tienen las flores adaptadas para la polinización por viento, de allí que sean morfológicamente muy simples e inaparentes.

En términos generales, por la homogeneidad morfológica de sus partes reproductivas y de su hábito, son especies de difícil clasificación e identificación. Para Chile continental se han descrito unas 560 especies, siendo *Poa*, *Festuca*, *Agrostis*, *Deyeuxia* y *Bromus*, los géneros más ricos. Un género (*Gymnanche*) y unas 130 especies son endémicas de Chile

continental. 151 especies son alóctonas asilvestradas las que constituyen un 20 % de la flora introducida. En las islas de Juan Fernández existen dos géneros endémicos: *Podophorus* y *Megalachne*, y unas seis especies.

Las gramíneas en nuestro país definen el carácter del paisaje altoandino y de la Patagonia, donde forman estepas de amplia extensión conocidas con el nombre de pajonales y coironales. En los bosques intervenidos de Chile central y sur, son muy frecuentes y abundantes las *Chusquea*, especialmente *Ch. culeou*, *Ch. cumingii* y *Ch. quila*.

Dos especies nativas de *Bromus* fueron fuente importante de granos para los mapuche, *Bromus mango*, especie aparentemente extinta y *Bromus berterianus*, hierba anual, muy frecuente en Chile central de la que se ha perdido el uso.

Finalmente entre las especies con potencial ornamental citamos a varias del género *Cortaderia*, conocidas como colas de zorro.

Orquidáceas en Chile

Una de las familias con mayor número de especies, al nivel mundial, es la de las orquídeas cuyas flores son consideradas entre las más llamativas existentes. Las orquídeas representan uno de los puntos más altos en la adaptación de las flores a la polinización por insectos y aves. La mayor riqueza de especies de orquídeas se encuentra en los bosques tropicales, sin embargo, la familia tiene una amplia distribución geográfica y ecológica.

Para nuestro país se han descrito unas 50 especies, poco más de la mitad endémicas. La mayor parte pertenece al género *Chloraea*. Desde el punto de vista geográfico crecen desde el altiplano de la Región de Tarapacá (Aa), hasta la Tierra del Fuego (*Gavilea*) y una especie, *Gavilea insularis* crece en la isla Alejandro Selkirk.

Las orquídeas nativas son hierbas perennes, terrestres, provistas con raíces tuberosas y, al igual que otras especies de la familia, sus raíces crecen asociadas a hongos que les proveen parte de la alimentación. Si bien sus flores no poseen el tamaño ni la apariencia de las de las orquídeas tropicales, las de las nativas presentan formas igualmente interesantes y llamativas, especialmente aquellas de *Bipinnula spp.* y *Codonorchis lessoni*. En general, se sabe muy poco acerca de su biología reproductiva y de sus posibilidades de cultivo.

Riqueza y endemismo al nivel de los géneros

Existen unos 970 géneros de angiospermas en Chile; los que representarían cerca de un 7 % de los géneros al nivel mundial; el promedio de especies por género alcanza a unas 5,6; los más diversos son: *Senecio* (asteráceas-compuestas) con más de 250, *Adesmia* (fabáceas-leguminosas) con cerca de 140, *Oxalis* (oxalidáceas) con más de 120 y el complejo *Eriosyce-Neoporteria-Pyrrhocactus* (cactáceas) y *Viola* (violáceas) ambas con cerca de 100 especies.



Yara, sus flores son llamadas chumichumi (*Dunalia spinosa*) en La Precordillera de Parinacota (Región de Arica y Parinacota). Foto: José Cañas.

Tabla 5. Géneros de angiospermas endémicos de Chile

División	Género	Familia	Área de endemismo	División	Género	Familia	Área de endemismo
Pteridophyta	<i>Thyrsopteris</i>	Dicksoniaceae	Juan Fernández	Magnoliophyta	<i>Sanctambrosia</i>	Caryophyllaceae	Desventuradas
Pteridophyta	<i>Hymenoglossum</i>	Hymenophyllaceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Epipetrum</i>	Dioscoreaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Erinna</i>	Alliaceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Valdivia</i>	Escalloniaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Garaventia</i>	Alliaceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Adenopeltis</i>	Euphorbiaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Gethyum</i>	Alliaceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Avellanita</i>	Euphorbiaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Gilliesia</i>	Alliaceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Francoa</i>	Francoaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Leucocoryne</i>	Alliaceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Tetilla</i>	Francoaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Speea</i>	Alliaceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Sarmienta</i>	Gesneriaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Leontochir</i>	Alstroemeriaceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Gomortega</i>	Gomortegaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Placea</i>	Amaryllidaceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Calydorea</i>	Iridaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Traubia</i>	Amaryllidaceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Lactoris</i>	Lactoridaceae	Juan Fernández
Magnoliophyta	<i>Homalocarpus</i>	Apiaceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Cuminia</i>	Lamiaceae	Juan Fernández
Magnoliophyta	<i>Juania</i>	Arecaceae	Juan Fernández	Magnoliophyta	<i>Lardizabala</i>	Lardizabalaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Jubaea</i>	Arecaceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Trichopetalum</i>	Laxmanniaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Acrisone</i>	Asteraceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Scyphantus</i>	Loasaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Calopappus</i>	Asteraceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Desmaria</i>	Loranthaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Centaurodendron</i>	Asteraceae	Juan Fernández	Magnoliophyta	<i>Notanthera</i>	Loranthaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Dendroseris</i>	Asteraceae	Juan Fernández	Magnoliophyta	<i>Dinemagonum</i>	Malpighiaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Gypothamnium</i>	Asteraceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Dinemandra</i>	Malpighiaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Kieslingia</i>	Asteraceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Peumus</i>	Monimiaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Leptocarpha</i>	Asteraceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Legrandia</i>	Myrtaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Lycapsus</i>	Asteraceae	Desventuradas	Magnoliophyta	<i>Lapageria</i>	Philesiaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Marticoarena</i>	Asteraceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Anisomeria</i>	Phytolaccaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Moscharia</i>	Asteraceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Ercilla</i>	Phytolaccaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Oxyphyllum</i>	Asteraceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Gymnanche</i>	Poaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Pleocarphus</i>	Asteraceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Megalachne</i>	Poaceae	Juan Fernández
Magnoliophyta	<i>Podanthus</i>	Asteraceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Podophorus</i>	Poaceae	Juan Fernández
Magnoliophyta	<i>Robinsonia</i>	Asteraceae	Juan Fernández	Magnoliophyta	<i>Trevoa</i>	Rhamnaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Thamnoseris</i>	Asteraceae	Desventuradas	Magnoliophyta	<i>Pitavia</i>	Rutaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Yunquea</i>	Asteraceae	Juan Fernández	Magnoliophyta	<i>Llagunoa</i>	Sapindaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Nesocaryon</i>	Boraginaceae	Desventuradas	Magnoliophyta	<i>Latua</i>	Solanaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Selkirkia</i>	Boraginaceae	Juan Fernández	Magnoliophyta	<i>Phrodus</i>	Solanaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Agallis</i>	Brassicaceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Vestia</i>	Solanaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Hollermayera</i>	Brassicaceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Conanthera</i>	Tecophilaeaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Ivania</i>	Brassicaceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Tecophilaea</i>	Tecophilaeaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Fascicularia</i>	Bromeliaceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Zephyra</i>	Tecophilaeaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Ochagavia</i>	Bromeliaceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Araeoandra</i>	Vivianiaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Copiapoa</i>	Cactaceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Cissarobryon</i>	Vivianiaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Eriosyce</i>	Cactaceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Metharme</i>	Zygophyllaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Cyphocarpus</i>	Campanulaceae	Chile continental	Magnoliophyta	<i>Pintoa</i>	Zygophyllaceae	Chile continental
Magnoliophyta	<i>Microphytes</i>	Caryophyllaceae	Chile continental				

Fuente: Marticoarena (1990) y Zuloaga & Belgrano, base datos Cono Sur, URL: <http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/fa.htm>

Unos 80 son endémicos del país (véase la Tabla 5). Entre las dicotiledóneas destacan géneros endémicos como *Copiapoa* (cactáceas), en tanto que entre las monocotiledóneas, los llamativos *Lapageria* (filesiáceas), *Placea* (amarilidáceas), *Conanthera* (tecofiláceas) y *Leucocoryne* (alliáceas).

Géneros importantes desde punto de vista biogeográfico son: *Malesherbia* (malesherbiáceas), *Nolana* (solanáceas), endémicos de la costa del Pacífico de Chile y Perú, y *Argylia* (bignoniáceas), con algunas especies en Argentina. Disyunciones fitogeográficas interesantes al nivel de género se encuentran entre las especies de *Azara* (Chile / Bolivia / Uruguay), *Crinodendron* (Chile / Argentina / Bolivia) y *Myrceugenia* (Chile / Argentina / Brasil).

Debido a sus relaciones de parentesco con especies que tienen importancia comercial, resultan interesantes especies de los géneros: *Solanum* sección tuberaria, emparentadas con *S. tuberosum*, la papa; *Solanum chilense* emparentado con *S. lycopersicum*, el tomate; *Hordeum*, con varias especies relacionadas con *H. vulgare*, la cebada; *Nicotiana* con especies próximas a *N. tabacum*, el tabaco; *Fragaria chiloensis*, la frutilla, uno de los padres de las frutillas cultivadas (*Fragaria* x ananasa); *Carica chilensis* relacionada con las especies cultivadas del género, particularmente con *C. candamarcensis*; *Persea lingue* emparentada con *P. americana*, el palto y *Pouteria splendens* que se relaciona con la cultivada *P. lucuma*. Un ejemplo de especie promisorio como frutal es la mirtácea *Ugni molinae* (murtilla); de la que algunos cultivares han sido recientemente seleccionados y plantados a gran escala en Australia.

Numerosas angiospermas nativas de Chile ya son parte del acervo de plantas ornamentales del mundo: entre ellas figuran *Fuchsia magellanica* (chilco), *Azara spp.* (lilenes), *Eucryphia glutinosa* (quindo santo), *Calceolaria spp.* (capachitos y topas-topas) y varios *Berberis* (michayes y calafates), *Schizanthus* (maripositas) y *Alstroemeria* (liutos).

Existe, sin embargo, una gran cantidad de géneros con especies ornamentales promisorias cuya "domesticación" no ha sido abordada como *Malesherbia* (malesherbiáceas), *Argylia* (bignoniáceas), *Tropaeolum* (tropaeoláceas), *Calceolaria* (escrofulariáceas) entre las dicotiledóneas, *Placea* y el complejo *Phycella-Rhodophiala* (amarilidáceas) y *Sisyrrinchium* (iridáceas), entre las monocotiledóneas.

Riqueza y endemismo al nivel de las especies

En Chile continental e insular crecen unas 5.500 especies sin considerar subespecies y variedades, de Angiospermas, lo que representa un poco más de un 2 % de las especies del planeta. Unas 4.250 angiospermas son dicotiledóneas y cerca de 1.250, monocotiledóneas. Unas 2.770 especies son endémicas de Chile continental e insular y entre 650 y 700, alóctonas asilvestradas. Este grado de endemismo es muy alto para un área continental.

B. DIVERSIDAD REGIONAL DE LA FLORA VASCULAR: CHILE CONTINENTAL E INSULAR

Para este análisis se consideran los pteridófitos, las gimnospermas y las angiospermas.

Chile continental

Seis regiones administrativas del país tienen catálogos relativamente completos publicados: Antofagasta (II), Atacama (III), Coquimbo (IV), Valparaíso (V), O'Higgins (VI) y Magallanes (XII). Existe, además, una memoria universitaria sobre la flora de Tarapacá (I) antes de que se separara de ella la Región de Arica y Parinacota. En la Tabla 6 se muestran las riquezas comparativas de las regiones para las que se encontró información publicada. Se observa que el mayor número de especies nativas registradas hasta ahora están en las regiones de Coquimbo y Valparaíso, y la tendencia es a disminuir hacia los extremos del país.

Chile insular

Archipiélago Juan Fernández (con la colaboración de Gloria Rojas)

Según Marticorena et al. (1998) la flora vascular del archipiélago de Juan Fernández está constituida por 423 especies, distribuidas en 83 familias y 246 géneros; de ellas, 55 son pteridófitos y 368 angiospermas, de las que 289 son dicotiledóneas y 79, monocotiledóneas. Un 49 % son especies nativas, de las que un 31% son endémicas de las islas, un 50% son introducidas (véase la Tabla 7).

Los elementos fitogeográficos de tipo antártico representan la mayor parte de la flora con un 60%; los neotropical-andinos, cuyas especies se encuentran también en Chile continental o América del Sur, poseen también un número importante de especies (Skottsberg, 1953).

Se estima que la isla de Robinson Crusoe ha sufrido fuertes alteraciones ecológicas por el impacto de mayor pérdida de área superficial para la flora endémica, producto de la llegada de especies invasoras. Respecto de la de Alejandro Selkirk, la más joven, se afirma que la colonización de especies desde el continente representa apenas un 0,33 % de las especies; las aves habrían contribuido a la dispersión de 25 especies desde Robinson Crusoe y otras ocho habrían llegado por la vía del viento o de las corrientes marinas.

Análisis de la flora vascular

Es muy amplia la literatura que da cuenta de la diversidad de la flora del archipiélago, sin embargo, aquí se muestra exclusivamente la flora endémica con el fin de realzar la importancia. En la Tabla 8 se muestran las especies endémicas extraídas de Marticorena et al. (1998), se observa que el mayor número de endemismos corresponde a las angiospermas, dicotiledóneas.

Entre las angiospermas endémicas sobresalen varias asteráceas, que en las islas tienen generalmente talla arbórea y aspecto de palmeras. El aspecto se lo confiere un tallo

Tabla 6. Riqueza regional de la flora vascular de Chile

Región	Spp	NE	ECh (N°)	AA (N°)	Familias (N°)	Fuente principal
I (y XV)	750-800	660-710	?	93	Asteráceas, poáceas, fabáceas	Gajardo, 1997
II	1056	949	422	107	Asteráceas, poáceas, fabáceas	Martcorena et al., 1996
III	1099	980	532	119	Asteráceas, poáceas, fabáceas	Letelier et al. 2008
IV	1722	1478	791	244	Asteráceas, poáceas, fabáceas	Martcorena et al., 2001
V	1726	1357	689	369	Asteráceas, poáceas, fabáceas	Novoa, 2013
VI	1189	908	?	281	Asteráceas, poáceas, fabáceas	Faúndez et al., 2007
XII	910	776	?	134	Poáceas, asteráceas, ciperáceas	Pisano et al., 1995

Spp: n° de especies (no incluye subespecies y variedades). NE: número de nativas y endémicas de Chile. ECh. Endémicas de Chile. AA: Alóctonas asilvestradas.

grueso que soporta las hojas en el extremo; algunos poseen un tallo similar, pero ramificado, portando las hojas en su extremo a modo de roseta. Resulta interesante que este aspecto lo presentan, además, especies de otras familias, no relacionadas, como varios *Eryngium* (apiáceas) y *Plantago fernandezia* (plantagináceas). Por otro lado, helechos tales como *Blechnum cycadifolium*, *Dicksonia berteriana*, *D. externa* y *Thyrsopteris elegans* tienen formas similares, con tamaños arborescentes.

En la Tabla 9 se muestran las familias que tienen especies propias del archipiélago, con el número de géneros y el número total de especies de la familia. Se observa que once familias de Pteridófitos, seis de monocotiledóneas y 31 de dicotiledóneas poseen especies endémicas para las tres islas o para cada una de ellas. Existen 24 familias entre helechos y angiospermas con un género y especies endémicas registradas en una o más islas; hay siete géneros con dos especies endémicas una en cada isla, *Dicksonia*, *Megalastrum*, *Berberis*, *Haloragis*, *Myrceugenia*, *Sophora* y *Fagara*. Estos dos casos de especiación se atribuyen a su aislamiento geográfico. Existen otros géneros con tres o más especies en los que existiría especiación en la misma isla; atribuida a aislamiento ecológico. Las asteráceas arbóreas son un ejemplo de esto el par *Dendroseris litoralis*, una especie costera, y *D. marginata* que vive a mayor altitud.

Dendroseris es el género con mayor número de especies con once; ocho en Robinson Crusoe y tres en Selkirk; lo siguen,

Robinsonia con siete especies, seis en Robinson Crusoe y una en Selkirk y *Erigeron*, con cuatro especies, todas son asteráceas.

Finalmente, existe un importante número de especies alóctonas asilvestradas (advenas) como *Aristotelia chilensis*, *Rubus ulmifolius* y *Ugni molinae* que se han vuelto invasoras y han reducido el hábitat original de las especies endémicas, relegándolas a sectores más inaccesibles para el hombre y disminuyendo drásticamente su número de individuos.

Islas Desventuradas

De acuerdo con Martcorena (1990), Hoffmann & Teillier (1991) y Teillier & Vilina (2001) la flora vascular de las islas Desventuradas está formada por 33 especies y dos variedades: tres son nativas, veinte endémicas y diez, alóctonas asilvestradas.

El rasgo más llamativo de la flora es su alto grado de endemismo, 20 de los 23 taxones nativos son endémicos de las islas. En San Ambrosio, el 45 % de los taxones son, además, endémicos de esa isla, en San Félix, sin embargo, se alcanza sólo a un 11 %.

San Ambrosio posee 24 taxones, de los que un 14 % son alóctonos asilvestrados. San Félix, 20, con 42 % alóctonos. Si se considera sólo a las especies nativas, el índice de similitud de Sorensen para ambas islas alcanza a 64 %, ocho taxones se encuentran en las dos islas.

Resulta muy interesante para el análisis de la diversidad de la flora la existencia de cuatro géneros endémicos, monotípicos: *Lycapsus* (asteráceas-Heliantheae), presente en ambas islas, *Nesocaryum* (borragináceas, relacionada con *Heliotropium*), endémico de San Ambrosio, *Sanctambrosia* (cariofiláceas-Paronychioideae) un arbusto endémico de San Ambrosio y *Thamnosseris* (asteráceas-Cichoroideae), un árbol paquicaule emparentado con *Dendroseris*, un género endémico de las islas de Juan Fernández, presente en ambas islas, pero en San Félix como *T. lacerata fma. lobata*.

En cuanto a las relaciones fitogeográficas de la flora de las islas, de las especies que no son endémicas un importante grupo crece en las costas del Pacífico en el sur de

Tabla 7. Origen geográfico de la flora del archipiélago de Juan Fernández

	Pteridófitas	Dicotiledóneas	Monocotiledóneas	Total	%
Especies endémicas	26	92	14	132	31
Especies nativas	29	25	25	79	19
Especies alóctonas silvestres	0	172	40	212	50
Total	55	289	79	423	100
%	13	68	19	100	

Tabla 8. Especies endémicas del archipiélago de Juan Fernández

Familia	Nombre científico	Familia	Nombre científico		
D	Apiaceae	<i>Apium fernandezianum</i>	D	Piperaceae	<i>Peperomia margiritifera</i> var. <i>margiritifera</i>
D	Apiaceae	<i>Eryngium bupleuroides</i>	D	Piperaceae	<i>Peperomia margiritifera</i> var. <i>umbraticola</i>
D	Apiaceae	<i>Eryngium fernandezianum</i>	D	Piperaceae	<i>Peperomia berteriana</i> subsp. <i>berteriana</i>
D	Apiaceae	<i>Eryngium inaccessum</i>	D	Piperaceae	<i>Peperomia fernandeziana</i> f. <i>fernandeziana</i>
D	Apiaceae	<i>Eryngium sarcophyllum</i>	D	Piperaceae	<i>Peperomia fernandeziana</i> f. <i>oblongifolia</i>
D	Asteraceae	<i>Centaurodendron dracaenoides</i>	D	Piperaceae	<i>Peperomia skottsbergii</i>
D	Asteraceae	<i>Centaurodendron palmiforme</i>	D	Plantaginaceae	<i>Plantago fernandezia</i>
D	Asteraceae	<i>Dendroseris berteriana</i>	D	Ranunculaceae	<i>Ranunculus caprarum</i>
D	Asteraceae	<i>Dendroseris gigantea</i>	D	Rhamnaceae	<i>Colletia spartioides</i>
D	Asteraceae	<i>Dendroseris litoralis</i>	D	Rosaceae	<i>Acaena masafuerana</i>
D	Asteraceae	<i>Dendroseris macrantha</i>	D	Rosaceae	<i>Margyricaena skottsbergii</i>
D	Asteraceae	<i>Dendroseris macrophylla</i>	D	Rosaceae	<i>Margyricarpus digynus</i>
D	Asteraceae	<i>Dendroseris marginata</i>	D	Rubiaceae	<i>Coprosma oliveri</i>
D	Asteraceae	<i>Dendroseris micrantha</i>	D	Rubiaceae	<i>Coprosma pyrifolia</i>
D	Asteraceae	<i>Dendroseris neriifolia</i>	D	Rubiaceae	<i>Galium masafueranum</i>
D	Asteraceae	<i>Dendroseris pinnata</i>	D	Rutaceae	<i>Fagara externa</i>
D	Asteraceae	<i>Dendroseris pruinata</i>	D	Rutaceae	<i>Fagara mayu</i>
D	Asteraceae	<i>Dendroseris regia</i>	D	Santalaceae	<i>Santalum fernandezianum</i>
D	Asteraceae	<i>Erigeron ingae</i>	D	Scrophulariaceae	<i>Euphrasia formosissima</i>
D	Asteraceae	<i>Erigeron luteoviridis</i>	D	Solanaceae	<i>Nicotiana cordifolia</i>
D	Asteraceae	<i>Erigeron rupicola</i>	D	Solanaceae	<i>Solanum fernandezianum</i>
D	Asteraceae	<i>Gamochaeta fernandeziana</i>	D	Urticaceae	<i>Boehmeria excelsa</i>
D	Asteraceae	<i>Robinsonia berteroi</i>	D	Urticaceae	<i>Urtica glomeruliflora</i>
D	Asteraceae	<i>Robinsonia evenia</i>	D	Urticaceae	<i>Urtica masafuerae</i>
D	Asteraceae	<i>Robinsonia gayana</i>	D	Verbenaceae	<i>Rhaphithamnus venustus</i>
D	Asteraceae	<i>Robinsonia gracilis</i>	D	Winteraceae	<i>Drimys confertifolia</i>
D	Asteraceae	<i>Robinsonia macrocephala</i>	M	Arecaceae	<i>Juania australis</i>
D	Asteraceae	<i>Robinsonia masafuerana</i>	M	Bromeliaceae	<i>Greigia berteroi</i>
D	Asteraceae	<i>Robinsonia thurifera</i>	M	Cyperaceae	<i>Carex berteroniana</i>
D	Asteraceae	<i>Yunquea tenzii</i>	M	Cyperaceae	<i>Machaerina scirpoidea</i>
D	Berberidaceae	<i>Berberis corymbosa</i>	M	Cyperaceae	<i>Uncinia costata</i>
D	Berberidaceae	<i>Berberis masafuerana</i>	M	Cyperaceae	<i>Uncinia douglasii</i>
D	Boraginaceae	<i>Selkirkia berteroi</i>	M	Juncaceae	<i>Luzula masafuerana</i>
D	Brassicaceae	<i>Cardamine kruesselii</i>	M	Orchidaceae	<i>Gavilea insularis</i>
D	Campanulaceae	<i>Wahlenbergia berteroi</i>	M	Poaceae	<i>Agrostis masafuerana</i>
D	Campanulaceae	<i>Wahlenbergia fernandeziana</i>	M	Poaceae	<i>Chusquea fernandeziana</i>
D	Campanulaceae	<i>Wahlenbergia grahamiae</i>	M	Poaceae	<i>Megalachne berteroniana</i>
D	Campanulaceae	<i>Wahlenbergia masafuerae</i>	M	Poaceae	<i>Megalachne masafuerana</i>
D	Campanulaceae	<i>Wahlenbergia tuberosa</i>	M	Poaceae	<i>Podophorus bromoides</i>
D	Caryophyllaceae	<i>Spergularia confertiflora</i> var. <i>confertiflora</i>	P	Adiantaceae	<i>Notholaena chilensis</i>
D	Caryophyllaceae	<i>Spergularia confertiflora</i> var. <i>polyphylla</i>	P	Aspleniaceae	<i>Asplenium macrosorum</i>
D	Caryophyllaceae	<i>Spergularia masafuerana</i>	P	Aspleniaceae	<i>Asplenium stellatum</i>
D	Chenopodiaceae	<i>Chenopodium crusoeanum</i>	P	Blechnaceae	<i>Blechnum cycadifolium</i>
D	Chenopodiaceae	<i>Chenopodium nesodendron</i>	P	Blechnaceae	<i>Blechnum longicauda</i>
D	Chenopodiaceae	<i>Chenopodium sanctaclarae</i>	P	Blechnaceae	<i>Blechnum mochaenum</i>
D	Ericaceae	<i>Pernettya rigida</i>	P	Blechnaceae	<i>Blechnum schottii</i>
D	Escalloniaceae	<i>Escallonia callcottiae</i>			
D	Euphorbiaceae	<i>Dysopsis hirsuta</i>	P	Dicksoniaceae	<i>Dicksonia berteriana</i>
D	Gunneraceae	<i>Gunnera bracteata</i>	P	Dicksoniaceae	<i>Thyrsopteris elegans</i>
D	Gunneraceae	<i>Gunnera bracteata</i> x <i>peltata</i>	P	Dryopteridaceae	<i>Megalastrum inaequalifolium</i> var. <i>glabrior</i>
D	Gunneraceae	<i>Gunnera glabra</i>	P	Dryopteridaceae	<i>Megalastrum inaequalifolium</i> var. <i>inaequalifolium</i>
D	Gunneraceae	<i>Gunnera masafuerae</i>	P	Dryopteridaceae	<i>Polystichum tetragonum</i>
D	Gunneraceae	<i>Gunnera peltata</i>	P	Dryopteridaceae	<i>Rumohra berteriana</i>
D	Haloragaceae	<i>Haloragis masafuerana</i> var. <i>asperrima</i>	P	Gleicheniaceae	<i>Gleichenia lepidota</i>
D	Haloragaceae	<i>Haloragis masafuerana</i> var. <i>masafuerana</i>	P	Hymenophyllaceae	<i>Hymenophyllum cuneatum</i> var. <i>rarifforme</i>
D	Haloragaceae	<i>Haloragis masatierrana</i>	P	Hymenophyllaceae	<i>Hymenophyllum rugosum</i>
D	Labiatae	<i>Cuminia eriantha</i> var. <i>eriantha</i>	P	Hymenophyllaceae	<i>Serpillopsis caespitosa</i>
D	Labiatae	<i>Cuminia eriantha</i> var. <i>fernandezia</i>	P	Hymenophyllaceae	<i>Trichomanes ingae</i>
D	Lactoridaceae	<i>Lactoris fernandeziana</i>	P	Hymenophyllaceae	<i>Trichomanes philippianum</i>
D	Myrtaceae	<i>Myrceugenia fernandeziana</i>	P	Oleandraceae	<i>Arthropteris altescandens</i>
D	Myrtaceae	<i>Myrceugenia schulzei</i>	P	Ophioglossaceae	<i>Ophioglossum fernandezianum</i>
D	Myrtaceae	<i>Ugni selkirkii</i>	P	Polypodiaceae	<i>Polypodium intermedium</i> subsp. <i>intermedium</i>
D	Papilionaceae	<i>Sophora fernandeziana</i> var. <i>fernandeziana</i>	P	Polypodiaceae	<i>Polypodium intermedium</i> subsp. <i>masafueranum</i>
D	Papilionaceae	<i>Sophora fernandeziana</i> var. <i>reediana</i>	P	Pteridaceae	<i>Pteris berteriana</i>
D	Papilionaceae	<i>Sophora masafuerana</i>			

(Fuente: Marticorena et al., 1998)

Tabla 9. Número de géneros que tienen especies endémicas de las islas y se indica también el total de especies endémicas de cada familia

Pteridófitos		
Familias	Nº géneros	Nº especies
Adiantaceae	1	1
Aspleniaceae	1	2
Blechnaceae	1	4
Dicksoniaceae	2	3
Dryopteridaceae	3	3
Gleicheniaceae	1	1
Hymenophyllaceae	3	5
Oleandraceae	1	1
Ophioglossaceae	1	1
Polypodiaceae	1	1
Pteridaceae	1	1

Angiospermas		
Familias	Nº géneros	Nº especies
Arecaceae	1	1
Bromeliaceae	1	1
Cyperaceae	3	4
Juncaceae	1	1
Orchidaceae	1	1
Poaceae	4	5

Angiospermas		
Dicotiledóneas	Nº géneros	Nº especies
Apiaceae	2	5
Asteraceae	5	26
Berberidaceae	1	2
Boraginaceae	1	1
Brassicaceae	1	1
Campanulaceae	1	5
Caryophyllaceae	1	3
Chenopodiaceae	1	3
Ericaceae	1	1
Escalloniaceae	1	1
Euphorbiaceae	1	1
Gunneraceae	1	4
Haloragaceae	1	2
Lamiaceae	1	2
Lactoridaceae	1	1
Myrtaceae	2	3
Papilionatae	1	3
Piperaceae	1	4
Plantaginaceae	1	1
Ranunculaceae	1	1
Rhamnaceae	1	1
Rosaceae	3	3
Rubiaceae	2	3
Rutaceae	1	2
Salicaceae	1	1
Scrophulariaceae	1	1
Solanaceae	2	2
Urticaceae	2	3
Verbenaceae	1	1
Winteraceae	1	1

Perú y en el norte de Chile: *Solanum brachyantherum* (solanáceas), *Eragrostis peruviana* (poáceas) y *Tetragonia macrocarpa* (aizoáceas). Es notable la ausencia del género *Nolana* (Solanaceae), muy rico en especies en la costa del norte de Chile y sur del Perú. *Spergularia confertiflora* (ca-riofiláceas), es un endemismo compartido con las islas de Juan Fernández. Un aspecto muy singular es la presencia de *Maireana brevifolia* (quenopodiáceas), una especie australiana, conocida sólo para San Félix.

Isla de Pascua

La flora de angiospermas está formada por unas 170 especies, de las que cuatro, son endémicas de la isla: las poáceas (gramíneas): *Axonopus paschalis*, *Danthonia paschalis* y, probablemente, *Paspalum forsterianum* y la fabácea (leguminosae), *Sophora toromiro* que se encuentra actualmente extinta en la isla. 25 especies son nativas y 141 alóctonas asilvestradas o están en proceso de asilvestrarse. De acuerdo con estos datos se observa que el número de especies nativas

y endémicas es superado ampliamente por el de alóctonas asilvestradas lo que da cuenta del actual grado de deterioro de la flora nativa.

La familia más rica es la de las gramíneas, que de acuerdo a la información que existe, es también la más abundante y define el tipo de paisaje silvestre de la isla. Comprende nueve especies nativas, es decir, cerca de un 30 % de ellas y 34 alóctonas asilvestradas. Le siguen en tamaño, las asteráceas con 18 especies, pero ninguna nativa y las leguminosas, con 17 especies de las que sólo 2 son nativas. Entre las familias, es notable que todas las ciperáceas de la isla sean nativas.

Desde un punto de vista de las relaciones fitogeográficas de las especies nativas, un 70 % se consideran como elementos de la flora paleotropicales, cuatro, circumpolares los que incluyen a las endémicas *Sophora toromiro* (fabáceas) y *Danthonia paschalis* y 16 % de elementos neotropicales (Zizka, 1991).



Flores de *Pyrrhocactus* sp. Foto: José Cañas.

C. LA DIVERSIDAD DE PLANTAS VASCULARES AL NIVEL DE LAS ECORREGIONES PRINCIPALES DE CHILE CONTINENTAL

Para este análisis se consideran los pteridófitos, las gimnospermas y las angiospermas.

Ecorregión del desierto con lluvias de invierno

No existen estudios publicados que den una información completa sobre la flora de la ecorregión. Existen publicaciones referidas a algunos sectores que pueden servir como indicadores de la riqueza y de los endemismos locales.

La flora entre Arica y Chañaral, se concentra en el sector del litoral, especialmente donde la cordillera de la Costa logra crear oasis de neblina (Pinto & Luebert, 2009). Las áreas más notables donde se produce el fenómeno son: los cerros detrás de Iquique en la Región de Tarapacá, los cerros y quebradas de Tocopilla y Cobija, el morro Moreno (Antofagasta), las localidades de Miguel Díaz y Paposo y los cerros de Taltal, en la Región de Antofagasta. En la Región de Atacama destacan el parque nacional Pan de Azúcar, las quebradas entre Chañaral y Caldera y el morro de Copiapó. En el sector sur de la ecorregión, a la flora del litoral, se suma la del interior, especialmente la de la depresión intermedia entre Copiapó y Vallenar donde se produce el notable fenómeno del "desierto florido" (Región fitogeográfica del Desierto Florido, sensu Gajardo (1994).

Si bien no existen datos exactos sobre el tema, es probable que sea una región con alto grado de endemismo, incluso mayor al 50 %.

Las más altas riquezas, al nivel de familias, las registran las asteráceas y las solanáceas, especialmente las especies de *Nolana*. También son importantes las cactáceas y las montiáceas, entre ellas, las especies de *Cistanthe*.

Johnston (1929), estudió la flora del litoral del Norte Grande entre la caleta El Cobre y la costa de Chañaral. En su trabajo registra 394 especies, afirmando que al menos un tercio de ellas, 145 correspondían a endemismos locales y cerca de la mitad, a especies que no cruzan el valle del río Copiapó hacia el sur, ni Tocopilla hacia el norte. También destaca la presencia de tres géneros endémicos del sector: *Domeykoa* (apiáceas) y las asteráceas *Gypothamnium* y *Oxyphyllum*. En la misma publicación da cuenta del registro de 117 especies para el litoral entre Iquique y Antofagasta, con 23 plantas estrictamente de la franja de litoral estudiada.

Rundel et al. (1996), en un estudio sobre el parque nacional Pan de Azúcar, dan cuenta de una riqueza de 207 especies de plantas vasculares. Seis especies resultan ser endémicas del área: *Domeykoa perennis* (apiáceas), *Cryptantha argentea* y *C. romanii* (borragináceas), *Spergularia cremnophila* (cariofiláceas), *Linum cremnophilum* (lináceas) y *Cristaria fuentesiana* (malváceas).

Marticorena et al. (1998) establecen la distribución de especies de la Región de Antofagasta, con base en cuadrículas de 30' x 30'. En las cuadrículas correspondientes a las áreas costeras se observan riquezas que van desde una decena de especies en el norte de la Región hasta sobre 300 en las cuadrículas de Paposo y Taltal. En las cuadrículas ubicadas inmediatamente al interior del litoral, la riqueza varió entre 0 y 23 especies.

Pinto & Luebert (2009) en un análisis de los llamados "oasis de neblina" entre el cerro Camaraca, Región de Arica y Parinacota, y la localidad de Chipana, en la Región de Tarapacá, reportan 156 especies y reafirman el carácter de endémicas de Chile de la mayoría de ellas.

Para la flora de la parte sur de la ecorregión, entre Chañaral y el río Elqui, la información es escasa. Si bien existe un catálogo regional general en el Libro Rojo de la Región de Atacama, no existen catastros referidos sólo a la flora del desierto costero (Caldera-Huasco) o a la del interior (Diego de Almagro-Vallenar).

Hacia su límite sur se dispone de información registrada por Squeo et al. (2001), el que cita a unas 200 especies en el interior y 320, en el litoral de la comuna de La Higuera (Región de Coquimbo, provincia del Elqui).

Ecorregión del Altiplano

La flora del altiplano chileno ha sido abordada en varios estudios, pero no existe un trabajo de síntesis. El altiplano de Arica-Parinacota es el más rico en especies debido al mayor aporte de precipitaciones que recibe el sector, al parecer sectores como Chapiquiña y Socoroma presentan una importante riqueza de especies. Se ha demostrado que la riqueza aumenta con la altitud hasta el piso ecológico llamado Puna, para disminuir hacia las cumbres andinas. La riqueza disminuye hacia el sur, hasta la desaparición de la ecorregión a la latitud de Taltal-Chañaral.

Arroyo et al. (1982), en un transecto en la latitud de 18-19 ° S, registraron unas 300 especies de plantas, en un gradiente de altitud entre 1.500 y 5.000 m. Llama la atención la presencia de 40 especies alóctonas asilvestradas, más de un 10 % de la flora. Los géneros más representativos son *Parastrephia*, *Werneria*, *Helogyne*, *Chersodoma* y *Lophopappus*, entre las asteráceas; además de *Pycnophyllum* (cariofiláceas) y *Nototriche* (malváceas). La mayor parte de las especies son compartidas con Perú y Bolivia, sin embargo, algunas especies endémicas de Chile crecen en el llamado margen desértico situado entre los 1.500 y los 3.500 m de altitud.

Teillier (1998) registra 97 especies de plantas vasculares en el área del sur del altiplano de Tarapacá (cuenca del salar de Coposa-Collaguasi, 20-21° S), en un gradiente que va desde 3.800 a 4.700 m. Se encontraron siete especies endémicas de Chile y ninguna alóctona asilvestrada; las



Flor de *Pasithea caerulea* (azulillo). Foto: José Cañas.

endémicas de Chile son: *Adesmia polyphylla* (fabáceas, endemismo muy local), *Cajophora rahmeri* (loasáceas), *Fabiana squamata* (solanáceas), *Junellia tridactyla* (verbenáceas), *Nototriche stipularis* (malváceas), *Trichoclina deserticola* (asteráceas) y *Werneria glaberrima* (asteráceas).

Finalmente se conoce la flora del Parque Nacional Lullailaco cerca del límite sur de esta sección de los Andes, la que ha sido objeto de tres publicaciones: Arroyo et al. (1998), Luebert & Gajardo (1999) y Marticorena et al. (2004). Este parque nacional se encuentra ubicado climáticamente en una región extremadamente árida, en la transición entre las lluvias de verano e invierno, pero con una pluviometría que presenta grandes variaciones interanuales. La flora vascular registrada en un gradiente entre 3 500 y 5 000 m de altitud alcanza a 126 especies; destacan las cerca de 20 endémicas de Chile, un alto nivel en comparación con la parte

norte del Altiplano, entre las que se cita a *Deyeuxia robusta* (poáceas), *Menonvillea frigida* (brasicáceas), endémicas del parque, y *Polyachyrus carduoides* (asteráceas) y *Tarasa pediculata* (malváceas), endemismos regionales.

Ecorregión andina

No existe un estudio integral de la flora andina de Chile. Hoffmann et al. (1998), publicaron un libro donde se presenta iconografía y descripciones morfológicas de algunas de las especies que crecen en los Andes entre el Norte Chico y la Patagonia. Para tratar el estado del conocimiento de la flora andina se la ha dividido en las siguientes secciones:

Los Andes desérticos

Correspondería aproximadamente a la sección ubicada entre las cuencas de los ríos Copiapó y Choapa. Se conoce que es una región que se caracteriza climáticamente por una importante aridez que, sumada al

frío, representan importantes limitantes para el desarrollo de las plantas.

Se conocen la flora del alto río Huasco, entre cerca de 1 800 m y hasta el límite de la vegetación, la que alcanzó a 281 especies de plantas vasculares, 279, de ellas angiospermas (Arroyo et al., 1984); y la flora de la cuenca del río Elqui, en el sector de la cordillera de Doña Ana, que fue reportada por Squeo et al. (1994); con 146 especies nativas y 15 alóctonas asilvestradas en un transecto que se inicia a 3 000 m de altitud y con un 12,3 % de especies endémicas de Chile.

Los Andes mediterráneos

Se conocen datos sobre la flora del Santuario de la Naturaleza Yerba Loca, publicados por Arroyo et al. (2002); en ellos se da cuenta que entre los 1 300 y el límite altitudinal superior de la vegetación, se registraron 488 especies, con 173, endémicas de Chile.

La flora del Monumento Natural El Morado (Teillier et al., 1994 y Teillier, 2003), entre 1 800 y 3 400 m, registra unas 300 especies, de las que 263 son nativas y 37 alóctonas asilvestradas.

Finalmente, Teillier et al. (2011) reportan para la cordillera de la Región Metropolitana unas 600 especies de las que unas 540 son nativas y 60 alóctonas asilvestradas. De las nativas, unas 150 son endémicas de Chile, y están mejor representadas en los pisos inferiores de altitud.

Los Andes australes

La flora andina de la parte norte de la ecorregión está incluida en el trabajo de Rodríguez et al. (2008) sobre la flora de los nevados de Chillán, sin embargo, no hay datos sistematizados de especies por altitud. Para el tramo sur existen publicaciones similares sobre la Reserva Nacional Tolhuaca (Ramírez, 1978), el Parque Nacional Puyehue (Muñoz, 1980; Muñoz, 2014) y el parque privado Futangue (Moreno et al., 2013), de las que tampoco se dispone una cifra para aquellas representadas sólo en los pisos de altura. Para la reserva biológica de Huilo Huilo; se presentan datos que refieren a 51 especies para el piso subandino y 32, para el andino (Teillier et al. 2013).

Los Andes patagónicos

Para los Andes de la Patagonia de la Región de Magallanes se dispone de un trabajo de Arroyo et al. (1989) sobre la flora de la sierra de Baguales, en la provincia de Última Esperanza y otro del Parque Nacional Torres del Paine (Arroyo et al. 1992). Para Baguales registraron unas 350 especies de plantas vasculares donde destacan varias *Benthamiella* (solanáceas) un género endémico de la ecorregión, al igual que varias brassicáceas (crucíferas) de los géneros *Grammosperma*, *Onuris* y *Xerodraba*. En el Parque Nacional Torres del Paine, se identificaron 177 especies, donde el 10 % de ellas correspondía a elementos endémicos del extremo sur



Copiapoa sp. Foto: José Cañas.

sur de Sudamérica; destaca entre ellas *Saxifragella bicuspidata* (saxifragáceas), endémica de la Tierra del Fuego y del sur de la Patagonia. Recientemente se publicó una flora de los Andes de la isla Navarino donde se reportan 18 especies de plantas vasculares (Méndez et al., 2013).

Ecorregión de Chile mediterráneo

En un sentido amplio, ésta se extiende entre la cuenca del río Elqui, en la Región de Coquimbo y la Depresión Intermedia de la cuenca del Bío-Bío. La flora alcanzaría a unas 2 850 especies y corresponde a unos 630 géneros. Más de un 50 % de las especies son endémicas de Chile y lo que es más notable, cerca de un tercio de ellas son endémicas sólo de la ecorregión (Arroyo et al.1999).

Especies dominantes en el paisaje de Chile central como *Peumus boldus*, *Cryptocarya alba*, *Beilschmiedia miersii* y *B. berteroana*, son antiguos endemismos evolucionados a partir de una flora terciaria de carácter tropical presente hace unos quince millones de años. Especies como *Lithraea caustica* y *Quillaja saponaria*, dan cuenta de disyunciones geográficas muy interesantes; la primera posee una especie en Chile y otra en las zonas áridas del centro de Argentina; la segunda, una en Chile y la otra en Brasil. Un importante número de géneros endémicos de Chile continental pertenecen casi íntegramente a esta ecorregión (véase la Tabla 10).

La ecorregión es muy variada en cuanto a su flora y pueden distinguirse dos sub-unidades fitogeográficas:

- Sub-región del Matorral Esclerofilo. Comprende el norte

Tabla 10. Géneros endémicos de la ecorregión mediterránea de Chile

Género	Familia	Riqueza de especies
<i>Erinna</i>	Alliáceas	1
<i>Garaventia</i>	Alliáceas	1
<i>Gethyum</i>	Alliáceas	2
<i>Gilliesia</i>	Alliáceas	7
<i>Speea</i>	Alliáceas	2
<i>Placea</i>	Amarilidáceas	5
<i>Traubia</i>	Amarilidáceas	1
<i>Jubaea</i>	Arecáceas (Palmae)	1
<i>Moscharia</i>	Asteráceas	2
<i>Podanthus</i>	Asteráceas	2
<i>Agallis</i>	Brassicáceas	1
<i>Adenopeltis</i>	Euphorbiáceas	1
<i>Avellanita</i>	Euphorbiáceas	1
<i>Tetilla</i>	Francoáceas	1
<i>Calydorea</i>	Iridaceae	1
<i>Lardizabala</i>	Lardizabaláceas	1
<i>Trichopetalum</i>	Laxmanniáceas	2
<i>Scyphantus</i>	Loasáceas	2
<i>Notanthera</i>	Lorantáceas	1
<i>Peumus</i>	Monimiáceas	1
<i>Trevoa</i>	Rhamnáceas	1
<i>Cissarobryon</i>	Vivianiáceas	1

del área de distribución de la ecorregión hasta la cuenca del río Choapa. En el paisaje dominan los arbustos esclerofilos como *Haplopappus spp.* (asteráceas), *Colliguaja odorifera* (euforbiáceas), *Bridgesia incisifolia* (sapindáceas) y los deciduos de verano, como varias especies de *Adesmia* (fabáceas) y las asteráceas, *Bahia ambrosioides*, *Flourensia thurifera* y *Proustia bacharioides*, entre otros; los que dan origen a matorrales o jarales. De este tipo de vegetación, se conocen estudios de la flora que circunda el bosque de Fray Jorge que contiene unas 350 especies (Muñoz & Pisano, 1947) y de la Reserva Nacional Las Chinchillas, en Aucó, Illapel (Gajardo & Grez, 1990). Para el sur de esta ecorregión se conocen los resultados de un trabajo de Lund & Teillier (2012) donde dan cuenta de una riqueza de casi 300 especies en la costa de Los Molles casi en el límite entre las regiones de Coquimbo y Valparaíso, con 209 nativas de las que 118 son endémicas de Chile y 85, alóctonas asilvestradas.

- Sub-región del Bosque Esclerofilo. Se sitúa aproximadamente entre la cuenca del Choapa y el límite sur de la ecorregión, aproximadamente en la Depresión Intermedia de la Región del Bío-Bío. La vegetación característica del área corresponde a bosques abiertos o densos, donde las dominantes son especies como *Quillaja saponaria* (rosáceas), *Lithraea caustica* (anacardiáceas), *Peumus boldus* (monimiáceas) y *Cryptocarya alba* (lauráceas) entre otros. Estos árboles son acompañados por arbustos esclerofilos o deciduos de verano los que se vuelven dominantes en los sectores sometidos a degradación como *Bacharis linearis* (asteráceas) y *Retanilla trinervia* (ramnáceas). Aquí crece la única palmera nativa de Chile continental: *Jubaea chilensis* (Arecáceas).

Para la Región Metropolitana, Teillier & Tomé (2004), para la quebrada de Ramón señalan que su flora vascular consta de unas 245 especies nativas, de las que 124 son endémicas de Chile y 55 alóctonas asilvestradas; Teillier et al. (2005), a su vez, refieren unas 600 especies que crecen en la Reserva Nacional Río Clarillo, en un gradiente de unos 800 a 2 500 m de altitud, sin embargo, no se encuentran datos que excluyan la flora andina.

Para la Región de Valparaíso, Flores-Toro (2008), muestra resultados referidos a la flora del Santuario de la Naturaleza Palmar El Salto en Viña del Mar, donde crecían 234 especies, un 75,6%, nativas y un 24,4%, alóctonas asilvestradas; de las 177 especies nativas, 92 (51 %) son endémicas de Chile. Novoa & Madrid (2013), para la parte alta del estero Reñaca indican que existen unas 164 especies, de las que 113 son nativas, con unas 90 especies endémicas de Chile (57,6%); las alóctonas asilvestradas alcanzaron en este sitio, ubicado en un ambiente aledaño a la ciudad de Viña del Mar, a 51, un 31,3%. Finalmente para la Reserva Nacional Lago Peñuelas, ubicada en esa misma región, Hauenstein et al. (2009) reportan 337 especies.

Resulta bastante paradójal que siendo bosques tan accesibles, no se disponga a la fecha de un catastro general de su

flora. Tampoco se han publicado catálogos de las floras de importantes áreas protegidas como la del Parque Nacional La Campana (Región de Valparaíso), la del santuario privado Altos de Cantillana (Región Metropolitana), ni la de la Reserva Nacional Río Cipreses (Región de O'Higgins).

Ecorregión de los bosques templado-lluviosos

Los bosques de esta ecorregión no están restringidos a Chile, puesto que una franja de ellos se encuentra en Argentina. De acuerdo con Arroyo et al. (1996) la riqueza de especies en el territorio que comprenden estos bosques, alcanzaría el orden de unas 1.300 especies de plantas vasculares, sin embargo, si se restringe la flora a las plantas que crecen en el bosque propiamente tal, ésta alcanza sólo a unas 450. Si se excluyen los pteridófitos y las gimnospermas, la cifra alcanzaría a unas 370. Unas 160 son leñosas, entre las que se cuentan 44 árboles y 283 hierbas perennes o anuales. La riqueza de especies de árboles desciende levemente hacia el sur del área hasta llegar a sólo siete especies a los 55° S.

Desde el punto de vista de la riqueza taxonómica, un rasgo resaltante es la presencia de muchos géneros endémicos de la ecorregión que contienen una o dos especies. Esto indicaría que son linajes que evolucionaron in situ o colonizaron el área hace millones de años, en períodos más cálidos, como el Cretácico y el Terciario. Algunos géneros del bosque lluvioso que son comunes con la flora de las selvas montañosas de América del Sur y Central son *Drimys* (winteráceas), *Weinmannia* (cunoniáceas), *Podocarpus*, (podocarpáceas), *Myrceugenia* (mirtáceas), *Crinodendron* (elaeocarpáceas), *Azara* (salicáceas), *Fuchsia* (onagráceas), *Chusquea* (poáceas-gramíneas), *Alonsoa* y *Calceolaria*, ambas escrofulariáceas.

En relación con el análisis de las floras locales, se conocen trabajos para los bosques de la cordillera de la Costa de la Región del Maule (Arroyo et al., 2005, San Martín 2005), de la del Biobío (Baeza et al., 1999; Cavieres et al., 2005) y de la de la Araucanía, de la de los Ríos (XIV) y de los Lagos (X) (Smith-Ramírez et al., 2005).

Para la flora de los bosques del pie de la cordillera de los Andes, se dispone información sobre las de los parques nacionales Puyehue (Muñoz, 1980; 2014) y Tolhuaca (Ramírez, 1978), de la Reserva Nacional Malalcahuello (Becerra & Faúndez, 1999) y de las áreas de conservación privada Futangue (Méndez et al., 2013) y Huilo Huilo (Teillier et al., 2103).

La flora de los bosques de Aysén, específicamente la del Parque Nacional Laguna San Rafael, ha sido publicada tanto por Pisano (1988) como por Teillier & Marticorena





Tomate silvestre (amarillo). *Solanum chilense*. Valle de Lluta. Foto: J.Herreros

Tabla 11. Riqueza de la flora en localidades de la ecorregión del bosque templado

Localidad	Región	SPP	NE	ECh	AA	Fuente
Cordillera de la Costa *	Maule	287	257		30	San Martín, 2005
Cordillera de la Costa **	Maule		602	255		Arroyo et al., 2005
R.N. Los Bellotos del Melado	Maule	295	325	74	46	Arroyo et al., 2000
Cordillera de la Costa	Biobío	690	485	265	205	Cavieres et al., 2005
MN Contulmo	Biobío	288	239	73	49	Baeza et al., 1999
RN Tolhuaca	Araucanía	227				Ramírez, 1978
RN Malalcahuello	Araucanía	211	178		24	Becerra & Faúndez, 1999
Reserva Huilo Huilo	Los Ríos	406	340	20	67	Teillier et al. (2013)
Reserva Futangue	Los Ríos	295	196	56	43	Moreno et al. (2013)
Cordillera de la Costa**	Los Lagos		577			Smith-Ramírez et al., 2005
PN Puyehue***	Los Lagos	207				Muñoz, 1980
PN Laguna San Rafael	Aysén	235	215		20	Teillier & Marticorena, 2002
Cuencas del Baker y Pascua	Aysén	342	230	4	68	Rodríguez et al. 2008

* Incluye parte del norte de la VIII Región

** Incluyen sólo nativas

*** sólo especies del ámbito del bosque

SPP: riqueza total de especies

NE: Nativas + endémicas de Chile

ECh: endémicas de Chile

AA: alóctonas asilvestradas

(2002); en tanto que Rodríguez et al. (2008) contribuyeron con el conocimiento de la flora de las cuencas de los ríos Baker y Pascua (véase la Tabla 11).

No se dispone de datos referidos a la riqueza total de la flora de los bosques de la costa de Magallanes y Tierra del

Fuego. Los bosques están frecuentemente dominados por *Nothofagus pumila*, *N. betuloides* y *N. antarctica* y se extienden hasta el territorio argentino, en ellos se han encontrado hasta 182 especies en el centro de Tierra del Fuego. Una comunidad particular en el área es la de las turberas, donde crecen especies con afinidades australes como de los géneros



Astelia (asteliáceas), *Bolax* (apiáceas), *Donatia* (estilidáceas), *Drapetes* (timeláceas), *Lepidothamnus* (podocarpáceas) y *Phyllachne* (estilidáceas). Se ha descrito que la riqueza de especies aumenta hacia las estepas de la Patagonia. Se indica, además, que es relevante la presencia de endemismos regionales como: *Drapetes* (timeleáceas), *Saxifragella* y *Saxifragodes* (saxifragáceas) (Moore, 1983; Arroyo, 1989; Brion & Ezcurra, 2001).

Ecorregión de la Patagonia

Ésta ecorregión incluye los matorrales y las estepas situados en territorio chileno, al oriente de la cordillera de los Andes. No existe un inventario o estudios integrales sobre ellos en Chile.

Un estudio de la flora de la Reserva Nacional Jeinimeni en la Región de Aysén registró unas 230 especies de plantas vasculares, aunque faltó un estudio detallado de las gramíneas, uno de los grupos dominantes (Rojas & Saldivia, 2004). *Anarthophyllum desideratum* (fabáceas), *Hamadryas kingii* (ranunculáceas), *Nanodea muscosa* (santaláceas), *Calceolaria uniflora* (escrofulariáceas), son algunas especies de la Reserva Nacional Jeinimeni que son características de la Patagonia.

Dominguez et al., (2002) realizan un estudio de la flora de la reserva científica Bahía Laredo, ubicada en la

transición entre el matorral de *Nothofagus antarctica* y el de *Chiliotrichum diffusum*, en el que se da cuenta de un registro de 37 especies nativas y 10 alóctonas asilvestradas. El mismo autor (Dominguez et al., 2004) presenta un catastro de la flora del Parque Nacional Pali Aike, donde registran 164 especies, de las que 146 (90%) son nativas y 18 (19 %), alóctonas asilvestradas; con dominancia de las poáceas.

Dado que el desarrollo principal de la ecorregión se encuentra en Argentina, se supone que ella es pobre en endemismos respecto de nuestro país. Sin embargo, se trata de un ambiente particular, que aporta con una riqueza de especies que no se encuentra en ninguna otra parte de Chile.

D. DIVERSIDAD TRÓFICA

Las plantas son parte fundamental de la estructura y la función de un ecosistema terrestre, tanto desde el punto de vista trófico en su papel de productores primarios, como de la propia estructura física del mismo que sirve de hábitat a los otros seres vivos.

Entre las plantas vasculares de Chile, junto con aquellas que se ubican en el nivel trófico de los productores, se encuentran además algunas con peculiaridades en la manera de obtener sus nutrientes:

- Plantas carnívoras (insectívoras); se trata de plantas que hacen fotosíntesis por lo que actúan como productores primarios, pero que necesitan complementar la cantidad de nitrógeno mediante la "ingestión" de pequeños insectos. *Utricularia gibba* (lentibulariáceas) es una planta acuática flotante presente en aguas tranquilas a lo largo de Chile. *Pinguicula antarctica*, *P. chilensis* (lentibulariáceas) y *Drosera uniflora* (droseráceas), son plantas pequeñas que habitan en las turberas de la cordillera de la Costa entre Valdivia y Magallanes. Estas últimas se han visto amenazadas por la explotación de las turbas.

- Plantas saprófitas: se trata de plantas que no realizan fotosíntesis, por lo que carecen de clorofila y adquieren un color pardo. Se nutren de materia orgánica en descomposición por lo que crecen frecuentemente en suelos con una gruesa capa de hojas en descomposición. *Arachnitis uniflora* (corsiáceas) es la única especie perteneciente a este grupo ecológico. Crece en los bosques desde la zona central hasta Magallanes. En el área norte de la distribución se encuentra bajo amenaza por la indiscriminada extracción de tierra de hoja (humus vegetal).

- Plantas parásitas: se trata de plantas que generalmente no realizan fotosíntesis y tienen que extraer la savia y los hidratos de carbono de una planta hospedera. Existen plantas que parasitan las raíces o las partes aéreas del hospedero. El parasitismo puede ser completo, en las holoparásitas o incompleto, en las hemiparásitas. En las últimas, el parásito hace fotosíntesis y toma del hospedero sólo el agua y las sales minerales. Entre las plantas holoparásitas, se encuentran varias especies anuales de *Cuscuta* (convolvuláceas), conocidas como "cabellos de ángel", *Tristerix aphyllus* (lorantáceas), el "quintral del quisco" y *Pilostyles berteroi* (apodontáceas), una planta especializada en el género *Adesmia* (fabáceas). *Ombrophytum subterraneum* (balanoforáceas) es una planta que parasita raíces de arbustos en el Altiplano, que presenta una floración completamente subterránea.

Entre las hemiparásitas destacan varias lorantáceas de los géneros *Tristerix*, *Notanthera* y *Desmaria*; *Eremolepis punc-tulata* y *Lepidoceras kingii*, entre las eremolepidáceas. Los "injertos" del género *Mizodendron* (mizodendráceas) son hemiparásitas cuyos hospederos son estrictamente especies de *Nothofagus* (fagáceas).

EL ESTADO DEL ARTE

Sistemática y taxonomía

Al menos dos estudios sobre la dinámica de la descripción de taxones en la flora vascular indican que la cantidad de especies nuevas por descubrir en nuestro territorio es baja, lo que da cuenta de un territorio bien conocido desde este punto de vista (ver recuadro ¿Cuántas plantas hay en Chile?).

Las falencias y dificultades actuales dicen relación con la ausencia de revisiones actualizadas de familias como

las poligonáceas, las euforbiáceas y las dioscoreáceas, entre otras, y de géneros complejos o muy diversos como *Chorizanthe*, *Cistanthe*, *Coryza*, *Lathyrus*, *Leucocoryne*, *Poa*, *Solanum*, *Viola* o *Vicia*. Para trabajar con ellos se debe recurrir todavía a las publicaciones de Gay o de Reiche. La sistemática moderna al fundarse sobre nuevos principios y definiciones de especie, tendrá que cambiar sustantivamente la forma en que ellos se clasificaron.

Una segunda dificultad para el trabajo de identificación de la flora vascular de Chile, es la enorme dispersión geográfica de las publicaciones sobre la taxonomía de nuestras especies. Dispersión que muchas veces dificulta o hace imposible conseguir dichos trabajos a pesar que la WEB ha venido en ayuda de los botánicos modernos poniendo muchos trabajos en línea. A este respecto, también hay que celebrar la gran cantidad de fotografías de ejemplares tipo disponibles en importantes herbarios del mundo como Kew, París, y Berlín, entre otros.

La publicación de una "Nueva Flora de Chile", editada por la Universidad de Concepción, iniciada en 1987, venía a llenar la brecha, hasta 2015, se han publicado, sin embargo, sólo cinco volúmenes que incluyen la totalidad de los pteridófitos, la de las gimnospermas y unas 45 familias de angiospermas. Pese a los esfuerzos de los investigadores involucrados, la falta de apoyo material a nivel estatal y privado no ha permitido involucrar a un número mayor de investigadores que se comprometan produciendo textos para el proyecto, por ello el ritmo de publicación de los volúmenes ha sido mucho menor al esperado. Entre 2006 y 2014, el retiro y el fallecimiento de importantes botánicos dedicados por años a la sistemática y taxonomía han hecho más crítica la situación. Las dificultades pasan por la falta de especialistas que se ocupen con los grupos más complejos; a pesar de que se ha avanzado en el conocimiento de algunos géneros complejos como *Haplopappus*, *Oxalis* o *Ribes*, y de algunas de las poáceas. Parte del problema lo constituye también la persistente ausencia del Estado en el apoyo a catastrar en terreno y apoyar la producción de los textos indispensables para el manejo de la diversidad; lo grave es que parte de las dificultades que se encuentran al nivel de los gestores de la ciencia, provienen de los propios colegas que igualmente se benefician con los resultados de las publicaciones, algo que resulta incomprensible y se entiende solamente por la encarnizada lucha por los pocos recursos que se destinan a la investigación en el área naturalista.

Respecto de las colecciones de plantas (herbarios), archivo indispensable para el trabajo en botánica en Chile, existen sólo dos grandes colecciones significativas: el herbario del Museo Nacional de Historia Natural y el de la Universidad de Concepción. Herbarios regionales



Cactus (*Cylindropuntia* sp.). Foto: José Cañas.

importantes son el del Instituto de la Patagonia, en Punta Arenas y el de la Universidad de La Serena. Un número importante de herbarios universitarios mantiene o ha visto agravarse desde 2006 los problemas para su funcionamiento, sus colecciones no se encuentran disponibles para los especialistas o no cuentan con personal profesional ni técnico que permita acrecentar las colecciones o al menos, ponerlas on line. A las dificultades señaladas se suma la invaluable pérdida del herbario de la Universidad Austral en un incendio, en 2007, que dejó en evidencia la precariedad de la conservación de las colecciones biológicas en términos de su seguridad y su permanencia en el tiempo.

El interés de los botánicos en mantener y acrecentar las colecciones de los herbarios se ha mantenido, sin embargo, en el tiempo ganando apoyos de botánicos jóvenes y no tan jóvenes que aportan desde la investigación en disciplinas como la ecología o desde los estudios relacionados con la evaluación del impacto ambiental.

Distribución geográfica de la flora

Los datos hasta 2006 mostraban que apenas cuatro regiones administrativas del país poseían catálogos publicados de su flora. Felizmente, ha habido importantes avances regionales en esta materia con la publicación de los Libros Rojos que dan cuenta de las condiciones actuales de conservación de la flora vascular en las regiones de Atacama (Squeo et al. 2008) y O'Higgins (Faúndez et al. 2007).

Finalmente Novoa (2013) presentó su catálogo de la región de Valparaíso, quedando entonces por conocer aun los catálogos de siete regiones, entre ellas, la Metropolitana. En relación con las áreas silvestres protegidas, menos de un 10 % de ellas cuenta con catastros de su flora lo que impide evaluar correctamente su representatividad para la conservación de la flora de Chile.

Continúa haciendo falta una política nacional sobre el manejo y la accesibilidad a la información de las bases de datos que se generan con recursos públicos. En lo posible debe propenderse a subirlas a la WEB con el fin de facilitar el uso de ellas por parte de especialistas, profesionales y estudiantes. Lo mismo deberá ocurrir con la información que llega a los servicios del nuevo Ministerio del Medio Ambiente producto de los inventarios que se hacen para los estudios de impacto ambiental. Ello va a contribuir a tomar decisiones más acertadas en el campo de la protección de la flora vascular.

Desde 2006 en adelante se ha acrecentado el número de publicaciones de difusión sobre floras locales o regionales, sin embargo, salvo pocas excepciones, el esfuerzo de producción de los datos y de su publicación siguen siendo de parte de personas o de corporaciones privadas. Resulta del todo incomprensible que no exista un fondo del estado de apoyo a la producción y publicación de libros científicos sobre diversidad. El apoyo estatal sigue siendo débil lo que resulta incoherente si se piensa que los funcionarios de los servicios estatales dedicados al cuidado del medio ambiente dependen de este tipo de publicaciones para realizar una labor de mejor calidad.

¿CUÁNTAS ESPECIES DE PLANTAS VASCULARES HAY EN CHILE?

Sergio Castro

En la actualidad, la tasa de extinción de especies de plantas estimada para diversas floras del mundo supera a la de descripción de nuevas especies. Este hecho ha propiciado el interés por conocer la riqueza de la flora del mundo y las floras regionales que aún falta por describir, de modo de disponer de un orden de magnitud razonable para ese valor. Recientes estimaciones indican que, al nivel mundial, la diversidad de la flora vascular estaría satisfactoriamente conocida, restando por conocer entre el 5-10% de las especies del planeta. Por extensión, Chile podría contener parte de este universo no-conocido. En este contexto, resulta interesante determinar cuál es la cantidad de especies que aún falta por describir en el país.

Simonetti (1998) realizó una estimación de la riqueza de la flora de Chile utilizando la proporción especie/género en la familia de las asteráceas (compuestas). Aunque la racionalidad de este método no es del todo clara, el enfoque ha sido útil para estimar la riqueza de especies para algunas floras neotropicales. Aplicado a Chile este ejercicio establece que el número especies nativas en el territorio debería ser de unas 5 400 especies, valor cercano al número actualmente reconocido (Marticorena, 1990).

En este recuadro, se presenta una segunda estimación -aunque preliminar- basada en el método del re-muestreo de las tasas históricas de descripción de nuevas especies. Si se asume que el número de plantas presentes en el territorio es finito, la descripción acumulada de estos taxones, a lo largo del tiempo, debería exhibir un comportamiento de saturación en el momento en que todas las especies han sido descritas. Si se ajusta una función de tipo sigmoideal a la descripción histórica de nuevas especies es posible establecer el punto de inflexión (saturación) en que esta curva alcanza su plató; el que corresponde al número total de especies presentes en el área de interés. Para 3 514 especies de la flora de Chile se registró el año de descripción o reconocimiento al interior del país, lo que permitió establecer el número de especies acumuladas a lo largo del tiempo. De este modo, se obtuvo una distribución de valores posibles para este plató cuyo promedio fue de 5 603, con una desviación estándar de 57 especies. Estos resultados son cercanos a la riqueza de la flora reconocida para Chile, y similar a la estimación de Simonetti (1998). Estos antecedentes, en conjunto, sugieren que la flora de Chile se encuentra satisfactoriamente conocida.



Schizanthus hookeri. Foto: José Cañas.



Rhodophiala rhodolirion. Foto: Jorge Herreros.



Alstroemeria ligu en Humedal de Putú (Región del Maule). Foto: Jorge Herreros.



◀ *Pinito de agua (Hippuris vulgaris) helófito (planta palustre, que vive en lagunas o pantanos) del Hemisferio Norte introducido en Magallanes. Becasina (Gallinago paraguaiiae) escondida entre pinitos de agua. Foto: Jorge Herreros.*

DIVERSIDAD DE ESPECIES

4.6. FLORA

4.6.2 FLORA ACUÁTICA

Ramírez, C. & San Martín.

Las plantas acuáticas constituyen la flora hidrófila que crece en humedales, especialmente dulceacuícolas y salobres, conformando el eslabón inicial de varias cadenas tróficas y sirviendo de lugar de refugio, alimentación y nidificación a numerosos animales, especialmente aves. Estas plantas no son algas, sino vegetales superiores; es decir, la mayoría de ellas presentan un cormo con raíz, tallo y hojas, como cuerpo vegetativo (a veces muy reducido) y flor, frutos y semillas como cuerpo reproductivo. Se trata de plantas superiores con flores, que escogieron como lugar de vida los humedales.

Se conocen con los nombres de plantas acuáticas, hidrófitos, macrófitos, macrófitos vasculares, limnófitos y también como malezas acuáticas. Este último nombre indica que muchas de ellas actúan como malas hierbas, dificultando la utilización de cuerpos de agua. Tradicionalmente han sido separadas en dos grandes grupos ecológicos, los hidrófitos o plantas acuáticas propiamente tales, y los helófitos o plantas palustres (o de pantano). Las primeras presentan la mayor parte de su cormo dentro del cuerpo de agua, incluso fotosintetizan en este medio, y las segundas tienen gran parte de sus órganos fotosintéticos en el aire. Las primeras crecen en agua libre y las segundas en pantanos, ubicados en las riberas de los cuerpos dulceacuícolas.

Las plantas acuáticas no conforman un grupo taxonómico homogéneo o monofilético, sino que se distribuyen en muchas clases, órdenes y familias diferentes de los vegetales autótrofos (Ramírez & San Martín, 2006a). Se trata de plantas que volvieron al hábitat primitivo, el agua, del cual evolucionaron las plantas terrestres. Esta vuelta al medio original se produjo en los comienzos de la evolución de las plantas con flores, por lo que varios grupos primitivos tienen representantes acuáticos. El nexo que une a todas las plantas acuáticas y palustres es únicamente el lugar de vida que ocupan, es decir, el agua.

BREVE HISTORIA DE LOS ESTUDIOS CHILENOS EN PLANTAS ACUÁTICAS

Las plantas acuáticas chilenas como grupo importante en la flora nativa, comenzaron a estudiarse en la década de 1970 en el laboratorio de geobotánica de la Universidad Austral de Chile. Anteriormente, se realizaron trabajos de sistemática que tocaban tangencialmente especies acuáticas, por ejemplo, los estudios de Gunckel iniciados en la primera mitad del siglo pasado. Desde esa fecha, el grupo ha seguido trabajando en forma ininterrumpida, concentrándose en humedales del sur de Chile, tales como bosques pantanosos, pantanos



Egeria densa (Luchecillo) hidrófito sumergido arraigado. Foto: Autores del capítulo.



Ceratophyllum chilensis (Ceratófilo) hidrófito sumergido libre (D. Contreras). Foto: Autores del capítulo.



Potamogeton lucens (Huiro verde) hidrófito sumergido arraigado. Foto: Autores del capítulo.

y turberas. Posteriormente, se incorporó a esta tarea el Departamento de Botánica de la Universidad de Concepción con los autores Rodríguez & Dellarosa (1998), quienes han realizado varias publicaciones de la flora acuática de la Región del Biobío. Pisano (1976) publicó un artículo sobre las plantas acuáticas del extremo sur de Chile. Hauenstein, en la Universidad Católica de Temuco, ha hecho importantes contribuciones a la flora hidrófila chilena, especialmente lacustre. En la primera décadas de este siglo surgió un gran interés por los macrófitos debido a los bruscos cambios de régimen que pueden experimentar los cuerpos acuáticos someros y lénticos, pasando de un estado de aguas claras con macrófitos, a otro de aguas turbias, con fitoplancton (San Martín et al., 2010). Aun cuando los estudios de macrófitos chilenos siguen siendo abundantes en el Centro y Centro-Sur de Chile, en los últimos años se han incorporado algunos en ambos extremos del país (Ramírez & Álvarez, 2012).

En los últimos años varios grupos científicos han realizado estudios florísticos en macrófitos chilenos, entre los cuales destacan aquellos referidos a lagunas temporales en las Regiones de Aysén y de la Araucanía, respectivamente (San Martín et al., 2013). A medida que con el cambio climático aumenta la temperatura y con la acción antrópica aumenta la contaminación y eutrofización de los cuerpos de agua va siendo necesario realizar un completo catastro y estudios detallados que permitan establecer el real estado de conservación de las especies de plantas acuáticas y palustres chilenas (Ramírez & Álvarez, 2012).



Potamogeton berteroi (Huiro rojo) hidrófito sumergido arraigado. Foto: Autores del capítulo.

DIVERSIDAD TAXÓNOMICA

Para Hauenstein (2006) en Chile existirían 454 macrófitos, según Ramírez & San Martín (2006b), en Chile existirían aproximadamente unas 415. Para este trabajo esa cantidad alcanzaría a 435. La incertidumbre se debe por un lado a la variabilidad morfológica de los macrófitos vasculares y a los diferentes criterios de los autores y por otro, a que hay familias en las que aún no se delimitan en forma clara y precisa las especies, es decir, aún hay problemas sistemáticos y también nomenclaturales en las plantas acuáticas chilenas. Si se considera que la flora chilena presenta un poco más de 5.000 especies, las plantas acuáticas y palustres corresponden aproximadamente a menos de un 10 por ciento de ellas.

La flora hidrófila chilena se distribuye en siete clases, de las cuales dos –Monocotiledóneas y Dicotiledóneas– son las más importantes, porque reúnen el 90 por ciento del total (Tabla 1). En la clase Lycopodiopsida sólo existe una especie, *Isoetes savatieri* (isete), en la Equisetopsida, dos: *Equisetum bogotense* (Limpiaplata) y *E. giganteum* y también en la clase Pinopsida: *Lepidothamnus fonckii* (Ciprés enano) y *Pilgerodendron uviferum* (Ciprés de las Guaitecas). La clase Polypodiopsida (helechos) contiene nueve especies de plantas acuáticas chilenas que se reproducen por esporas y no forman flores.

Tabla 1. Distribución en Clases de la flora acuática chilena.

Clase	Especies	Porcentaje
Lycopodiopsida	1	0,23
Polypodiopsida	9	2,07
Equisetopsida	2	0,46
Pinopsida	2	0,46
Liliopsida	157	36,09
Magnoliopsida	26	5,98
Rosopsida	238	54,71
Total	435	100,00

GRADO DE ENDEMISMO

La flora dulceacuícola constituye lo que se conoce como una vegetación de tipo azonal, es decir, su presencia no depende tanto del clima sino que del agua del suelo; por ello, la mayoría tiene una amplia distribución en el planeta (Ramírez & Álvarez, 2012). El 70,62 % (310 especies) de las plantas acuáticas chilenas pueden considerarse nativas, aunque muchas de ellas son cosmopolitas, es decir, llegaron en épocas prehistóricas e incluso históricas y por medios naturales de dispersión, como por ejemplo aves migratorias que usan los hábitat de plantas acuáticas (humedales) como paraderos en sus rutas. De hecho, varias plantas acuáticas extranjeras aparecieron en las zonas de inundación que se formaron en el sur de Chile como consecuencia de los hundimientos de terreno durante el terremoto de 1960. Ellas son *Scrophularia umbrosa* (escrofularia), *Lycopus europaeus* (pata de lobo) y *Lythrum salicaria* (romerillo), de origen europeo, y *Aponogeton distachyon*, de origen africano. Lo anterior demuestra su gran capacidad de reproducción y dispersión. Como endémicas de Chile pueden considerarse las plantas de turbera (57 especies) y algunas de lagunas temporales (<24 especies), o sea < 17 %. Entre ellas pueden destacarse *Schizaea fistulosa* (helecho alambre), *Donatia fascicularis* (donatia), *Drosera uniflora* (rocío de sol) para turberas y *Blenosperma chilensis* (dicha), *Gnaphalium phaeolepis*, *Lastenia kunthii* y *Legenere valdiviana*, plantas anfibias que por inconspicuas y pequeñas carecen de nombre común, para lagunas temporales.

FORMAS DE CRECIMIENTO

Los hidrófitos pueden diferenciarse en sumergidos, natantes y flotantes libres (Figura 1). Los primeros viven, en su mayoría, bajo la superficie del agua y sólo en primavera suelen emerger sus flores para ser polinizadas; algunas, incluso se polinizan bajo la superficie, como, por ejemplo *Ceratophyllum chilense* (ceratofilo); casi siempre están arraigadas al sustrato fangoso, pero algunas pueden flotar libremente a media agua como *Utricularia gibba* (manguera). Los hidrófitos natantes están arraigados al fango con tallos y pecíolos sumergidos, que llevan en su extremo hojas que flotan sobre la superficie del agua (*Nymphaea alba*, loto). A veces suelen presentar hojas sumergidas diferentes a las natantes, fenómeno que se conoce como dimorfismo foliar (*Potamogeton linguatus*, huiro). Los hidrófitos flotantes libres (*Eichlornia crassipes*, jacinto de agua), como su nombre lo indica, flotan libremente sobre la superficie, sin arraigo al sustrato. Por lo anterior, colonizan remansos de poca corriente o cuerpos acuáticos lénticos sin corriente. Generalmente forman embalsados o camalotales que son disgregados por los animales o el hombre y transportados por el viento o el agua en épocas de inundación. En comparación con estos tres tipos de hidrófitos, a los helófitos se les considera plantas acuáticas emergidas.

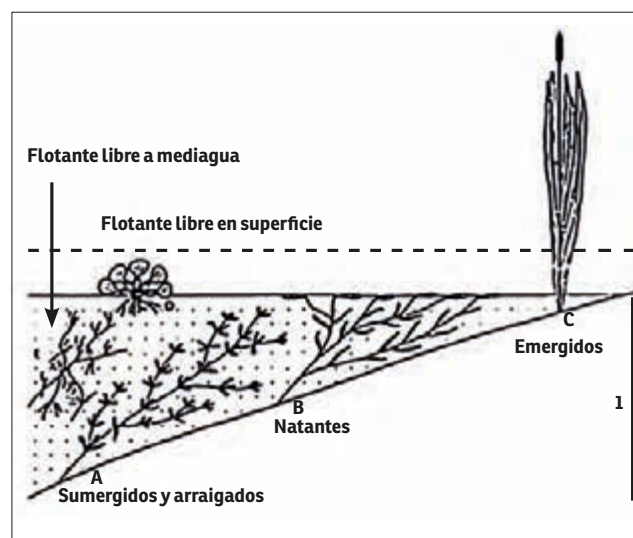


Figura 1. Formas de crecimiento en plantas acuáticas.

Considerando las formas de crecimiento en que se pueden clasificar las plantas acuáticas chilenas, existen 372 especies emergidas (helófitos), lo que corresponde a un 85,52 por ciento de toda la flora y 63 plantas acuáticas, 14,48 %. De las plantas acuáticas (hidrófitos), 36 son sumergidas, 16 natantes y 11 flotantes libres (Figura 2).

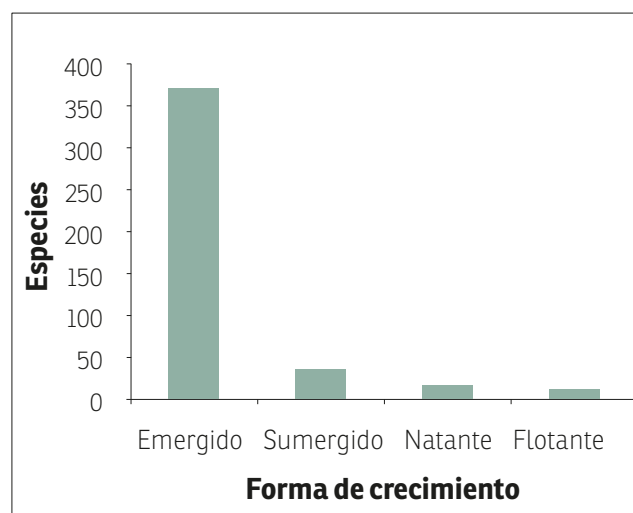


Figura 2. Formas de crecimientos en la flora acuática chilena.

ZONACIÓN Y SUCESIÓN

De acuerdo a las formas de crecimiento descritas anteriormente, las plantas acuáticas y palustres se disponen en las riberas de los cuerpos acuáticos, en franjas paralelas a la orilla (Figura 3). Desde el agua libre hasta la tierra con vegetación terrestre, se establecen cinturones de plantas sumergidas, plantas natantes y plantas emergidas. En cuerpos acuáticos sin corriente se pueden agregar una franja intermedia de plantas flotantes libres. En esta zonación se producen procesos dinámicos de transporte y acreción de sedimentos y de depositación de materia orgánica descompuesta, lo que

levanta el fondo y hace disminuir la profundidad del agua. De esta manera, la franja más cercana a la tierra puede invadir aquella contigua pero más cerca del agua libre, la que se ve obligada a avanzar hacia el centro del cuerpo acuático (Ramírez & Álvarez, 2012). En este proceso, llamado sucesión, la vegetación palustre y terrestre va invadiendo el cuerpo de agua, lo que en el largo plazo provocará su colmatación, siempre que no exista corriente o mucha profundidad que lo impidan. Debido a este proceso natural, los ambientes acuáticos límnicos se consideran efímeros (en tiempo geológico), es decir, su destino es desaparecer por embancamiento.

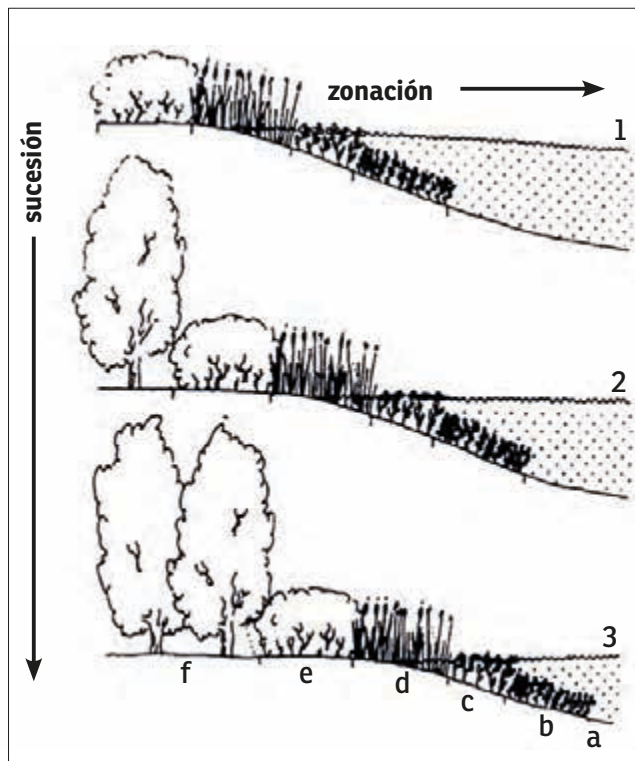


Figura 3. Esquema de la zonación (figuras horizontales por separado) y de la sucesión (las tres figuras en conjunto). Tomado de Ramírez & Álvarez (2012). Comunidades ve-getales presentes en la zonación: a = agua libre, b = plantas sumergidas, c = plantas natantes, d = Helófitos emergentes, e = matorral de zarzamora y Quil-Quil, f = Bosque de Temo-Pitra (Hualve).

DISTRIBUCIÓN EN CHILE

Sólo cuatro especies de hidrófitos se presentan a lo largo de todo el país: *Potamogeton berteroi*, *Zannichellia palustris*, *Myriophyllum quitense* y *Azolla filiculoides*. Las tres primeras son sumergidas arraigadas y pueden crecer en aguas salobres. La última es una especie de helecho flotante libre en superficie, que crece de preferencia en aguas lénticas eutrofizadas. Con amplia distribución tenemos además a *Stuckenia pectinata*, *Ruppia filifolia*, *Isoetes savatieri*, *Lilaeopsis macloviana*, *Myriophyllum aquaticum* y *Lemna gibba*. Prospectadas en un solo lugar en Chile figuran: *Potamogeton reniacoensis* (Región de Valparaíso), *P. gayi*, *Stuckenia striata* y *Aponogeton distachyon* en la Región de Los Ríos (Ramírez et al., 1986). Los helófitos emergidos tienen distribución más amplia.

DIVERSIDAD GEOGRÁFICA

En la zona endorreica del extremo norte del país, en el altiplano, se presentan lagos, lagunas y bofedales como lugares de vida para macrófitos. Estos cuerpos acuáticos se alimentan de agua de la lluvia del invierno altiplánico, la que retienen debido a su escaso drenaje. En torno a estos cuerpos de agua se desarrolla la vida del altiplano y por ello reciben un importante aporte de nutrientes y materia orgánica proveniente de residuos domésticos. En el espejo de agua de estas lagunas (o cotas) crecen hidrófitos flotantes libres como *Azolla filiculoides* (flor del pato) y especies del género *Lemna* (lentejas de agua), que cubren toda la superficie. Además, como especies sumergidas arraigadas prosperan *Potamogeton berteroi* (huiró rojo), *Myriophyllum aquaticum* (un tipo de pasto pinito) y *Elodea potamogeton* (un lucheillo nativo). En torno a estas lagunas hay una zona de mayor humedad edáfica, cubierta por plantas palustres que crecen formando cojines. Estas formaciones son conocidas en general, como las llaretas, pero en este caso se trata de las especies palustres del género *Werneria*. En arroyuelos que cruzan estos bofedales se pueden encontrar berros que, aunque comestibles, son indicadores de contaminación orgánica. Un helófito importante en las lagunas altiplánicas es la totora (*Schoenoplectus californicus*) con la cual se han construido y mantenido las culturas indígenas entre California y Tierra del Fuego. Esta planta les sirve como material de construcción de islotes, vivienda y embarcaciones y su rizoma, que crece enredado en el fango, es comestible.

En la zona arreica del desierto, donde no hay escurrimiento superficial de agua, sólo es posible encontrar hábitat para macrófitos en pequeñas lagunas y arroyuelos de los salares ubicados en la alta cordillera. Debido al contenido en sales de estos cuerpos de agua, sólo pueden ser colonizados por halófitos, plantas tolerantes a la salinidad. Importantes son las especies *Ruppia filifolia* (pelo de marisma) y *Zannichellia palustris* (cachagüita), que crecen sumergidas, en lugares con algo de corriente. En los biotopos más secos se encuentra *Distichlis spicata* (pasto salado).

En el desierto chileno es importante mencionar la presencia del Río Loa, cuyos pequeños valles dan lugar a la formación de oasis, donde abundan los helófitos y algunos hidrófitos con carácter de halófitos. Entre estos últimos figuran el género *Ruppia* y *Z. palustris*. Plantas palustres abundantes son la totora, el vatro (*Typha angustifolia*), caña (*Arundo donax*) y algunas cortaderas. Estos oasis son lugares cultivados desde épocas anteriores a la Conquista, por lo tanto, su vegetación está afectada por la acción humana. En la Región de Atacama son importantes los humedales salobres que se forman en la desembocadura de los ríos que ocasionalmente pueden llevar mucha agua y que tienen carácter de marismas en las cuales abundan la hierba sosa (*Sarcocornia peruviana*), la brea (*Tessaria absinthioides*) y pasto salado (*Distichlis spicata*) (Siefeld et al., 2012).



Stuckenia pectinata (Huiro salobre) hidrófito sumergido en aguas salobres y someras, el arroyo donde vive flanqueado por *Sium latifolium*. Foto: Autores del capítulo.



Myriophyllum quitense (Pasto pinito) hidrófito sumergido arraigado, con ramas floríferas emergidas. Foto: Autores del capítulo.



Nymphaea alba (Loto) hidrófito con hojas natantes. Foto: Autores del capítulo.

Del norte Chico al sur se inicia la zona exorreica, en la cual los ríos que nacen de los Andes llegan al mar. En el Norte Chico, los ríos corrientosos y pedregosos no permiten la sobrevivencia de plantas acuáticas. En sus riberas es posible encontrar un matorral donde abundan especies de helófitos leñosos, como el sauce amargo (*Salix humboldtiana*) y la brea, acompañados por la limpiaplata gigante (*Equisetum giganteum*), una hierba de gran tamaño. Sin embargo, en la cercanía del mar la corriente se aquieta y permite la formación de remansos y lagunas salobres, donde abundan especies acuáticas y palustres. Estas lagunas salobres, que suelen estar bastante eutrofizadas, se conocen con el nombre de albuferas y en ellas se encuentran huiros, un luchecillo nativo (*Eloдея potamogeton*) y *Zannichellia palustris*. Sobre al agua flotan libremente algunas lentejas de agua (*Lemna gibba*) y la hierba guatona (*Limnobiium laevigatum*). En torno a las lagunas se forma una franja de pantano, dominada por el vatro (*Typha angustifolia*). En lugares más extremos aparecen cojines de marismas con halófitos de pequeño tamaño, como la hierba sosa (*Sarcocornia fruticosa*).

En Chile central se encuentra una gran cantidad y variedad de cuerpo de agua dulce, entre ellos albuferas, arroyos, embalses, canales de regadío, arroyuelos y lagunas efímeras primaverales. Por la anterior, la mayor variedad de plantas acuáticas y palustres de Chile se encuentra en esta zona, especialmente en la Región de Valparaíso. Las lluvias invernales transforman los arroyos y arroyuelos en torrentes que pueden causar grandes daños a instalaciones humanas. Además, provocan una gran fluctuación estacional en la vegetación hidrófila debido a que las plantas son arrastradas

por la corriente y sólo logran recuperarse en primavera. Posteriormente, al aumentar la sequía, las lagunas se secan y se produce la muerte de las poblaciones de plantas, como los embalsados o camalotales del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*).

En arroyos, arroyuelos y canales de regadío abundan el huiro rojo y el luchecillo chileno, que suele transformarse en una plaga. Un importante número de estas plantas acuáticas y palustres se transforman en malezas perjudiciales en los cultivos de arroz, que deben permanecer inundados; entre ellas, el hualcacho (*Echinochloa crusgall*), la hualtata (*Alisma plantago-aquatica*), y el té de burro (*Bidens aurea*). En las riberas de los arroyos se forma una exuberante vegetación palustre donde abundan hierbas altas, totoras y arbustos. Entre estos últimos es común el culén (*Psoralea glandulosa*).

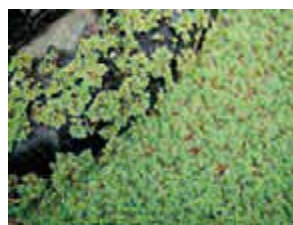
En el litoral de esta región abundan albuferas salobres pequeñas, como la laguna el Peral o de mayor superficie como el lago Vichuquén. Todas ellas están siendo colmatadas por la vegetación acuática que se ha incrementado mucho en los últimos años, debido a una eutrofización, provocada principalmente por las aguas servidas de viviendas de veraneo. Entre las especies que causan problemas figuran *Potamogeton lucens* (huiro verde), *P. berteroi* (huiro rojo), el ceratófilo, un pasto pinito y los luchecillos, tanto nativos como introducidos (Ramírez et al., 2014). Las riberas están siendo también colonizadas por abundante total. Estas albuferas colmatadas son lugar de vida para aves y mamíferos acuáticos, y no son aptas para la recreación ni la práctica de deportes náuticos.



Ludwigia peploides (Clavito de agua) hidrófito natante que florece formando ramas aéreas (la flor blanca corresponde a cf. *Ranunculus aquatilis*). Foto: Autores del capítulo.



Marsillea mollis (Trébol de agua) hidrófito de hojas natantes (U. Deil). Foto: Autores del capítulo.



Azolla filiculoides (Flor del pato) hidrófito flotante libre. Foto: Autores del capítulo.



Limnobiium laevigatum (Hierba guatona) hidrófito flotante libre. Foto: Autores del capítulo.



Schoenoplectus californicus (Totorá) Helófito de gran tamaño. Foto: Autores del capítulo.



Typha angustifolia (Vatrá) helófito de gran tamaño. Foto: Autores del capítulo.



Blechnum penna-marina (Punke) en turbera esfagnosa. Foto: Autores del capítulo.

En los espinales de *Acacia caven* y también en terrenos planos en las cercanías del litoral, donde fluyen arroyos de agua dulce (chorrillos), se forman lagunas primaverales que se secan en la época estival. En estas lagunas encuentran refugio un buen número de plantas hidrófilas nativas que tienen problemas de conservación, tales como el trébol de agua (*Marsilea mollis*).

En las regiones de La Araucanía y de Los Lagos (zona Centro- Sur) también abundan los cuerpos acuáticos, ríos, arroyos, arroyuelos, lagos, lagunas, albuferas, etc. Pero la diversidad de macrófitos es menor, seguramente debido a la menor temperatura que restringe el desarrollo de las formas natantes y flotantes libres. En este caso, entre los hidrófitos abundan las especies de huíro, pasto pinito y luchecillos sumergidos y arraigados al sustrato. En los lagos la flora acuática propiamente tal es más bien pobre; quizás las especies más abundantes y frecuentes sean *Isoetes savatierii* (isete), *Littorella australis*, *Eleocharis pachycarpa* (quilmén), la flor de la piedra y un pasto pinito. Todas ellas crecen en aguas bastante oligotróficas. Cuando los lagos se contaminan y hay mayor disponibilidad de nutrientes, las especies acuáticas comienzan a colonizar los sectores más someros, lo que puede traer problemas de embancamiento. En este caso prosperan huiros, luchecillos y la hierba del pato, principalmente. En el sector de Chol-Chol aparecen lagunas primaverales, que también sirven de refugio a especies de

plantas nativas como *Navarretia involucreta* y *Nierembergia repens*.

En las riberas de los lagos existe una abundante vegetación palustre, que crece en sectores con mucha humedad edáfica, arroyos y arroyuelos que desembocan al lago y en los pantanos ribereños. En los primeros aparecen bosques pantanosos ribereños en los cuales dominan el temo y la pitra (San Martín et al., 2008). En arroyos y arroyuelos aparecen especies de aguas limpias y corrientes, como *Mimulus cupreus* y *Veronica anagallis-aquatica*. En los pantanos ribereños abundan hierbas higrofilas tales como *Anagallis alternifolia*, la orquídea *Habenaria trifida* y la margarita del pantano (*Symphyotrichum vahlii*). Junto a ellos también se pueden desarrollar amplios totorales, dependiendo de la sedimentación de la orilla.

En el curso de los ríos de cordillera a mar de la región centro-sur de Chile se diferencian claramente crenón, rítrón y potamón. Los dos primeros sectores del río presentan mucha corriente y fondos pedregosos de cantos rodados por lo que la vegetación acuática es prácticamente inexistente. Sin embargo, en el potamón, el acopio de sedimento que rellena el fondo y la disminución de la corriente permiten la colonización de numerosos helófitos e hidrófitos. Entre las especies sumergidas arraigadas al fondo figuran varios huiros (*Potamogeton* y *Stuckenia*), *Z. palustris*, *Myriophyllum aquaticum* y



Turbera esfagnosa, los árboles secos corresponden a *Pilgerodendron uvifera* (Ciprés de Las Guaitecas). Foto: Autores del capítulo.



Turbera pulvinada con *Donatia fascicularis*. Foto: Autores del capítulo.



Laguna temporal en la Región de Aysén (A = Laguna, B = *Lilaeopsis macloviana*, C = *Plagiobothrys calandrinoides*, D = *Rorippa nana*, E = *Gnaphalium phaeolepis*) (M. Álvarez, tomado de San Martín et al., 2013). Foto: Autores del capítulo.

Juncus bulbosus. Con hojas natantes son frecuentes el loto (*Nymphaea alba*), el ahuiranque (*Potamogeton linguatus*), el clavito de agua (*Ludwigia peploides*) y *A. distachyon*. Todas estas especies colonizan remansos y bañados adyacentes a los ríos. En lagunas es posible encontrar la especie carnívora manguera (*Utricularia gibba*). Las riberas del potamón de estos ríos presentan extensas zonas de pantanos dulceacuícolas en su parte superior y marismas, cerca de la desembocadura. En los pantanos habita una interesante y rica flora palustre integrada por especies, tales como el vatro, la totora y el carrizo (*Phragmites australis*), además de la cortadera (*Cyperus eragrostis*), la cortadera azul (*Carex riparia*) y varias especies de junquillos.

En arroyos eutrofizados, es posible encontrar la estrella de agua (*Callitriche hermaphrodítica*) y un berro, especies que indican alta contaminación orgánica y riqueza de nutrientes. En canales de drenaje que se secan en verano aparecen algunos junquillos anuales y el pasto *Glyceria multiflora*.

En Chile austral disminuye el número de especies de la flora hidrófila; sin embargo, estas pocas especies crecen en poblaciones de alta cobertura. Muy importante son *Potamogeton stenostachys* y *Myriophyllum quitense*. La primera presenta hojas natantes en primavera y la segunda, hojas aéreas cuando florece. En los pantanos abundan totora y junquillos. También destaca la especie introducida desde Europa, el pino de agua (*Hippuris vulgaris*) (San Martín et al., 2010).

Al considerar los humedales turbosos, tanto pulvinados como esfagnosos, la cantidad de helófitos chilenos se incrementa en forma considerable. Esos ambientes son pantanos fríos, muy oligotróficos, donde crecen especies herbáceas pulviniformes (acojinadas) como *Donatia fascicularis*, el musgo *Sphagnum magellanicum* y arbustos bajos. La pobreza en nutrientes se refleja en la presencia de plantas insectívoras *Pinguicula chilensis*, *P. antarctica* (violetas del pantano) y *Drosera uniflora* (rocío de sol).

Tanto en Chile central como en el centro-sur existen bosques pantanosos que permanecen anegados varios meses en el año; incluso los ubicados en Chiloé lo están todo el año. Estos bosques pantanosos de mirtáceas, también llamados hualves, están formados por pitra y chequén en Chile central, por temo y pitra en el centro-sur de Chile y por tepú en la cordillera costera, de Valdivia a Chiloé. En estos bosques pantanosos está siempre presente canelo, un árbol de lugares húmedos muy frecuente en Chile. Los tepuales de Chiloé son un tipo de bosque húmedo muy especial porque el tepú crece con troncos horizontales, formando un estrato (piso) sobre el agua, del cual salen tallos verticales.

Un resumen de la distribución en hábitats diferentes de la flora chilena se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Hábitats ocupados por la flora acuática chilena.

Hábitat	Especies	Porcentaje
Dulceacuícola	266	61,15
Lagunas temporales	24	5,52
Turberas	57	13,10
Dulceacuícola y Salobre	48	11,03
Salobre (marisma)	39	8,97
Marino	1	0,23
Total	435	100,00

SINGULARIDADES DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS

Hay varias plantas acuáticas medicinales colectadas en forma intensiva, lo que pone en peligro su sobrevivencia, por ejemplo *Geum queyllon* (hierba del clavo). Los macrófitos comestibles son escasos, pero quizás los más conocidos son los llamados berros (*Nasturtium officinale*, *Mimulus luteus*) que se consumen como ensalada y que crecen en arroyos generalmente contaminados con residuos orgánicos. Muchos macrófitos tienen utilidad como plantas ornamentales de lagunas y piletas artificiales o en acuarios, por ejemplo, *Egeria densa*, *Nymphaea alba*, *Eichhornia crassipes* y *Aponogeton distachyon*. Las vistosas inflorescencias de los vatros son usadas secas para la decoración; las cañas, totoras, vatros y carrizos sirven como materia prima en todo tipo de cons-trucciones ligeras, en mueblería, cestería y otras artesanías. Con los tallos de caña y carrizo se fabrican instrumentos musicales. Un aspecto relevante en estas plantas es su utilidad como indicadores ecológicos de calidad de agua. Algunas han sido empleadas con éxito como purificadoras de aguas eutrofizadas y contaminadas en humedales artificiales. Los lucheillos tienen aplicación como material didáctico, ya que son fáciles de obtener y por lo delgado de sus hojas, objetos útiles para microscopía.

TOXICIDAD

En Chile existen plantas acuáticas y palustres con propiedades tóxicas que pueden provocar accidentes fatales, tanto para el ganado, como también para las personas, por ejemplo *Conium maculatum* (cicuta), *Coriaria ruscifolia* (deu), *Galega officinalis* (galega) y *Senecio aquaticus*. Algunas especies de *Ranunculus* y *Juncus pallenscens* tienen propiedades abortivas. *Urtica dioica* (ortiga), es un helófito anual con pelos urticantes, que irritan la piel.

INVASORAS

Numerosas plantas acuáticas y palustres tienen el carácter de malezas y de plantas invasoras, como por ejemplo: *Egeria densa* (lucheillo), *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua), *Juncus bulbosus* (junquillo rojo), *Nymphaea alba* (loto), *Galega officinalis* (galega) y el árbol *Alnus glutinosa* (aliso).



Marisma de *Cotula coronopifolia* (Botón de oro africano) en Chile Central. Foto: Autores del capítulo.



Eichhornia crassipes (Jacinto de agua) hidrófito flotante libre. Foto: Autores del capítulo.

Las especies sumergidas, que proliferan en condiciones de eutrofización, provocan embancamiento de cuerpos de agua, impidiendo su utilización. Su retiro mecánico implica un alto costo. Por otra parte, si la cosecha se deja secar muy cerca de la orilla, los nutrientes volverán al lago con el agua de lluvia. Con el cambio climático al subir la temperatura, pueden colonizar los cuerpos acuáticos muchas malezas acuáticas de zonas más cálidas y tropicales.

CONSERVACIÓN DE LA FLORA ACUÁTICA CHILENA

Aunque no existen estudios científicos al respecto, de acuerdo a la información bibliográfica y a nuestra experiencia en terreno, es posible señalar que *Hydrochleis nymphoides*, *Pistia stratiotes* y *Salvinia auriculata*, especies introducidas en la V región, ya han desaparecido. La única especie nativa que podría considerarse extinta es *Potamogeton reniacoensis*, que crecía en una laguna en Reñaca. Las especies de turberas esfagnosas se encuentran con problemas debido a la explotación del musgo pon-pon (*Sphagnum magellanicum*) y las de lagunas temporales, debido a las sequías provocadas por el cambio climático. Las dos coníferas chilenas presentes en turberas, *Lepidothamnus fonkii* y *Pilgerodendron uvifera*, se encuentran con serios problemas de conservación.

Como vulnerables pueden considerarse a *Isoetes savatierii*, y *Potamogeton stenostachys* de lagos y lagunas andinas muy susceptibles a la eutrofización. En arroyos y arroyuelos del interior de los bosques valdivianos, presentan este estado *Pilea elegans* y *P. elliptica*.

Hay varias especies que se consideran escasamente conocidas y, por lo tanto, es difícil establecer su estado de conservación, por ejemplo, *Elatine triandra*, *Habenaria trifida*, *Pilularia americana*, *Triglochin scilloides*, *Stuckenia striata*, *Potamogeton gayi*, *Gnaphalium cymatioides* y *Nierenbergia repens*, por lo que resulta indispensable realizar los esfuerzos correspondientes para obtener la información que permita establecer el estado de conservación de estas y otras especies poco conocidas.



Sarcocornia fruticosa (Hierba sosa) halófito de marisma. Foto: Autores del capítulo.



Régimen de aguas claras con macrófitos en aguas dulces someras. Foto: Autores del capítulo.



Régimen de aguas turbias con fitoplancton en aguas dulces someras. Nota: Cuando no se indica lo contrario, las fotografías pertenecen a los autores. Foto: Autores del capítulo.



DIVERSIDAD DE ESPECIES

4.7. BRIÓFITAS

Felipe Osorio¹, Cristobal Ivanovic¹ & Elizabeth Barrera¹.

BRIÓFITAS

Usualmente, el nombre de musgos, hepáticas o antocerotes evocan poco a la imaginación de la gente, no más allá de “el manchón verde en la pared”. Sin embargo, estas pequeñas plantas, que forman el grupo de las Briófitas, son parte bastante conspicua de la flora nacional, destacándose por su alto grado de endemismo y su enorme riqueza, incluso sobrepasando a la riqueza de la flora vascular en la Región de Magallanes (Rozzi et al., 2008). Consideradas como las “primeras plantas verdaderas”, las briófitas lograron salir del mar y poblar la tierra hace unos 400 millones de años, comprendiendo los primeros linajes de plantas terrestres con algas verdes como ancestro (Goffinet & Shaw, 2009).

Necesitaron para el dominio de la tierra, varias adaptaciones como la capacidad de retener agua (ya no habitaban en un medio líquido, como las algas) y la capacidad de aguantar sequías y heladas. Estas habilidades se mantienen vigentes en las briófitas hasta el día de hoy, permitiéndoles colonizar nuevos hábitats que las especies vasculares no pueden poblar, así las briófitas son, por ejemplo, la flora dominante del continente antártico (Ochyra et al., 2008).

Es tal la capacidad de las briófitas de tolerar condiciones adversas, que se han encontrado en el suelo bajo glaciares, estructuras latentes de briófitas, que luego de otorgarles mejores condiciones, brotan o “vuelven a la vida” como si estuviesen simplemente esperando el momento y el tiempo justo (Lafarge et al., 2013). Esto lleva a preguntarnos entonces, ¿si el origen de nuestros bosques actuales, se debió a la presencia de estructuras de briófitas latentes bajo los casquetes de hielo en la última era glacial?, ¿Hubo una germinación post-retiro de los hielos, permitiendo un rápido establecimiento de las sucesiones vegetales? Si este fuese el caso, debemos agradecer a las briófitas por comenzar el establecimiento del nuevo suelo en preparación de la llegada de la flora vascular. Sin embargo, el conocimiento de las briófitas y su historia en Chile aún es escasa o tentativa, y mucho nos queda por indagar y descubrir, siendo un desafío para los investigadores que se interesan por este grupo de plantas. Nuestro país posee biomas muy variados, y con ello, una gran variedad de especies de musgos y hepáticas y antocerotes, cada una adaptada a su realidad.

El grupo de las briófitas comparten una serie de características que las agrupan: son pequeñas plantas terrestres, epífitas o semiacuáticas, con un ciclo de vida alternado, dominado por el gametófito fotosintético y autótrofo, y un esporófito reducido y unido al gametófito, encargado de la producción y liberación de las esporas. Las briófitas se caracterizan además por la ausencia generalizada de tejido diferenciado. Por lo tanto, no poseen un sistema vascular de transporte, ni raíces, tallos u hojas verdaderas (rizoides, caulidios y filidios son su denominación correcta, respectivamente).

Dependen de la presencia de agua para la reproducción sexual, la cual se logra cuando las células espermáticas flageladas, formadas en estructuras llamadas anteridios (masculino), llegan a los arquegonios (estructuras femeninas) nadando y derivando a través del agua, para fusionarse y formar luego el esporófito.

El esporófito es la estructura diploide, encargada de la formación y dispersión de las esporas, y está formada por tres estructuras principales: una seta, una cápsula y una caliptra. La seta es el tallo que nace del gametófito y que en su ápice forma la cápsula. En el interior de la cápsula se forman las esporas por división meiótica. Cuando las esporas están listas para salir, la caliptra se desprende, dejando el opérculo, que es la abertura de salida de la cápsula, semiabierto. El opérculo posee unas estructuras llamadas dientes del peristoma, que regulan la salida de las esporas hacia afuera, formando una especie de puerta en el opérculo. La forma de la salida de las esporas difiere si describimos la cápsula del esporófito de las hepáticas o de los antocerotes, donde lo que ocurre es la ruptura por presión de la cápsula, permitiendo una salida explosiva de las esporas. La alternancia del ciclo de vida de las briófitas, da como resultado que el gametófito autótrofo sea haploide, y el esporófito sea diploide (la espora es haploide de nuevo, ya que se forman por meiosis), lo que es completamente inverso al ciclo de vida de las Tracheophytes o plantas vasculares, donde es el esporófito diploide (o poliploide), el estadio dominante.

El ciclo de vida de las briófitas está dividido en dos fases: un gametófito haploide perenne, en el cual la planta realiza sus procesos fotosintéticos y absorbe nutrientes; y un esporófito, encargado de la dispersión de esporas, producto de la reproducción sexual de células espermáticas. El esporófito surge del gametófito, pero tiene la particularidad de ser diploide y ser la estructura encargada de la dispersión de las esporas, a través de la estructura apical del esporófito: la cápsula. Las células espermáticas que dan origen al esporófito son flageladas. Por esto, necesitan de agua para la fecundación y formación del esporófito, como una reminiscencia de las estructuras reproductivas que poseían los ancestros de las briófitas: las algas verdes. Las briófitas, sin embargo, también pueden reproducirse asexualmente, mediante propágulos, que en realidad es un término técnico que se refiere a cualquier trocito del gametófito original, y el que puede generar una nueva planta. Esta totipotencialidad es la que habría permitido entonces la latencia por tanto tiempo bajo los glaciares de los briófitos hallados por Lafarge.

DIVERSIDAD, SISTEMÁTICA Y TAXONOMÍA

Naturalmente, una serie de diferencias morfológicas, ecológicas y genéticas nos permiten separar el grupo de las briófitas en 3 divisiones (Tabla 1):

División Bryophyta (musgos): Son el grupo más diverso y están presentes en todos los continentes, con un estimado de 12.000 especies actualmente reconocidas, dentro de las cuales aproximadamente 890 especies se encuentran en Chile (Müller, 2009). Poseen una simetría radial, los filidios se unen al caulidio en 3 ó más hileras (con casos excepcionales), con una gran diversidad morfológica de esporófitos entre las especies, incluyendo estructuras como la caliptra, sobre la cápsula que cubre la apertura por donde usualmente salen expedidas las esporas. Éstas, al encontrar un sitio propicio, germinarán en un protonema multicelular que se transformará luego en un gametófito adulto.

Tabla 1. Cuadro comparativo entre hepáticas, antocerotes y musgos.

	Hepáticas	Antocerotes	Musgos
Inserción de los Filidios	Con filidios en 2-3 filas o sin filidios	Sin filidios	Con filidios dispuestas en espiral, rara vez en 2-3 filas
Células	Con numerosos cloroplastos (trígonos presentes)	1-4 cloroplastos	Con numerosos cloroplastos (trígonos ausentes)
Oleocuerpos	Usualmente presentes	Ausentes	Ausentes
Rizoides	Unicelulares	Unicelulares	Pluricelulares
Cápsulas	Apertura de una vez por (1-4) valvas	Apertura gradual del ápice a la base a través de 2 valvas	Apertura de una vez, usualmente por el opérculo y peristoma
Columela	Ausente	Presente	Presente
Estomas	Ausentes	Presentes	Presentes
Caliptra	En la base del esporofito	Ausente	En el ápice del esporofito



(10) Musgo del género *Ariadna* tejiendo su tela entre mini bosque de briófitas. Foto: Bernardo Segura.



(6) *Symphyogyna rubritincta* A. Evans. Hepática Talosa Simple. Foto: Felipe Osorio.

Se adhieren mediante rizoides a varios sustratos distintos, encontrándose sobre suelo, rocas, corteza de árbol, y algunos sustratos artificiales como muros, ladrillos, canaletas y bancas. Viven en casi todos los ambientes y se les puede encontrar desde la orilla del mar hasta en grandes cumbres, colonizando junto a líquenes ambientes inhóspitos para las otras especies de plantas.

División Marchantiophyta (hepáticas): Aunque no tan diversos como los musgos, las hepáticas poseen aproximadamente 5.000 especies a nivel mundial, dentro de las cuales cerca de 500 especies se encuentran en Chile (Hässel de Menendez & Rubies, 2009). Se les puede hallar en diversos ambientes, de preferencia en los de mayor humedad como los bosques tropicales y templados. Las hepáticas, morfológicamente, se pueden dividir en tres grupos: las foliosas, las talosas simples y las talosas complejas. Las hepáticas foliosas poseen filidios adheridos a dos hileras paralelas, dándole una apariencia aplanada dorsiventralmente; y usualmente una tercera hilera de filidios más pequeños o anfigastros. Las talosas simples y las talosas complejas no poseen filidios, sino más bien son una masa de tejido aplanado fotosintético de múltiples capas de células. Las talosas simples se diferencian de las complejas, porque las complejas poseen cierto grado de diferenciación en las células del talo, observándose en corte transversal un ordenamiento de las diferentes capas celulares: hay una epidermis superior monoestratificada, estomas primitivos, parénquima, rizoides y otros. En las talosas simples no hay un ordenamiento ni

una aparente diferenciación de las células en estructuras análogas al tejido de las plantas vasculares.

Las hepáticas tienen en particular un esporofito cuya seta es usualmente blanquecina, y una cápsula esférica de color negro, que una vez madura se abre mediante cuatro aberturas longitudinales. Además poseen en sus células cuerpos oleosos, donde almacenan diversos productos metabólicos como aceites.

División Anthocerotophyta (antocerotes o hierbas con cuernos): Mucho menos diversos, los antocerotes poseen cerca de 150 especies a nivel mundial, de las cuales aproximadamente 14 especies se encuentran en nuestro país (Hässel de Menendez & Rubies, 2009). Prefieren hábitats muy húmedos de bosques tropicales y templados, encontrándose sobre suelo, rocas, e incluso veredas de calles. Poseen un gametófito taloso, multiestratificado, y lobulado o en roseta. Puede presentar también un nervio central. De estos lóbulos en los márgenes se pueden desprender propágulos que pueden formar nuevas plantas, permitiendo la dispersión asexual de la especie. En el talo presentan ciertas cavidades o aperturas a cámaras que son usualmente colonizadas por cianobacterias como las del género *Nostoc*, formando una asociación simbiótica entre la planta y la bacteria. Esta sociedad cianobacteria-antocerote permite a la planta fijar nitrógeno atmosférico, a cambio de otorgarle un ambiente propicio a la cianobacteria. Otra peculiaridad es la presencia de pirenoides en las células del antocerote. Estos pirenoides son agregados proteicos de la proteína RuBisCO



(7) *Notoaclada confluens* Taylor ex. Hook. F. & Wilson. Hepática Foliosa. Foto: Felipe Osorio.

(Ribulosa 1,5 Bifosfato Carboxilasa/Oxigenasa), encargada de la fijación del CO₂. Esta peculiar estructura está sólo presente en otras algas verdes, evidenciando la conexión ancestral entre éstas. El grupo toma el nombre Anthocerophyta, por su característico esporófito (antoceros = flor cuerno) verde, alargado y con forma de cuerno el cual se abre en dos valvas longitudinales y que crece de forma ilimitada debido a un meristema ubicado en la base del esporangio. Este tipo de esporófito es una excepción a la regla, dado que permanece fotosintético a diferencia de los musgos y hepáticas.

ECOLOGÍA Y SINGULARIDADES

Una de las ventajas de las plantas vasculares para el dominio de los hábitats, posterior al establecimiento de las briófitas, es la posesión de un sistema vascular y la regulación del intercambio gaseoso y la absorción de nutrientes del suelo a través de las raíces. La falta de capilares, estomas y raíces, lleva entonces a la miniaturización de las especies briófitas, y aunque posean la capacidad de sobrevivir indemnes a sequías y heladas, de todos modos requieren de agua y CO₂, intercambio que se da principalmente por difusión a través de las hojas (que usualmente solo poseen una o 2 capas de células). Sin embargo, aunque las briófitas parecieran ser unas reliquias del pasado, se ha demostrado que activamente se adaptan a su entorno y a los cambios y desafíos que el nuevo hábitat les brinda: numerosos casos son los de poliploidización e hibridación interespecífica, e incluso la transferencia de genes de una especie a otra, como lo comprobado con

los genes que optimizan la capacidad fotorreceptora, que habrían sido transportados de los antocerotes a los helechos, permitiéndole a los helechos, adaptarse mejor a condiciones de poca luz, bajo el dosel arbóreo (Li et al., 2014). Esto evidencia que las briófitas siguen siendo entes dinámicos y con una tremenda capacidad para la adaptación y la resistencia frente a factores adversos, sumado a la totipotencialidad de sus células. Otra característica que pudo haberse generado por la necesidad de adaptarse a sitios pobres en nutrientes es que algunas especies de briófitas han generado asociaciones con bacterias cianofíceas, permitiéndoles a las plantas obtener nitrógeno de la atmósfera, a cambio de otorgarles a las bacterias un ambiente propicio para su subsistencia. Otra particularidad importante es la alta recombinación homóloga, que facilita la integración de genes insertados artificialmente, que está siendo profundamente estudiada en el musgo *Physcomitrella patens* por científicos que desde hace algunos años están produciendo ciertas proteínas humanas con fines farmacéuticos (Decker et al., 2003).

El pequeño tamaño en general de las briófitas nos lleva estudiar la flora briológica a una nueva escala. Esta nueva forma de mirar a estas plantas no queda exenta de sorpresas: entre los tallos de las briófitas se forma un nuevo microhábitat, hogar de un sinnúmero de especies de invertebrados y otros organismos aún más sorprendentes como los tardígrados u "osos de agua", que en conjunto forman redes tróficas entre las briófitas (Glime, 2007).

En general, las briófitas otorgan una serie de servicios ecosistémicos a los biomas en las que se establecen: Son las primeras especies sucesionales que logran colonizar (o rebrotar) sectores recientemente deglaciados o deteriorados por causas naturales y/o antrópicas, permitiendo la acumulación de materia orgánica y la formación de suelo, preparando las condiciones para el establecimiento de otras especies sucesionales como helechos, arbustos y árboles. Son excelentes sumideros de carbono, logrando acumular hasta 12 toneladas de carbono por hectárea en turbales de Sphagnum (Schofield, 1985). Además, atrapan nutrientes de la lluvia y regulan cursos hídricos, amortiguando crecidas y pérdida de suelo por erosión, entre otras cosas.

Conocer entonces la biodiversidad briófitas nos permite entender el comportamiento de los ecosistemas a las que pertenecen e inferir cómo estos podrían modificarse, debido a eventos de cambio climático, de explotación de bosques y turbales, de urbanización y de contaminación atmosférica

e incluso saber su rol en la ecología de dispersión mediada por aves en bosques templados en el sur de Chile (Osorio et al., 2014).

IMPORTANCIA CULTURAL

En nuestro pueblo mapuche encontramos al menos un par de especies arraigadas a su cultura; la hepática *Marchantia polymorpha*, conocida como "Paillahue" cuyo significado es "quedarse tendido", que era utilizada en infusiones mágicas para ablandar la voluntad de la persona amada; y el musgo *Funaria hygrometrica* conocido como "Oñoquintúe", cuyo significado es "que hace volver la mirada", y se usaba como filtro de amor. El musgo *Rigodium implexum*, más conocido como "lana del pobre" fue llamado así debido a que, gracias a su suave textura, fue utilizado para rellenar colchones y cojines en zonas rurales del sur de nuestro país (Ardiles et al., 2008).



(8) *Plagiochila hookeriana* Lindend. Hepática foliosa. Foto: Felipe Osorio.



(5) *Symphyogyna circinata* Nees & Mont. Hepática Talosa Simple. Foto: Felipe Osorio.



(1) *Eriodon conostomus* Mont. Musgo. Foto: Felipe Osorio.



(4) *Plagiochasma rupestre* (G. Forst.) Stephani. Hepática Talosa Compleja. Foto: Felipe Osorio.



(15) *Leptostomum splachnoideum* Hook. & Arn. Foto: Felipe Osorio.



(2) *Dendroligotrichum dendroides* (Brid. ex Hedw.) Broth. Musgo. Foto: Felipe Osorio.



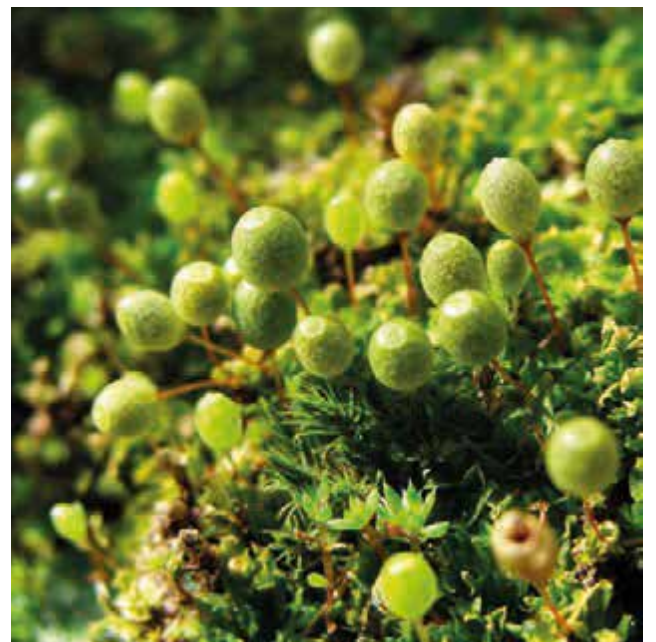
(13) Esporofitos de antocerote del género *Phaeoceros* sp. Foto: Felipe Osorio.



(12) Esporofito de musgo del género *Syntrichia* sp. Foto: Felipe Osorio.



(3) *Riccia sorocarpa* Bisch. Hepática Talosa Compleja. Foto: Felipe Osorio.



(14) *Costesia macrocarpa* (Schimp.) Cuvertino, Miserere & Buffa. Foto: Felipe Osorio.



DIVERSIDAD DE ESPECIES

4.8. ALGAS MARINAS BENTÓNICAS

María Eliana Ramírez

Al igual que el conjunto de organismos fotosintéticos conocidos bajo el nombre de “algas”, las algas marinas bentónicas son organismos autótrofos de estructura simple, con escasa o ninguna diferenciación de células y tejidos complejos como ocurre en las plantas vasculares y con estructuras reproductivas también simples. Estos organismos tienen la particularidad de crecer adheridos al sustrato, integrando las comunidades marinas de la zona litoral y submareal poco profunda del ambiente marino.

Por su condición de autótrofos, las algas marinas bentónicas cumplen un rol ecológico fundamental como productores primarios y constituyen organismos claves en los ecosistemas que habitan.

Cumplen además una serie de otras funciones ecológicas no productivas, como servir de sustrato, lugar de desove y de refugio a muchos peces e invertebrados marinos, además de servir como barreras físicas, atenuando la energía de las olas en la costa. Por otra parte, son fuente directa de alimento para el hombre y otros animales consumidores, producen antibióticos, hormonas y otras sustancias de uso medicinal. Constituyen también fertilizantes de suelos para cultivos agrícolas y algunas producen y concentran en sus paredes celulares sustancias químicas del tipo polisacáridos, como

el agar, la carragenina y el ácido algínico. Estos coloides o gomas vegetales, debido a sus propiedades espesantes, estabilizantes y emulsionantes, sirven de materia prima para la producción de una variedad de productos industriales.

Los taxa de algas marinas bentónicas representados mayoritariamente en este ambiente son las Rhodophyceae (rodófitas) o algas rojas, las Chlorophyceae (clorófitas) o algas verdes y las Phaeophyceae (feófitas) o algas pardas.

La costa de Chile continental (18°S – 55°S) incluida en la región del Pacífico temperado de Sudamérica, más los territorios insulares y el territorio antártico, comprenden una extensión costera de aproximadamente 9.000 kilómetros, donde crece y se desarrolla una abundante y variada flora marina.

El presente artículo da a conocer el estado actual del conocimiento de este grupo de vegetales marinos, considerando la diversidad de especies, su distribución geográfica y endemismos a lo largo de esta extensa línea costera, sus diferentes roles ecológicos, junto con destacar también algunas de sus singularidades y deficiencias respecto de su estudio y conocimiento.

HISTORIA DE LOS ESTUDIOS SOBRE LAS ALGAS MARINAS EN CHILE

El estudio de la flora marina bentónica de la costa de Chile se inició como resultado de las numerosas expediciones extranjeras que exploraron nuestros mares durante los siglos XVIII y XIX. El material recolectado en estas expediciones fue estudiado y depositado en los grandes museos del Viejo Mundo por los naturalistas de la época, entre los que destacan el ficólogo sueco C. Agardh y su hijo Jacob, el botánico alemán Kützting y los botánicos franceses Bory de St. Vincent, Jules Dumont D'Urville, y Camille Montagne. Una relación histórica de estas primeras expediciones y las obras publicadas con las contribuciones más significativas de cada una de ellas han sido dadas a conocer anteriormente por Etcheverry (1958) y Santelices (1989).

Las exploraciones del naturalista francés Claudio Gay, entre los años 1835 y 1836, a quien el gobierno de Chile le solicitara el estudio de la flora y fauna del territorio, marcaron un hito importante en el conocimiento de nuestra flora marina. C. Gay envió las algas por él recolectadas a C. Montagne, botánico del Museo de Historia Natural de París, encargándole a este último su estudio y la publicación de todas las especies conocidas hasta ese entonces. La contribución de Montagne aparece publicada en el tomo VIII de la "Historia Física y Política de Chile" de C. Gay (Montagne, 1853) y contiene la descripción de 162 especies de algas marinas, de las cuales 14 resultaron ser especies nuevas para la ciencia.

Posterior a la obra de Gay, otra serie de expediciones extranjeras exploraron nuestras costas, aunque esta vez se concentraron casi exclusivamente en las zonas más australes del país. Una relación cronológica de estas expediciones y de posteriores contribuciones al conocimiento de la flora marina bentónica de la costa de Chile ha sido resumida en extenso por Ramírez (1995).

Cabe destacar que desde la década de 1970 a la fecha, debido a la creciente importancia que adquieren las algas como recurso económico para el país, el conocimiento de estos organismos en Chile se diversifica y una cantidad considerable de científicos se incorpora al desarrollo de esta disciplina. Los responsables en la formación de la mayoría de estos ficólogos en Chile fueron: el Profesor Héctor Etcheverry Daza, quien dictó la cátedra de ficología en la Carrera de Biología Marina de la Universidad de Chile en su sede Valparaíso por espacio de varios años (1950-1970), y Bernabé Santelices, quien a partir del año 1976, una vez que regresa a Chile después de haber obtenido sus grados de magíster y doctor en la Universidad de Hawai, Estados Unidos— inicia en la Pontificia Universidad Católica de Chile en Santiago un trabajo de investigación intenso y fructífero, tanto en la producción científica como en la formación de un numeroso grupo de científicos dedicados al estudio de las algas marinas de Chile. Esto trae como consecuencia

un incremento significativo de publicaciones científicas en la disciplina, con una cantidad de trabajos orientados preferentemente a aspectos relacionados con la ecología de comunidades y ecosistemas, enfatizando aspectos sobre funciones ecológicas y ecología de producción de algunas de las especies de importancia económica para el país, conocimiento básico para el cultivo artificial de aquellos recursos sobreexplotados y en explotación.

Los estudios taxonómicos en una primera etapa no alcanzan la velocidad de producción de los trabajos ecológicos sobre la flora marina de Chile. Estudios florísticos que incluyan, por ejemplo, descripción de floras locales han sido relativamente escasos en el país, a excepción del trabajo de Santelices (1989) "Algas Marinas de Chile. Distribución, ecología, utilización, diversidad", en el cual se caracterizan e ilustran 143 especies de algas, correspondientes a las especies más comunes y mejor conocidas taxonómicamente de la costa de Chile continental e Isla de Pascua, y el trabajo de Hoffmann & Santelices (1997) "Flora Marina Bentónica de Chile Central", que caracteriza e ilustra 114 especies presentes entre los 30 y 41 grados de latitud sur (Coquimbo a desembocadura del Río Maullín). Aunque menos conocido, por el carácter de la publicación y su distribución un tanto limitada, también cabe destacar el trabajo "Manual de Biotopos Marinos de la Región de Aisén, Sur de Chile", de John et al. (2003), que da cuenta de las comunidades marinas de los canales australes entre los 41 y 49°S (Desembocadura del Río Maullín a Puerto Edén). La obra titulada "Catálogo de Algas Marinas Bentónicas de la Costa Templada del Pacífico de Sudamérica", de M. Eliana Ramírez y B. Santelices, publicada en 1991, constituye un nuevo impulso y motivación para retomar los estudios sobre la biodiversidad de algas en Chile. Dicha obra recopila y ordena la información referente a la totalidad de las especies citadas en la literatura para esta extensa costa. Este ordenamiento ha facilitado en gran medida la tarea a científicos tanto nacionales como extranjeros para desarrollar estudios taxonómicos en esta interesante flora. Algunos de estos trabajos han aportado con nuevos registros y también nuevas especies para el área, en tanto que otros han dado a conocer resultados sobre revisiones taxonómicas y nomenclaturales de géneros y especies conflictivas. Entre estos aportes figuran las publicaciones de Ramírez & Rojas (1991), Ramírez & Müller (1991), Ramírez & Tapia (1991), Ramírez et al. (1993), Müller & Ramírez (1994), Fredericq et al. (1992), Hommersand et al. (1993), Peters (1990, 1992a, 1992b), Bird et al. (1992), Ramírez & Peters (1992), Fredericq & Ramírez (1996), Ramírez (1996), Arakaki et al. (1997), Ramírez & Osorio (2000), Peters & Ramírez (2001), John et al. (2003), entre otras.

En los últimos 10 años se ha producido un giro en el conocimiento de la Diversidad de macroalgas de esta costa. Esto ha sido el resultado de un nuevo enfoque sobre el concepto y delimitación de especie en estos organismos basada en el análisis de las secuencias del ADN mediante diferentes marcadores moleculares.



Alga (*Colpomenia* sp.) y caracoles (*Littorina peruviana*) en intermareal rocoso. Foto: Jorge Herreros

Aportes sustanciales en este aspecto son los trabajos de Macaya & Zucarello (2010a y 2010b), González et al. (2011 y 2012); Arakaki et al. (2011); Boedecker et al. (2010), Bustamante et al. (2012), Hommerand et al. (2012); Clarkston & Saunders (2012); Boo et al. (2013), Ramírez et al. (2014); Calderón et al. (2014), Yang et al. (2014), Lindstrom et al. (2015); Guillemín et al. (2016a, 2016b), entre otros.

DIVERSIDAD TAXONÓMICA

Costa de Chile continental (18 – 55°S)

La riqueza taxonómica de la flora marina de la costa de Chile continental, comprendía (datos registrados al 2008), un total de 444 especies distribuidas en 89 Phaeophyceae, 80 Chlorophyceae y 265 Rhodophyceae. Este número incluyó todos los registros de especies citados en la literatura a esa fecha, tomando como base de referencia las especies listadas en el catálogo de Ramírez & Santelices (1991), más la información posterior, oficialmente publicada y los registros nuevos estudiados e incluidos en las colecciones del Herbario Nacional, del Museo Nacional de Historia Natural, información por publicar (Ramírez, com.pers.).

A la fecha se han incorporado un número indefinido de géneros y especies a nuestra Flora Marina Bentónica, incluyendo nuevas especies para la ciencia, nuevos registros y validación de especies que alguna vez fueron incorporadas en la sinonimia de otra especie. Del mismo modo también se han reducido en algunas revisiones genéricas el número de especies para determinados taxones. Todo esto ha sido producto del uso de nuevas metodologías empleadas en el análisis de muchos taxa, que incluyen el estudio combinado del DNA, mediante la aplicación de técnicas moleculares y análisis morfológicos. Preferentemente estos estudios han considerado especies de importancia económica y /o ecológica. Ejemplo de ello tenemos el caso del género *Macrocystis*, el que luego de varios estudios resultó ser un género monotípico representado en esta costa por una sola especie *Macrocystis pyrifera* (Macaya & Zuccarello, 2010a y 2010b); El caso del género *Lessonia*, con reconocimiento de dos especies crípticas incluidas en el complejo *Lessonia nigrescens* (González et. al, 2012) y recientemente el caso de la gran diversidad de Bangiales foliosas de la costa de Chile continental, donde se han reconocido 5 géneros con

un número mayoritario de especies incluidas en los géneros *Pyropia* y *Porphyra* (Guillemin, et al, 2016a)

Biogeografía de las algas marinas de Chile continental

Un análisis biogeográfico que incluyó un total de 350 especies de algas marinas bentónicas conocidas de la costa de Perú y Chile fue realizado por Santelices (1980). Su estudio entregó como resultado la formulación de una nueva hipótesis biogeográfica para esta área.

Las conclusiones a que llega el autor en su estudio destacan tres aspectos importantes:

- La convergencia en el área de al menos cinco grupos de especies con distintas afinidades geográficas, representatividad total y representatividad a lo largo del gradiente latitudinal: un grupo de especies subantárticas (34,5%), especies endémicas (31%), especies de amplia distribución (23%), especies bipolares (6%) y especies tropicales (3,4%).
- La escasa representación de elementos con afinidades tropicales y la disminución significativa hacia las latitudes bajas de elementos con afinidades subantárticas, lo que trae como consecuencia una disminución del número total de especies hacia las zonas templadas-cálidas, constituyendo de este modo una excepción al principio general de incremento de riqueza de especies hacia las zonas tropicales conocido para una diversidad de sistemas biológicos.
- Finalmente el autor enfatiza sobre el escaso intercambio florístico entre la flora marina de Chile continental y la flora de regiones de aguas tropicales e islas cercanas al continente y del Pacífico Central. Este escaso intercambio de especies estaría dando cuenta, por una parte, de la relativa pobreza de especies en el área, en relación con otras áreas templadas del mundo que presentan rutas de migración más expeditas, y por otra parte, del alto porcentaje de endemismo de esta flora.

En un estudio realizado por (Meneses & Santelices, 2000), fue puesta a prueba la hipótesis, considerando el aporte de nuevos hallazgos reportados para el área por diferentes autores entre los años 1980 y 2000, los que muestran una escasa o nula incidencia de estos nuevos hallazgos en los postulados fitogeográficos establecidos por Santelices el año 1980. Ramírez et al. (2006), por otra parte, luego de un exhaustivo muestreo producto de cuatro expediciones en el área de Aisén (41°S– 49°S), realizan un análisis fitogeográfico de la flora marina béntica de la región, demostrando también una total concordancia con los postulados de Santelices (1980).

Consecuentemente, podemos decir que la flora marina de Chile continental es una flora relativamente pobre en especies, con un predominio de elementos provenientes de aguas subantárticas, seguido de especies endémicas y de elementos de amplia distribución.

Los recientes estudios sobre la distribución de las macroalgas de la costa de Chile continental se han focalizado más bien en analizar filogenias y explicar los posibles procesos

evolutivos experimentados en algunos géneros específicos de macroalgas. como *Macrocystis*; *Lessonia*; *Desmarestia* entre las algas pardas y en géneros como *Mazzaella*, *Callophyllis*, *Porphyra/Pyropia* entre las algas rojas . El análisis biogeográfico en consecuencia cambia sustancialmente desde un enfoque descriptivo de la biogeografía a un enfoque más bien funcional, que explica y se acerca a entender algo más sobre las causas de estas distribuciones y los posibles pro-cesos evolutivos de determinados taxa, a la luz de los análisis filogenéticos (Fitogeografía)(Guillemin et al, 2016b)

TERRITORIOS INSULARES

Isla de Pascua

Las algas marinas bentónicas de esta isla fueron estudiadas principalmente por Borgesen (1924), como resultado del material recolectado por Skottsberg en las expediciones suecas de los años 1907 y 1917. Posteriormente, Santelices y Abbott exploran la isla en 1981, aportando una gran cantidad de nuevos registros para el área (Santelices & Abbott, 1987). Finalmente, Ramírez & Müller, en el año 1991, dan a conocer seis nuevos registros para esta localidad, producto de nuevas exploraciones.

La información entregada hasta el 2008, indicaba que la flora marina bentónica de Isla de Pascua comprendía un total de 114 especies, distribuidas en 26 Phaeophyceae, 28 Chlorophyceae y 60 Rhodophyceae. En un trabajo reciente (Fernández et al., 2014) establecen que el número de especies de macroalgas registrados para la Isla corresponde a 143 especies.

Biogeográficamente, esta isla del Pacífico Suroriental se caracteriza por presentar una mayor proporción de elementos de amplia distribución (48%) restringidos a áreas templadas -cálidas, un componente indo-pacífico de un 28,6 por ciento, un endemismo de un 13,3% y una proporción menor (3,8%) de elementos de distribución circumpolar subantártica (Santelices, 1989).

Actualmente se registran nuevos aportes al conocimiento de la diversidad de algas de la Isla los que no cambian la biogeografía del área. (Ramírez & García Huidobro, 2009; Ramírez, 2010) Los territorios insulares de Pascua y Salas y Gómez han sido considerados en conjunto como una gran provincia Biogeográfica, la Provincia Rapanuina, basada en el alto porcentaje de endemismo presente en los principales grupos de la Flora y fauna marina.(Fernández et al, 2014), no obstante es importante llamar la atención de que las macroalgas hasta aquí, registran un bajo porcentaje de endemismo, (13 a 14%), a diferencia del resto de los grupos considerados en el reciente análisis.

En los últimos años Mattio et al. (2009) aclaran mediante análisis molecular y morfológico la identidad de las especies de *Sargassum* de la Isla determinando que la especie originalmente conocida como *S. Skottsbergii* corresponde a *S. obtusifolium*, especie conocida del Pacífico Occidental (Asia, Nueva Caledonia, Polynesia Francesa),



Cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) en Isla Carlos III, Parque Marino Francisco Coloane. Foto: Jorge Herreros.

Archipiélago Juan Fernández

Al igual que Chile continental y Pascua, la flora marina bentónica de este archipiélago fue explorada tempranamente por extranjeros. Primero las exploraciones del buque inglés Challenger y luego las exploraciones y recolecciones realizadas por Skottsberg en 1907 y 1917, cuyos resultados fueron publicados por Levring, en 1941 y 1943. Luego de estas publicaciones, dos aportes importantes se suman al conocimiento de esta flora marina, el trabajo de Müller & Ramírez (1994) y Ramírez (1996).

Un análisis de la riqueza de especies del archipiélago Juan Fernández nos permite señalar que de acuerdo a datos actualizados al 2008, éste presenta un total de 112 especies, distribuidas en 25 Chlorophyceae, 31 Phaeophyceae y 56 Rhodophyceae.

Desde el punto de vista biogeográfico, el archipiélago Juan Fernández se caracteriza por presentar una flora marina con un alto porcentaje de elementos de amplia distribución (45%), restringidos a aguas más bien templadas y un endemismo de un 30%. En menor proporción, aparecen

representados elementos de afinidades circumpolar-subantártica (13,5%) y un componente indo-pacífico. A diferencia de la flora de Isla de Pascua cuyo componente mayoritario de especies de amplia distribución presenta distribuciones restringidas más bien a aguas templadas-cálidas, cercanas a las zonas tropicales del planeta, la flora marina del archipiélago Juan Fernández presenta un componente de amplia distribución restringido a aguas templadas frías y cálidas. También contrasta comparativamente con la flora marina de la Isla de Pascua el mayor porcentaje de endemismo presente en el archipiélago (30% contra un 13,3%).

Según los últimos hallazgos de Friedlander et al. (2016), la flora marina de las Islas Juan Fernández no sólo exhibe un alto endemismo (~ 30%), sino también un número de especies con afinidades particulares con el extremo sur de América del Sur, Sur de Australia, Nueva Zelanda y varias islas subantárticas. Algunos taxones comunes tales como ciertos taxa de algas marrón reportado aquí como *Lobophora* spp. aún no han sido descritos, a pesar de su prevalencia en el ecosistema en Juan Fernández. Por otro lado, dichos

autores describen una alta cobertura del alga parda *Eisenia cokeri* (>50%) en el sector expuesto de la Isla San Ambrosio, sólo conocida en estas Islas y el sur del Perú, pero no se encuentra en Robinson Crusoe, donde domina el alga parda *Lobophora spp.* Este hecho, entre otros, sugiere que ambos grupos de islas oceánicas corresponderían a dos ecorregiones diferentes (Gaymer, com.pers.)

No obstante la relativa proximidad de las islas, la flora marina de Isla de Pascua es más similar a la del Pacífico central y occidental que a Juan Fernández. Esto es consistente con las predicciones de intercambio de especies limitada en todo el flujo hacia el norte del sistema de corrientes Chile-Perú, explicando de esta manera no sólo el aislamiento y altos niveles de endemismo, principalmente de peces, sino también la conectividad con lugares distantes. La presencia del alga parda *Eisenia cokeri* sólo en San Ambrosio, la flora marina de Desventuradas tiene una fuerte afinidad con las Islas Juan Fernández y una superposición limitada con especies que se encuentran en el continente (Friedlander et al., 2016).

Islas

Desventuradas

El conocimiento primario de la flora marina de estas islas —San Félix y San Ambrosio— es el resultado de expedicionarios chilenos que recolectaron algunas especies que en total configuraron una lista de doce taxa (Etcheverry, 1960). Posteriormente, Meneses & Hoffmann (1994) y Ramírez et al. (1993) agregan algunos nuevos registros como producto de nuevas recolecciones realizadas en la localidad. El aporte de esta nueva información da como resultado (datos actualizados al 2008) la suma de 32 especies en el área, distribuidas en 7 Phaeophyceae, 23 Rhodophyceae y 2 Chlorophyceae.

Un aporte reciente de Silva & Chacana (2005), señala un total de 38 especies para el archipiélago de las Desventuradas, producto de nuevos registros encontrados en su estudio.

Biogeográficamente el área se caracteriza por la presencia mayoritaria de elementos de amplia distribución (33%) y un 23,3% de especies “endémicas” comunes con Pascua o Juan Fernández. Sólo una especie es estrictamente endémica de esta localidad: *Padina triestromatica* Levring. En resumen, esta flora marina guarda una estrecha similitud con la flora marina de las islas oceánicas Juan Fernández y Pascua, presentando una mayor similitud florística con la flora de Juan Fernández (Ramírez et al., 1993). Las autoras, por otra parte, señalan en este estudio que dicha similitud es consecuencia de la migración de especies desde Juan Fernández a estas islas a través de embarcaciones pesqueras menores que comercializan la langosta de Juan Fernández.

Isla Salas y Gómez

No existe hasta ahora ningún antecedente sobre las algas marinas de esta isla.

Territorio antártico

La base del conocimiento de las algas marinas de la Antártica es producto de tempranas expediciones europeas,

principalmente francesas y suecas que exploraron estos mares durante el siglo XVIII y hasta mediados del siglo XIX, conocimiento que fue recopilado y sistematizado en el “Catálogo de las Algas Antárticas y Subantárticas” de Papenfuss (1961). Posterior a este trabajo, el estudio florístico de algas marinas antárticas de Lamb & Zimmermann (1977) entrega información ilustrada sobre la mayoría de las especies antárticas reportadas a esa fecha. Finalmente, Wiencke & Clayton (2002) entregan el mayor estudio comprensivo sobre flora marina antártica, recopilando la información dispersa de los últimos 25 años. Los autores llegan a establecer que a esa fecha el número de especies presentes en la antártica alcanza entre las 120-130, con un nivel de endemismo de un 33%.

Hommersand et al. (2009) entrega información actualizada, referente a las Rhodophyta de la antártica, incorporando 4 géneros y cinco nuevas especies para el área, llamando la atención en la escasez de conocimiento sobre el estatus taxonómico de muchas especies descritas y probablemente mal determinadas y de otras especies aún de estatus taxonómico desconocido, en espera de ser correctamente determinadas.

Moniz et al. (2012) establecen mediante data molecular el estatus taxonómico de las especies del género *Prasiola* (Chlorophyceae) de la Antártica

Recientemente Gómez (2015) en su libro titulado “Flora Marina Antártica, Patrimonio de Biodiversidad”, además de destacar la exuberante riqueza natural que encierran las comunidades marinas del bentos antártico, cuyo componente clave son las macroalgas, pone de manifiesto la enorme fragilidad de éstas frente a amenazas del cambio climático

Alrededor del 90% de las especies hasta aquí registradas para esta área provienen de recolecciones realizadas en la Antártica oeste, incluyendo la península Antártica, las islas Shetland del Sur y las Orkney. La riqueza de especies decrece dramáticamente hacia la antártica oriental. Pocas especies crecen a lo largo de las costas del Mar de Ross y en latitudes sobre los 76 grados sur.

Relaciones biogeográficas

La flora marina antártica se caracteriza por presentar un alto nivel de endemismo (33%), especialmente presente en el grupo de las Phaeophyceae y de las Rhodophyceae. Existe un orden endémico que es monotípico, el orden Ascoseirales y varios géneros endémicos como *Gania*, *Notophycus*, *Antarcticothamnion*, *Himantothallus*, *Cystosphaera*, *Phaerus*, entre otros. Los órdenes Desmarestiales, Ceramiales y Gigartinales tienen una alta proporción de especies endémicas. Ejemplos de especies endémicas antárticas ampliamente reconocidas son el alga roja intermareal *Pyropia endiviifolium* (A. y E. Gepp) H.G. Choi & M.S. Hwang, el alga parda submareal de gran tamaño (10 metros de largo por uno de ancho) *Himantothallus grandifolius* (A. y E. Gepp) Zinova y un alga fucoide de profundidad *Cystosphaera*



Luche (*Porphyra columbina*). Foto: Jorge Herreros.

jacquiloti (Montagne) Skottsberg.. Un segundo grupo de especies de origen circumpolar- subantártico está bien representado en la Antártica junto con unas 20 especies de amplia distribución. Este último grupo incluye especies reconocidas ampliamente como cosmopolitas que, según Clayton et al. (1997), corresponderían a introducciones recientes provenientes de regiones templadas. Un porcentaje menor de especies bipolares con distribución disjunta también están presente en esta flora marina.

Ramírez (2011) publica un listado actualizado de la Flora Marina Bentónica de las regiones subantárticas de Sudamérica y de la Antártica, estableciendo los niveles de similitud y relación de especies en ambas regiones. La autora destaca la presencia de dos conglomerados, uno formado por el área de Magallanes –Tierra del Fuego y las Islas Falklands con un alto porcentaje de similitud (alrededor del 70%) y otro separado, correspondiente a la región antártica con un bajo porcentaje de similitud con el anterior (20%).

Un hecho característico de la flora marina sublitoral de la Antártica es la ausencia total de las grandes algas pardas con

canopia pertenecientes al orden de las Laminariales, típicas de las regiones templadas. En la Antártica sus equivalentes ecológicos son las grandes algas del orden Desmarestiales. El género *Desmarestia* presenta un patrón de distribución circumpolar antártico y coloniza con varias especies la zona sublitoral en esta región, hasta los 40 metros de profundidad.

ENDEMISMOS

Como se citó el 2008 los porcentajes más altos de endemismo a esa fecha están presentes en la Antártica (33%), archipiélago Juan Fernández (30%), islas Desventuradas (23,3%) y Chile continental (22,7%). Los valores de endemismo para Chile continental son comparativamente altos en relación a otras áreas templadas del mundo con rutas de migración más expeditas, como el Pacífico Norte, y bajos en relación a otras áreas geográficas templadas del hemisferio sur, como Australia que presenta valores de endemismo de especies superior al 70% y Nueva Zelanda, con valores que superan el 40% (Dring, 1982). En cuanto a número de especies, la costa de Chile es comparativamente más pobre en especies que,

por ejemplo, la región temperada del sur de Australia, para la cual se han reportado 1.155 especies de macroalgas marinas bentónicas (Womersley, 1991).

Endemismos por regiones en Chile continental

Ramírez (1995) analiza comparativamente el endemismo por regiones a lo largo de Chile continental, destacando el alto porcentaje presente en la Región de Magallanes y Antártica Chilena (50,6%). Estos valores podrían responder a la mayor exploración florística realizada en el área durante los siglos pasados; sin embargo, y por la misma razón, es el área que presenta un mayor desafío de exploración para ratificar tempranos registros de especies. Muchos de los taxa citados para la parte austral del territorio, entre los 50 y 55°S, son conocidos de sólo uno o dos registros de colecta, sin haber sido recolectados posteriormente; consecuentemente son registros dudosos, sujetos a verificación. Por consecuencia esta área requiere de una mayor exploración para evaluar la diversidad actual y el endemismo de su flora marina.

Roles ecológicos de las algas marinas en Chile

Como se ha dicho anteriormente, el principal rol ecológico de las algas marinas es su función productiva en los ecosistemas costeros de aguas someras. Constituyen de este modo la base de las cadenas tróficas en estos ecosistemas. Gran parte de la energía producida por las algas marinas bentónicas es consumida directamente por los consumidores de primer orden entre los cuales destacan moluscos pastoreadores y peces herbívoros, entre otros. Sumado a ello desempeñan otros roles ecológicos no productivos como servir de sustrato, lugar de refugio, lugar de asentamiento larval y crianza de juveniles para numerosos invertebrados y peces litorales. Particularmente interesante resulta observar estos roles ecológicos en las praderas de "huirales", sensu Vásquez (1990), conociéndose bajo ese nombre genérico al conjunto de grandes algas pardas representadas por los géneros *Lessonia*, *Macrocystis* y *Durvillaea* que forman parte de las comunidades marinas costeras de la zona intermareal baja y poco profunda del litoral rocoso de la costa de Chile.

Estas grandes algas pardas han sido consideradas como "especies Ingenieras ecosistémicas", por ser estructuradoras de comunidades

Estudios recientes en comunidades asociadas a discos adhesivos de *Lessonia trabeculata* Villouta y Santelices, provenientes del submareal rocoso del norte de Chile (Vásquez et al., 2005), han señalado una gran riqueza de especies presente en estas comunidades, registrando un total de 153 taxa de macroinvertebrados, representativos de diez phylla.

SINGULARIDADES DE LA FLORA MARINA DE LA COSTA DE CHILE Y DEFICIENCIAS EN SU CONOCIMIENTO

La flora marina bentónica de Chile continental se caracteriza como una flora temperada con abundancia de especies de

distribución circumpolar-subantártica proveniente de las islas subantárticas del hemisferio sur, las que llegan a este continente a través de la corriente circumpolar antártica conocida como west wind drift con su rama hacia el norte en el Pacífico Sudoriental, la corriente de Chile-Perú o Humboldt. Esta corriente fría actúa de barrera oceanográfica para la migración de especies verdaderamente tropicales provenientes de aguas temperadas más cálidas de las regiones cercanas al Ecuador, de manera que elementos auténticamente tropicales son casi inexistentes en esta flora marina. Otra singularidad que caracteriza a esta flora es su alto endemismo comparado con otras regiones temperadas del hemisferio norte y su relativa pobreza de especies en relación a otras áreas temperadas del mundo. Santelices (1995) ha establecido que estas singularidades tienen su expresión en los sistemas ecológicos que conforman las comunidades marinas costeras de esta zona del Pacífico, las que se presentan mucho más simples en su estructura comunitaria y donde especies endémicas como *Lessonia spp.*, con roles ecológicos tan singulares en estas costas, no encuentran equivalentes ecológicos que las reemplacen, como ocurre en las costas temperadas del Pacífico Norte.

Por otra parte, es importante señalar entre las singularidades de esta flora marina, la importancia económica que representan al menos una veintena de especies consideradas dentro de las pesquerías comerciales en el país. Algunas de ellas son endémicas de la costa de Chile y Perú. Veintidós especies de algas marinas se cosechan actualmente de manera artesanal en nuestras costas para extraer de ellas agar, carragenina y ácido algínico (Alveal, 2005) y también para consumo humano. Varias toneladas de alga seca de estas especies se procesan internamente en el país para la fabricación de estos hidrocoloides, aumentando el valor agregado del producto. El resto se exporta como materia prima a países como Estados Unidos, Japón y Francia. La comercialización de algas y sus productos derivados genera divisas al país por una cantidad aproximada de 300 millones de dólares anuales (datos publicados en www.IFOP.cl, Anuario 2014, rubro algas). Desde el punto de vista social, la actividad alguera representa un porcentaje significativo de la fuerza laboral ligada al sector pesquero artesanal (Cereceda & Wormald, 1991; Alveal, 2005).

Géneros como *Lessonia* y *Macrocystis* entre las Phaeophyceae y *Gracilaria*, *Sarcothalia*, *Gigartina*, y *Mazzaella* entre las Rhodophyceae son requeridas por el mercado mundial de estas gomas vegetales debido a la calidad de sus polisacáridos.

Las especies *Durvillaea antarctica*, *Chondracanthus chamissoi*, *Callophyllis variegata*, *Pyropia orbicularis* (conocida previamente como *Porphyra columbina*) y otras especies de los géneros *Pyropia* y *Porphyra* son consumidas como alimento, algunas como *Durvillaea* ("cochayuyo") y especies de *Pyropia* y *Porphyra* son ("luche"), son de consumo interno, *Chondracanthus* y *Callophyllis* son vendidas al mercado internacional



Chascón, frondas cilíndricas (*Lessonia nigrescens*) y cochayuyo frondas laminares (*Durvillaea antarctica*). Foto: Jorge Herreros.

En cuanto a las deficiencias en el conocimiento de este grupo, es necesario señalar que todavía falta mucha exploración florística para lograr una visión comprensiva de la riqueza total de especies presentes en el área. Especialmente destacable es la escasa exploración de la zona submareal poco profunda, donde es esperable encontrar un mayor número de elementos subantárticos transportados por las corrientes frías subsuperficiales. Tampoco se ha investigado sobre el efecto de perturbaciones a gran escala como ENOS (El Niño Oscilación del Sur), en la composición de la flora de Chile continental. Poco se sabe también sobre las especies invasoras y sus efectos sobre las comunidades bentónicas. Por otra parte un gran número de los registros endémicos reportados para esta costa, concentrados principalmente en la parte austral de Chile continental, han sido reportados

de tempranas expediciones y conocidos de sólo uno o dos hallazgos, existiendo la posibilidad de haber sido erróneamente identificados. Si esto es así, habría una reducción en el número total de especies y en los porcentajes de endemismo para el área. Para ello es necesario verificar en primer lugar la ocurrencia de estos taxa en las localidades de origen y realizar los análisis taxonómicos a la luz de criterios más amplios en la taxonomía de las macroalgas. Esto significa una ardua tarea de exploración y visita a las localidades tipo de las especies de dudosa identificación.

En resumen, falta mucho aún por estudiar la flora marina del área para tener un conocimiento comprensivo de ésta. Es necesario muestrear intensivamente áreas pequeñas y áreas escasamente conocidas, hacer un esfuerzo por estudiar

y describir exhaustivamente floras locales, hacer un esfuerzo por incentivar la formación de colecciones científicas a lo largo de esta costa que faciliten el trabajo de monografiar géneros ampliamente distribuidos con especies representativas como *Ceramium spp*, *Polysiphonia spp*, entre las algas rojas, y *Ulva spp* entre las algas verdes. En síntesis, incentivar la realización y profundización de estudios taxonómicos en nuestra flora marina de manera amplia, utilizando técnicas y métodos modernos como los análisis moleculares que ayuden a complementar los análisis morfológicos tradicionales y las observaciones y seguimiento del crecimiento y desarrollo de las especies en su hábitat natural.

La protección y manejo de las poblaciones algales en explotación representa en la actualidad uno de los grandes desafíos para los estudiosos de las algas en Chile. La sustentabilidad en el sistema, de estos recursos debe ser evaluada consciente y objetivamente, como lo señala Alvear (2005). Para ello es fundamental generar conocimiento sobre la base de estudios científico-técnicos para cada pradera en particular, que permitan garantizar su permanencia en el tiempo y en el espacio.

Actualmente se discute en el Congreso una Ley de "Bonificación para el Incentivo del cultivo de macroalgas de importancia comercial" cuyo objetivo apunta a promover y apoyar la maricultura de macroalgas o el cultivo artificial de estos recursos con el propósito de asegurar su sostenibilidad.



Cinturón de macro algas, ejemplo de la zonificación horizontal en el intermareal. Foto: Jorge Herreros. ►





En los sectores rocosos expuestos al embate de las olas se desarrollan comunidades dominadas por las algas pardas, que dan soporte y estructura a los ambientes y ofrecen hábitat, refugio, alimento y áreas de asentamiento a larvas de numerosas especies de invertebrados y peces. Bajo estas, comúnmente conocidas como huero o chascón, se pueden encontrar erizos negros, caracoles, lapas y apretadores. Foto: Jorge Herreros.



Intermareal en Arica (región de Arica y Parinacota) mostrando la zonificación en distintos niveles. Foto: Jorge Herreros.



DIVERSIDAD DE ESPECIES

4.9. DIVERSIDAD FÚNGICA EN CHILE

Giuliana M. Furci George-Nascimento.¹

Los hongos son organismos uni y multicelulares que conforman su propio Reino. En él se agrupan organismos tan morfo diversos como levaduras, líquenes, mohos, setas y orejas de palo. Este capítulo trata específicamente sobre los llamados "macrohongos", es decir, especies terrestres cuyos aparatos esporíferos son macroscópicos. No se hace referencia a los líquenes en particular.

Existe consenso entre micólogos que en nuestro planeta hay al menos 1,5 millones especies de hongos de los cuales se conocen alrededor del 5% a nivel mundial. Las estimaciones llegan a superar 50 millones de especies. Hasta el año 1969 se les clasificó en el Reino Plantae y consideraban plantas sin clorofila, llamándoles también micófitos. Sin embargo, los hongos definitivamente no son ni plantas ni animales.

De la división de los seres vivos que habitan el planeta surgen cerca de cinco grandes grupos. Uno de éstos es el Reino Fungi, Reino Eumycota, o Reino de los Hongos. Se caracteriza por agrupar organismos con células eucariotas, con pared celular de quitina y que se alimentan por absorción. En este reino se incluyen los mohos y las levaduras, a la vez de las setas. Son organismos que forman simbiosis con

plantas y animales y/o que degradan materia orgánica, sustancias nutritivas ya elaboradas. Son, por tanto, heterótrofos y pueden ser saprófitos, parásitos o simbióticos.

Los hongos son organismos fundamentales en la descomposición de la materia orgánica. Junto a las bacterias son los grandes recicladores y su función es esencial para mantener activos los flujos de nutrientes en todos los ambientes terrestres y acuáticos de la Tierra. Están presentes en todos los ecosistemas, en las aguas, en el suelo, en el aire, en los prados y en los bosques. Se emplean en la industria alimenticia y farmacéutica, en todo nivel de la cadena productiva. Son seres ubicuos, pues son capaces de vivir sobre prácticamente cualquier sustrato, desde petróleo, suelos radioactivos, aluminio y plástico hasta hueso, madera y papel. El ser vivo más grande del planeta es, de hecho, un hongo. Se trata de un individuo de la especie *Armillaria solidipes* (ex. *Armillaria ostoyae*) que crece hace al menos 2400 años y que cubre cerca de 8,5 kilómetros cuadrados en el Parque Nacional Malheur en Oregon, Estados Unidos.

Los hongos se desarrollan preferentemente en lugares húmedos y oscuros. Están compuestos por filamentos (hifas)

¹ Directora Ejecutiva y Fundadora. Fundación Fungi.

que son hileras de células, los cuales en algunas especies forman una red o micelio que permanece dentro del sustrato adecuado todo el año, siendo las callampas y otras formas existentes un aparato macroscópico cuya función única es la generación y propagación de esporas para la reproducción sexual del organismo. Por ello, la parte visible de los hongos se encuentran en determinadas épocas del año, bajo ciertas condiciones ambientales, y en algunos casos, la mayoría, viven por períodos de tiempo muy cortos.

Cómo fue mencionado anteriormente, se reproducen sexualmente por esporas que se forman en éstos aparatos esporíferos (también denominados erróneamente como fructificaciones, término propio del Reino Plantae). El aparato esporífero, también llamado carpóforo, puede tener diferentes formas: de pie y sombrero ("callampa" o "seta"), globoso, en terraza ("oreja de palo"), coraloide ("changle"), colmena de abeja ("morilla"), bastón, gelatinoso, copa, disco, planos, abovedados, y otras.

Una de las funciones más importantes de los hongos es su asociación con plantas como micorrizas. Las especies micorrícicas se encuentran en o sobre las raíces de árboles, arbustos y la gran mayoría de las hierbas fundidos en una profunda simbiosis que provee a las plantas de elementos inorgánicos que son incapaces de sintetizar por sí mismas, y a la vez, aquellas abastecen al hongo de sustrato y carbohidratos necesarios para su vida. En términos generales, se dividen en ecto y endo micorrizas, las primeras responsables de producir aparatos esporíferos macroscópicos, o sea macrohongos. En Inglaterra, se demostró que existen al menos 6 especies de hongos micorrícicos por cada planta en las islas (Hawksworth, 2001). En bosques boreales, esta razón se ha demostrado en 21 especies de hongos por cada especie de planta (Clemmensen, 2013). Se le atribuye a los hongos micorrícicos la responsabilidad de que las plantas puedan vivir en el medio terrestre. Es decir, sin los hongos las plantas no podrían vivir fuera del agua.

Diferentes especies de hongos han sido muy importantes para la humanidad. En todos los continentes hay pruebas de su uso hace milenios. En Chile, la mayoría de los pueblos originarios usaron hongos como alimento y también como yesca. Los Selk'nam en Tierra del Fuego, los Mapuches, Tehuelches y otros usaron o usan los hongos como especies principales en la alimentación cotidiana y también como medicina o yesca. En Europa se encontró una asombrosa evidencia en septiembre del año 1991, en la frontera entre Italia y Austria, donde se encontró el cuerpo de un hombre naturalmente momificado, conocido como Ötzi. Vivió hace 5.300 años y es la momia más antigua de Europa. Entre las pertenencias de Ötzi se encontraron herramientas, ropa, frutos del bosque, canastos y dos especies de hongos. Una especie antibiótica y otra usada como yesquero.

En Asia aún se utiliza el Ling-Zhí (también conocido como Reishi o Yeong Ji) "Hierba de la Potencia Espiritual" u "Hongo de la Inmortalidad", que corresponde a la especie *Ganoderma lucidum*. Goza de especial veneración en diferentes países asiáticos, y ha sido utilizado en la medicina tradicional de China por más de 4.000 años. Es, también, el escudo protector de la Ciudad Prohibida en Beijing.

En India, hay evidencia de que Soma, una bebida ritualista de gran importancia entre los primeros Indio-Iraníes y las culturas Védicas y Persas que los sucedieron, se preparaba principalmente con el carpóforo de *Amanita muscaria*, el Agárico de Las Moscas, que es también conocido por su característico sombrero rojo con escamas blancas.

Chile es uno de los pocos países del mundo que tiene tan amplia diversidad geográfica y variedad de clima, dada por su longitud. Estos factores afectan la distribución y abundancia de los hongos. Son organismos que se desplazan en su distribución a través de la dispersión de esporas, para así crecer en nuevos ambientes. Por esta razón, la micota está en constante cambio. Sin embargo lo que hace de Chile un país tan mico-diverso en términos de los macrohongos es la condición ectomicorrícica de los árboles del género *Nothofagus*. Estos macrohongos son tanto epigeos (crecen sobre el suelo) o hipógeos (bajo suelo).

En Chile, las épocas de recolección varían según región y estación, y las épocas de mayor aparición de carpóforos tiene un gradiente espacio-temporal que permite recolectar casi todo el año. De diciembre a marzo, es ideal buscar en la zona austral (Regiones de Magallanes y Aysén), luego en la zona sur en los meses entre abril y julio (Regiones de Los Lagos, de Los Ríos, de la Araucanía, del Biobío y del Maule) y en Chile central en abril y agosto (Regiones del Libertador Bernardo O'Higgins, de Valparaíso y la Región Metropolitana). En el norte grande y chico se encuentran generalmente entre enero y mayo.

Se hace cada vez más importante y relevante conocer las especies del Reino Fungi con las cuales convivimos y que a la vez son piezas fundamentales de nuestros bosques, costas y praderas. Esto, en parte, debido a que hay una gran cantidad de hongos no comestibles, venenosos, alucinógenos y también mortales la educación en el reconocimiento de esas especies es fundamental para evitar las intoxicaciones letales que en Chile llegan, en promedio, al menos a 10 casos graves al año. Siguiendo este camino de educación y difusión, la Fundación Fungi dicta charlas para niños y estudiantes a lo largo del país, con el fin de educar acerca de estos aspectos así como también del rol fundamental de los hongos en la biodiversidad. La autora de este capítulo ha trabajado con el CITUC (Centro de Información Toxicológica de la Pontificia Universidad Católica de Chile)



Amanita muscaria, especie invasora, en el Parque Nacional Nahuelbuta. Foto: Jorge Herreros.

durante más de 12 años, colaborando con diferentes centros asistenciales médicos de Chile para determinar las especies involucradas en intoxicaciones por hongos, y así preparar el camino para el correcto tratamiento farmacológico del paciente intoxicado.

Chile también es un destacado productor de hongos comestibles cultivados. Son numerosas las especies producidas tanto en el centro y sur del país, destacando la cantidad de

champiñón París *Agaricus bisporus* y el exitoso caso de diferentes especies de trufas del género *Tuber*.

En términos gastronómicos y culinarios Chile comparte ingredientes marinos con el Perú e ingredientes provenientes de la ganadería con Argentina, Brasil, Uruguay y Paraguay. Sin embargo lo que hace único a Chile son nuestros hongos. Dihueñes, changles, gargales, loyo, pinatras y morchella, entre otros hongos endémicos,

principalmente de la zona centro sur del país, son utilizados por destacados cocineros, para elaborar platos en los 5 mejores restaurantes de Latinoamérica. Varios de sus platos preparados con hongos chilenos han sido premiados y han recibido premios internacionales.

Es así, como el ser humano convive, padece y disfruta de los hongos y sus cualidades.

BREVE HISTORIA DE SU CONOCIMIENTO EN CHILE

El estudio del Reino Fungi en Chile se ha desarrollado muy lentamente, siendo escasas las publicaciones que dan cuenta de las especies presentes en el territorio.

Una de las primeras referencias a los hongos chilenos aparece en 1852, cuando Claudio Gay muestra aparatos esporíferos en su obra *Historia Física y Política de Chile*. En el último siglo, el estudio de hongos chilenos destaca con el trabajo de micólogos como el botánico italo-argentino Carlo Spegazzini, quien en 1910 publicó *Fungi Chilensis* y también algunas revisiones en la *Revista Chilena de Historia Natural* en los años 1923/4. Marcial R. Espinosa, en 1916, publicó en el *Boletín del Museo Nacional* el trabajo titulado *Contribución al Conocimiento de los Hongos Chilenos* y, en los años 1921 y 1926, escribió en la *Revista Chilena de Historia Natural* sobre los géneros *Fomes* ("orejas de palo") y *Cyttaria* ("dihueños"). Por otra parte, el micólogo alemán Rolf Singer escribió su libro *Mycoflora Australis*, en 1969; y, luego, varios estudios realizados en la Patagonia entre los años 1949 y 1969. Singer es responsable de uno de los mayores aportes en conocimiento de los macrohongos de Chile.

Otros micólogos, como Meinhard Moser, Norberto Garrido, Eduardo Valenzuela, Edoardo Piontelli (editor del *Boletín Micológico de Chile*), Fernando Mujica, Egon Horak e Irma Gamundí, entre otros, han aportado mucho al conocimiento de las especies presentes en el país durante los años 1920-1970. Otro de los aportes más valiosos, es el de Waldo Lazo, cuyo libro *Hongos de Chile*, publicado en el año 2001, es actualmente una valiosa guía de campo de hongos chilenos junto con el libro *Hongos de los Bosques Andino-Patagónicos* de I. Gamundí y E. Horak, que también describe especies presentes en Argentina. Actualmente son pocos los investigadores trabajando en taxonomía y/o ecología de macrohongos y líquenes en Chile, sin embargo destacan entre ellos Goetz Palfner en la Universidad de Concepción y micólogos y liquenólogos jóvenes como Julieta Orlando de la Universidad de Chile, Gustavo Sepúlveda, Pablo Sandoval y Reinaldo Vargas, entre ellos.

Un trabajo reciente lo constituye la mayor fototeca de hongos de Chile con cerca de 6.500 diapositivas, que incluye aproximadamente 400 especies fotografiadas entre 2000 y 2006 (Furci & Magnasco, 2007) y que fue creada bajo el

proyecto inédito *Naturaleza Ilustrada de Chile* de Fundación América. También en 2007 se publica la *Guía de Campo de los Hongos más Vistosos de Chile* (Furci, 2007), el primer libro chileno que muestra los macrohongos en su hábitat. Esta guía de campo está disponible para descarga gratuita en www.hongos.cl. La segunda edición ampliada de esta obra se publicó en 2013 con el título *Guía de Campo Hongos de Chile* (Furci, 2013). En abril de 2018 se publicará el segundo volumen de esa guía.

DIVERSIDAD

En Chile existen miles de especies de macrohongos desde Arica a Tierra del Fuego, así como también en Chile insular. Si consideramos los líquenes, la asociación biológica entre un alga y dos hongos, la diversidad aumenta notablemente. En general se encuentra más variedad de especies en otoño que en primavera, aunque esta última estación tiene valiosas especies comestibles como las morillas (*Morchella spp.*), los dihueños (*Cyttaria spp.*) y la nombre común (*Fistulina hepatica*). Sin embargo, durante todo el año se pueden encontrar especies que muestran aparatos esporíferos de colores y formas extraordinarias y absolutamente maravillosos, que nos muestra la biodiversidad de este grupo taxonómico.

Tal como la flora y fauna, los hongos constituyen una parte importante de las especies presentes en los ecosistemas de Chile. Su importancia no es conocida por la mayoría de las personas, salvo en lo que se refiere a su uso alimenticio (champiñones, dihueños, pan del indio, loyo, morillas, changle, garga, etc.).

Con la introducción de especies forestales exóticas como *Pinus*, *Eucalyptus* y otras, la biodiversidad de la micota presente en los ecosistemas originales de Chile ha experimentado cambios. En el sotobosque de los pinares del sur de Chile, es frecuente ver el "agárico de las moscas" *Amanita muscaria* (también llamada micorriza de los abedules), junto con *Amanita* tóxica y abundantes ejemplares de *Russula sardonia*.

CONSERVACIÓN DE HONGOS Y POLÍTICA PÚBLICA

Uno de los avances más importantes en cuanto a la conservación de los hongos de Chile, ha sido la incorporación de los hongos en la Ley 19.300 y su posterior modificación 20.417 "Ley Sobre Bases Generales del Medio Ambiente", y en las regulaciones que emanan de ella, logro en el cual tuvieron activa participación tanto los miembros de la Fundación Fungi como de otras ONG's en Chile como Fundación Terram.

Esto facilitó la incorporación de información del componente hongos en el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA, D.S. N° 40/12), para aquellos proyectos que requieran ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Es así como el citado RSEIA indica en su artículo 18° letra e.2), "realizar la descripción y análisis de los hongos (entre otros elementos bióticos), lo cual incluye la identificación, ubicación distribución, diversidad



Ganoderma australe, cerca de Puerto Montt (Región de Los Lagos). Foto: Jorge Herreros.

y abundancia de las especies que componen los ecosistemas existentes; lo anterior con la finalidad de analizar si el proyecto o actividad genera o presenta efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, tal como se indica en el Artículo N° 6 del D.S N° 40/ 2012 (razones para presentar un Estudio de Impacto Ambiental)". De acuerdo a la letra b) del artículo 6° del RSEIA, "para la evaluación del impacto sobre la superficie con plantas, algas, hongos, animales silvestres y biota intervenida, explotada, alterada o manejada, se deberá considerar la diversidad biológica, así como la presencia y abundancia de especies silvestres en estado de conservación o la existencia de un plan de recuperación, conservación y gestión de dichas especies, de conformidad a lo señalado en el artículo 37 de la Ley 19.300". Lo cual es un significativo impulso al levantamiento de información sobre la biodiversidad de este taxa.

Gracias a estas acciones conjuntas de organismos públicos y privados Chile se ha transformado en un país pionero a nivel global cuando se trata de conservación fúngica. Un rol preponderante lo ha tenido la Fundación Fungi. Dicha organización chilena, sin fines de lucro, es la única ONG en el mundo que se dedica a promover la valorización del Reino Fungi a través de la investigación, conservación y difusión de los hongos presentes en Chile y demás países, por lo que fue premiada la Sociedad Internacional de Conservación de Hongos en el año 2013. Se requiere que otras organizaciones asuman un papel protagónico en la conservación de este Reino y de otros tantos grupos biológicos relevantes para la conservación de la biodiversidad.

Con este contexto legal el Ministerio del Medioambiente, realizó la primera evaluación sobre el estado de conservación de 22 especies de hongos nativos utilizando criterios de

evaluación establecidos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en el 11º Proceso de Clasificación de Especies, <http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/undecimo-proceso-2013.htm>. Esto constituye un hito histórico por ser el primer reconocimiento formal por parte del Estado por incorporar a los hongos al sistema de clasificación de especies, ya aplicado a plantas y animales, considerando para esto, entre otros aspectos técnicos, conocimiento sobre las poblaciones y la identificación de las amenazas que los afectan

NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN

No solamente el apoyo financiero para su investigación y difusión es escaso, sino que Chile aún no cuenta con carreras que ofrezcan la especialidad de Micología, obligando a los futuros micólogos chilenos a estudiar en el extranjero, o simplemente estudiar micología básica a través de otras carreras tales como Microbiología, Biología, Agronomía o carreras "Forestales".

Esto resulta contradictorio al gran interés que los hongos suscitan en la mayoría de las personas, que sin saber siquiera que se trata de un reino aparte, conocen una serie de mitos populares acerca de sus usos y efectos y demuestran asombro y bienestar cada vez que ven hongos en Chile.

En Chile ya se ha dado un importante primer paso con la incorporación de los hongos en la legislación ambiental. Sin embargo, todavía falta que los hongos ocupen un lugar habitual en nuestro vocabulario. Todo investigador serio, amante de la naturaleza y estudiante de carreras biológicas ya lo sabe: al referirnos a la diversidad biológica de Chile y el mundo debemos hablar de las tres F: "Flora, Fauna y Fungi".

*Digüeños (Cyttaria espinosae) en
Parque Nacional Altos de
Lircay (Región del Maule).
Foto: Jorge Herreros.*







DIVERSIDAD DE ESPECIES

4.10. BACTERIAS

4.10.1 BACTERIAS EN AMBIENTE TERRESTRE

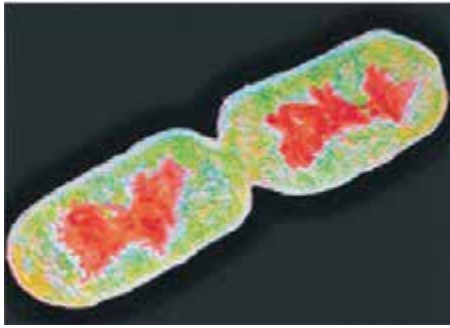
María Teresa Varnero M.

Durante aproximadamente 2 millones de años, la única forma de vida en la Tierra, la constituyeron las células procariotas. El material genético (ADN) de estas células procariotas no está contenido dentro de un núcleo, que es la característica definitiva de las células eucariotas, tales como los que forman las plantas y los animales. Las bacterias son microorganismos microscópicos unicelulares, con un núcleo de tipo primario, sin membrana nuclear claramente definida, por lo tanto corresponden a procariotas, del reino monera.

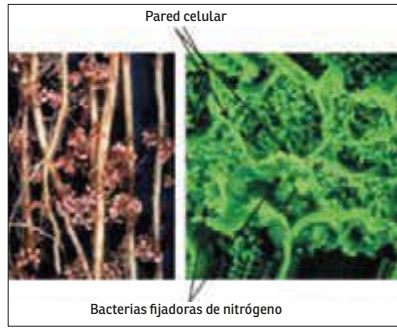
La Era de las bacterias fue muy importante, ya que en ella se produjo toda una serie de eventos evolutivos y geológicos; Además, era el único tipo de procariotas conocido. En la década de 1980, con el desarrollo de técnicas moleculares aplicadas a la filogenia de la vida, se definió otro grupo de procariotas, informalmente denominado "arqueobacterias" (arqueo: viejo o primitivo; posteriormente quedó formalmente como grupo Archaea). Algunas clases de arqueobacterias tienen formas de metabolismo que se adecuan bien a las condiciones climáticas que prevalecían probablemente en los orígenes de la historia de la Tierra, lo que hace suponer que las arqueobacterias constituye el grupo más antiguo.

A diferencia de las plantas y los animales, los grupos arqueobacterias y bacterias son organismos unicelulares que no se desarrollan o se diferencian en formas multicelulares. Algunas bacterias crecen en filamentos o masas de células,

pero cada célula en la colonia es idéntica y capaz de una existencia independiente. Las células pueden ser adyacentes entre sí, ya que no se separaron después de la división celular o porque permanecieron encerrados en una vaina o limo común secretada por las células, pero por lo general no hay continuidad o la comunicación entre las células. Su reproducción es predominantemente asexual por fisión binaria y se caracterizan por su forma, tamaño y estructura. Su tamaño comúnmente fluctúa entre 0,5 y 50 μm , y crecen formando células aisladas, cadenas o colonias, especialmente a nivel de la rizósfera. Las bacterias individuales pueden presentar formas esféricas (cocci), cilíndricas (bacilo) y en espiral (espiral). Las bacterias se agrupan formando pares, racimos o cadenas y se encuentran prácticamente en todos los medios naturales. Según su relación con el oxígeno, las bacterias pueden ser aeróbicas, microaerófilas, anaeróbicas estrictas, anaeróbicas aerotolerantes, facultativas. La mayoría de las bacterias satisface sus necesidades energéticas y de carbono utilizando sustancias orgánicas fácilmente degradables, como azúcares, almidón, pectina, celulosa; por tanto, estas bacterias son heterotróficas o quimiorganotrofas. Otras, las denominadas autotróficas, usan como fuente de carbono, bicarbonatos o anhídrido de carbono. Si obtienen la energía de la oxidación de compuestos minerales como sales de amonio, de nitrito, de hierro, son las quimiolitotrofas; las que requieren luz solar como fuente de energía, por su parte, son las fotolitotrofas, y generan materia orgánica por fotosíntesis.



Crecimiento bacteriano: reproducción asexual de bacterias mediante fisión binaria.



Rhizobium sp.: Bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico, en simbiosis con leguminosas.



Lactobacillus sp.: Bacterias quimioorganotróficas; participan en la fermentación del ácido láctico.

Algunas bacterias forman esporas resistentes a ambientes adversos, lo que hace muy difícil su eliminación. Estas bacterias esporuladas son muy comunes en suelo, agua y aire.

El grupo de las archaeas incluye tres tipos de microorganismos: metanogénicas, las que producen metano; halófilas extremas, las que viven por ejemplo en medios salinos extremos, y termoacidófilas, las que subsisten en ambientes calientes y ácidos. De los tres tipos las que predominan son las metanogénicas. Estas bacterias están ampliamente distribuidas en la naturaleza en sitios anaeróbicos (sin oxígeno), como por ejemplo, agua estancada en putrefacción o en las plantas para el tratamiento de aguas residuales. Es frecuente encontrarlas asociadas a bacterias como por ejemplo del género *Clostridium*, que metabolizan la materia orgánica en descomposición y liberan al medio hidrógeno como producto de desecho. Las metanógenas se encuentran también en uno de los estómagos de los rumiantes, en el que se degrada la celulosa, y en el tracto digestivo de la mayoría de los animales. También se pueden obtener del fondo de los océanos o de los manantiales de aguas termales, lo que demuestra que, a pesar de su intolerancia al oxígeno, se encuentran ampliamente distribuidas sobre la Tierra. En la actualidad, el hombre ya las está aprovechando y se han podido obtener volúmenes suficientes de gas metano para ser utilizados industrialmente como combustible, hecho que atrae la atención de muchos científicos, ya que propone una alternativa al agotamiento de los energéticos no renovables. Actualmente estas archaeas se mantienen, en condiciones adecuadas, en varios laboratorios del mundo y son utilizadas en las investigaciones sobre sus procesos metabólicos.

ACTIVIDAD MICROBIANA EN EL SUELO

La compleja trama de la vida microbiana que se desarrolla en los suelos se sustenta en dos grandes elementos, la materia orgánica y la biomasa microbiana. En conjunto, representan entre un 0,5 por ciento y un 10 por ciento del peso seco total del suelo. La biomasa microbiana transforma los aportes orgánicos que llegan al suelo, produciendo en forma

simultánea a) la mineralización biológica de las fracciones orgánicas menos resistentes, lo que permite liberar nutrientes asimilables por las plantas y b) la síntesis de complejos orgánicos estables que conduce a la formación de humus. Esto tiene relación con la conservación y la productividad del suelo, junto con las propiedades físicas, químicas y biológicas del sistema edáfico.

La biomasa microbiana está compuesta por una gran diversidad de microorganismos, donde las bacterias y los hongos constituyen el mayor grupo en el suelo. Al respecto, Winogradsky (1926) define dos grandes categorías de microorganismos en el suelo: microflora autóctona, que es característica de un suelo dado, definida por las propiedades físico-químicas del medio, y microflora zimógena, cuya actividad se centra en un tipo de substrato energético metabolizable, como es el caso de bacterias u hongos que degradan la celulosa. De las 1.600 especies bacterianas descritas en el manual de Bergey (Breed et al., 1957), aproximadamente 250 han sido aisladas del suelo.

La densidad bacteriana promedio de un suelo, determinada por los métodos clásicos de dilución y conteo en medios de cultivos líquidos o sólidos, oscila entre 10^6 y 10^9 células/g de suelo, lo que representa una biomasa bacteriana promedio de 2.500 kg/ha. En suelos áridos y semiáridos la densidad bacteriana no pasa de 10^3 a 10^4 células/g de suelo en los primeros 20 cm. En general, se estima que la biomasa bacteriana es inferior a la biomasa fúngica, pero la densidad de las bacterias es alrededor de cien veces más elevada que la de los hongos; además, taxonómicamente, la flora bacteriana del suelo es menos conocida que la fúngica. La mayor parte de las investigaciones realizadas se refieren a la abundancia y actividad de los grupos funcionales y fisiológicos, donde la importancia y tipo de crecimiento bacteriano en los suelos depende de variables ambientales tales como una temperatura y humedad adecuadas, el contenido de nutrientes, el ambiente gaseoso, los niveles de acidez, las fuentes de energía y de carbono. Así, bacterias de características taxonómicas muy diversas pueden participar en un mismo tipo de transformaciones biológicas y por tanto, presentar la capacidad o aptitud para asociarse y



Metano-bacterias: Bacterias quimioorganotróficas Anaerobias estrictas; participan en la generación de gas combustible, metano.



Pseudomonas sp.: Bacterias quimioorganotróficas; anaerobias facultativas; participan en la degradación de materias orgánicas.



Halobacterium salinarum: Arqueobacteria que se desarrolla en medios halofilo (muy salinos).

desarrollarse en un medio dado, e intervenir en los diferentes ciclos biológicos como de carbono, nitrógeno, azufre, fósforo, donde se distinguen grupos especializados de gran importancia (véase la Tabla 1).

En general, los ciclos biogeoquímicos están interrelacionados entre sí. El elemento que se encuentra en menor proporción en un ecosistema constituye un factor limitante del sistema. En regiones áridas o semiáridas, la falta de recursos hídricos limita la disponibilidad de agua por parte de los vegetales superiores. Esta situación afecta, entre otros, la calidad y cantidad de materia orgánica que se aporta periódicamente al suelo, lo que, a su vez, incide en el desarrollo y actividad microbiana del suelo, ya que la materia orgánica es el principal aporte de energía y de carbono que tienen los microorganismos. Al respecto se han desarrollado diversas técnicas para evaluar la relación "microorganismos - materia orgánica" que existe en un ecosistema. La mineralización del carbono orgánico, medido como el desprendimiento de CO₂ en un período dado, es un índice adecuado de la actividad microbiana global y puede ser considerado como el reflejo del nivel energético disponible en el suelo. Esto corresponde a la respiración del suelo, la cual puede ser medida en el laboratorio sobre muestras de suelo no enriquecidas (respiración endógena) o bien, adicionando materiales orgánicos o minerales para ver su influencia sobre el metabolismo del suelo. La respiración del suelo medida in situ permite calcular para el ecosistema la fracción de energía

consumida por los microorganismos y estudiar la influencia de los diferentes factores climáticos, edáficos y bióticos sobre la actividad microbiana del suelo.

LAS BACTERIAS EN CHILE

A mediados de la década de los sesenta se iniciaron diferentes investigaciones con el objeto de establecer un conocimiento de la actividad microbiana en suelos chilenos e interpretar integralmente el comportamiento de los suelos frente a las condiciones de cultivo de las distintas zonas del país. Estos estudios se desarrollaron en el marco del Proyecto de "Estudios y Reconocimientos de Suelos Chilenos" (ONU - MINAGRI), por profesionales de la División Conservación de Recursos Agrícolas del Servicio Agrícola y Ganadero, con la colaboración de diversas personas e instituciones del ámbito nacional e internacional.

En Chile, los bajos niveles de materia orgánica y, por tanto, de nitrógeno que presentan los suelos áridos y semiáridos, como una consecuencia del déficit hídrico permanente a que están sometidos, determinan la existencia de ecosistemas simplificados con una mínima productividad. El suelo de ese tipo prácticamente no contiene humus, lo que restringe la actividad microbiana quimiotrofa, favoreciéndose la actividad microbiana fototrofa en sitios particulares. Es el caso de algunas cianobacterias o cianofíceas halófitas (resistentes a concentraciones salinas), que pueden desarrollarse en

Tabla 1. Algunas bacterias de importancia en el suelo.

Grupos de bacterias	Género	Importancia
Bacterias que degradan	<i>Pseudomonas, Clostridium Flavobacterium Micrococcus</i>	Degradación de materias orgánicas como carbohidratos, proteínas. Producción de gas metano en anaerobiosis.
Bacterias nitrificantes	<i>Nitrobacter Nitrosomonas</i>	Oxidan compuestos de N inorgánico como NH ₃ a nitrito y nitratos.
Bacterias desnitrificantes	<i>Bacillus, Pseudomonas</i>	Reducen nitrato y nitrito a N gaseoso (N ₂) u óxido nitroso
Bacterias que fijan N ₂	<i>Azotobacter Clostridium Rhizobium</i>	Capaces de fijar N ₂ atmosférico en forma libre o en simbiosis con leguminosas hasta NH ₃
Bacterias sulfuro	<i>Thiobacillus</i>	Oxida sulfuro y hierro.
Bacterias filamentosas de hierro	<i>Sphaerotillus Leptothrix</i>	Formadoras de lodos, oxidan hierro.

ambientes con cierto nivel de humedad bajo costras de sales, contribuyendo con aportes interesantes de materia orgánica; algunas especies pueden fijar nitrógeno atmosférico.

Se debe tener presente que en casi todos los desiertos se produce un fuerte rocío nocturno que permite una microbioscena al estado latente o criptobiótico. Sin embargo, hay microorganismos, como el *Azotobacter*, bacteria fijadora libre de N₂ presente en estos suelos áridos, que desarrolla una gran resistencia a la desecación del suelo por su capacidad para formar quistes. Las bacterias fijadoras simbióticas del género *Rhizobium* permiten que prosperen en estos suelos, leguminosas arbóreas, como tamarugos y algarrobos. La densidad microbiana de estos suelos áridos es más reducida que la observada en suelos cultivados de clima templado y las transformaciones microbiológicas que tienen lugar en estos ecosistemas son lentas y reducidas, pero en equilibrio con el medio. Los microorganismos más frecuentes son las bacterias esporuladas y las cianobacterias. La determinación de la respiración endógena de estos suelos áridos presenta valores de desprendimiento de CO₂ inferiores a 0,5mg/g suelo /día. Los suelos aluviales de la zona central, cuyas características físicas y químicas (ricos en minerales, niveles medios de materia orgánica, pH neutros a ligeramente

ácidos, texturas medias y buena porosidad) determinan una densidad y composición microbiana más diversificada y con exigencias nutricionales y ambientales mayores. Esto se traduce en una respiración endógena del orden de entre 50 y 150 mg/g de suelo/día, donde predomina la actividad en condiciones aeróbicas, con bacterias quimioorganotrofas y quimiolitotrofas que degradan complejas sustancias orgánicas e inorgánicas. El desarrollo de bacterias *Rhizobium* es mayor y se observa principalmente en cultivos de leguminosas de grano; en cambio, las actividades de las cianobacterias es menos relevante que en el caso de suelos áridos. Los suelos graníticos de la costa, por su condición arcillosa y más ácida, presentan una menor actividad microbiana que los anteriores, de entre 5 y 50mg/g de suelo/día. Los suelos del sur de Chile —rojos arcillosos, trumacos o volcánicos y ñadis— se destacan por ser más ácidos y tener elevados contenidos de materia orgánica, con inundaciones frecuentes en el caso de los ñadis. Estas características determinan una respiración endógena elevada pero con tasas de mineralización inferiores a los otros suelos, debido al alto nivel de materia orgánica que poseen. El nivel de acidez que presentan, restringe el desarrollo de algunas bacterias nitrificantes bacterias fijadoras de N₂ y bacterias quimiotrofas, en general.

Otro ejemplo de la presencia de bacterias en ambientes extremos, es en afloramientos de agua mineral de la Cordillera de Los Andes.
Foto: Jorge Herreros.





DIVERSIDAD DE ESPECIES

4.10. BACTERIAS

4.10.2 BACTERIAS AMBIENTE MARINO

.....
Claudia D. Infante, Yanett Leyton, María Teresa Mata, Carlos Riquelme¹

Uno de los recursos naturales más importantes con los que cuenta nuestro país es el océano Pacífico que baña sus costas en una extensión de más de 8.000 km. Este ambiente alberga una gran diversidad de macro y microorganismos, siendo las bacterias los más abundantes con una población de 10^9 cél L^{-2} (Fuhrman., 1999). Morfológicamente, los procariontes marinos son simples: cocos o bacilos y filamentos normalmente menores de 1-2 μm , no obstante, son muy diversos en cuanto a taxonomía y fisiología. La gran versatilidad fisiológica que poseen les ha permitido colonizar una enorme variedad de hábitats muy distintos. Las bacterias heterótrofas llevan a cabo funciones de importancia fundamental, ya que, controlan los flujos de nutrientes en el sistema a través de la mineralización de la materia orgánica y la producción secundaria de carbono (Azam et al., 1983). Son capaces de utilizar la materia orgánica disuelta (MOD) que deriva de los organismos autótrofos y de la actividad metabólica de otros organismos heterótrofos de mayores dimensiones presentes en el ambiente pelágico y producir metabolitos secundarios, los cuales pueden tener algún grado de actividad biológica, ya sea positiva o negativa hacia otros microorganismos.

El norte de Chile es una fuente muy rica de microorganismos con propiedades benéficas, los cuales han sido reportados en diferentes revistas científicas. A continuación se ejemplifican algunos de los resultados obtenidos en los últimos años:

BACTERIAS MARINAS CON PROPIEDADES ANTIBACTERIANAS.

La bacteria pandémica *Vibrio parahaemolyticus* se ha aislado desde agua de mar, sedimentos y organismos marinos. Es responsable de enfermedades gastrointestinales en los seres humanos por el consumo de organismos contaminados y también de grandes problemas en la industria acuícola en Chile y otros países del mundo por las enfermedades de los cultivos. En Chile, el primer brote reportado de *V. parahaemolyticus* (clon pandémico, serotipo O3: K6) se produjo en Antofagasta el año 1998 y se asoció al consumo de mariscos crudos (García-Bartolomei et al., 2015), desde entonces los reportes de este patógeno a nivel clínico han sido bastante bajos a diferencia de lo que se observa en el sur de Chile, donde son más frecuentes. El tratamiento habitual para

¹ Centro de Bioinnovación, Facultad de Ciencias del Mar y Recursos Biológicos, Universidad de Antofagasta.

² Diez mil millones de células por litro.

controlar estos patógenos consiste en el uso de antibióticos, con los consecuentes efectos negativos sobre los seres humanos y en el ecosistema al generar resistencia en las bacterias parásitas y eliminar poblaciones benéficas en el ecosistema, por lo que se han dirigido los esfuerzos para resolver este problema mediante la búsqueda de metabolitos activos de bacterias antagonistas. Leyton & Riquelme (2010) encontraron 8 bacterias marinas del género *Bacillus* las cuales fueron aisladas desde cápsulas del huevo *Concholepas concholepas* (nombre común Loco) las que presentaron actividad inhibitoria contra *V. parahaemolyticus*. Leyton et al. (2012) identificaron el péptido Dicitopiperazina aislado de la bacteria *Bacillus pumillus* como el responsable de inhibir a *V. parahaemolyticus*. Aunque este metabolito no es un nuevo hallazgo como producto bioactivo, el punto de interés de este trabajo es la capacidad de este péptido para inhibir el crecimiento de esta cepa pandémica. Igualmente se han extraído productos activos de la bacteria marina *Vibrio sp.* donde el producto activo predominante fue ácido oleico (Leyton et al., 2011). Investigaciones posteriores de Leyton & Riquelme (2013) evaluaron la disminución de la carga del patógeno *V. parahaemolyticus* en ostiones *Argopecten purpuratus* mediante la adición de ácido oleico y dicetopiperazinas aislados de éstas bacterias marinas. La disminución de la carga de patógenos se determinó por el método del número más probable y se relacionó con la ausencia en las muestras del gen *tdh* que codifica para hemolisina directa termoestable (TDH), el principal factor de virulencia de *V. parahaemolyticus*. Los bivalvos *A. purpuratus* tratados mostraron con los bioactivos bacterianos una disminución de la carga del patógeno. La misma tendencia se observó cuando los ostiones fueron tratados con ácido oleico y dicetopiperazinas comercial. Estos resultados permiten proponer el uso de estos productos en sistemas de depuración, los cuales requieren de un tiempo corto (de 12 a 24 horas) para reducir la concentración de patógenos humanos. Así mismo, los productos activos de bacterias nativas pueden ser útiles para controlar la proliferación de clones patógenos de *V. parahaemolyticus* que causan grandes problemáticas en la industria de la acuicultura.

BACTERIAS MARINAS PROBIÓTICAS

Concholepas concholepas es un molusco solamente presente en las costas de Chile y sur del Perú y con alto interés comercial por la calidad de su carne, por lo que existe interés en lograr el desarrollo del cultivo de esta especie. Actualmente se ha logrado obtener la fase larval en cultivo, pero con tasas de mortalidades que limitan su desarrollo. Al respecto, Leyton et al. (2012) evaluaron la actividad probiótica de 45 cepas de bacterias marinas aisladas desde cápsulas de huevo de *C. concholepas* en larvas tempranas de la misma especie. Se observó que el 71% de las bacterias tuvo efectos positivos en la sobrevivencia de las larvas. La especie que presentó mejor sobrevivencia fue *Bacillus pumillus*. El uso de esta bacteria como probiótica al incorporarla en los

sistemas de cultivo podría mejorar las posibilidades de sobrevivencia de las larvas de esta especie.

En Chile hace algunos años se está invirtiendo en el desarrollo del cultivo de *Seriola lalandi* debido a que la calidad de su carne es muy demandada nacional e internacionalmente. La fase larval es muy difícil de tratar debido a su alto costo de producción respecto al control de enfermedades. Con el objetivo de buscar bacterias con potencialidades probióticas Sayes et al. (2016) aislaron la bacteria *Pseudoalteromonas sp.* desde juveniles sanos de *S. lalandi*, la cual presentó actividad inhibitoria contra bacterias patógenas y resultó negativa para hemólisis y para los análisis de proteólisis y lipólisis. Las propiedades encontradas en esta bacteria la señalan como una buena candidata para ser usada como probiótico, lo que se verificó a través de ensayos en el cultivo de larvas de *S. lalandi*. Alimentando a Rotíferos (*Brachionus rotundiformis* y *B. plicatilis*) y Artemias (*Artemia sp.*) con microalgas mezcladas con estas bacterias, se observó que los rotíferos y artemias son buenos vectores del alimento probiótico y que las larvas de *S. lalandi* alimentadas con suplemento probiótico demostraron tener mejor sobrevivencia respecto al control (Leyton et al., en revisión). Nuevas pruebas del uso de esta bacteria como probiótico fueron realizadas en un sistema de Mesocosmos donde en jaulas inmersas en una piscina de 50 m³ se evaluó la sobrevivencia de larvas de *S. lalandi* a las que se les adicionó alimento compuesto por la bacteria *Pseudoalteromonas sp.*, el dinoflagelado *Oxyrhis sp.*, los rotíferos *Brachionus rotundiformis* y *B. plicatilis* y *Artemia sp.* Esta experiencia demostró que el alimento específico consumido por las larvas favorece su sobrevivencia, el que puede ser probado en futuros cultivos larvales a mayor escala para validar su eficiencia (Plaza et al., en revisión).

BIOPÉLÍCULAS BACTERIANAS MARINAS

En el ecosistema marino costero tienen gran relevancia las bacterias y microalgas en la colonización de superficies. En este proceso, los microorganismos forman verdaderas láminas de diferentes grosores microscópicos denominadas biopelículas microbianas, las cuales pueden tener diferentes funciones en la naturaleza e influyen en forma significativa en la producción de los ecosistemas costeros. Por ejemplo, uno de los efectos benéficos se ve reflejado en la estimulación del asentamiento larval. Leyton & Riquelme (2008) observaron mayor asentamiento de larvas de *Argopecten purpuratus* en sustratos de netlón acondicionados biológicamente por 96 horas con biopelículas específicas como la bacteria *Halomonas sp.* y la microalga *Amphora sp.* respecto a sustratos acondicionados naturalmente. Sin embargo, se requieren futuras investigaciones para determinar con precisión que sustancias o características físicas de los biofilms son eficaces en la inducción de asentamiento larval (Figura 1).

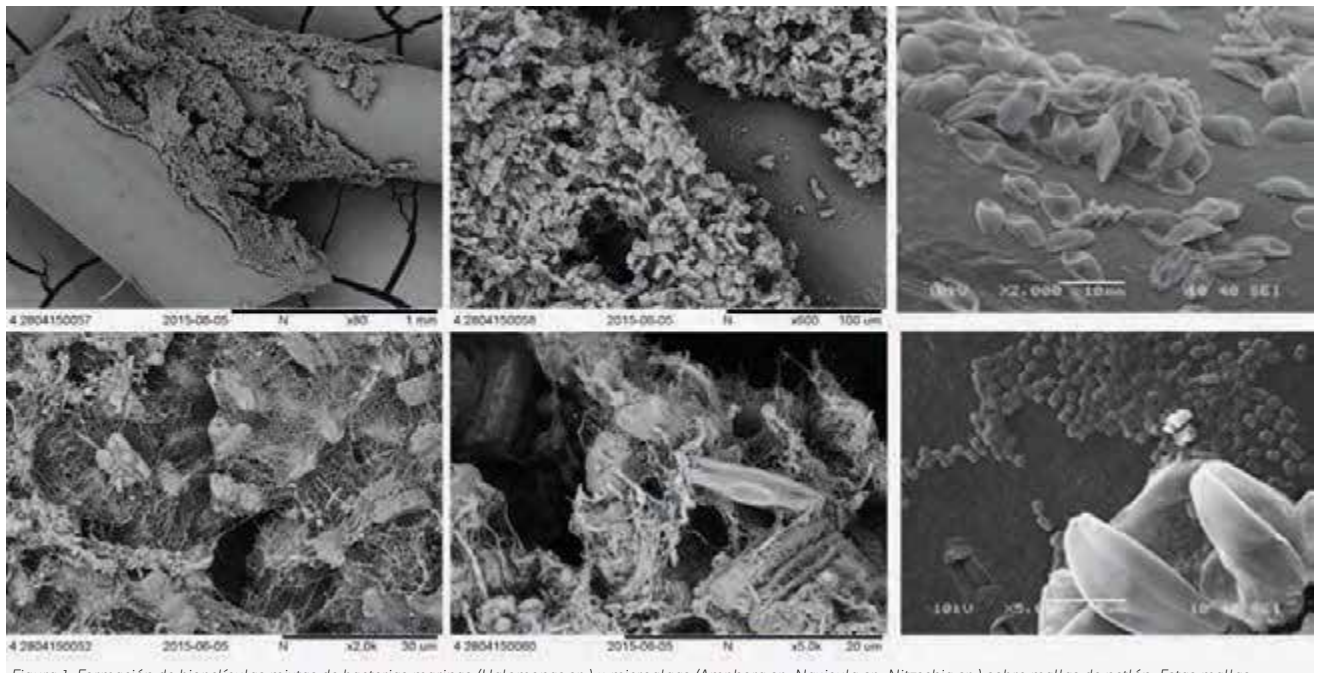
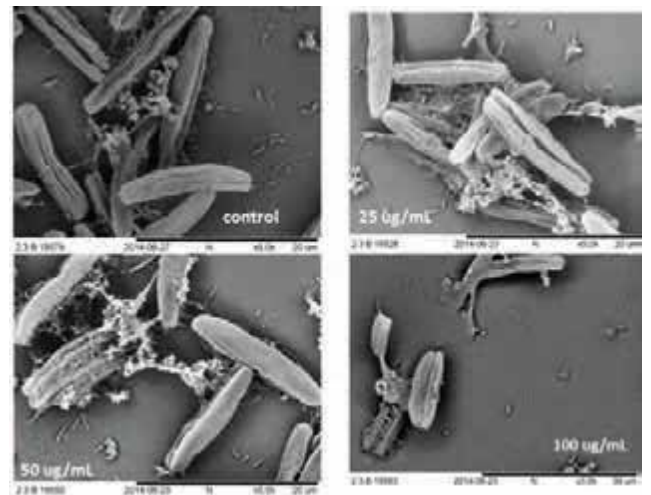


Figura 1. Formación de biopelículas mixtas de bacterias marinas (*Halomonas* sp.) y microalgas (*Amphora* sp., *Navicula* sp., *Nitzschia* sp.) sobre mallas de netlón. Estas mallas acondicionadas con las biopelículas microbianas se utilizan para el asentamiento de larvas de *Argopecten purpuratus* y otros moluscos. Microscopía electrónica de barrido.

ACTIVIDAD ANTI INCRUSTACIÓN (ANTIFOULING)

Estudios realizados en el Laboratorio de Ecología Microbiana de la Universidad de Antofagasta, demostraron la presencia de actividades inhibitorias del biofouling en microorganismos aislados desde ambientes marinos de la bahía de Antofagasta (Zapata et al., 2007; Silva-Aciare & Riquelme, 2008). Entre estos, la bacteria Ni1-LEM perteneciente al género *Alteromonas* tiene especial relevancia como candidata para evaluar su uso como un microorganismo productor de compuestos bioactivos inhibitorios útiles para prevenir el biofouling en ambientes marinos. La bacteria *Alteromonas* sp. Ni1-LEM posee efectos inhibitorios para el asentamiento de algunas especies de invertebrados marinos bentónicos y planctónicos (Zapata et al., 2007). Adicionalmente, esta especie de bacteria posee un efecto inhibitorio sobre la adherencia de diatomeas de los géneros *Nitzschia* y *Amphora* (Silva-Aciare & Riquelme., 2008) que constituyen especies representativas del biofouling primario. En el trabajo de Silva-Aciare, se evaluó el efecto de la temperatura (80°C), tratamientos enzimáticos y extracción con solventes orgánicos sobre el extracto bacteriano. Los resultados indicaron que el o los compuestos con actividad antifouling serían de naturaleza peptídica, termoestables e hidrofílicos. El efecto antagonista de la bacteria *Alteromonas* sp. Ni1-LEM sobre el desarrollo de la biopelícula microalgal de *Nitzschia ovalis*, ocurre mediante la producción de péptidos bioactivos que alteran la matriz de EPS de la microalga (Infante et al., en revisión) y modifican la diversidad específica y abundancia de la microbiota epifita de la microalga (Infante et al., en revisión), de manera que la formación de biofouling primario o microfouling es afectada y evita el asentamiento y formación de la biopelícula microalgal (Figura 2).

Figura 2. Efecto del compuesto antifouling aislado desde *Alteromonas* sp. Ni1-LEM, sobre la formación de biopelículas de la diatomea *Nitzschia* sp. Se observa la alteración en los EPS que adhieren la microalga al sustrato y la disminución en la abundancia bacteriana asociada a *Nitzschia* sp.



BIODIVERSIDAD BACTERIANA EN LA ZONA INTERMAREAL

La costa de Antofagasta se caracteriza por un amplio borde costero rocoso, lo que genera un ecosistema intermareal con alta presencia de biopelículas compuestas principalmente por consorcios alga-bacteria. Este tipo de ecosistemas es particularmente interesante por el amplio rango de condiciones, tanto físicas como químicas, a los que se ven sometidos, convirtiéndolos en sistemas habitados por organismos particularmente interesantes por su resistencia y preadaptación a cambios extremos de temperatura, salinidad, pH, nutrientes y radiación solar entre otros (Mata et al., en revisión) Además,

el intermareal rocoso de Antofagasta cuenta con un factor añadido, que lo hace especialmente interesante, ya que, presenta abundantes mantos monoespecíficos del tunicado *Pyura praeputialis* (Heller., 1878), conocido localmente como "piure de Antofagasta" (Cerde & Castilla 2001). En Chile la distribución geográfica de *P. praeputialis* está restringida casi exclusivamente al interior de la Bahía de Antofagasta, a lo largo de aproximadamente 70 km de costa (Castilla et al., 2000). Por tanto, es lógico pensar que este ecosistema tan exclusivo debe contar con unas características muy particulares de biodiversidad. Y es en este escenario, donde llegar a conocer la biodiversidad de las bacterias asociadas a los biofilms que encontramos en estos sistemas cobra un especial interés (Mata et al., en revisión). Actualmente, gracias a la metagenómica se abre una ventana para observar este pequeño mundo, permitiendo identificar los diferentes microorganismos que componen la comunidad, extrayendo y analizando su ADN en su conjunto, de manera global y sin la

necesidad del tedioso proceso de aislarlos, cultivarlos y posteriormente secuenciar-los. Además, permite una visión más fiel de la realidad, ya que, con la metodología tradicional solo se tenía una visión de la fracción cultivable de estos microorganismos.

CONCLUSIÓN

Sin duda que Chile, dado su extenso litoral, guarda en su ecosistema marino una riqueza microbiológica incommensurable de bacterias que pueden portar genes de producción de sustancias bioactivas o de interés farmacológico que es necesario preservar. Además, se requiere estimular la formación de microbiólogos que se dediquen al estudio de nuestra microbiota marina, la que perfectamente puede ser la base de una gran industria biotecnológica con aplicaciones en los diversos sectores productivos del país.

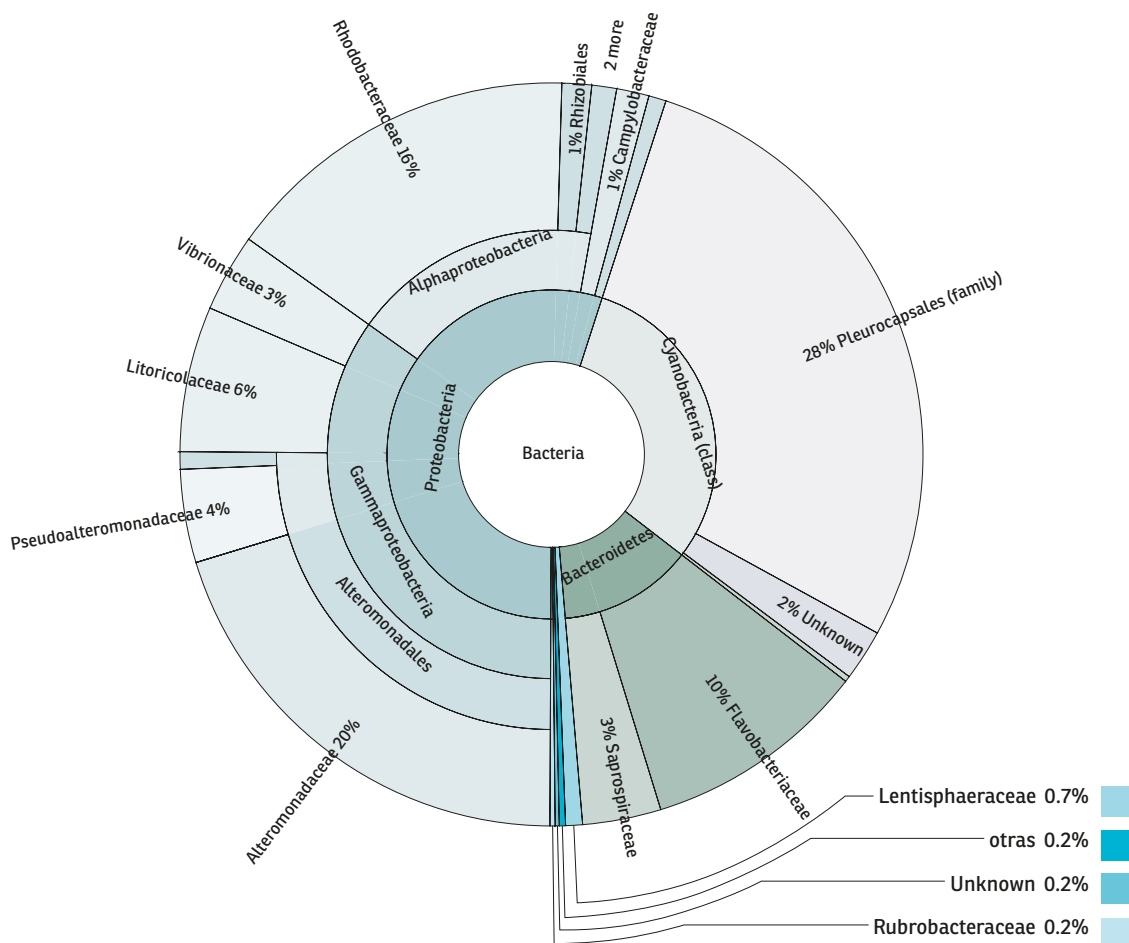


Figura 3. Biodiversidad bacteriana asociada al biofilm del intermareal de la zona de asentamiento del *Pyura praeputialis* (Mata et al., en revisión). El muestreo, se realizó en la localidad de El Way, Antofagasta (23° 44'S, 70° 26' W), cuya zona intermareal está caracterizada por una extensa plataforma rocosa plana (< 20° de inclinación) sobre la cual se forman densos mantos de *P. praeputialis*.





◀ Los horadadores metálicos de la madera, o bupréstidos, son insectos vistosos.
Foto: Jorge Herreros.

DIVERSIDAD DE ESPECIES

11. INVERTEBRADOS

11.1 INVERTEBRADOS TERRESTRES

Walter Sielfeld¹, Viviane Jerez Rodríguez, Alejandro Vera Sánchez, Daniel González-Acuña, Mario Elgueta², Eduardo I. Faúndez y Juan F. Campodónico, Vicente Pérez, Christian R. González, Lucila Moreno Salas, Andrés Taucare, Jaime Solervicens y Marcelo Guerrero

11.1.1 PHYLUM ANNELIDA

Walter Sielfeld

Los anélidos son organismos articulados, con segmentos, al menos extremadamente muy homogéneos entre sí; en algunos grupos pueden existir parapodios, a los que se asocian pequeños paquetes de cerdas. Se reconocen habitualmente tres grandes grupos: poliquetos, oligoquetos e hirudinidos.

Los poliquetos son organismos marinos, fundamentalmente bentónicos, pero también presentan algunas especies pelágicas.

CLASE OLIGOCHAETA, GUSANOS OLIGOQUETOS

Incluye gusanos de tamaño variable, entre algunos milímetros hasta sobre un metro de longitud, pero la mayoría pequeños. El cuerpo está claramente separado en segmentos. Los segmentos por lo general presentan cerdas, cuya base está inserta en la piel. En general, estas cerdas se disponen a cada lado en una fila dorsal y otra ventral, a menudo reunidas en grupos. La forma y anatomía de las cerdas es muy variable y característica de cada grupo particular. Durante la madurez sexual se desarrolla en el animal una especie de cinturón muy marcado, denominado clitelo y que involucra varios segmentos del cuerpo.

Los oligoquetos son muy probablemente polifiléticos y su ordenación sistemática no presenta consensos (Hennig, 1994), destacando la sistemática de Avel (1961) y Brinkhurst & Jameson (1971), que no son totalmente concordantes entre sí.

En la siguiente tabla se presenta una sinopsis de la cantidad de especies de oligoquetos presentes en Chile:

Tabla 1. Taxones de oligoquetos en Chile

Orden	Familia	Géneros	Especies
Plesioporos plesiotecados	Naididae	6	21
	Tubificidae	6	10
	Phreodrilidae	1	2
Plesioporos prosotecados	Enchytraeidae	6	12
Oopistoporos	Octochaetidae *	1	1
	Lumbricidae *	6	14
	Glossocolecidae *	1	1
	Ocnerodrilidae	2	2
	Acanthodrilidae	4	61
Megascotlecidae	1	2	
*sólo incluyen especies exóticas introducidas		36	126

¹ Universidad Arturo Prat.

² Área de Entomología, Museo Nacional de Historia Natural, mario.elgueta@mnhn.cl

³ Laboratorio de Entomología, Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes, vicente.perez@umag.cl

CLASE HIRUDINIDA, SANGUIJUELAS

Anelidos formados por segmentos, cada uno de ellos con anillos superficiales; con clitelo, en el extremo posterior del cuerpo una ventosa; a menudo también una ventosa en el extremo anterior, en la cercanía de la boca. Son hermafroditas, con sistemas reproductivos muy complejos; el sistema reproductivo masculino incluye un número variable de testículos pareados (5 a 10 pares); los testículos presentan dos permaductos, uno por lado, que terminan en un aparato copulador y un gonoporo único; el aparato reproductor femenino está representado por un par de ovarios de forma variable; los dos oviductos se abren en una vagina, localizada por detrás del poro genital masculino.

La mayoría de las especies viven en aguas continentales y marinas, y unas pocas son semiterrestres. Muchas especies son ectoparásitas, que se alimentan de sangre y otros fluidos corporales de sus huéspedes. Unas pocas especies son predatoras de otros invertebrados.

Brusca & Brusca (1990) considera tres subclases; Acanthodellida, Branchiobdellida y Hirudinea. Las especies de sanguijuelas chilenas solo corresponden a la última subclase e incluyen tres grupos filogenéticos (Sidall et al., 2006) que son tratados como ordenes: Glossiphoniiformes, Hirudiniformes y Erbobdelliformes.

Ringuelet (1985) ha presentado una sinopsis de las especies de sanguijuelas conocidas para Chile a esa fecha, la que posteriormente es puesta al día por Christoffersen (2007, 2008 y 2009). Trabajos taxonómicos específicos sobre sanguijuelas parásitas asociadas a peces de Chile han sido presentados por Moore (1910), Moraga & Muñoz (2010) y Williams et al. (2007). Las especies antárticas han sido sintetizadas por Utevsky & Trontelj (2004), Bielecki et al. (2008) y Utevsky (2007).

Tabla 2. Taxonomía de Hirudinida en Chile

Orden	Familia	Géneros	Especies
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	3	23
	Piscicolidae	17	32
Hirudiniformes	Mesobdellidae	2	2
	(Xerobdellidae)		
	Semiscolecidae	2	4
Erbobdelliformes	Americobdellidae	1	1
	Erpobdellidae	1	1
		26	63

Nota: La familia *Piscicolidae* incluyen especies marinas, con algunas especies exclusivas de aguas antárticas y subantárticas

11.1.2 PHYLUM NEMATOMORPHA - CRINES DE AGUA

Walter Sielfeld

Reúne animales vermiformes, muy largos y delgados, con longitudes de hasta alrededor de 30 cm. Muestran similitud con Nematoda, pero difieren por una epidermis no dispuesta en bandas longitudinales como en ese grupo, y sus núcleos están dispuestos en forma regular. Tampoco presentan anfidios o cerdas táctiles, así como papilas en la región de la boca. Sin glándulas de fijación y sin sistema excretor. El espacio pseudocelómico está casi completamente relleno por células de tipo mesenquimático. Tubo digestivo más o menos reducido e inadecuado para la obtención de alimento. Ambos sexos presentan una cloaca; los machos sin espícula de copulación. Sistema nervioso formado por un anillo perientérico, unido a un cordón nervioso medioventral.

Todas las especies son parásitas durante el estadio larval. Las larvas presentan un prosoma armado con espinas y separado del resto del cuerpo por un septum. La boca es evaginable como una trompa o proboscis. Los adultos son de vida libre acuática. Lastaste (1896) señala a *Gordius* como parásito de Mantis en Chile. Carvalho (1942) indica a *Paragordius varius* y *Paragordius esavianus* como parásitos del hombre, donde generan infecciones intestinales, náuseas, dolor y prurito (Pikula et al., 1996). El género *Nectonema* es parásito de crustáceos.

A nivel chileno este grupo es prácticamente desconocido, y los escasos antecedentes son entregados por Blanchard (1849) en la obra de Claudio Gay. Destacan a nivel sudamericano los trabajos de Heinze (1935 y 1937) y Mirelles (1977) presenta una síntesis de la situación en la República Argentina. Recientemente de Villalobos et al. (2000) aportan nuevos antecedentes sobre estos organismos en ese país y de Villalobos et al. (2005) resume la situación en Chile con descripción de dos nuevas especies.

De las especies conocidas para Chile, *Gordius chilensis* Blanchard, 1849 presenta una descripción muy poco detallada lo que hace insostenible esta especie según Römer (1897), Camerano (1895, 1897 y 1915) y Montgomery (1898). Una postura definitiva requiere sin embargo de la revisión del material tipo de la especie, por lo que le mantiene en la lista que sigue:

Tabla 3. Hirudinida citadas para Chile y su distribución

Especies citadas para Chile	Distribución
<i>Gordius chilensis</i> Blanchard, 1849	Valparaíso y Concepción (Blanchard, 1849)
<i>Gordius paranensis</i> Camerano, 1892	Casablanca (Montgomery, 1898); Puyehue, Paraguay, Brasil, Nueva Zelandia (de Villalobos et al., 2005).
<i>Gordius robustus</i> Leidy, 1851	localidad tipo: Nueva Jersey; en Chile: Penco (de Villalobos et al, 2005); también reportada para diversas localidades de Sud América y América Central (Miralles 1976, Miralles & De Villalobos 1993, Schmidt-Rhaesa et al. 2003).
<i>Gordius aquaticus</i> Römers, 1895	Especie paleártica (Schmidt-Rhaesa, 1997) citada para Valparaíso por Römers, 1895. Según de Villalobos et al. (2005) el material chileno debiera ser asignado a <i>G. robustus</i> .
<i>Gordius austrinus</i> De Villalobos, C., F. Zanca & H. Ibarra-Vidal 2005	Concepción a Valdivia (de Villalobos et al., 2005)
<i>Gordionus enigmaticus</i> De Villalobos, C., F. Zanca & H. Ibarra-Vidal 2005	Localidad tipo: Corral
<i>Beatogordius latastei</i> (Camerano, 1895)	Santiago (Camerano 1895); Argentina (De Villalobos et al., 2003)
<i>Neochordodes talensis</i> (Camerano, 1897)	El Salto, Quilpué (Camerano, 1915)
<i>Neochordodes meridionalis</i> (Carvalho & Feio 1950)	Localidades tipo: Salta, Copaffut, Zanja Honda; Paso Pehuenche, Linares en Chile (de Villalobos et al., 2005)

11.1.3 PHYLLUM PLATYHELMINTHES

GUSANOS PLANOS (SÓLO DE VIDA LIBRE)

Walter Sielfeld

Metazoos de simetría bilateral, forma más o menos aplastada dorsoventalmente; sobre todo en las especies más grandes de forma foliácea, cilíndrica o subcilíndrica, más o menos alargada; sin aparato circulatorio y respiratorio; el tubo digestivo es en general atrofiado, frecuentemente con ramificaciones, y con solo un orificio, de ubicación variable, pero siempre en la faz ventral del cuerpo; la faringe se presenta más o menos diferenciada; con protonefridios más o menos aparentes y diferenciados; aparato reproductor de tipo hermafrodita; reproducción en muchas especies también de tipo asexual por partenogénesis y autofecundación. Aquellas especies que son de vida parasítica por lo general con ciclos más o menos complejos, que pueden involucrar dos o más huéspedes.

La sistemática supragenérica de los platyhelminths aún no es clara y discutida. Aquí se sigue a Brusca & Brusca (1990), quienes reconocen las clases Turbellaria, Monogenea, Trematoda y Cestoda. Estos autores han incluido a Temnocephalida en el orden Rhabdocoela, clase Turbellaria, sin embargo aquí se mantendrá el status de clase independiente de autores anteriores, hasta que estudios más decisivos aclaren la situación.

En esta revisión lista se incluyen únicamente especies de vida libre, por lo que solo se hará referencia a las clases

Turbellaria y Temnocephalida. Las clases Trematoda, Monogenea y Cestoda incluyen una gran cantidad de especies parásitas de animales, muchas de ellas altamente específicas, cuyo análisis debe ser realizado en un marco especial (y no incluido en esta revisión).

CLASE TEMNOCEPHALIDA, SANGUIJUELAS DE LAS PANCORAS DE RÍO

La clase incluye lombrices con aspecto de sanguijuelas, de afinidad imprecisa, siendo incluida por Avel (1961) en la clase Oligochaeta (Phylum Annelida), mientras Baer (1961) los reconoce como parte de la clase independiente Temnocephalida. Brusca y Brusca (1990) sitúa al grupo en el orden Rhabdocoela, como suborden independiente. Presenta una sola familia en Chile.

Familia Temnocephalidae

Reúne lombrices con aspecto de sanguijuelas, de cuerpo corto y grueso, dividido en dos regiones: una región cefálica formada por los 3 o 4 segmentos anteriores y un tronco, formado por los 11 segmentos siguientes. En la región cefálica falta un prostomium, pero se presenta un pliegue bucal que forma una estructura semejante a una ventosa, y cuyo borde puede presentar digitaciones. El tronco presenta los testículos en los segmentos 9 y 19, o solo en el 9; los canales deferentes terminan en un poro genital ubicado en el 10° segmento; un par de ovarios se ubica en el 11° segmento. El extremo del abdomen termina en una ventosa formada por los tres últimos segmentos. Boca con una mandíbula

superior y otra inferior, ambas dentadas. El orificio anal es de ubicación dorsal y localizado por delante de la ventosa posterior. La espermateca es impar o bifurcada y se abre al exterior en el 9º segmento. Tallas en general pequeñas, entre 1 – 12 mm de longitud. Son ectoparásitos de crustáceos de agua dulce. Esta familia es de amplia distribución en Europa, Asia, Norte América y Sud América, e incluye 9 géneros, uno citado para Chile.

Para Chile se conoce una sola especie la cual fue descrita como *Branquiobdella chilensis* Moquin-Tandon, 1846 e incluida por su autor en el orden Hirundinacea por su apariencia externa. Unos años más tarde Blanchard (1849) crea el género *Temnocephala* para la misma especie, la que también incluye entre las sanguijuelas (Hirundinacea). Finalmente Baer (1931) y Breslau & Reisinger (1933) establecen finalmente su carácter como orden independiente y denominado Temnocephalida a partir del género de Blanchard (op. cit.).

La única especie chilena corresponde a *Temnocephala chilensis* (Moquin-Tandon, 1846) ha sido estudiada por Goetsch (1935) y vive en asociación a las especies de crustáceos del género *Aegla* de Chile central. Del Valle (2000) ha señalado recientemente el género como parásito de *Parastacus pugnax* en la Región del Biobío, sin señalar su especie. Damborenea (1996) entregan antecedentes sobre esta familia en Argentina, donde se reconocen las especies *Temnocephala iheringi* Haswell, 1893, *T. rochensis* Ponce de León, 1980 y *T. haswelli* Ponce de León, 1989. La única especie conocida hasta la fecha para Chile es:

CLASE TURBELARIA, PLANARIAS

Incluye gusanos planos de vida libre. En comparación con los grupos de gusanos planos parásitos, presentan algunos caracteres primitivos, tales como la epidermis sin cutícula, provista de cilios o flagelos (solo en Gnathostomulida). El sistema nervioso formado por un "ganglio cerebral" de disposición dorsal y plexos nerviosos subepidérmicos (pocos)

o submusculares (la mayoría). Presencia de un "órgano ocular", en forma de ocelos con células retinales, o solo como mancha pigmentaria. Con "estatocito", ubicado en las cercanías del ganglio cerebral y con un "órgano frontal", por lo general con protonefridios. El intestino puede presentar un lumen interno (coela) o no presentarlo (acoela). En el último caso el intestino puede ser recto y no ramificado (rhabdocoela) o con ramificaciones laterales más o menos complejas (dendrocoela). Reproducción de tipo hermafrodita con gónadas separadas. Especies de sexos separados son escasas.

La sistemática y el conocimiento de las planarias de Chile es aún insuficiente, sin embargo constituyen una base bastante sólida los aportes de Marcus (1954) para especies acuáticas y marinas y Fröhlich (1978) para especies terrestres. Aportes recientes han sido presentados por Moretto (1996) para el género *Dugesia* y Baeza et al. (1997) para el género

Tythanosceros. La ordenación general adoptada aquí para el grupo se basa en Beauchamp (1961).

De las especies chilenas, el Orden Tricladida es el único que posee representantes terrestres, con sólo dos familias y unas 32 especies (algunos son de aguas continentales).

En la siguiente tabla se indica la cantidad de especies de Turbelarios de ambientes terrestres, incluida algunas de aguas continentales (Familia Planariidae).

Turbelaria de ambientes continentales en Chile.

Orden	Suborden	Familia	Géneros	Especies
Tricladida	Paludicola	Planariidae	2	6
	Terricola	Geoplanidae	9	26
		2	11	32

11.1.4 PHYLUM PENTASTOMIDA, PENTASTÓMIDOS O GUSANOS LINGUATULIFORMES

Walter Sielfeld

Organismos esbeltos, de forma alargada, cuerpo anillado, cilíndrico y vermiforme o dorsalmente aplastado y ancho, en el que se distingue normalmente una cabeza (prosoma) y un tronco (metasoma o abdomen); la cabeza puede tener 2 pequeñas papilas frontales y ventralmente una boca; sobre los costados se encuentran dos pequeñas papilas dorsales y dos pares de apéndices locomotores, inarticulados, digitiformes, más o menos retráctiles que en su extremidad portan una garra aguda y móvil. En algunas especies (ej. Linguatulidae) las extremidades no existen, pero persisten las garras de fijación, en la cara ventral, alrededor de la boca; el orificio anal se localiza en el extremo terminal del animal y el orificio genital se localiza ventralmente en el sector terminal del abdomen; el metasoma es generalmente cilíndrico en las especies parásitas de pulmones y dorsalmente aplastado en aquellos que viven en cavidades de tipo nasolaríngeas y sacos aéreos de aves.

Las larvas de los pentastómidos son del tipo tardigradiforme, con dos pares de pies armados de garras, donde por lo general el desarrollo considera un cambio de huésped. Aparentemente, se produce una infección primaria de un herbívoro mediante huevos expulsados al exterior. En este herbívoro se desarrolla la larva hasta un tamaño tal que sea capaz de infectar al carnívoro que consume habitualmente a la especie de herbívoro inicial. Entre los huéspedes terminales se conocen una serie de animales de presa tales como serpientes, cocodrilos, aves y mamíferos, y entre los huéspedes intermedios se citan mamíferos y aves (Christoffersen & De Assis, 2013).

Pentastomida en Chile.

Orden	Familia	Especies	
Raillietiellida	Raillietiellidae	<i>Raillietella sp.</i>	Chile central: pulmón de culebra de cola larga (<i>Phylodrias chamissonis</i>) (Fredes & Raffo, 2005).
Porocephalida	Linguatulidae	<i>Linguatula serrata</i> Fröhlich, 1789	Chile central: senos nasales de perro doméstico (Sievers, 1926); ninfas en <i>Octodon degus</i> , <i>Abrocoma bennetti</i> y <i>Lycalopex culpaeus</i> (Alvarez, 1960); larvas en hígado de vacunos (Hidalgo, 2004) y en cuerpo humano en Concepción (Behn, 1938).

La distribución geográfica de estos animales depende directamente de la distribución de los huéspedes definitivos que también incluyen al hombre. Al respecto se han descrito casos de pentastomiasis ocular en Ecuador e India, pentastomiasis visceral en Irán y Alemania, y pentastomiasis nasofaríngea en Irán. Para Chile ha dado cuenta sobre esta situación Behn (1938).

La posición taxonómica de Pentastomida ha sido muy discutida, y a la fecha se los ha tratado como una Subclase dentro de los crustáceos, como una Clase dentro de crustáceos e incluso más recientemente como un Phylum.

Dujardin (1845) demostró que a pesar de su apariencia vermiforme estos organismos

Difieren de los vermes parásitos por presentar musculatura de tipo estriado y aproximándose más bien a los artrópodos y por lo que se les ha considerado como "Parartrópodos". Beneden (1948 a y b) los ha ubicado por razones embriológicas y anatómicas entre los crustáceos.

El posterior descubrimiento de pentastómidos fósiles en el Ordoviciano de Suecia (Andrés, 1989; Waloszek & Müller, 1994; Waloszek et al., 1994, 2006; Castellani et al., 2011) y su extensión hasta el periodo Cámbrico (Christoffersen & De Assis, 2013) indican que su antigüedad justifica plenamente su reconocimiento con un rango de phylum independiente. Al respecto Castellani et al. (op. cit.) han analizado las formas fósiles y su relación con las especies actuales, y Christoffersen & De Assis (op. cit.) entregan una revisión de tipo mundial sobre las especies actuales, su distribución, huéspedes intermediarios y finales.

De acuerdo con lo propuesto por Christoffersen & De Assis (2013), en esta revisión se los trata como Phylum, donde todas las especies actuales (131 especies válidas) se agrupan en una única clase: Clase Eupentastomida, conformada por cuatro órdenes: Cephalobaenida, Raillietiellida, Reighardiida y Porocephalida, este último con la mayor riqueza de especies dentro del grupo. Para Chile existen escasos reportes, con sólo dos especies registradas, aunque una sólo identificada a nivel de género, y de los Órdenes Raillietiellida y Porocephalida.

La Familia Raillietiellidae incluye alrededor de 20 especies distribuidas en dos géneros: *Raillietiella* Sambon, 1910 y *Yelirella* Spratt, 2010 (Poore, 2015), solo él primero reportado para territorio chileno.

La Familia Linguatulidae incluye el género *Linguatula* Fröhlich, 1789 con cuatro especies, donde las larvas y los adultos parasitan mamíferos de Eurasia, Africa, Australia y Sudamérica. La especie más ampliamente distribuida es *Linguatula serrata* Fröhlich, 1789 cuyas larvas parasitan más frecuentemente a Lagomorpha (conejos y liebres) y los adultos se instalan en los senos nasales y frontales del lobo, zorro, perro y muy excepcionalmente cabra, caballo, oveja y el hombre. *Linguatula recurvata* Diesing presenta larvas que viven en los pecaríes sudamericanos y los adultos se alojan en los senos frontales y la tráquea de los jaguares.



Cienpiés estos artrópodos (patas articuladas) tienen un solo par de patas por segmento (Chilópodos). Foto: Jorge Herreros.

11.1.5 SUBPHYLLUM MYRIAPODA

CLASE CHILOPODA QUILÓPODOS O GUSANOS CIEMPIÉS

Walter Sielfeld

Los quilópodos están ampliamente distribuidos en las zonas templadas y tropicales del mundo, estando solo ausentes en las zonas polares. Algunas especies pueden alcanzar tallas

Chilopoda en Chile

Subclase	Orden	Familia	Géneros	Especies
Epimorpha	Geophilida	Schindylidae	1	1 posiblemente introducida
		Oryidae	1	1
		Geophilidae	2	2
		Pachymerinidae	8	22
		Chilenophilidae	1	2
		Linotaenidae	1	1
		Tampiyidae	1	1
	Scolopendrida	Cryptopidae	1	9
		Scolopendridae	3	7
Anomorpha	Lithobiida	Lithobiidae	1	2
		Anopsobiidae	2	2
		Henicopidae	2	6
	Scutigera	Scutigerae	1	1
		Pselliodidae	1	1 (Cita de Sielfeld 2002 es posiblemente errónea)
			4	14

respetables y representar algún peligro para el hombre a causa de su mordedura ponzoñosa. En contraste con los lentos diplópodos, los quilópodos son sumamente rápidos, y en la mayoría de los casos depredadores.

En su estructura general destaca una cabeza que a parte de un par de antenas también presenta lateralmente dos ojos simples, en algunos grupos facetados. Sigue un cuerpo largo segmentado, muy móvil y con solo un par de patas por segmento, las cuales se insertan lateralmente en el cuerpo. El número de patas varía según las especies entre 15 y sobre 170, siendo siempre de número impar. Las patas del cuerpo son todas de tipo ambulatorio y subiguales, constituye una excepción el último par de patas que destaca por un mayor desarrollo y no participación en la traslación. En algunas especies actúan como pinzas y de defensa. Entre las patas posteriores se presentan además dos cercos, que participan en el acoplamiento sexual. La armadura bucal recuerda a un aparato masticador como el que caracteriza a los insectos, destacando un labro, un par de mandíbulas, 2 pares de maxilas y un par de maxilípedos. Estos últimos son desarrollados y poderosos y presentando preapicalmente un poro en el cuál se abre una glándula ponzoñosa.

El tegumento de los ciempiés presenta abundantes glándulas, entre las que tienen especial importancia las glándulas coxales de las coxas de las patas posteriores. En algunas especies estas glándulas producen sustancias filamentosas similares a las segregadas por las arañas.

La respiración se desarrolla sobre la base de un evolucionado sistema de traqueas, de conformación característica en las diversas subclases. El sistema digestivo presenta dos sistemas de Malpighi. La abertura genital se encuentra ubicada en el extremo del abdomen inmediatamente por delante del

ano. Los ciempiés son cazadores nocturnos que viven bajo piedras, grietas y entre hojarasca. En muchas de sus especies las hembras cuidan la postura de huevos hasta su eclosión. Incluye dos subclases, cuatro órdenes y quince familias.

Los estudios sobre la biodiversidad de los quilópodos que habitan Chile son aún incompletos, siendo especialmente en el caso del extremo norte del país, muy probable la presencia de especies conocidas para sectores limítrofes de los países vecinos.

En Chile la Clase Chilopoda está representada por cuatro Órdenes, 14 Familias y 58 especies:

CLASE DIPLOPODA GUSANOS DE MILPIÉS

La clase contiene alrededor de 80.000 especies conocidas, estimándose que a la fecha sólo se han descrito entre un 11 – 12 % de sus especies (Hoffman et al., 1996), con lo que constituye uno de los grupos mas numerosos de animales, después de los insectos y los arácnidos.

Los diplópodos son mesófilos e higrófilos por lo que la mayoría de su riqueza específica y diversidad se centra en las zonas tropicales y subtropicales del mundo. Los hábitats de condiciones extremas, tales como desiertos y zonas frías corresponden a zonas marginales de distribución y son por lo general evitadas por estos artrópodos.

Todos los diplópodos son detritófagos y tienen un importante papel en la reducción de material de origen vegetal y formación de suelo. La mayoría de las especies son estratobiontes (viven sobre el suelo), otros son cavernícolas, geobiontes o edafobiontes o epiphytobiontes (Golovatch, 1987).



Milpiés estos artrópodos tienen dos pares de patas por segmento (Diplópodos).
Foto: Jorge Herreros.

La Clase está compuesta por 50 familias, de las que solo 14 tienen presencia en Chile.

Diplopoda en Chile

Orden	Familia	Géneros	Especies
Polyxenida	Polyxenidae	1	3
	Synxenidae	1	1
Polyxonida	Siphonotidae	1	10*
Spirobolida	Rhinocricidae	1	2
Julida	Julidae	4**	4**
	Nemasomidae	1	1
Spirostreptida	Cambalidae	1	1
	Spirostreptidae	1	2
Chordeumida	Eudigonidae (=Heterochordeumatidae)	3	5
	Polydesmida	Strongylosomidae	3
Polydesmida	Dalodesmidae	5	20
	Polydesmidae	1	1***
	Sphaetrichopidae	7	29
			30

*incluye una especie colectada que aún no ha sido descrita

**incluye dos géneros y dos especies introducidas

*** especie introducida

CLASE PAUROPODA PAURÓPODOS

Miriápodos pequeños (0,3 y 1,7 mm longitud), dignatos, progoneados, ciegos y lucífugos (Domínguez, 1992), cuerpo constituido por una cabeza y un tronco segmentado con 9-11 pares de apéndices locomotores (Scheller et al., 2004b).

Incluye nueve familias y cerca de 700 especies en todo el mundo (Greenslade, 2008; Scheller, 2008).

Los Pauropoda de Chile han sido estudiados por Hansen (1902), Silvestri (1905) Porter (1908, 1911, 1912), Scheller (1968)

y Scheller et al. (2004). Recientemente Vega et al. (2012) presentan un análisis del estado actual de conocimiento del grupo en Chile. Se reporta presencia de un solo 1 orden (Orden Tetramerocerata), 1 familia (Familia Pauropodidae), 5 géneros y 26 especies.

CLASE SYMPHYLA

Miriápodos pequeños (0,93-8 mm), frágiles y no pigmentados (Demange, 1981; Vega-Román et al., 2012), adaptados a la vida subterránea (Verhoeff, 1934), aspecto vermiforme, con un cuerpo de 14 terguitos, 12 segmentos poseen apéndices locomotores, antenas largas formadas por artejos redondeados (Filingier, 1931; Berry, 1972).

Un orden y dos familias a nivel mundial. En Chile este grupo zoológico ha sido escasamente estudiado, y se conoce solo una especie. El grupo ha sido identificado sin embargo en diversos estudios ecológicos de otras localidades tales como Talca y Curicó (Montero & Cristen, 1974).

La única especie reportada para Chile corresponde a *Scutigereilla chilensis* (Hansen, 1903) de la Familia Scutigereillidae (Orden Symphyla).

11.1.6 SUBPHYLUM HEXAPODA

Viviane Jerez

Las últimas propuestas filogenéticas para el Phylum Arthropoda, basadas en caracteres morfológicos y moleculares, agrupan a los insectos en la Subphylum Hexapoda (Superclase para algunos autores), la cual a su vez esta subdividida en 4 Clases: Collembola, Protura, Diplura e Insecta.

Los Hexápodos constituyen el grupo más diverso y abundante del Reino Animal, con aproximadamente un millón de especies descritas. Históricamente los estudios taxonómicos y sistemáticos de los hexápodos, han estado basados en caracteres morfoanatómicos que no revelan las reales relaciones de parentesco que existen entre los taxa. De allí es que los últimos avances en biología molecular, han permitido la reconstrucción de filogenias más robustas y la generación de preguntas acerca de la evolución y taxonomía de los linajes más basales de los hexápodos como son los Collembola, Protura y Diplura. Estos organismos a pesar de presentar el cuerpo estructurado en cabeza, tórax, con tres pares de patas, y abdomen, no han sido considerados como "verdaderos insectos" por el hecho de carecer de alas y piezas bucales no visibles (Entognathos), por lo tanto han sido categorizados como Parainsecta. Por otra parte los insectos cuyas piezas bucales son externas (Ectognathos), incluyen organismos primitivamente ápteros agrupados en los Ordenes Archaeognatha y Zygenthoma e insectos alados agrupados como Pterigotos.

CLASE COLLEMBOLA

Son organismos pequeños, de menos de 1 mm, hasta 10 mm como máximo. La cabeza lleva antenas de 4 segmentos y ojos reducidos (con no más de 8 ommatidios) o ausentes. Las piezas bucales son internas y con función masticadora, pero también pueden estar adaptadas para succionar líquidos provenientes de hifas de hongos. El tórax está constituido por 3 segmentos (pro, meso y metatórax) y el abdomen por 6 segmentos (a veces fusionados), de los cuales el quinto segmento lleva el orificio genital y el sexto lleva el ano. Son únicos en presentar un tubo ventral llamado colóforo, ubicado en el primer segmento abdominal (de allí el nombre de la clase), el cual funcionaría como regulador del balance electrolítico y como órgano adhesivo debido a la presencia de vesículas eversibles (capaz de inflarse o darse vuelta hacia adentro o hacia afuera en el cuerpo de un animal). Además presentan un aparato saltador formado por el retináculo ubicado en el tercer segmento abdominal y la fúrcula ubicada en el cuarto segmento abdominal; sin embargo esta estructura no está presente en todos los grupos. El tegumento es de color blanquecino o bien pigmentado de distintos colores (rojo y azul u otros) y está recubierto de sedas, escamas y pequeños pelos sensoriales denominados tricobotrios. Se reproducen sexualmente a través de espermatóforos, pero el dimorfismo sexual no es evidente; también se dan casos de partenogénesis. El desarrollo es de tipo ametábolo (sin cambios entre estadios) y epimórfico (igual número de segmentos entre el estado juvenil y el adulto).

La clasificación y categorías taxonómicas de Collembola, han estado basadas principalmente en aspectos morfológicos externos, como son la segmentación y quetotaxia (disposición de pelos y cerdas) del cuerpo, estructura de las antenas, partes de la boca como el labro y el labio, presencia de pseudoocelos y morfología de las uñas, además de la ornamentación del tegumento y solo en la última década se han sumado análisis moleculares. Los últimos avances sistemáticos para la Clase Collembola, incluyen cuatro Órdenes distribuidos en 33 familias, 762 géneros y 8.130 especies a nivel mundial: Orden Poduromorpha con el cuerpo cilíndrico y deprimido dorsoventralmente, segmentos torácicos de igual tamaño y patas, antenas y fúrcula cortas. Sus especies están asociadas a ambientes húmedos y relativamente estables (humus, musgos, zonas litorales). Destacan las especies *Anurida maritima*, cosmopolita que forma grandes agregaciones en la zona intermareal y *Cryptopygus antarcticus* presente en glaciares y continente antártico. Los representantes del Orden Entomobriomorpha son alargados y comprimidos lateralmente, con el primer segmento torácico reducido y segmentación visible del tórax y primeros segmentos abdominales. En el Orden Symphypleona las antenas sobrepasan la cabeza y el abdomen es globoso con los segmentos fusionados; especies asociadas a ambientes abiertos o de pastizales. Finalmente las especies del Orden Neelipleona, son colémbolos de tamaño diminuto (menos a 1 mm) con el cuerpo de forma globosa, cabeza visible y tórax fusionado con los segmentos abdominales. Es el orden menos diversificado a nivel mundial.

Del punto de vista evolutivo, el registro fósil más antiguo data del Periodo Devónico con representantes de la familia Isotomidae. Con respecto a su origen, los colémbolos habrían evolucionado de ancestros marinos, hipótesis sustentada por tener una hemolinfa con alta presión osmótica y presencia de sales inorgánicas.

En Chile están presentes los cuatro órdenes distribuidos en 18 familias, 58 géneros y 132 especies (tabla 1), la mayoría descritas para la Región de Magallanes y la zona central de Chile. Aunque muchas especies son cosmopolitas, la mayoría hasta el momento son endémicas en sectores continentales y también insulares como el Archipiélago Juan Fernández; recientemente han sido descritas dos especies para Isla de Pascua en cuevas de origen volcánico. También se encuentran especies introducidas de importancia económica como *Sminthurus viridis* una plaga que afecta a la germinación de las semilla de alfalfa en el sur de Chile. En esta revisión no se consideró las especies descritas para el continente Antártico ni tampoco de Tierra del Fuego por no estar registradas en una localidad chilena.

Importancia ecológica

En la mayoría de los ecosistemas terrestres, los colémbolos destacan por su abundancia y frecuencia como integrantes de la mesofauna del suelo, donde cumplen diversos roles tróficos como herbívoros, detritívoros, depredadores (carnívoros) y fungívoros. Están presentes en todo tipo de ambientes, pero son más escasos en ambientes xerófilos y dominan en suelos hidrófilos, asociados a emergencias de agua. Por ejemplo, la presencia de colémbolos en el desierto costero transicional chileno, se explica por la humedad provista por neblinas costeras.

Del punto de vista aplicado, constituyen buenos indicadores del pH del suelo y de humedad; algunas especies son bioindicadoras de calidad de compost y aquellas sensibles a los productos químicos pueden ser bioindicadoras de contaminación por metales pesados. Los colémbolos que habitan zonas frías como glaciares y continente antártico, han desarrollado distintas estrategias para sobrevivir al congelamiento y a la deshidratación ya que presentan proteínas anticongelantes.

CLASE PROTURA

Son organismos de tamaño muy pequeño que no sobrepasan los 2 mm de longitud. El cuerpo de color blanquecino, está dividido en cabeza, tórax y abdomen. La cabeza carece de antenas, las piezas bucales son succionadoras y los ojos están reemplazados por pseudoocelos. El tórax lleva tres pares de patas, de los cuales el primer par dirigido hacia adelante, cumple la función de las antenas, por lo cual están recubiertos de pelos sensoriales. El desarrollo postembrionario es de tipo anamórfico, ya que los juveniles eclosionan con 9 segmentos abdominales y a través de mudas adquieren los 12 segmentos abdominales característicos del estado adulto.

Tabla 1. Composición Taxonómica de Collembola en Chile

Orden	Familia	Género	Número de especies
Poduromorpha	Hypogastruridae	<i>Hypogastrura</i>	3
		<i>Ceratophysella</i>	3
		<i>Xenylla</i>	5
		<i>Triacanthella</i>	5
		<i>Willemia</i>	1
		<i>Schoetella</i>	2
	Neanuridae	<i>Anurida</i>	1
		<i>Delamarenilla</i>	1
		<i>Friesea</i>	5
		<i>Neanura</i>	5
		<i>Notachorudina</i>	1
		<i>Pseudachorutella</i>	3
		<i>PaLeonura</i>	1
		<i>Delamarellina</i>	1
		Odontellidae Brachystomellidae	<i>Odontella</i>
	<i>Brachystomella</i>		6
	<i>Brachystomellides</i>		2
	<i>Folsomiella</i>		2
	<i>Micronella</i>		1
<i>Neorganella</i>	1		
<i>Parastomela</i>	1		
<i>Probrachystomellides</i>	1		
<i>Raponella</i>	1		
<i>Setadonosa</i>	2		
Odontellidae Onychiuridae	<i>Odontella</i>	2	
	<i>Onychiurus</i>	3	
	<i>Protaphorura</i>	2	
Pachytullbergidae Tullbergiidae	<i>Pachytullbergia</i>	1	
	<i>Dinaphorura</i>	4	
	<i>Tullbergia</i>	5	
	<i>Mesaphorura</i>	2	
Entomobryomorpha	Entomobryidae	<i>Entomobria</i>	5
		<i>Coecobrya</i>	1
		<i>Dicranocentrus</i>	1
		<i>Heteromurus</i>	2
		<i>Orchesella</i>	1
		<i>Seira</i>	4
		<i>Sinella</i>	1
		<i>Willowsia</i>	1
	Isotomidae	<i>Anurophorus</i>	2
		<i>Arlea</i>	1
		<i>Ballistura</i>	1
		<i>Cryptopygus</i>	7
		<i>Folsomides</i>	1
		<i>Gnathisotoma</i>	1
		<i>Isotoma</i>	7
<i>Isotomiella</i>		1	
<i>Isotomurus</i>		1	
<i>Mucrotoma</i>		1	
<i>Proisotoma</i>	7		
Oncopuridae	<i>Oncopodura</i>	1	
Tomoceridae	<i>Lepidophorella</i>	2	
Paronellidae	<i>Cyphoderus</i>	1	
Symphypleona	Arrhopalitidae	<i>Arrhopalites</i>	1
	Sminthuridae	<i>Sminthurus</i>	4
	Dicyrtomidae	<i>Dicyrtomina</i>	1
	Katiannidae	<i>Katianna</i>	1
Neelipleona	Neelidae	<i>Megalothorax</i>	2
Total	18	58	132

Su régimen alimenticio es bacteriófago y también succionan líquidos provenientes de materia orgánica en descomposición. Aspectos reproductivos no son bien conocidos y se asume que tienen reproducción sexual mediada por espermatozoides.

Se distribuyen en todo el mundo a excepción de la región Ártica y continente Antártico. Forman parte de la fauna edáfica, pero también se les encuentra bajo cortezas de árboles caídos, sobre musgos y líquenes, bajo rocas, en turberas, pastizales y campos cultivados; también se han registrado al interior de madrigueras de pequeños mamíferos y raramente en cuevas.

Para la clasificación taxonómica se utiliza la disposición y número de setas ("pelos") presentes en el primer y segundo segmento torácico (meso y metanoto), además de la presencia de pequeños estilos en los primeros tres segmentos abdominales. La Clase está dividida en tres órdenes y nueve familias, distribuidas en 75 géneros y 808 especies a nivel mundial. El Orden Acerentomata incluye 5 familias, Sinentomata 2 familias y Eosentomata 2 familias. La presencia de Protura en Chile fue registrada por primera vez por Moyano & Cekalovic (1974), quienes citan la presencia de estos organismos en muestras de humus obtenido en bosque esclerófilo en el Parque Botánico Hualpén (Región del Biobío, Península de Hualpén) a los que adscribieron a la familia Acerentomidae por la presencia de estilos abdominales. Trabajos posteriores han registrado la presencia de Protura en ecosistemas de bosque siempre verde con turberas de la isla de Chiloé y en la zona central de Chile, pero sólo a nivel de Clase.

CLASE DIPLURA

Los parainsectos de la Clase Diplura se distinguen por presentar el cuerpo alargado, la cabeza provista de un par de antenas formadas por segmentos esféricos, ojos ausentes y piezas bucales internas de función masticadora (Entognatha); el tórax lleva tres pares de patas caminadoras y el abdomen está formado por 10 segmentos, el último de los cuales está provisto de un par de cercos cuya forma varía en las distintas familias. El tegumento en general es de color claro ya que carece de pigmentación. Su tamaño fluctúa entre 1 y 5 cm entre los que destaca *Teljapyx megalocerus* Silvestri 1902 una de las especies de mayor tamaño descritas para Chile. Forman parte de la micro y macrofauna edáfica (del suelo) en donde actúan como detritívoros, depredadores de pequeños artrópodos, herbívoros y fungívoros (que comen hongos). Ecológicamente habitan un variado tipo de hábitats encontrándose bajo rocas y troncos en descomposición, asociados a la hojarasca e incluso a cierta profundidad del suelo; también se han descrito algunas especies en cuevas (troglófilas). En relación a aspectos reproductivos, tienen sexos separados, son ovíparos y la fecundación es mediada por espermatozoides; algunas especies presentan dimorfismo sexual, otras tienen cuidado maternal, y a veces los machos son territoriales. El desarrollo es directo sin metamorfosis y las mudas aparentemente ocurren durante toda la vida aumentando solamente de tamaño.

Del punto de vista sistemático, existen algunas controversias en relación a si los Diplura conforman un grupo mono o parafilético, pero recientes análisis moleculares confirman que se trataría de un grupo monofilético (grupo con origen desde un solo linaje evolutivo) estrechamente relacionado con Protura. Para la clasificación se utiliza la forma y el número de segmentos antenales, algunos caracteres de las mandíbulas, presencia o ausencia de estilos (proyecciones corporales con forma de bastón) en el primer segmento abdominal y la estructura y forma de los cercos abdominales que pueden tener forma de filamentos multiarticulados o bien de una pinza. Las últimas revisiones consideran a nivel mundial 10 familias y 1.000 especies aproximadamente y no está clara la asignación a Órdenes ni el número de géneros. La fauna de Diplura de Chile es poco diversa con tres familias, nueve géneros y 21 especies (ver tabla). La familia Japygidae incluye organismos de mayor tamaño, con los cercos abdominales transformados en pinzas y es la más diversa; los Campodeidae son más pequeños con los cercos abdominales largos y segmentados y finalmente Parajapygidae, se diferencia de las anteriores por tener cercos más cortos, finos y segmentados. Los géneros *Teljapyx* y *Nelsjapyx* son los más diversificados con 7 y 4 especies respectivamente.

Los Diplura están presentes en todos los continentes a excepción de la Antártica, principalmente en zonas tropicales y/o templadas. Los registros de localidades en Chile, muestran que los Diplura hasta ahora han sido registrados entre las Regiones de Coquimbo y Llanquihue incluida la isla de Chiloé; otro género importante es *Natalocampa* con especies disyuntas entre el extremo sur de Sudamérica (N. mesotristosa Allen, 2002) y Sudáfrica (N. princeps Conde, 1951). No hay información sobre endemismos de Diplura en Chile aunque es factible que todas las especies señaladas en la literatura sean endémicas de nuestro país.

Tabla. Taxa de Diplura en Chile

Familia	Géneros	Especies
Parajapygidae	<i>Parajapyx</i>	<i>isabellae</i>
Japygidae	<i>Teljapyx</i>	<i>riestrae</i> <i>megalocerus</i> <i>profundus</i> <i>hirsutus</i> <i>costalus</i> <i>larva</i> <i>bidentatus</i> <i>talcae</i>
	<i>Nelsjapyx</i>	<i>hichinsi</i> <i>botani</i> <i>talcae</i> <i>soldadi</i>
	<i>Rossjapyx</i>	<i>australis</i> <i>anodus</i>
	<i>Chiljapyx</i>	<i>caltagironei</i>
	<i>Penjapyx</i>	<i>altus</i> <i>castrii</i>
Campodeidae	<i>Natalocampa</i> <i>Eutrichocampa</i> <i>Notocampa</i>	<i>mesotristosa</i> <i>chilensis</i> <i>pacifica</i>
Total	3	21

CLASE INSECTA

Sub Clase Apterygota

ORDEN ARCHAEOGNATHA (MICROCORIPHYA)

Del punto de vista evolutivo los Archaeognatha (Microcoriphya) serían el grupo basal de los Insecta. Ya que presentan mandíbulas monocondílicas y ausencia de cópula, ambos caracteres primarios para la Clase. Son organismos de pequeño tamaño, cuerpo con forma cilíndrica y que no sobrepasan 20 mm de longitud; la cabeza de pequeño tamaño (de donde deriva el nombre del orden), lleva las antenas multisegmentadas, un par de ojos compuestos contiguos dorsalmente y tres ocelos; el tórax tiene forma convexa y el abdomen termina en un filamento acompañado de dos cercos filamentosos pseudosegmentados; cada segmento lleva ventralmente un par de estilos y 1 ó 2 pares de vesículas coxales (que participan en la absorción de agua); adicionalmente el cuerpo en general está cubierto de escamas.

Se encuentran en zonas pedregosas, asociados a la hojarasca, sobre troncos de árboles, y tienen facilidad para el salto; no frecuentan las habitaciones humanas. Se alimentan de vegetales y para *Allomachilis ochagaviae*, una especie insular presente en Juan Fernández y San Ambrosio, se ha descrito que se alimentan de las inflorescencias de bromeliáceas.

Para la clasificación se utiliza la forma de los ocelos, la presencia o ausencia de estilos coxales y la presencia o no de vesículas coxales en los urosternitos. A nivel mundial se han descrito aproximadamente 350 especies distribuidas en dos familias, Meinertellidae distribuida principalmente en el hemisferio sur y Machiidae del hemisferio norte, de las cuales solo la primera está presente en Chile con tres géneros y tres especies (ver siguiente Tabla).

Tabla. Taxa de Archaeognatha en Chile

Familia	Géneros	Especies
Meinertellidae	<i>Machiloides</i>	<i>Anceps</i>
	<i>Machilis</i>	<i>Striata</i>
	<i>Allomachilis</i>	<i>ochagaviae</i>
Total	3	3

Interesante del punto de vista biogeográfico, es el género *Allomachilis* presente tanto en Australia como en el territorio insular de Juan Fernández y que sería un género muy antiguo que se habría diferenciado antes de la fragmentación de Gondwana y reflejaría la existencia de un Puente transantártico entre ambos continentes.

ORDEN ZYGENTOMA

El Orden Zygentoma, previamente conocido como Thysanura, incluye a los comúnmente conocidos como "pescaditos de plata". Son el único grupo de insectos vivientes sin alas, que presentan mandíbulas con dos cóndilos articulares. Se trata de un grupo de insectos pobremente conocido en su taxonomía y filogenia. A nivel mundial se han descrito cinco familias (Lepismatidae, Nicoletiidae, Maindroniidae, Tricholepidiidae y Protrinemuridae), 117 géneros y 470 especies. Los Lepismatidae presentan ojos compuestos, cuerpo revestido de escamas, tórax en general más largo que el abdomen, vesículas abdominales ausentes y su tamaño no sobrepasa los dos cm. Los Nicoletiidae tienen el cuerpo de forma elongada, carecen de ojos y pigmentos en el cuerpo y sus especies tienen hábitos subterráneos, lapidícolas (animales que acostumban vivir bajo las piedras o entre ellas), en hojarasca y también cavernícolas. Las otras tres familias consideradas como relictas, tienen unos pocos representantes. Maindroniidae con dos especies, presenta ojos pigmentados, no tienen escamas y habitan bajo piedras en zonas áridas; la única especie en Chile *Maindronia neotropicalis* ha sido registrada en el Desierto de Atacama, al sur de Antofagasta. Los Tricholepidiidae con una única especie en el hemisferio norte, presentan ocelos y sin escamas en el cuerpo. Finalmente los Protrinemuridae (antigua subfamilia de Nicoletiidae) carecen de ojos y en Chile está representada por dos especies. Entre las especies de Lepismatidae, en Chile están *Isolepisma annectens* endémica a la Isla Robinson Crusoe en el archipiélago Juan Fernández y el género *Dodecastyla* está representado en Chile y en Australia. También se encuentran presentes dos especies cosmopolitas, sinantrópicas (especies capaces de habitar en ecosistemas urbanos o antropizados) y bibliófilas (habitan entre libros): *Lepisma saccharina* asociada a ambientes oscuros, cálidos y húmedos y *Thermobia domestica* que frecuenta lugares más secos y con temperaturas más elevadas.

En la siguiente tabla se muestran las familias, géneros y especies presentes en Chile.

Tabla. Taxa de Zygentoma en Chile

Familia	Género	Especies
Lepismatidae	<i>Cetenolepisma</i>	<i>horrens</i>
	<i>Isolepisma</i>	<i>annectens</i>
Maindroniidae	<i>Maindronia</i>	<i>neotropicalis</i>
Nicoletiidae	<i>Dodecastyla</i>	<i>bifida</i>
Protrinemuridae	<i>Trinemophora</i>	<i>schaefferi</i>
		<i>michaelseni</i>
Total	4	5

11.1.7 PALEOPTERA (O PALAEOPTERA)

Alejandro Vera

El grupo Paleoptera está constituida en la actualidad por los órdenes Ephemeroptera y Odonata. Se les caracteriza porque sus alas se articulan al tórax de manera que les es imposible plegarlas sobre el abdomen. Su condición monofilética (provenientes de un solo linaje evolutivo) está en debate.

ORDEN EPHEMEROPTERA (EFÍMEROS, EFEMERÓPTEROS)

Son insectos de desarrollo dulceacuícola, la mayor parte de su vida, transcurre en la forma juvenil conocida como ninfa, que habita cuerpos de agua dulce, mientras que los adultos son efímeros sobreviviendo horas o días, presentan alas, de modo que participan de la reproducción y dispersión. Esta condición resulta en que los estados ninfales cumplan diversos roles ecológicos en los cuerpos de agua, existiendo especies depredadoras, pasando por herbívoras hasta detritívoras con adaptaciones a ambientes torrentosos o lacustres, así también presentan diversos niveles de tolerancia a la contaminación. Estos atributos los ha llevado a ser utilizados como bioindicadores de calidad de agua. Dado que en los diferentes sistemas son unos de los insectos más abundantes, cumpliendo un importante rol dentro de las cadenas alimentarias, al ser depredados por otros invertebrados como odonatos y hemípteros y especialmente en su estado de ninfa por varios vertebrados como peces y en su estado adulto además por aves, murciélagos y otros mamíferos. De forma colateral, se les ha utilizado como carnada para pescar, de modo que gran parte de la pesca deportiva "con mosca" se dedica a construir anzuelos que imiten la forma de imagos o ninfas de Ephemeroptera. En cuanto a su morfología las ninfas presentan cuerpos desde cilíndricos a aplanados, en su mayoría presentan branquias abdominales pares y tres procesos filamentosos pares llamados cercos y un paracercos



Mosca efímera (*Siphonella ventilans*). Foto: Alejandro Vera.



Mosca efímera (*Penaphlebia* sp.) en Parque Nacional Conguillío (Región de La Araucanía). Foto: Alejandro Vera.

Tabla. Composición taxonómica de Ephemeroptera citados para Chile

Familias	Géneros	Especies
Ameletopsidae	2	2
Baetidae	6	12
Caenidae	1	3
Coloburiscidae	1	1
Leptophlebiidae	15	37
Nesameletidae	1	1
Oniscigastridae	1	3
Total	27	59

medio, lo que las hace fáciles de reconocer. Las adaptaciones en las patas y armadura bucal son muy variadas y se asocian a la explotación del recurso por cada taxa. Los adultos tienen reducidas sus patas salvo por el primer par en los machos, el segundo par de alas es pequeño reducido o ausente, en muchas especies la armadura bucal no es funcional así como el tubo digestivo. Los Ephemeroptera son uno de los pocos órdenes que presentan un estado de desarrollo alado adicional conocido como subimago y que se presenta entre la ninfa y el adulto. Durante la reproducción los machos forman enjambres que vuelan con un característico movimiento de ascenso y descenso vertical. Habitualmente las emergencias de adultos son sincronizadas y permiten formar grandes agrupaciones.

La diversidad de Ephemeroptera de Chile muestra elementos emparentados con la región tropical de América (Baetidae, Caenidae) así como elementos relacionados con Australia y Nueva Zelanda (familias Oniscigastridae, Nesameletidae y Ameletopsidae). El catálogo más reciente fue el publicado por Camousseight (2001) y los instrumentos de identificación más recientes son los de Domínguez et al. (2006 y 2009). Para Chile es un grupo pobremente estudiado donde aún se describen nuevas especies (Vera et al. 2015). La composición de familias géneros y especies se muestra en la siguiente Tabla y está actualizada con los elementos antes citados.

ORDEN ODONATA (MATAPIOJOS Y LIBÉLULAS)

Los Odonata son insectos medianos a grandes, fáciles de reconocer por sus ojos muy desarrollados; alas paralelas de semejante longitud, no acopladas, de forma angosta, rígida y con mucha venación semejando cuadrículas; su abdomen es largo y delgado. Son activos voladores y voraces cazadores de otros insectos más pequeños. Su desarrollo ocurre en el medio dulceacuícola, donde ninfas de variadas formas y tamaños son depredadores generalistas de invertebrados e incluso de peces y renacuajos. Presentan rasgos excepcionales como es su aparato copulador ubicado en el segundo segmento abdominal, separado de las gónadas ubicadas en el extremo distal del abdomen. Durante la cópula ambos sexos vuelan unidos curvando sus abdómenes de manera que forman una figura circular o acorazonada. En las ninfas el labio se ha transformado en una herramienta de caza, plegado bajo la cabeza, puede extenderse velozmente para atrapar las presas, mientras la ninfa esta inmóvil y camuflada en el sustrato.



Matapijos (*Cyanallagma* sp.) copulando. Foto: Autores del Capítulo.

En Chile se presentan dos subórdenes Zygoptera y Anisoptera. El primero conocido como "libélulas", de apariencia frágil, delgada y colores brillantes como celeste, rojo o verde; su cabeza es transversal y las alas pueden juntarlas dorsalmente en reposo; las ninfas son igualmente delgadas con tres laminas branquiales en el extremo del abdomen; se asocian a vegetación semisumergida. El segundo se conoce como "matapijos" mucho más robustos y de colores variados, con cabeza globosa y alas extendidas en reposo; sus ninfas son igualmente robustas y asociadas al fango u otros sustratos con branquia rectal no expuesta.

Tabla 2. Composición taxonómica de Odonata citados para Chile

Familia	Géneros	Especies
Suborden Zygoptera		
Lestidae	1	1
Coenagrionidae	5	10
Suborden Anisoptera		
Aeshnidae	2	11
Gomphidae	2	4
Neopetaliidae	1	1
Austropetaliidae	2	7
Petaluridae	1	2
Corduliidae	2	3
Libellulidae	7	10
Total	23	49

La diversidad del orden en Chile (ver Tabla) puede encontrarse en el Catálogo de Camousseight & Vera (2007), sin nuevas adiciones de especies, pero sí se han realizado recientes descripciones de ninfas como las del género *Phyllopetalia* parte de *Austropetaliidae* familia escasa y exclusiva del hemisferio sur, instrumentos de identificación pueden encontrarse en Heckman (2006) y Muzón et al. 2014.

NEOPTERA

Alejandro Vera

La Infraclase Neoptera es un grupo de insectos con las alas articuladas de forma tal que les es posible plegarlas y disponerlas sobre el cuerpo en posición de reposo.

ORDEN PLECOPTERA (PERLARIOS Y MOSCAS DE LAS PIEDRAS)

El orden Plecoptera es un pequeño grupo de insectos, presente en todos los continentes salvo en la Antártica e islas oceánicas. Se les encuentra desde el nivel del mar hasta los 5.600 metros en el Himalaya. Se les considera entre los órdenes más primitivos de los Neoptera. Su tamaño varía desde 1 a 12 cm de extensión alar. Son de cuerpo frágil y se les reconoce fácilmente por presentar, en general, cuerpo cilíndrico a aplanado, con antenas y cercos filamentosos, tres segmentos torácicos con desarrollo semejante, alas plegables como abanico, el que se enrolla sobre el abdomen en reposo. En el caso de las ninfas, éstas son dulceacuícolas en la mayoría de las especies, de forma semejante al adulto, pero sin genitales ni alas, su respiración ocurre a través de la cutícula o por medio de branquias diversas distribuidas en diferentes partes del cuerpo dependiendo del taxón. Su rol ecológico es fundamental en los cuerpos de agua habiendo especies que se alimentan de diferentes sustratos, herbívoros y depredadores, sin embargo, en la mayoría los adultos presentan una armadura bucal no funcional, por lo que solamente juegan el papel de presas. Al igual que en Ephemeroptera se les ha utilizado como bioindicadores y carnada para pescar. Se conocen alrededor de 2.000 especies

Tabla. Composición taxonómica de Plecoptera citados para Chile

Superfamilia		Géneros	Especies
Familia	Subfamilia		
Eustenoidea			
Diamphipnoidae		2	7
Eustheniidae		2	2
Leptoperloidea			
Austroperlidae		3	4
Gripopterygidae		23	41
	Antarctoperlinae	8	18
	Gripopteryginae	11	16
	Zelandoperlinae	1	1
	Leptoperlinae	2	5
	Dinotoperlinae	1	1
Total: Antarctoperlaria		30	54
Perlidae		4	6
Notonemouridae		4	20
Total: Arctoperlaria		8	26
Total Orden Plecoptera		38	77

distribuidas en 16 familias. Se dividen en dos grandes subórdenes relacionados con la fragmentación del supercontinente Pangea en tierras del hemisferio norte y sur del planeta: Arctoperlaria: posee 12 familias, sólo dos presentes en el hemisferio sur. Perlidae presenta unos pocos géneros que se proyectan en Sudamérica y Sudáfrica; Notonemouridae se presenta en Sudamérica, Sudáfrica, Madagascar, Australia y Nueva Zelanda. Antarctoperlaria: exclusivos del hemisferio sur. Posee dos superfamilias: Eustenoidea (Diamphipnoidae y Eustheniidae) y Leptoperloidea (Gripopterygidae y Austroperlidae).

En Chile se encuentran 77 especies distribuidas en 38 géneros (ver tabla). Perlidae se distribuye ampliamente en Sudamérica, con un género *Anacroneuria* con más de 200 especies descritas pero ausente en Chile. Aquí la mayor parte de los géneros están poco diversificados con una a 5 especies. Gripopterygidae es la familia más representada en Chile, con muchas especies endémicas restringidas a pequeñas regiones como es *Teutoerla maulina* Vera a la costa de la región del Maule o bien a ambientes extremos y específicos como son los campos de hielo australes para *Andiperla willinki* Aubert (Vera et al., 2008). Las especies que no son endémicas se comparten únicamente con Argentina, siendo endémicas del cono sur de América. Un caso especial es la familia Diamphipnoidae, que es exclusiva de Chile y Argentina y cuyos miembros son los de mayor talla dentro del Orden. La diversidad del país está siendo estudiada y continuamente se adicionan nuevas especies, pero persisten deficiencias en la asociación de adultos con ninfas y el conocimiento de su distribución geográfica. Existe un catálogo reciente para la región neotropical (Froehlich, 2010), así como buenos instrumentos de identificación en Stark et al. (2009).

ORDEN BLATTODEA (BARATAS, CUCARACHAS Y TERMITAS)

Este orden ha sufrido una reciente reconfiguración, ya que en él se han reubicado todas las especies de los antiguos órdenes Blattodea e Isoptera. De esta forma el orden se divide en 3 superfamilias: Corydioidea, Blaberoidea y Blattoidea, esta última se divide en tres Epifamilias: Blattoidea, Cryptocercoidea y Termitoidea, en esta última se incluyen todas las familias del antiguo orden Isoptera (Beccaloni & Eggleton, 2013).



Libélula o matapijos (Odonato). Foto: Jorge Herreros.



Cucaracha o barata (Epilampra hualpensis). Foto: Autores del Capítulo.

Tabla . Lista de especies de Blátodea citadas para Chile

Ectobiidae	<i>Blaberus atropos</i> (Stoll, 1813)
<i>Moluchia strigata</i> (Blanchard, 1851)	<i>Blaptica fernandesi</i> Cuarto, 1967
<i>Moluchia nana</i> Rehn, 1933	Blattidae
<i>Moluchia castanea</i> (Blanchard, 1851)	<i>Melanozosteria soror</i> (Brunner von Wattenwyl, 1865)
<i>Moluchia brevipennis</i> (Saussure, 1864)	<i>Eurycotis brevipennis</i> (Philippi, 1863)
<i>Moluchia dahli</i> Princis, 1952	<i>Blatta orientalis</i> Linnaeus, 1758
<i>Ischnoptera brattstroemi</i> Princis, 1952	<i>Periplaneta americana</i> Linnaeus, 1758
<i>Blatella germanica</i> (Linnaeus, 1767)	<i>Periplaneta brunnea</i> Burmeister, 1838
<i>Phidon bullocki</i> Rehn, 1933	<i>Periplaneta australasiae</i> (Fabricius, 1775)
<i>Phidon reticularis</i> (Blanchard, 1851)	Kalotermitidae
<i>Phidon araucanus</i> Rehn 1933	<i>Neoterme chilensis</i> Blanchard, 1851
<i>Phidon dubius</i> Princis, 1952	<i>Kaloterme gracilignathus</i> Emerson, 1924
<i>Balta notulata</i> (Stal, 1860)	<i>Cryptoterme brevis</i> (Walker, 1853)
Blaberidae	Stolotermitidae
<i>Parasphaeria ovata</i> (Blanchard, 1851)	<i>Poroterme quadricollis</i> (Rambur, 1842)
<i>Pycnoscelis surinamensis</i> (Linnaeus, 1758)	Rhinotermitidae
<i>Epilampra hualpensis</i> Uribe, 1978	<i>Reticuliterme flavipes</i> (Kollar, 1837)
<i>Diploptera punctata</i> (Eschscholtz, 1822)	

Estos insectos son fáciles de reconocer y en cierta forma son muy cercanos a las actividades humanas, ya que varias especies pueden desarrollarse dentro de nuestras construcciones. Las cucarachas son en general de cuerpo plano y frágil, con largas antenas filiformes, su cabeza se dispone ventralmente con la abertura de la boca hacia atrás, sus patas están excepcionalmente desarrolladas para correr, de modo que son organismos fáciles de ver pero difíciles de atrapar. Sus alas varían en desarrollo desde especies voladoras a estar ausentes en especies ápteras. Su desarrollo es hemimetábolo, los adultos ponen los huevos dentro de estuches llamados ootecas desde donde eclosionan de forma simultánea múltiples ninfas. Su alimentación es omnívora aunque cumplen un importante rol degradando detritos vegetales en ambiente natural. En Termitoidae la situación es completamente diferente, se trata de organismos sociales que viven en colonias dentro de la madera o construyendo madrigueras en el suelo o sobre otros sustratos, dependiendo de la especie, su cabeza mira hacia el frente, su cuerpo es cilíndrico, blando y translúcido salvo por la cabeza, los adultos son voladores que enjambran por las noches y tras su reproducción "automutilan" sus alas y fundan nuevas colonias en alguna rendija de madera. Durante su vida cavernícola, ponen huevos individuales desde donde nacen ninfas que distribuyen funciones, la gran mayoría serán obreras con sexo indiferenciado, en otros se deformarán sus cabezas y crecerán enormemente tanto que pueden superar el tamaño de sus cuerpos, estos serán soldados. Los reproductores pueden ser únicos en la colonia, pero también existen modalidades poliginas (múltiples reproductores), o incluso en ausencia de reproductoras un grupo de ninfas puede iniciar un proceso denominado neotenia, donde una ninfa puede sin diferenciarse poner huevos, y más aún: sin estar fecundada.

En Chile la mayor parte de las cucarachas nativas están pobremente estudiadas, a diferencia del gran número de especies introducidas o cosmopolitas, presentes en puertos y ciudades, como ejemplo las especies de los géneros *Blatta*, *Periplaneta* y *Blattella*. El total es de 24 especies distribuidas en 15 géneros, pero sin duda estas cifras se modificarán prontamente. La Epifamilia Termitoidae en cambio está compuesta por sólo 5 especies tres nativas y dos introducidas, estas últimas causan daños importantes en las construcciones alimentándose de celulosa (madera, papel, cartón aglomerado). Entre ellas *Reticuliterme flavipes* conocida como la "termita subterránea" es la que provoca mayor inquietud siendo muy difícil de controlar. A diferencia de lo anterior las termitas nativas cumplen un rol importante en la dinámica de los bosques y su lento actuar no provoca daños importantes en las construcciones.

Un catálogo de baratas está disponible para Chile (Moroni & Camousseight 1976), el que se puede actualizar con la información contenida en <http://Blattodea.speciesfile.org>; para termitas ver Camousseight (1999) y Krishna et al. (2013).

ORDEN MANTODEA (MANTIS RELIGIOSA)

Insectos de cuerpo estilizado, que semejan hojas o tallos delgados, son fáciles de identificar por sus adaptaciones para la depredación, con ojos laterales y prominentes, patas anteriores plegadas y armadas con espinas. Presentan alas plegadas como abanico sobre el abdomen, pueden presentarlas reducidas o desarrolladas, esto es dimorfismo sexual en *Coptopteryx gayi* Blanchard, 1851 la especie más frecuente en Chile, donde además los machos vuelan y son atraídos por las luces. Existe una segunda especie no identificada presente en Chile para el valle de Azapa (Camousseight, 1995).

ORDEN DERMAPTERA (TIJERETAS)

Insectos de cuerpo plano, con característicos cercos en forma de tijeras en el extremo de su abdomen. Ápteros o alados, con el primer par pequeñas, bajo ellas están empaquetadas el segundo par, cuando se extienden su forma es semicircular y les permite el vuelo. Viven bajo diferentes sustratos y son de actividad nocturna, su alimentación en general es omnívora. Se les puede encontrar desde el litoral, con la especie de mayor talla de Chile con cerca de 5 cm de longitud *Gonolabina spectabilis* (Ph.), hasta 4.000 msnm con *Esphalmenus porteri* Burr. Algunas especies de carácter cosmopolita pueden provocar daños en los hogares y diversos cultivos como es el caso de *Forficula auricularia* L. La diversidad en Chile esta pobremente estudiada y es esperable la descripción de nuevas especies, se han reportado 4 familias con 6 géneros y 13 especies (sobre la base de los catálogos de Reichardt 1968-1970).



Chinchimollo (*Agathemera elegans*) Parque Nacional Tolhuaca (Región de La Araucanía). Foto: Alejandro Vera.

ORDEN ORTHOPTERA (GRILLOS, LANGOSTAS Y SALTAMONTES)

El orden Orthoptera es un grupo de insectos presente en todos los continentes e islas oceánicas, salvo en la Antártica. Son capaces de habitar los más diversos medios, desde el litoral hasta las cumbres cordilleranas, las sabanas, selvas tropicales, estepas magallánicas, desiertos, etc. Sus hábitos son diurnos, nocturnos o crepusculares; su dieta es en la mayoría de los casos herbívora, generalmente fitófaga, sin embargo, existe frecuentemente omnivoría e incluso algunas especies pueden ser depredadoras. Su longitud corporal varía

entre los 3 y los 220 mm y en su morfología es característica la presencia del tercer par de patas saltadoras con grandes fémures ensanchados, el primer par de alas está endurecido y se denomina "tegmen", este protege al segundo par, que se encuentra plegado, semejante a un abanico, y permite el vuelo. Existen también especies con alas reducidas o ausentes, condición que se presenta en ambos sexos o sólo en las hembras. La forma general y su coloración varían notablemente, y se asocia a sistemas de defensa como el camuflaje, el mimetismo, los colores y sonidos de advertencia, en algunos ocurren defensas químicas, urticantes y malolientes.

Su desarrollo es hemimetábolo, desde los huevos nacen ninfas semejantes a los adultos, incluso en su alimentación. Tras sucesivas mudas crecen hasta ser adultos reproductivos, la interacción reproductiva incluye un complejo sistema de comunicación, en la mayoría ocurre mediante producción y recepción de sonidos (audibles o no por el ser humano). La estridulación, es un tipo de sonido que se produce cuando se rozan regiones adyacentes del exoesqueleto, dos modelos son los más frecuentes: frotar los fémures posteriores contra el borde anterior del tegmen respectivo (Caelífera), o frotar entre sí el primer par de alas (Ensífera). Tras el apareamiento, las hembras deben seleccionar un sustrato adecuado para el desarrollo de sus huevos. La ovipostura ocurre en múltiples medios: suelo, raíces, troncos, hojas, tallos, flores, agallas, musgos, líquenes, etc., para ello en cada especie el ovipositor está adaptado en la manipulación de ese sustrato. Las posturas pueden reunir los huevos en una ooteca (Caelífera) o bien ser puestos individualmente agrupados o aislados (Ensífera). Estos insectos se presentan en la naturaleza restringidos a cierta época del año, asociado al desarrollo de su alimento. Los huevos pueden perdurar en diapausa por varios meses y en ocasiones coincide el nacimiento de múltiples individuos generando enjambres que pueden dañar cultivos diversos, considerándose varias de estas especies como plagas agrícolas en diversas partes del mundo.

A nivel mundial posee más de 20.000 especies y 33 familias. La sistemática del orden es compleja, presentando múltiples subgrupos. En general se aceptan dos subórdenes: 1.- Caelífera: con ovipositor de cuatro valvas robustas en forma de pinzas, antenas cortas y espiráculo auditivo en el primer tergo abdominal. Se divide en dos infraórdenes: Acrididea (saltamontes) y Tridactylidea. 2.- Ensífera: con ovipositor desarrollado en forma de cuchillo, largas antenas

Tabla. Lista de especies de Dermaptera citadas para Chile

Pygidicraniidae	Anisolabididae
<i>Esphalmenus argentinus</i> Hincks, 1959	<i>Brachylabis chilensis</i> (Blanchard, 1851)
<i>Esphalmenus dentatus</i> Hincks, 1959	<i>Euborellia annulipes</i> (Lucas, 1847)
<i>Esphalmenus kuscheli</i> Hincks, 1954	<i>Euborellia antoni</i> (Dohrn, 1864)
<i>Esphalmenus lativentris</i> (Philippi, 1863)	<i>Gonolabina spectabilis</i> (Philippi, 1863)
<i>Esphalmenus porteri</i> Burr, 1913	Labiduridae
<i>Esphalmenus silvestrii</i> (Borelli, 1902)	<i>Labidura riparia</i> Pallas, 1773
<i>Esphalmenus weidneri</i> (Brindle, 1966)	Forficulidae
	<i>Forficula auricularia</i> Linnaeus, 1758

Tabla. Composición taxonómica de Orthoptera citados para Chile

Sub e infraórdenes	Familia	Especies (géneros)	Endemismo
Tettigoniidea			
	Anostomatidae	9(4)	8(3)
	Rhaphidophoridae	10(2)	8
	Tettigoniidae	45(20)	38(11)
Gryllidea			
	Gryllidae	8(5)	4(2)
	Mogoplistidae	4(3)	4(1)
Total Ensifera		76(34)	62(17)
Acrididea			
	Proscopiidae	24(8)	17(3)
	Tristiridae	17(11)	12(7)
	Ommexechidae	10(4)	10(2)
	Romaleidae	1(1)	1(1)
	Acrididae	23(8)	10(1)
	Tetrigidae	1(1)	1
Tridactylidea			
	Tridactyloidae	1(1)	1
Caelifera		77(34)	52(14)
Total		153(68)	114(31)

multisegmentadas, espiráculos auditivos en el protórax y tímpanos en las tibias anteriores. Se divide en dos infraórdenes: Gryllidea (grillos de campo y de casas), de cuerpo ligeramente aplanado, ovipositor de cuatro valvas, cercos multisegmentados filiformes y Tettigoniidea de cuerpo cilíndrico o comprimido lateralmente, ovipositor de seis valvas, cercos en su mayoría monómeros. En Chile se reconocen 152 especies distribuidas en 69 géneros y 12 familias, el endemismo alcanza un 56 por ciento de los géneros y 75 por ciento de las especies; los restantes géneros no endémicos, en su mayoría son compartidos con Argentina, especialmente en la región austral a partir de la región de Los Lagos. Existen taxa supragenéricos endémicos para Chile como las tribus Aphractini (7 especies) y Elasmoderini (5 especies), además de las subfamilias Hybusinae (6 especies) y Romaleinae (1 especie). Las familias más diversificadas son Tettigoniidae, Acrididae y Proscopiidae, esta última distribuida a lo largo de todo Chile, salvo en las islas oceánicas; el género más numeroso es *Platydicticus* (Tettigoninae) con 15 especies, siendo 13 de ellas endémicas. El origen de esta fauna tiene varias fuentes, existiendo elementos neotropicales, panamericanos, cosmopolitas y australes. Entre estos últimos destaca la tribu Coniungopterini (Conocephalinae), que presenta sólo tres géneros asociados a bosques de *Nothofagus*, dos de ellos en Australia y uno en Chile (*Coniungoptera nothofagi*). Muchos grupos de este orden están solo parcialmente estudiados, de modo que se incrementará el número de especies prontamente, Gryllidea y Proscopiidae son grupos muy deficitarios. El catálogo para Chile más reciente es el de Elgueta et al. (1999), estos datos pueden ser actualizados a partir de <http://orthoptera.speciesfile.org/>



Saltamontes (*Conometopus sulcaticollis*) en Parque Nacional Llanos de Challe (Región de Atacama). Foto: Autores del Capítulo.

ORDEN PHASMATODEA (PALOTES, CHINCHEMOLLOS O TABOLANGOS)

Incluye especies grandes desde 5 a 15 cm de longitud corporal, todas herbívoras y de actividad nocturna, las especies arborícolas durante el día se mueven escasamente utilizando su camuflaje como medio de defensa. Este consiste en la imitación morfológica del sustrato como son ramas, hojas y cortezas, y de la inmovilidad conductual, para pasar inadvertidos. Hacen excepción las especies del género *Agathemera*, de hábitos terrestres, algunas de ellas con vivos colores, todas presentan un extraordinario desarrollo de las glándulas protorácicas que liberan sustancias fétidas e irritantes cuando son agredidos o mudan para crecer.

La diversidad en Chile es pequeña con 20 especies distribuidas en 5 familias, pero aún está poco estudiada. Los principales avances los realizó el Dr. Camousseight cuyas contribuciones incluyen también especies argentinas (Domínguez & Vera, 2014). La situación sistemática de las especies chilenas y sus categorías supraespecíficas sufren permanentes cambios conforme se realizan estudios filogenéticos, aún son esperables cambios taxonómicos. Un caso especial es el de *Peruphasma anakenum*, descrita para Isla de Pascua, sin nuevos registros, pudiendo ser un error de etiquetación. 20 especies han sido citadas para Chile (Basado en el catálogo de Brock (2005) y actualizado en <http://Phasmida.SpeciesFile.org>.)



Grillo (*Stenophyllia modesta*) en localidad de Vilches, provincia de Talca (Región del Maule). Foto: Alejandro Vera.

Tabla 7. Lista de especies de Phasmatodea citadas Chile

Agathemeridae	Heteronemiidae
<i>Agathemera claraziana</i> Saussure 1868	<i>Heteronemia granulicollis</i> Blanchard 1851
<i>A. crassa</i> Blanchard 1851	<i>Heteronemia mexicana</i> Gray 1835
<i>A. elegans</i> Phillipi 1863	<i>Minteronemia filiformia</i> Zompro 2004
<i>A. grylloidea</i> Westwood 1859	<i>Minteronemia longitarsa</i> Zompro 2004
<i>A. maculifulgens</i> Camousseight 1995	<i>Spinonemia chilensis</i> Westwood 1859
<i>A. mesoauriculae</i> Camousseight 1995	<i>Splendidonemia splendida</i> Zompro 2004
Diapheromeriidae	<i>Xeropsis crassicornis</i> Phillipi 1865
<i>Bacteria annulicornis</i> Phillipi 1863	<i>Paraxeropsis bicristata</i> Camousseight 2008
<i>Clonistria chilensis</i> Redtenbacher 1908	<i>Paraxeropsis camousseighti</i> Vera 2011
<i>Dyme rarospinosa</i> Brunner v. W. 1907	Pseudophasmatidae
Prisopodidae	<i>Peruphasma anakenum</i> Conle y Hennemann 2002
<i>Prisopus apteros</i> Camousseight 2010	

ORDEN EMBIOPTERA

Este orden se encuentra poco diversificado, con representantes en todo el mundo. Se trata de insectos hemimetábolos, pequeños, con machos alados y hembras ápteras, de alimentación herbívora que construyen tubos de seda. Su rasgo más evidente es el desarrollo de los basitarsos del primer par de patas, cuya dilatación aloja una glándula de seda.

En Chile se han reportado dos especies: *Oligotoma vosseleri* (Krauss) para Isla de Pascua, esta se encuentra en diversas islas del pacífico asociadas a Java, Ceylán y Sumatra; y *Oligotoma nigra* (Hagen) recientemente identificada para la región de Atacama (Rivera, 2013), esta especie cosmopolita puede tener origen en India.



Plecoptero (Araucanioperla brincki) Vilches (Región del Maule).
Foto: Autores del Capítulo.

ORDEN PHTHIRAPTERA (PIOJOS, LIENDRES)

Los piojos (Artropoda: Insecta: Phthiraptera) son ectoparásitos permanentes de aves y mamíferos euterios (con placenta), cuyo tamaño varía de 1 a 12 mm de largo, con cuerpo deprimido y silueta corporal variable según el microhábitat que ocupen. Ponen huevos de diferentes formas con estructuras ornamentales, generalmente ovoides con un opérculo cónico, sin pedúnculo pero cimentados firmemente a las plumas y/o pelos.

Los piojos adquieren importancia sanitaria por ser vectores de diversos agentes patógenos como *Pasteurella* spp., *Rickettsias*, *Salmonellas*, *Cólera*, *Virus de la Encefalomiелitis Equina* y otros. Está bien documentado, además, su papel de hospedador intermediario de nematodos filariformes como *Palecitus fulicatrae* y *Filaria cypseli* sobre animales.

Los Phthiraptera están especializados totalmente para su vida de ectoparásitos, alimentándose de tejido epidérmico, sangre, pelos, piel, plumas e incluso secreciones sebáceas. Son insectos hemimetábolos (estados juveniles semejantes al adulto, sin pupa), ápteros (sin alas), con patas adaptadas

Phthiraptera en Chile

SUBORDEN Familia	Géneros	Especies
ANOPLURA (7)	12	30
Poliplacidae	2	4
Linognatidae	2	6
Hoplopleuridae	3	9
Microthoraciade	1	2
Phthiridae	1	1
Haematopinidae	2	7
Pediculidae	1	1
ISCHNOCERA (2)	58	153
Philopteridae	52	140
Trichodectidae	6	13
AMBLYCERA (6)	30	83
Menoponidae	23	72
Boopidae	1	1
Laemobothriidae	1	1
Ricinidae	1	1
Trimenopinidae	1	1
Gyropidae	3	7
TOTAL (15)	100	266

para sostenerse sobre el hospedero, la cabeza es sésil (fija, sin articulación) en el protórax y dirigida hacia delante; ojos reducidos o ausentes; antenas de 3-5 segmentos. Poseen tres períodos ninfales (diferenciándose de los adultos por la ausencia de genitalia) y en el lapso de aproximadamente veinte días surgen los individuos adultos. Viven aproximadamente 45 días.

Los piojos se dividen en cuatro Subórdenes: Amblycera, Ischnocera, Rhynchophthirina (conocidos como piojos masticadores o Mallophaga) y Anoplura (llamados los piojos chupadores). Los Amblycera parasitan mamíferos y aves, los Ischnocera parasitan preferentemente aves, los Rhynchophthirina se restringen a parasitar elefantes y cerdos africanos, y los Anoplura son parásitos específicos de mamíferos.

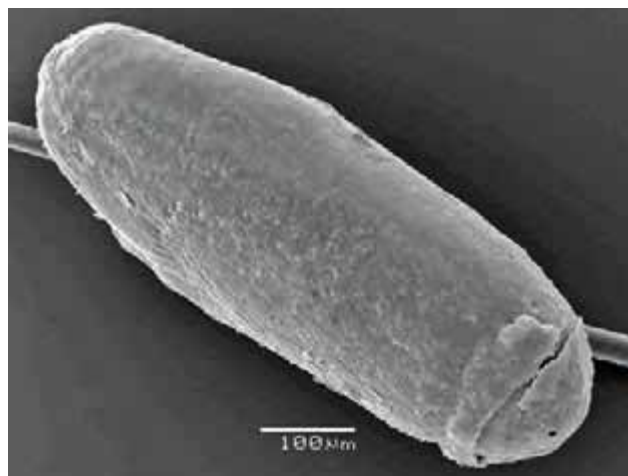


Imagen de microscopio electrónico de barrido de huevo de piojo (liendre) de Bovicola breviceps. Foto: Autores del Capítulo.

La infestación entre los hospedadores se produce por contacto directo (madre-hijo, en la cópula, o en peleas). Algunos piojos se pueden aferrar a moscas hematófagas aladas, utilizándolos como transporte (foresis) y así llegar a un nuevo hospedador.

Debido a que los piojos desarrollan todo su ciclo biológico sobre el hospedador, y en muchos casos existe una alta especificidad, son considerados los ectoparásitos más estrechamente ligados a sus hospedadores y por ello son utilizados para realizar estudios de coevolución, de la comunidad ecológica, de las poblaciones genéticas y, además, ayudan a elucidar relaciones filogenéticas entre miembros de las clases aves y mamíferos. A través de ellos, se pueden comprender los fenómenos de diversificación ocurridos en la historia, conductas de los hospedadores, lo cual debería considerarse en iniciativas de biodiversidad y conservación.

En el mundo, se han descrito poco más de 5.000 especies de piojos (4.400 piojos masticadores y 670 chupadores). En Chile, estudios taxonómicos recientes han incrementado considerablemente la biodiversidad phthiraptológica, sumando actualmente 266 especies de piojos incluidos en 100 géneros y en 15 familias. Las aves hospedadoras de piojos se agrupan en 21 órdenes, 44 familias, 110 géneros y 159 especies. En mamíferos, los hospedadores de piojos están representados por 33 especies, 26 géneros, 14 familias y 6 órdenes.

La gran mayoría de los piojos presentes en Chile han sido también descritos en territorio argentino en hospedadores comunes, y por lo mismo, los casos de endemismo se presentan esencialmente en piojos que parasitan especies endémicas de mamíferos y aves, casos que suman hasta la fecha 8 especies de piojos, cifra que seguramente se verá incrementada en la medida que se realicen mayores estudios.



Piojo de ave (*Myrsidea* sp.) de tenca chilena (*Mimus thenca*). Foto: Autores del Capítulo.

ORDEN HEMIPTERA

(Barqueros, Chinchas, Cigarras, Conchuelas, Langostinos, Mosquitas Blancas, Mulitas, Nadadores de Espalda, Pulgones, Vinchucas, Sapitos de Barro)

Mario Elgueta, Eduardo I. Faúndez y Juan F. Campodónico

Este Orden conjuntamente con los Órdenes Phthiraptera, Psocoptera y Thysanoptera conforma una agrupación biológica a la cual se le conoce como "ensamble hemipteroide", en el sistema jerárquico de clasificación de los seres vivos; en estos organismos se produjo una notable modificación del aparato bucal, con piezas aguzadas y ensambladas entre sí, unido a un gran desarrollo de musculatura asociada en la cabeza, lo que les permitió la succión de sustancias ali-menticias líquidas. Algunos de sus representantes actuales han perdido la condición ancestral, prevaleciendo un tipo de alimentación de tipo roedor - masticador.

Hemiptera es el quinto Orden más diverso en el mundo y se conocen aproximadamente 94.000 especies, pertenecientes a los subordenes Sternorrhyncha (16.000 especies), Auchenorrhyncha (40.000 especies), Coleorrhyncha (37 especies) y Heteroptera (42.347 especies) (Henry, 2009; Shcherbakov, 2014), cifra notoriamente mayor que lo indicado en recuentos previos (Elgueta, 2008); en Chile, también los hemípteros ocupan este lugar en cuanto a riqueza de especies, después de Coleoptera (con 4.226 especies), Diptera (con 2.460), Hymenoptera (con 1.411) y Lepidoptera (con 1.226 especies) (Elgueta, 2008; González, 2008; Parra & Villagrán-Mella, 2008; Rojas, 2008).

El nombre Hemiptera hace alusión al hecho de que en la mayoría de las especies de Heteroptera, el suborden más numeroso, la primera mitad del ala anterior, tiene una conformación más gruesa y endurecida, mientras que la porción distal es de una textura diferente, siendo más delgada y membranosa. Aunque la mayoría de los hemípteros poseen alas aptas para el vuelo, en algunos casos se ha producido, en el curso de su historia evolutiva, reducción de alas e incluso hay representantes que las han perdido; la reducción del tamaño de alas es especialmente notoria, en algunas de las especies que habitan tanto en el territorio continental como en las Islas Juan Fernández.

Como ejemplos de reducción del tamaño en el primer y/o segundo par de alas, ya sea en uno o en ambos sexos, se puede mencionar a: *Agalita minuta* Evans y *A. brachyptera* Evans, especies de los géneros *Aequiephalus*, *Kramerana*, *Virgana*, representantes de la tribu Faltalini (Cicadellidae); especies del género *Nesosydne* Kirkaldy (Delphacidae), endémicas de Islas Juan Fernández; algunas especies de las familias Dictyopharidae, como *Rancoda rakitovi* Emeljanov; especies de Achilidae, como *Myrophenges planifrons* (Spinola); en general especies de las familias Issidae y Caliscelidae; *Ischnodemus gayi* (Spinola), *Erlacda arhaphaeoides* Signoret, *E. signoreti* Porter, *Bergidia polychroma* (Spinola), *Micrymenus kuscheli*



Chinche de los frutales (*Leptoglossus chilensis*, Hemiptera, Coreidae) en flor de quisco (*Trichocereus chiloensis*) ubicado en Embalse los Molles, comuna de Santo Domingo (Región de Valparaíso). Foto: Mario Elgueta.

Kormilev, *Astemnoplitis gayi* Spinola y *Plinthisus* spp. (Rhyparochromidae); en especies de *Tuxenella* Carvalho y en *Kuscheliana masatierrensis* Carvalho (Miridae); en el caso de *Nabis famine* Stal y especialmente *Nabis ashworthi* Faúndez & Carvajal (Nabidae); hembras de *Mepraia Mazza*, Gajardo & Jörg (Reduviidae); en especies de Anthocoridae; en todas las especies de las familias Cimicidae y Gerridae. En el caso de *Chepuvelia usingeri* China, 1963, el único representante chileno de Macroveliidae, sólo se conocen ejemplares sin alas. También existen especies que presentan polimorfismo alar, como muchos representantes de la familia Delphacidae.

Aparte de la peculiar conformación del ala anterior, otra condición que es propia de los integrantes de este Orden es el hecho de que las mandíbulas y maxilas están modificadas a manera de estiletos, acoplados entre sí y conteniendo los canales alimenticio y salival; este último es necesario para, a través de inoculación de sustancias, evitar coagulación en el caso de hemípteros que se alimentan de sangre, o bien controlar el espesamiento de los líquidos que ingieren, de tal manera de evitar la obstrucción del conducto alimenticio.

En suma, en el Orden Hemiptera se incluyen insectos que,

mayoritariamente, poseen la capacidad de introducir su aparato bucal en el tejido de plantas o animales, para así succionar las sustancias alimenticias que les son necesarias para su propia supervivencia. Tal como en Phthiraptera, en Hemiptera se presentan también algunas especies directamente relacionadas con el hombre, como la conocida "chinche de cama" (*Cimex lectularius* Linnaeus), que es uno de los pocos insectos estrictamente asociados al ser humano (Faúndez & Carvajal, 2014) y la "vinchuca" o *Triatoma infestans* (Klug), esta última transmisora del "mal de Chagas".

Los hemípteros a su vez sirven de alimento a otros insectos, tales como endoparásitos (especies del Orden Strepsiptera, avispas Platygasteridae) y ectoparásitoides (avispa de la Familia Dryinidae, del Orden Hymenoptera, que causan la muerte de su hospedero), llamados así para diferenciarlos de los verdaderos ectoparásitos, los cuales no causan la muerte del organismo a cuya costa se nutren. También son parasitados por moscas de la familia Pipunculidae y Tachinidae (Orden Diptera).

Desde el punto de vista de los endemismos de los hemípteros, reviste especial importancia el caso de las Islas Juan Fernández; en efecto, en este grupo insular se han reportado 16 especies exclusivas de Cicadellidae, 10 de Delphacidae, 6 de Lygaeidae, 3 de Reduviidae, 2 de Miridae y una de Anthocoridae.



Hemiptera Miridae: *Stenoparedra fallax*. Foto: Marcelo Guerrero.

Pero no sólo existen especies endémicas de Hemiptera en el Archipiélago Juan Fernández, sino que también hay géneros exclusivos de esas islas, tales como: *Evansiola China* (Cicadellidae) que agrupa a tres especies que conforman además la tribu Evansiolini, *Agalita Evans*, *Kuscheliola Evans* y *Stenagallia Evans* (Cicadellidae), *Kuscheliana Carvalho* (Miridae), *Micrymenus Bergroth*, *Rugomenus Kormilev* y *Robinsonocoris Kormilev* (Lygaeidae).

En Chile continental algunos ejemplos que destacan son el género *Thestral*, con su única especie *Thestral incognitus* Faúndez y Rider, el cual aparte de estar emparentado con el género australiano *Poecilotoma* Dallas, destaca por ser una de las pocas especies de la familia Pentatomidae que posee únicamente cuatro artejos tarsales, siendo cinco el número habitual para la familia (Faúndez & Rider, 2014a). Otro caso especial se encuentra en la familia Acanthosomatidae, en donde el género *Archaeoditomotarsus* con su única especie *Archaeoditomotarsus crassitylus* Faúndez, Carvajal y Rider, se encuentra restringido a un pequeño territorio del sur de Chile; se considera uno de los elementos más primitivos de esta familia (Faúndez et al., 2014)

Destacable es el caso de los representantes del género *Mapucheia* Szweo, único género en Sudamérica de la familia Myerslopiidae, el cual comprende 3 especies endémicas de Chile y que son conocidas de la zona sur y del Parque Nacional Fray Jorge; los otros géneros de esta familia

corresponden a *Myerslopiia Evans* y *Pemmation Hamilton*, distribuidos en Nueva Zelanda (Szwedo, 2004). Myerslopiidae es un típico ejemplo de agrupaciones de distribución austral, que evidencian la relación faunística entre masas de tierra ahora lejanas, pero que en un pasado geológico estuvieron más cercanas o tuvieron alguna conexión entre sí.

Las especies chilenas de Myerslopiidae poseen además un bajo poder de dispersión, ya que presentan reducción del primer y/o segundo par de alas, condición que se manifiesta también en otros representantes neozelandeses de la familia. Tanto en los ejemplares de Myerslopiidae como de Evansiolini (Cicadellidae), el tegumento se encuentra con partículas de tierra adherida; esto es evidencia de un modo de vida ligado al suelo, posiblemente en hojarasca de ambientes muy húmedos o bien en suelos de esa misma condición y con alto contenido orgánico.

Otro grupo relevante de hemípteros que evidencian relaciones gondwánicas son los Peloridiidae, única familia representante del suborden Coleorrhyncha; se trata de pequeños insectos de coloración críptica que miden entre 2 y 5 mm de largo y habitan en musgo húmedo de los bosques templados y subantárticos del hemisferio sur y que son considerados relictos de una fauna que hoy está restringida a Nueva Caledonia, Nueva Zelanda, el sudeste de Australia y el cono sur de Sudamérica (Burckhardt, 2009 y 2012; Popov & Shcherbakov, 1991).



Hemiptera Dictyopharidae: *Xenochasma rectirostris*. Foto: Diego Reyes.

Junto a esto existen también una serie de ejemplos de taxones de hemípteros que evidencian relaciones gondwánicas (Faúndez & Rider, 2015); entre los ejemplos más destacados se encuentran *Isodermus gayi* (Spinola), *Gamostolus subantarcticus* (Berg), el ya mencionado *Thestral incognitus* y las especies de Cantacaderini (Tingidae), Acanthosomatidae e Idiostolidae.

En cuanto a conservación, en el caso especial del Archipiélago Juan Fernández es de importancia el cuidado de la vegetación de las islas, la cual es la que sustenta una variada y exclusiva fauna de hemípteros. Respecto de otras regiones del país, las especies de Hemiptera en general presentan una distribución latitudinal relativamente amplia; no obstante lo anterior, la zona central de Chile resulta ser un reservorio de especies únicas y por esto también es de vital importancia asegurar la conservación de los vegetales que les son propios y que sustenta a esa exclusiva diversidad de insectos. Adicionalmente, en los últimos años se han descubierto o redescubierto algunas especies asociadas a bosques del sur y zona austral del país, las que aparentemente se restringen a pequeñas porciones de territorio.

Un aspecto interesante de mencionar es que para la mayoría de las especies chilenas de hemípteros, los estados inmaduros son desconocidos, e incluso para algunas especies solo se conocen fotos o dibujos sin mayor detalle descriptivo (Carvajal, 2014).

En cuanto a historia natural, es interesante destacar que en algunas especies chilenas se han descrito cambios de coloración ontogénicos, los cuales son usados por los insectos para adaptar su camuflaje al cambio estacional de color en las hojas de sus plantas hospederas. Las especies para las que estos cambios de coloración han sido descritos hasta el momento corresponden a *Sinopla perpunctatus* Signoret, *Ditomotarsus hyadesi* Signoret y *Aclredra fraterna* (Stal) (Carvajal & Faúndez, 2015; Faúndez, 2015; Faúndez & Osorio, 2010).

Una fracción importante de los hemípteros presentes en Chile, se han establecido como consecuencia de introducciones accidentales, en especial aquellas especies asociadas a vegetales cultivados, ya sea agrícolas, forestales u ornamentales; en este aspecto han contribuido de manera importante los "pulgonos" (especialmente Aphididae), las "mosquitas blancas" (Aleyrodidae) y representantes de la superfamilia Coccoidea, que agrupa a aquellos insectos conocidos como "escamas" (Asterolecaniidae, Diaspididae), "conchuelas" (Coccidae) y "chanchitos blancos" (Pseudococcidae). En el caso de chinches, los ejemplos más significativos corresponden a *Nezara viridula* (Linneo) y *Loxa deducta* Walker (ambas Pentatomidae), además de *Zelus renardii* (Kolenati) (Reduviidae).

Aún cuando Prado (1995) señala un endemismo a nivel de especies cercano al 92 % para la agrupación de Hemiptera conocida como Heteroptera, se debe hacer notar que posteriores estudios han evidenciado distribuciones geográficas mucho más

amplias, para un conjunto significativo de sus especies. Teniendo en consideración el aporte porcentual de las introducciones, aún así una estimación del endemismo de especies de Hemiptera en Chile podría llegar a una cifra alta, del orden del 60 % e inclusive superarla, ya que el conocimiento de la diversidad específica en muchas familias dista mucho de ser completo; por otra parte, es altamente probable que estudios dirigidos y sistemáticos lleguen a evidenciar la presencia en el país, de especies de algunas familias que aún no han sido registradas para nuestro territorio.

En las áreas limítrofes y como es natural, parte de la fauna de hemípteros es compartida con los países vecinos. En el extremo norte existe una similitud con Perú, tanto en la zona costera como en ambientes precordilleranos, y también con Perú y Bolivia en lo que respecta a ambientes altiplánicos; asimismo se comparten diversas especies de hemípteros con Argentina en el altiplano, a distintas alturas a todo lo largo de la cordillera de los Andes, en áreas de bosques de *Nothofagus* y de estepa patagónica. Es necesario señalar que muchas de las especies que se encuentran en estos ambientes compartidos con Argentina, al menos desde la región de Coquimbo al extremo sur, no se presentan en

- (1) Corresponde a *Dactylopius coccus* Costa, introducida en 1989 a Chile para crianza y obtención del pigmento natural carmín.
 (2) Pequeña familia que incluye especies de Nueva Zelanda y Chile, de acuerdo a Szwebo (2004a y 2004b).
 (3) De acuerdo a Faúndez y Ashworth (en prensa).
 (4) Incluye a *Pseudametapterus argentinus* Berg, de acuerdo a material identificado en la Colección Nacional de Insectos del Museo Nacional de Historia Natural (Santiago, Chile).



Hemiptera Membracidae: *Alchisme rubrocostata*. Foto: Marcelo Guerrero.

Tabla: Detalle de familias, número de géneros y de especies del Orden Hemiptera, con registro en Chile (la denotación de endémica se aplica aquí a especies cuya distribución geográfica está restringida al territorio nacional).

SUPERFAMILIAS o SUBORDEN (en orden sistemático)	GÉNEROS	ESPECIES
Familias (en orden alfabético)		
Psylloidea		
Aphalaridae	5	8 (tres introducidas)
Calophyidae	1	9
Liviidae	3	20 (una introducida)
Psyllidae	10	35 (cuatro introducidas)
Triozidae	5	30 (dos introducidas)
Aleyrodoidea		
Aleyrodidae	12	19 (7 introducidas)
Aphidoidea		
Adelgidae	2	2 (introducidas)
Aphididae	69	155 (121 introducidas)
Phylloxeridae	2	3 (una introducida)
Coccoidea		
Asterolecaniidae	3	4 (dos introducidas)
Cerococcidae	1	1 (introducida)
Coccidae	9	14 (11 introducidas)
Conchaspidae	1	1
Dactylopiidae (1)	1	1 (introducida)
Diaspididae	24	44 (33 introducidas)
Eriococcidae	10	18 (una introducida)
Kerridae	1	1
Lecanodiaspididae	1	1 (introducida)
Margarodidae	1	2 (una introducida)
Monophlebidae	3	4 (dos introducidas)
Ortheziidae	3	3 (dos introducidas)
Pseudococcidae	10	23 (13 introducidas)
Rhizoecidae	3	7 (tres introducidas)
Fulgoroidea		
Achilidae	5	6 (endémicas)
Caliscelidae	2	2 (una endémica, una introducida)
Cixiidae	5	14 (endémicas)
Delphacidae	10	24 (14 endémicas, 10 de ellas de islas Juan Fernández, dos introducidas)
Derbidae	2	2 (una endémicas)
Dictyopharidae	6	8 (7 endémicas)
Flatidae	1	1 (endémica)
Fulgoridae	1	1 (de presencia en Chile dudosa)
Issidae	2	5 (endémicas)
Tropiduchidae	1	3 (endémicas)
Cercopoidea		
Aphrophoridae	2	4 (endémicas)
Cercopidae	2	2 (una endémica)
Cicadoidea		
Cicadidae	5	22 (18 endémicas)

Membracoidea		
Aetalionidae	1	3 (su presencia en Chile es dudosa)
Cicadellidae	73	174 (126 endémicas, 10 introducidas)
Melizoderidae	2	8 (6 endémicas)
Membracidae	8	9 (tres endémicas, para cuatro especies se requiere confirmar su presencia en Chile)
Myerslopiidae (2)	1	3 (endémicas)
Coleorrhyncha		
Peloridiidae	5	8 (endémicas, una compartida con Argentina)
Heteroptera		
Aenictopecheidae	1	1
Enicocephalidae	1	1
Macroveliidae	1	1
Hydrometridae	1	1
Veliidae	1	1 (endémica)
Gerridae	2	3
Leptopodidae	1	1 (introducida)
Saldidae	2	5
Belostomatidae	1	2
Gelastocoridae	2	9 (3)
Corixiidae	2	9
Notonectidae	2	5
Reduviidae (4)	16	25
Thaumastocoridae	1	1 (introducida)
Miridae	46	104 (una introducida)
Tingidae	5	7 (dos endémicas)
Nabidae	1	5 (una endémica)
Anthocoridae	9	15
Cimicidae	3	3 (dos endémicas)
Aradidae	6	6
Idiostolidae	1	2 (una endémica)
Blissidae	1	3
Berytidae	3	3
Cymidae	1	1
Geocoridae	1	3
Lygaeidae	9	15
Rhyparochromidae	9	14
Pyrrhocoridae	1	1 (presencia en Chile a confirmar, introducida)
Piesmatidae	1	1
Coreidae	10	19 (8 endémicas)
Rhopalidae	5	14
Corimelaenidae (= Thyreocoridae)	1	4
Cydnidae	3	3
Acanthosomatidae	14	18 (16 endémicas)
Scutelleridae	1	1
Pentatomidae	17	39 (dos introducidas, 7 endémicas)
Total	498	1.054

otros países por lo que se pueden catalogar también como elementos endémicos y que de considerarse, elevarían aún más el porcentaje de endemismo.

Considerando la información contenida en la literatura de que se dispone a este momento, se encuentran registrados para el territorio nacional a 78 familias, con 496 géneros que agrupan a 1.050 especies de Hemiptera. Un detalle del número de géneros y especies por familia, se presenta en el siguiente Tabla.

ORDEN COLEOPTERA **(Coleópteros, escarabajos, gorgojos, capachos, marineritos, vaquitas del desierto, etc.)**

Mario Elgueta, Jaime Solervicens y Marcelo Guerrero

Coleoptera es actualmente el Orden con mayor riqueza de especies de todos los grupos de organismos que habitan la Tierra y por consiguiente el más diversificado entre los insectos. Comprende aproximadamente unas 360.000 especies descritas, existiendo aún muchas por describir. En Chile también ocupa el primer lugar en cuanto a número de especies. Los coleópteros, junto con los representantes de otros diez Órdenes, conforman una agrupación natural conocida como Holometabola o también como Endopterygota, que reúne las formas más evolucionadas de los insectos y comprende unas 850.000 especies.

El nombre Holometabola significa "cambio completo" y se refiere al tipo de desarrollo conocido como metamorfosis completa. En este tipo de metamorfosis del huevo eclosiona una forma juvenil llamada larva, muy diferente al adulto en cuanto a su morfología y hábitos de vida; la larva después de varias mudas alcanza el estado de pupa, el que presenta una organización cercana al adulto y con posterioridad llega al estado final o adulto. Por la presencia de estas cuatro etapas del desarrollo la metamorfosis se dice completa, para diferenciarla del desarrollo más directo o hemimetábolo, propio de los grupos basales de insectos, en que sólo se presentan tres, el huevo, la ninfa y el imago, donde la ninfa es un estado por lo general muy similar al adulto. La larva es una fase activa y voraz en que el individuo se alimenta y crece pero no avanza en su desarrollo mientras que la pupa es un estado de escasa movilidad, que no se alimenta, en el cual se producen grandes avances ontogenéticos orientados a lograr la forma adulta definitiva.

La denominación de Endopterygota, término que equivale a "desarrollo interno de las alas", hace referencia al hecho de que en las larvas los esbozos alares no son visibles externamente y sólo se observan por primera vez en el estado de pupa. Por el contrario en los insectos hemimetábolos, como las langostas (Orden Orthoptera) y chinches (Orden Hemiptera), las ninfas muestran un desarrollo creciente de esbozos alares externos.

Uno de los rasgos más característicos de la organización de los coleópteros es la transformación del primer par de

alas en estructuras de protección, conocidas como élitros. Éstos son esclerosados, normalmente rígidos y se ajustan a los costados del tórax y abdomen, cubriendo la mayor parte del cuerpo. De esto resulta una diferente conformación corporal constituida por dos regiones funcionales, una formada por cabeza y protórax y otra por pterotórax (segundo y tercer segmento del tórax) más abdomen, enmascarando la normal división del cuerpo de los insectos que es cabeza, tórax y abdomen.

El segundo par de alas de los coleópteros es membranoso y contrariamente a lo que ocurre en otros holometábolos tiene mayor extensión que los élitros, por lo que para guardarse bajo estos debe ser plegado. En estas alas membranosas reside fundamentalmente la capacidad de volar, sin embargo, en la mayoría de las especies los élitros se baten sincrónicamente con las alas de vuelo, aunque con una amplitud menor, contribuyendo en algo al ascenso y la estabilidad; en los Adephaga y algunos Polyphaga (véase listado de taxa más adelante) en cambio, los élitros se mantienen inmóviles durante el vuelo y en estos casos se estima que actúan como estabilizadores.

En ocasiones los élitros se reducen en tamaño dejando parte del abdomen descubierto como ocurre en Staphylinidae, Histeridae y muchos Nitidulidae, en los cuales todavía sirven para guardar las alas de vuelo. Un caso especial lo constituyen algunos Cerambycidae en donde la reducción es tal que imposibilita la cobertura de las alas posteriores, las que en reposo permanecen visibles; en esta situación se encuentran diversas especies chilenas que integran las tribus Necydalini (géneros *Callisphyris*, *Hephaestion*, *Planopus*, *Stenorhopalus*) y Necydalopsini (géneros *Austronecydalopsis*, *Necydalopsis*, *Parepimelitta*); también se da esta conformación en la especie europea introducida *Nathrius brevipennis* (Nathriini).

Por su parte, las alas posteriores también sufren modificaciones reduciéndose en mayor o menor grado, desde una simple disminución de longitud, hasta sólo presentarse vestigios de ellas o incluso hasta su pérdida total. Esta reducción de las alas posteriores, y por ende de la posibilidad de desplazamiento mediante el vuelo, se da espe-

cialmente en coleópteros propios de zonas áridas; en el caso de Chile esto es notorio en representantes de las familias Tenebrionidae y Curculionidae, principalmente en aquellos que se distribuyen en las regiones desérticas del norte, áreas alto andinas y estepa patagónica en el sur del país. Como ejemplos se pueden citar a las conocidas "vaquitas del desierto", especies del género *Gyriosomus* de la familia Tenebrionidae, las que se presentan en gran número en años lluviosos en las regiones de Atacama y Coquimbo, además de las especies de los géneros *Listroderes* y *Cylydrorhinus* en la familia Curculionidae (de zonas áridas en general, incluyendo ambientes andinos y patagónicos) y las especies de *Nyctelia* (Tenebrionidae) en la zona de estepa patagónica.

Los autores de los diversos géneros de insectos que se citan en este aporte se pueden encontrar en Neave (2015) y en algunos otros casos en las referencias incluidas en la bibliografía, las que se entregan al final de este libro; para los géneros de plantas, los autores de los mismos se pueden encontrar en IPNI (2015).

Coleópteros se pueden encontrar prácticamente en todos los ambientes terrestres y acuáticos continentales; para habitar este último medio se han desarrollado formas hidrodinámicas para la natación (Gyrinidae, Dytiscidae, Hydrophilidae), sistemas de anclaje por el alargamiento de tarsos y garras para los que se mueven en el fondo (Elmidae), áreas hidrófobas a base de densas acumulaciones de pelos en que se atrapan capas de aire para la respiración bajo el agua (Elmidae) o el desarrollo de traqueobranquias en la etapa de larva (Gyrinidae). En el ambiente terrestre se observa gran variedad de formas, tamaños y colores que implican adaptaciones a sus muy diversos modos de vida. Hay cuerpos aplanados en especies que viven bajo cortezas (Passandridae, Silvanidae), con cabeza como pala y patas adaptadas para cavar (Scarabaeidae, Geotrupidae, Trogidae), alargados y angostos, anchos, redondeados, convexos, cilíndricos, glabros, pilosos o cubiertos de escamas, de colores negros u oscuros a vivamente coloreados, de tamaños inferiores al milímetro (Ptiliidae) hasta algunos centímetros de largo (Cerambycidae).



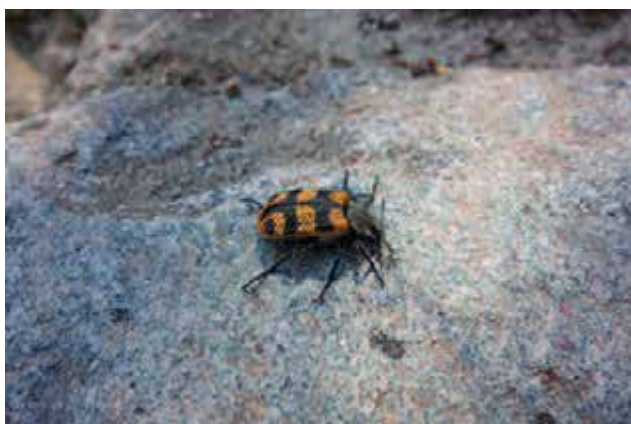
Madre de la culebra (*Acanthinodera cummingi*). Foto: Jorge Herreros.



Gorgojo adulto o burrito (Coleóptero de familia Curculionidae). Foto: Jorge Herreros.

La gran diversidad de los coleópteros se refleja también en el amplio rango de conducta alimenticia que exhibe el grupo, encontrándose especies con desarrollo ligado a hongos, líquenes, hojarasca y restos orgánicos, aparte del alto número que utiliza las más diversas partes de las plantas; la gran mayoría de estas últimas son generalistas, calificadas así por consumir gran variedad de plantas, pero otras manifiestan una relación estricta con determinados vegetales como es el caso de las especies chilenas de *Anthonomus* (familia Curculionidae) con plantas del género *Berberis* (Berberidaceae) y de los representantes de los géneros *Procalus* (Chrysomelidae) y adultos de *Apocnemidophorus* (Curculionidae) respecto del follaje de Anacardiaceae, especialmente de "litre", "molle" y "huingán"; en este último caso, las larvas se desarrollan en ramillas de esos vegetales. Por otra parte, un número significativo de coleópteros tiene actividad depredadora (Gyrinidae, Dytiscidae, Carabidae, Histeridae, Cleridae, Coccinellidae), mientras que otros son carroñeros (Silphidae, Trogidae, Scarabaeidae) o consumen excrementos (Geotrupidae, Scarabaeidae) e inclusive existen algunos que son parásitos (Meloidae, Ripiphoridae). Los Coccinellidae, que incluyen a nuestras conocidas "chinitas", en su mayoría se alimentan exclusivamente de pulgones, escamas y chanchitos blancos (Orden Hemiptera).

En cuanto a su relación con el hombre, numerosas especies pueden ser calificadas como perjudiciales por el daño que hacen a las cosechas agrícolas, plantas de praderas, recursos forestales y productos almacenados, en tanto que otras aportan beneficios por el control de insectos y plantas plaga, eliminación de cadáveres y excrementos. Es importante destacar que a diferencia de otros insectos, los coleópteros tienen poca o ninguna importancia en la transmisión de enfermedades al hombre y otros animales y sólo algunas especies transmiten enfermedades a las plantas. Diversos antecedentes generales sobre este grupo de insectos se pueden encontrar en Bouchard et al. (2009), en tanto información sobre sus aspectos biológicos se encuentra en Crowson (1981).



Pololo común o Juan Carmelo (*Astylus trifasciatus*, Coleóptero). Foto: Jorge Herreros.

En los coleópteros de Chile se presenta un gran número de agrupaciones con distribución en regiones australes del mundo (Austin et al., 2004; Gunter et al., 2013; Häckel et al., 2010; Ruta et al., 2011; Williams 2002); entre estas agrupaciones de especies se puede citar a:

- Subfamilia Migadopinae (familia Carabidae), que reúne a géneros de Australia, Nueva Zelanda, sur de Chile y de Argentina. En esta misma familia, la subtribu Creobiina, con once géneros y 97 especies, tiene la mayoría de sus integrantes en Australia y Nueva Zelanda y sólo tres géneros y seis especies en el sur de Argentina y Chile, en zonas con bosques de *Nothofagus*. Con esta misma distribución se encuentra la subtribu Nothobroschina, que incluye diez géneros y 90 especies presentes prácticamente en su totalidad en Australia y Nueva Zelanda, en cambio en Chile sólo se encuentra *Nothobroschus chilensis* Roig-Juñent y Ball, 1995. Un género con este tipo de distribución es *Plagiotelum* (tribu Ctenodactylini), pues tiene una especie en Australia (*Plagiotelum opalescens* Olliff, 1885) y la otra en zonas boscosas del sur de Chile y de Argentina (*Plagiotelum irinum* Solier, 1849).
- Subfamilia Glypholomatinae (Staphylinidae), con el único género *Glypholoma* cuyas especies habitan zonas de bosque húmedo de Australia y sur de América (Chile y Argentina).
- Subfamilia Lampriminae, de la familia Lucanidae, con géneros en Nueva Zelanda, Nueva Guinea y uno en Argentina y Chile (*Streptocerus*, con sólo una especie propia de bosques de *Nothofagus*).
- Eucinetidae, familia que sólo incluye al género *Noteucinetus* con dos especies en Chile y una en Nueva Zelanda.
- *Sphaerotherax*, género de la familia Clambidae con especies en Australia, Nueva Zelanda y Chile.
- Subfamilia Stenocyphoninae (Scirtidae) con su único género *Stenocyphon*, representado por una especie en el sur de Chile y otra en Nueva Zelanda.



Peorro o cábrabo (*Ceroglossus* sp., Coleóptero). Foto: José Cañas.

- Dos subtribus de la familia Buprestidae tienen representantes en Australia y Chile. Una de ellas es Nascionina, conformada por los géneros *Nascio* y *Nascioides* en Australia y por *Pterobothris* en Chile y Argentina, este último con dos especies que se desarrollan en *Nothofagus*; la otra es Curidina, con *Selagis* en Australia y *Ctenoderus* en Chile. Por otra parte la tribu Epistomentini tiene géneros en Australia (*Cyria*, *Diadoxus* y *Araucariana*), Nueva Caledonia (*Cyrioxus*) y sur de Argentina y Chile (*Epistomentis*, que sólo incluye a *E. pictus* (Gory, 1840), la que se asocia a *Nothofagus*).
 - Subfamilia Larainae (familia Elmidae) con el género *Hydora*, común a Australia, Nueva Zelanda, Argentina y Chile.
 - En la familia Trogossitidae, el género *Rentonium* con una especie en Nueva Zelanda y la otra en Chile; también el género *Necrobiopsis* con una especie en Australia (Tasmania) y la otra en nuestro país.
 - Epiclininae, subfamilia de Cleridae recientemente creada para incluir géneros de Australia, Nueva Caledonia y Chile.
 - Protocucujidae, familia que sólo incluye al género *Ericmodes* con especies en Australia, Chile y Argentina.
 - Priasilphidae, familia que agrupa un género de Chile (*Chileosilpha*), otro de Tasmania (*Priastichus*) y un tercero en Nueva Zelanda (*Priasilpha*).
 - Subfamilia Hymaeinae (familia Phloeostichidae) con dos géneros en Australia y uno de ellos, *Rhopalobrachium*, también representado en Chile y Argentina, en áreas de bosques de fagáceas.
 - *Brontoliota* y *Australohyliota*, géneros de la familia Silvanidae, sólo incluyen especies de Australia y Chile.
 - Familia Hobartiidae, con dos géneros en Australia y uno de ellos, *Hobartius*, con una especie exclusiva de Chile.
 - Familia Cavognathidae con un género y nueve especies distribuidas en Australia, Nueva Zelanda, Brasil, Argentina y Chile; sus representantes se asocian a nidos de aves.
 - Hong, género de la familia Coccinellidae, con una especie en Australia y otras dos en Chile.
 - Familia Zopheridae (subfamilia Zopherinae) con los géneros *Ablabus*, *Norix*, *Notocoxelus* y *Pristoderus*, los cuales están representados en Australia, Nueva Zelanda, Nueva Caledonia, Nueva Guinea y Chile; es decir, se trata de agrupaciones restringidas en su distribución al entorno de la cuenca del Pacífico sur. En esta misma familia, se tiene al género *Pycnomerodes* con especies en Nueva Zelanda y Chile. Estos coleópteros se encuentran asociados a materia vegetal en descomposición, ya sea en árboles muertos pero en pie, troncos o ramas caídas, en los cuales se presentan cuerpos fructíferos de hongos e hifas de los cuales se alimentan.
 - Familia Ulodidae, con varios géneros en Australia, Nueva Caledonia, Nueva Zelanda y dos en el sur de Chile (*Pteroderes* y *Trachyderas*), los que se encuentran asociados a suelo de bosques húmedos.
 - Subfamilia Pilipalpinae (Pyrochroidae), con géneros en Australia, Nueva Zelanda, Madagascar y otros dos en el sur de Argentina y Chile (*Cycloderus* y *Pilipalpus*).
 - *Chileanthicus* Werner, 1966, género de la familia Anthicidae que agrupa especies de Chile y Australia.
 - *Archeophthora*, género de la familia Tenebrionidae que incluye sólo a una especie de Australia (Tasmania) y otra presente en bosques del sur de Chile.
 - Spilopyrinae, subfamilia de Chrysomelidae, cuyos representantes se distribuyen en Australia, Nueva Guinea, Nueva Caledonia, Chile y Argentina.
 - Palophaginae, subfamilia de Megalopodidae, con dos géneros en Australia (una especie cada uno) y otro género en Chile y Argentina; este último incluye sólo a *Palophagoides vargasorum* Kuschel, 1996, especie que en su etapa de larva se asocia exclusivamente a conos masculinos de *Araucaria araucana*, terminando su desarrollo en el suelo.
 - Familia Caridae con dos géneros en Australia y otros dos en el sur de Chile y de Argentina.
 - *Rhopalomerus*, género de Curculionidae con una especie en Chile y Argentina (*Rhopalomerus tenuirostris* Blanchard, 1851) y varias otras de Nueva Zelanda.
- Otro grupo importante de elementos constitutivos de la fauna de nuestro país son aquellos que se relacionan con las regiones tropicales de América; a modo de ejemplo se puede señalar a los siguientes:
- Género *Cnemalobus* (familia Carabidae), con especies de Argentina, Uruguay, Brasil y Chile.
 - Género *Leuronectes* (familia Dytiscidae), con especies en Colombia, Perú, Brasil, Argentina y Chile.
 - Género *Plagiogramma* (familia Histeridae) de distribución Neotropical y Andina con 31 especies, una de ellas en Chile.
 - Género *Athlia* (familia Scarabaeidae), con diez especies de Argentina, Brasil y Chile.
 - Género *Oogenius* (familia Scarabaeidae), con nueve especies de Bolivia, Argentina y Chile.
 - Géneros *Ectinogonia*, *Conognatha* y *Lasionota* (familia Buprestidae), con numerosas especies de las regiones Neotropical y Andina.

- Género *Austrelmis* (familia Elmidae), con 21 especies de Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina y Chile.
 - Géneros *Mastinocerus* y *Mastinomorphus* (familia Phengodidae), con 24 y 15 especies respectivamente de distribución Neotropical y Andina.
 - Género *Cladodes* (Lampyridae), con cerca de 20 especies de América tropical, presente también en Chile.
 - Género *Neoterius* (familia Bostrichidae), con siete especies de América del Sur.
 - Género *Exochonotus* (familia Cleridae), con once especies de Ecuador, Perú, Argentina y Chile.
 - Género *Hylodanacaea* (familia Melyridae), con 35 especies en América del Sur, de las cuales 19 en Chile.
 - Género *Adistemia* (Latridiidae), con doce especies de América Central y Sur.
 - Género *Scotobius* (familia Tenebrionidae) con 61 especies de Perú, sur de Brasil, Argentina y Chile.
 - Género *Eryphus* (Cerambycidae), con representantes distribuidos en Brasil, Uruguay, Paraguay, Argentina y Chile.
 - Género *Temnodachrys* (Chrysomelidae), con unas 70 especies en la Región Neotropical, especialmente en Argentina y Brasil, representado en Chile por una especie.
 - Género *Cylindrorhinus* (Curculionidae), con 87 especies de Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina y Chile, 55 de ellas en nuestro país.
 - Género *Listroderes* (Curculionidae), con 38 especies de Brasil, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay y mayoritariamente Chile y Argentina.
 - Género *Apocnemidophorus* (Curculionidae), representado en Brasil, Paraguay, Uruguay, Argentina y Chile.
- Otro componente importante de la fauna de nuestro país lo constituyen géneros de amplia distribución en el mundo; algunos ejemplos de ello son:
- Familia Carabidae: *Calosoma* (170 especies en regiones Holártica y Neotropical); *Bradycellus* (128 especies en casi todo el mundo); *Notiobia* (90 especies en regiones Australiana, Neotropical, Neártica y Etiópica); *Dromius* (101 especies en todas las regiones excepto la Australiana).
 - Familia Hydrophilidae: *Enochrus* (175 especies).
 - Familia Histeridae: *Hololepta* (cosmopolita, con 106 especies).
 - Familia Staphylinidae: *Sepedophilus*; *Baeocera*; *Anotylus*; *Bledius*; *Thinodromus*; *Medon* (todos ellos con amplia distribución en diferentes regiones del mundo y representados por varias decenas o centenas de especies).
 - Familia Scarabaeidae: *Aphodius* (más de 900 especies) y *Ataenius* (varios cientos de especies).
 - Familia Buprestidae: *Chrysobothris* (708 especies) y *Agrilus* (2877 especies).
 - Familia Dermestidae: *Dermestes* (92 especies); *Trogoderma* (cerca de 130 especies).
 - Familia Ptinidae: *Ptinus*, muy diversificado.
 - Familia Erotylidae: *Loberus* con 75 especies.
 - Familia Nitidulidae: *Carpophilus* con más de 180 especies en zonas tropicales y templadas del mundo.
 - Familia Coccinellidae: *Adalia*, *Psyllobora*, *Hyperaspis* y *Scymnus*.
 - Familia Mordellidae: *Hoshihananomia* (cosmopolita con más de 50 especies); *Mordella* (más de 500 especies).
 - Familia Chrysomelidae: *Longitarsus* (cerca de 500 especies); *Chlamisus* (varios cientos de especies).
 - Familia Curculionidae: *Anthonomus* (muy diversificado); *Sibinia* (254 especies).
- Los grupos de especies exclusivas a Chile o a los bosques de Chile y sur de Argentina también son numerosos; a modo de ejemplo es posible mencionar los casos de:
- Neophoninae, subfamilia de Staphylinidae que incluye sólo al género *Neophonus*, con una especie distribuida en bosques de fagáceas del sur de Chile y de Argentina.
 - Subfamilia Solieriinae (Staphylinidae), también con sólo un género (*Solierius*).
 - *Systolosoma* (Trachypachidae) con dos especies en Chile, una de ellas también en el sur de Argentina en bosques de fagáceas.
 - *Luchoelmis* y *Stethelmis* (Elmidae), géneros propios del sur de Argentina y Chile.
 - Protosphindinae, subfamilia de Sphindidae, con sólo dos especies de *Protosphindus* de la zona centro-sur de Chile.
 - *Microhyliota* y *Australophanus* (Silvanidae), géneros de Chile que incluyen sólo una especie cada uno (*Microhyliota integricollis* (Fairmaire, 1860) y *Australophanus redtenbacheri* (Reitter, 1876)), las que se presentan en el sur del país.
 - *Chileanus* (Endomychidae), que incluye sólo una especie propia de los bosques de *Nothofagus* del centro-sur de Chile.
 - Trachelostenidae, familia conformada sólo por el género chileno *Trachelostenus* y que agrupa a dos especies propias de ambientes húmedos del centro-sur de Chile.

- Copobaeninae, subfamilia de Anthicidae que incluye sólo al género *Copobaenus* con especies en el sur de Chile y de Argentina, distribuidas en ambientes de bosques de fagáceas.
- *Notopisenus* (Tetratomidae) género propio de Chile, con una especie que habita la zona centro-sur y que se asocia a hongos del género *Ganoderma*, en el cual se desarrolla.
- *Notorthocerus* (familia Zopheridae), el cual incluye sólo a la especie chilena *N. valdivianus* Ślipiński & Lawrence, 1999 y que es exclusiva de los bosques del sur.
- *Promecheilus* (familia Promecheilidae, la que además es de distribución austral) que hasta ahora sólo incluye a *P. variegatus*, especie propia de ambientes boscosos del sur de Chile.
- Familia Oxypeltidae (Cerambycidae) con los géneros *Oxypeltus* (una especie) y *Cheloderus* (2 especies) asociados a los bosques de fagáceas del centro sur de Chile y Argentina.

En cuanto a conservación, en este grupo resulta de vital importancia la preservación de los ambientes en que los coleópteros se encuentran; son de especial interés las zonas desérticas y semidesérticas, en las cuales se distribuye un gran número de especies cuyo poder de dispersión es muy limitado. Es de destacar en este aspecto las áreas del extremo norte del país sometidas a precipitaciones invernales ocasionales, tal como la formación de lomas costeras en las cuales se han determinado algunos endemismos, los que podrían aumentar en la medida en que se efectúen muestreos sistemáticos, estacionales e interanuales, en diversos puntos geográficos de las provincias de Arica hasta la de Antofagasta; un área similar de evidente interés, afecta a precipitaciones tanto líquidas como de nieve, resulta ser la sierra Vicuña Mackenna con alturas que alcanzan los 3.000 metros de altitud y en la que muestreos esporádicos evidencian la presencia de especies aún no descritas. También es importante el poder evaluar en la zona norte, conocida como Norte Grande, la importancia de los valles como reservorios de la fauna de coleópteros nativos, pues en ellos se ha registrado un alto número de especies. Por otra parte cabe destacar el escaso y fragmentario conocimiento que se tiene de los coleópteros presentes en la franja andina de la misma zona, tanto de pre cordillera como cordillera, toda vez que para la superficie de la misma el número de especies conocidas es bajo, las cuales en muchos casos corresponden a elementos exclusivos.

En este mismo contexto cabe citar la cordillera de Domeyko, de la cual existe muy poca información respecto de sus coleópteros y, en general, de los insectos que allí se encuentran; aunque no existen mayores antecedentes, se estima que existe continuidad en la distribución de insectos entre este cordón montañoso y la cordillera de los Andes en la región de Atacama; en ambos casos se requiere profundizar

en el conocimiento de su fauna de coleópteros, pues se estima un alto porcentaje de endemismos. También resulta de importancia el mejorar el inventario de los coleópteros altioplánicos y de los contrafuertes andinos, por las razones antes señaladas, desde la provincia de Parinacota a la provincia de Copiapó, toda vez que los registros de especies se concentran en una pocas localidades a lo largo de toda esa extensión. En cuanto a la formación del desierto costero de Taltal, su relevancia debido a la presencia de endemismos de coleópteros es incuestionable.

Más al sur, las dunas costeras e interiores de las regiones de Atacama y Coquimbo soportan una diversidad de especies de gran importancia, tanto por sus endemismos como por la variedad y singularidad de los organismos que alojan. También las planicies costeras y del interior, en las que lluvias esporádicas determinan la ocurrencia del fenómeno conocido como "desierto florido", aportan un significativo número de elementos endémicos. Los ambientes de dunas costeras están hoy día fuertemente amenazados por actividades de turismo, por el desarrollo de infraestructura para esparcimiento en playas, por la misma urbanización o por la ocurrencia de actividades deportivas, especialmente las motorizadas, que también afectan las dunas interiores.

En cuanto a la cordillera de los Andes en la región de Coquimbo, existe un gran desconocimiento de su fauna de coleópteros; por otra parte, en este tramo montañoso de más de 300 km de longitud, la única zona con protección corresponde al Santuario de la Naturaleza Estero Derecho, en la comuna de Paihuano.

La zona central del país, que forma parte de una de los 25 áreas a nivel mundial con prioridad de conservación atendiendo a su diversidad de plantas y vertebrados, requiere también especial atención; adquiere mayor relevancia aún si se considera la riqueza de especies de coleópteros, que es mucho más alta que la de los organismos antes señalados, así como del resto de los invertebrados. La necesidad de acciones de conservación en esta zona es muy urgente por el acentuado y antiguo nivel de intervención humana que experimenta y por lo limitado en cuanto a superficie de las áreas que actualmente se encuentran bajo protección (monumentos naturales, santuarios de la naturaleza, reservas y parques nacionales). La conservación en esta zona no debe limitarse a áreas como las antes señaladas, sino también a remanentes de vegetación nativa que actúan como concentradores y reservorios de fauna; en este sentido son importantes los humedales boscosos o bosques de pantano (Correo-Araneda et al., 2011; Solervicens & Elgueta, 1994), aparte de las franjas de vegetación natural entre cultivos y plantaciones forestales.

También se pueden señalar como zonas con escaso conocimiento de sus coleópteros a: la Cordillera de la Costa desde el

Taxa de Coleoptera en Chile

Agrupación	Nº Géneros	Nº Especies	Notas
ARCHOSTEMATA			
Cupedidae	1	1	
ADEPHAGA			
Gyrinidae	2	4	
Halplidae	1	3	
Dytiscidae	11	35	
Trachypachidae	1	2	
Carabidae	89	366	Incluye Paussinae, Cicindelinae.
POLYPHAGA			
STAPHYLINIFORMIA			
Hydrophiloidea			
Hydrophilidae	15	34	Incluye Hydrochinae, Georyssinae.
Histeridae	15	28	
Staphylinoidea			
Hydraenidae	3	14	
Ptiliidae	6	17	
Leiodidae	29	65	
Silphidae	2	4	
Staphylinidae	231	1.011	Incluye Pselaphinae, Scydmaeninae
SCARABAEIFORMIA			
Scarabaeoidea			
Lucanidae	9	31	
Trogidae	1	10	
Glaresidae	1	1	
Geotrupidae	3	10	
Hybosoridae	3	5	Incluye Ceratocanthinae
Scarabaeidae	63	181	
ELATERIFORMIA			
Scirtoidea			
Eucinetidae	1	2	
Clambidae	2	3	
Scirtidae	6	35	
Dascilloidea			
Dascillidae	2	2	Incluye Karumiinae
Rhipiceridae	1	1	
Buprestoidea			
Buprestidae	26	92	
Byrrhoidea			
Byrrhidae	3	3	
Elmidae	8	18	
Dryopidae	2	2	
Limnichidae	1	1	
Heteroceridae	1	4	
Psephenidae	3	3	
ELATERIFORMIA			
Elateroidea			
Eucnemidae	4	6	

Agrupación	Nº Géneros	Nº Especies	Notas
Throscidae	1	2	
Elateridae	55	143	Incluye Cebrioninae
Phengodidae	4	16	Zaragoza y Pérez 2014 (Incluyen dos especies de Brasil como propias de Chile)
Lampyridae	4	18	
Cantharidae	11	65	
DERODONTIFORMIA			
Derodontoidea			
Derodontidae	1	3	
BOSTRICHIFORMIA			
Bostrichoidea			
Dermostidae	9	35	
Bostrichidae	13	19	
Ptinidae	30	99	Incluye Anobiinae
CUCUJIFORMIA			
Lymexyloidea			
Lymexylidae	1	1	
Cleroida			
Biphylidae	1	3	
Trogossitidae	9	23	Incluye Peltinae
Cleridae	19	61	
Mauroniscidae	2	4	
Melyridae	7	51	
Cucujoidea			
Protocucujidae	1	4	
Sphindidae	1	2	
Erotylidae	10	29	Incluye Languriinae
Monotomidae	2	6	Incluye Rhizophaginae
Hobartiidae	1	1	
Cryptophagidae	13	25	
Priasilphidae	1	1	
Phloeostichidae	1	2	
Silvanidae	8	9	
Cavognathidae	1	2	
Passandridae	1	1	
Laemophloeidae	1	3	
Kateretidae	2	3	
Nitidulidae	16	39	
Cybocephalidae	1	2	
Corylophidae	5	5	
Latridiidae	13	52	
Coccinelloidea			
Teredidae	1	1	
Cerylonidae	1	2	
Murmidiidae	1	1	
Endomychidae	3	5	
Eupsilobiidae	1	3	
Coccinellidae	38	113	no se incluye taxa cuya presencia en Chile es dudosa

Tenebrionoidea			
Mycetophagidae	5	5	
Archeocrypticidae	2	3	
Ciidae	3	11	
Tetratomidae	1	1	
Melandryidae	6	19	
Mordellidae	5	32	
Rhipiphoridae	2	3	
Zopheridae	16	21	Incluye Colydiinae
Ulodidae	2	2	
Promecheilidae	4	11	(=Perimylopidae)
Chalcodryidae	1	1	Estudio en curso apoya inclusión del único género y especie de Chile en Ulodidae
Tenebrionidae	84	516	
Oedemeridae	13	19	
Meloidae	12	33	
Mycteridae	4	9	
Pyrochroidae	2	7	Incluye Pedilinae, Pilipalpinae
Salpingidae	5	9	Incluye Agleninae
Anthicidae	10	29	Incluye Copobaeninae
Aderidae	1	1	
Scraptiidae	3	11	
Tenebrionoidea de posición incierta			
Subfamilia Lagrioidinae	1	2	
Chrysomeloidea			
Oxypeltidae	2	3	
Cerambycidae	84	179	
Megalopodidae	1	1	
Chrysomelidae	69	148	Incluye Bruchinae
Curculionoidea			
Nemonychidae	6	16	
Anthribidae	7	14	
Belidae	4	10	
Attelabidae	1	4	
Caridae	2	2	
Brentidae	9	18	
Curculionidae	147	469	
TOTAL	1.348	4.454	

río Aconcagua al río Maullín, especialmente en lo referente a especies asociadas a suelo; la cordillera de los Andes desde el río Maule al río Laja; las áreas andinas con influencia patagónica entre las que se encuentran, a modo de ejemplo, los sectores aledaños al paso Vergara, laguna del Maule, Los Barros al este de la laguna del Laja, el área denominada Alto Biobío, curso superior del río Puelo, río Palena, Chile Chico, valle Chacabuco, cordillera Baguales, cerro Guido, etc. Asimismo, cabe destacar el escaso conocimiento que se tiene de los coleópteros de bosques subantárticos y ambientes de turbera, en la cordillera de la Costa, cordillera de los Andes y, en general, franja occidental y sur de las regiones de Aisén y Magallanes.

Para ambientes más húmedos, también se tiene el caso de zonas especialmente diversas en cuanto al número de especies de coleópteros que albergan; entre estas sin duda la más importante corresponde a las de bosques de fagáceas de la región centro-sur de Chile, área internacionalmente reconocida como reservorio de una alta diversidad biológica. Muchos de los grupos antes detallados, citados como ejemplos de distribución austral o como casos de endemismo, se distribuyen justamente en esos ambientes.

Con anterioridad se ha puesto en relieve (Elgueta, 2000) la importancia en cuanto a diversidad de coleópteros de la Selva Valdiviana, de la región conocida como Norte Chico, de la zona alto andina entre los 27° y 40° S, como asimismo de las áreas litorales y planicies interiores de las Regiones de Atacama y Coquimbo; de manera adicional y al igual que en el caso de Hemiptera, las Islas Juan Fernández e islas Desventuradas, resultan ser de gran importancia en cuanto a endemismos de Coleoptera.

Como corolario de lo anteriormente señalado y considerando la distribución de los insectos, muchas veces bastante localizada, se observa la urgente necesidad de aumentar la cobertura del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado para poder resguardar esta peculiar fauna.

Previamente se ha señalado la presencia en Chile de 3.730 especies (Elgueta & Arriagada, 1989; Elgueta, 1995) y con posterioridad esa cifra fue aumentada a 3.947 especies (Elgueta, 2000) y más recientemente se indicaba que eran más de 4.200 especies (Elgueta, 2008). Actualmente el número de especies citadas para el país llega a las 4.454, las que se incluyen en 1.348 géneros; en tabla aparte se detalla el número de géneros y especies de las 101 familias representadas en nuestro territorio. Estas cantidades reflejan un incremento relativamente constante a través del tiempo, con algunos periodos en que ha habido un crecimiento mayor; este aumento en el número de especies ha sido especialmente evidente en el caso de la familia Staphylinidae, producto de investigaciones específicas que involucraron la realización de muestreos sistemáticos en el sur de Chile (véase Thayer & Newton, 2005), con la ejecución de posteriores estudios taxonómicos que en muchos casos, ante la ausencia de especialistas chilenos, fueron desarrollados por extranjeros.

La variación experimentada en el conocimiento de los componentes de la familia Staphylinidae sugiere que es muy probable que actividades de investigación en otros grupos de coleópteros, mediante muestreos sistemáticos, anuales y según estación climática, dirigidos especialmente a la obtención de muestras representativas y posterior estudio de las mismas, podrían incrementar de manera fundamental la cantidad de especies de coleópteros conocidas para Chile; lo cierto es que para muchas agrupaciones de especies, el conocimiento que de ellas se dispone en la actualidad es muy deficiente por lo que es altamente probable de que las

cifras indicadas en esta oportunidad, resulten ser todavía muy inferiores a las reales. Al respecto cabe señalar que un estudio reciente de los coleópteros de la Reserva Nacional Río Clarillo (Solervicens, 2014), con muestreos a través de varios años, revela la presencia de 600 especies para esa área protegida, las que pertenecen a 62 familias; entre ellas hay representantes de dos subfamilias sin registro previo para nuestro país, así como varios géneros y numerosas especies nuevas por describir.

La secuencia de familias que se presenta en la tabla resume sigue la clasificación detallada en los capítulos incluidos en Beutel & Leschen (2005), Leschen et al. (2010) y Leschen y Beutel (2014), obras que entregan también información biológica relevante, además de Bouchard et al. (2011) que se circunscribe al aspecto taxonómico. En el caso de la subfamilia Lagriodinae, incluida seguramente por error por Bouchard et al. (2011) en la familia Scaptiidae, las exactas relaciones de parentesco permanecen sin ser resueltas por lo que debe ser considerada como una entidad de posición incierta, ubicándose al final de la superfamilia Tenebrionoidea tal como lo señalan Lawrence et al. (2010a y 2010b). Por otra parte Scydmaenidae se considera como una subfamilia de Staphylinidae, de acuerdo a Grebennikov & Newton (2009); en el caso de Bolboceratidae, considerada como una agrupación de familia por Scholtz & Grebennikov (2005), aquí se incluye como una subfamilia de Geotrupidae, siguiendo a Howden et al. (2007). Respecto de Ceratocanthidae está actualmente incluida (Ocampo & Ballerio 2006) como una subfamilia de Hybosoridae. Por último, respecto de Cybocephalidae se sigue lo establecido por Cline et al. (2014) en el sentido de considerarla una agrupación de nivel familia, separada de Nitidulidae.

En relación a las referencias bibliográficas, en general no se incluyen aquellas citadas en reseñas previas (Elgueta, 1995, 2000 y 2008; Elgueta & Arriagada, 1989), libros (Arias, 2000; Moore & Vidal, 2015; Sáiz et al., 2013; Solervicens, 2014; Vidal & Guerrero, 2007), catálogos o síntesis sobre diversas familias de coleópteros chilenos (Arias & Elgueta, 2012; Diéguez, 2008; Elgueta & Marvaldi, 2006; González, 2015; Jerez & Moroni, 2006) y aquellos aportes que incluyen la representación chilena de diversos grupos taxonómicos (Evans & Smith, 2007; Háva, 2015; Kuschel & Leschen, 2011; Manzo, 2013; Ottoboni et al., 2013; Paulsen, 2010; Shockley et al., 2009a y 2009b; Smith, 2006; Zaragoza & Pérez, 2010; Zahradnik & Háva, 2014).

ORDEN STREPSIPTERA

Mario Elgueta y Vicente Pérez

El Orden Strepsiptera conjuntamente con los Órdenes Coleoptera (escarabajos), Diptera (moscas), Siphonaptera (pulgas), Lepidoptera (mariposas y polillas) e Hymenoptera (abejas, avispas y hormigas), entre varios otros, forma parte de la agrupación conocida como Endopterygota (endo = dentro; pterygos = ala), nombre que hace referencia al hecho de que en los estados inmaduros no hay evidencia externa del desarrollo de alas y éstas sólo comienzan a evidenciarse

externamente en el estado previo al de adulto; en otros insectos en cambio, tales como chinches, grillos y saltamontes, las alas comienzan a evidenciarse externamente en los estados juveniles.

Desde el punto de vista de su origen evolutivo, los estrepsípteros en ocasiones se han asociado con los coleópteros, aunque las relaciones exactas de parentesco con otros grupos de insectos permanecen aún desconocidas; las distintas propuestas para explicar la filogenia y evolución de estos complejos y extraños insectos, tal como lo indican diversos autores (Kathirithamby, 2002; Pohl & Beutel, 2013; Whiting, 2003), pueden agruparse en tres hipótesis filogenéticas: 1) su ubicación como un grupo de Coleoptera, basada en sus similitudes superficiales y biológicas, que los acercaría a ciertos coleópteros; 2) su ubicación como grupo hermano de los Coleoptera, como sugiere el hecho de que vuelen con las alas metatorácicas; 3) su ubicación como grupo hermano de los Diptera, basado en la secuencia de datos de su ADN.

Todos los integrantes del grupo Endopterygota presentan un desarrollo con etapas morfológicamente muy distintas unas de otras: así, del huevo emerge una pequeña larva vermiforme, es decir con forma de gusano, la que es completamente diferente al adulto y que se alimenta vorazmente, creciendo y mudando de piel; este estuche de piel desprendida es lo que se conoce como exuvia. Después de varias ecdisis o mudas, pasa a un estado de movimiento limitado y conocido como pupa, período en el cual no se alimenta y en el que se forman tejidos y órganos nuevos, que concurren a la transformación en imago o adulto.

Se conocen cerca de 600 especies de Strepsiptera, con presencia en todas las regiones del mundo, excepto en las áreas extremadamente frías; se trata de endoparásitos y la diversidad de insectos que son atacados por estrepsípteros es tan amplia que incluye a representantes de más de 30 familias pertenecientes a los órdenes Thysanura (Zygentoma), Blattaria (Blattodea), Mantodea, Orthoptera, Hemiptera, Diptera e Hymenoptera (Cook, 2014).

El Orden Strepsiptera incluye insectos vivíparos, con el aparato bucal reducido en ambos sexos y, en general, de tamaño pequeño; en el caso de los machos alcanzan una longitud de 1 a 7,5 mm y en las hembras desde 1,5 a 39 mm, aunque los mayores valores resultan ser excepcionales (Kathirithamby, 1989, 1998 y 2009; Kathirithamby et al., 2001; Whiting, 2003). De todas formas, el tamaño que puede alcanzar la hembra dependerá del tamaño del hospedador, la calidad de la alimentación y además de la cantidad de individuos que se alojen en el mismo ejemplar parasitado.

Presentan un dimorfismo sexual extremo, los machos adultos son de vida libre, poseen antenas ramificadas, ojos compuestos prominentes y con sus componentes (omatidios) claramente separados entre sí, poseen dos pares de alas,

con las anteriores o mesotorácicas modificadas en forma de halterios o balancines de forma similar a los de los dípteros (aunque en este último caso es el segundo par de alas el que está modificado de esta forma), y las posteriores o metatorácicas grandes y con aspecto de abanico. Las hembras adultas en cambio, tienen el cuerpo parecido al de la larva, pues retienen características del estado de desarrollo juvenil, no poseen alas (son ápteras) y viven exclusivamente como endoparásitos obligados, ya sea en sus etapas anteriores al estado adulto o bien durante toda su vida, siendo esto último la generalidad: se alimentan transcutáneamente de la linfa del mesonero u hospedero; las modificaciones que se llegan a presentar en las hembras pueden llegar a ser tan extremas, que muchas no poseen ojos, ni antenas, ni patas y ni siquiera estructuras externas comúnmente asociadas a su aparato reproductor.

Considerando todo su ciclo de desarrollo, los estrepisípteros permanecen la mayor parte de su vida como endoparásitos en otros insectos; sólo son de vida libre el primer estado larval, los machos adultos y las hembras de algunas especies, que emergen del mesonero para iniciar el proceso de pupación externamente. El primer estadio de larva es la etapa que transcurre en un período de tiempo en que se produce la búsqueda del futuro hospedero, que le proveerá finalmente alimento; este uso del hospedador como fuente de alimentación no le ocasionará la muerte, incluso aunque lleguen a encontrarse varios estrepisípteros en un mismo ejemplar parasitado. En el caso de los machos adultos, su único propósito es el de encontrar y fertilizar a una hembra.

Para la vida como endoparásitos han ido produciéndose modificaciones morfológicas extraordinarias; aparte de las extraordinarias peculiaridades de su ciclo de vida, se puede mencionar la existencia de estructuras adhesivas en patas y palpos maxilares, pero especialmente los cambios experimentados en la forma de pelos y la conformación de agrupaciones de estos, en distintas partes del cuerpo (Beani, 2006; Pohl & Beutel, 2004).

ESTADO DEL CONOCIMIENTO ACTUAL

Es Schwarz (1931) quien cita por primera vez la presencia de estrepisípteros en Chile, en este caso como endoparásito en una especie de abeja silvestre. Más recientemente se reportan hallazgos de hembras como endoparásitos de diversas especies de avispas, de las familias Vespidae y Sphecidae (Hymenoptera), indicándose la zona del abdomen en la que se ubican de preferencia (Pérez, 1964, 1968, 1969 y 1971). Sólo en los últimos 50 años se comienzan a describir las especies chilenas, las primeras dos son descritas por Hofmann (1965) siendo una de ellas sobre hembras encontradas en un ejemplar de *Polistes* (Hymenoptera: Vespidae), recolectado en la Quebrada de Chaca (provincia de Arica), y la segunda sobre la base de varias hembras encontradas en una especie de cicadélido (Hemiptera: Cicadellidae) sin identificar y

que después se identifica (Santa Cruz 1965, como *Deltocephalus*). Desde 1979 en adelante se describen otras especies, en un caso por hembras encontradas en adultos de Vespidae (Tesón & de Remes Lenicov, 1979), otra especie basada exclusivamente en machos (De Santis y Sureda 1993) y las dos más recientes (Straka et al., 2014) sobre ejemplares encontrados en abejas de los géneros *Acamptopoeum* y *Calliopsis* (Hymenoptera: Andrenidae).

Actualmente se encuentran citadas para el territorio nacional sólo seis especies, incluidas en cuatro familias:

Familia Elenchidae (una especie):

Elenchus delicatus De Santis & de Sureda, 1993, cuya descripción está basada en machos. Se distribuye en Chile, en la Provincia de Arica. No tiene hospedero conocido (De Santis & Sureda 1993)

Familia Halictophagidae (una especie)

Halictophagus chilensis Hofmann, 1965, cuya descripción está basada en hembra, considerándose algunos caracteres del macho. Tiene una distribución más amplia en Chile, presente en la isla Robinson Crusoe (sectores de Bahía Cumberland, El Pungal, Puerto Inglés), Provincia de Valparaíso y en la región del Biobío, provincia de Ñuble, comuna de Portezuelo en el fundo Cucha Cox (ubicado en la zona de Confluencia, Comuna de Portezuelo, a orillas del río Itata).

Hospedero: *Amplicephalus glaucus* (Hemiptera: Cicadellidae) [Carcupino et al., 1993; Hofmann, 1965; Kathirithamby, 1992; Santa Cruz, 1965]

Carcupino et al. (1993) y Kathirithamby et al. (1993) estudian el espermatozoide de esta especie.

Familia Stylopidae (dos especies)

Rozenia calliopsidis Straka, Jůzová & Batelka, 2014, cuya descripción está basada en el pupario de hembra y en larvas de primer estado. Se distribuye en Argentina (Salta, Catamarca, Tucumán, Río Negro, Neuquén) y en Chile, en las siguientes localidades: región de Valparaíso, provincia de Petorca (túnel Las Palmas); región Metropolitana, provincia de Chacabuco (Caleu) y Santiago (Apoquindo, Macul).

Hospederos: *Calliopsis* (*Liopoeum*) *trifasciata* (Spinola, 1851), *Calliopsis* (*Liopoeum*) *mendocina* (Jørgensen, 1912) (Hymenoptera: Andrenidae) [Straka et al., 2014]

Rozenia platicephala Straka, Jůzová & Batelka, 2014. Su descripción está basada en pupario de hembra y larvas de primer estadio. Se distribuye en Chile en las siguientes localidades: región de Coquimbo, provincias de Elqui (Las Breas) y Limarí (Samo Alto); región de Valparaíso, provincia de Valparaíso (Quinta Vergara); región Metropolitana, provincia Cordillera (El Manzano); región del Maule, provincia de Linares (Fundo Malcho); región del Biobío, provincias de Biobío (Antuco) y Concepción (Dichato); región de la Araucanía, provincias de Malleco (Victoria) y Cautín (Cunco); región de los Ríos, provincia de Valdivia (Valdivia).

Esta especie fue citada erróneamente para Argentina, puesto que la localidad indicada para Córdoba (Parral, Fundo Malcho) se encuentra en la pre-cordillera de la provincia de Linares, Chile.

Hospedero: *Acamptopoeum submetallicum* (Spinola, 1851) (Hymenoptera: Andrenidae) [Straka et al., 2014]

Familia Xenidae (dos especies)

Pseudoxenos prolificum Tesón & de Remes Lenicov, 1979, cuya descripción está basada en macho, hembra y larva. Se distribuye en Argentina (Salta) y en Chile, en las siguientes localidades: región de Valparaíso, provincia de Los Andes (Guardia Vieja); región Metropolitana, provincias de Santiago (Apoquindo, Las Condes, Macul) y Cordillera (La Obra, El Canelo, El Alfalfal, Río Colorado); región del Maule, provincias de Curicó (Los Queñes, Estero La Jaula) y Talca (El Radal).

Hospedero: *Hypodynerus vespiformis*, *H. labiatus*, *H. coarctatus* y *Monobia cingulata* (Hymenoptera: Vespidae) [Tesón & de Remes Lenicov, 1979]

Xenos boharti Hofmann, 1965. Su descripción está basada en hembra. Se distribuye en Chile, región de Arica y Parinacota, provincia de Arica (Quebrada de Chaca).

Hospedero: *Polistes versicolor* peruvianus (Hymenoptera: Vespidae) [Hofmann, 1965]

DESAFIOS

Sus extraordinarias modificaciones producto de un modo de vida como endoparásitos, dificultan los análisis de parentesco y actualmente se continúan desarrollando investigaciones que intentan resolver sobre la exacta posición de Strepsiptera, entre las restantes agrupaciones de insectos; sólo parece haber consenso en que se trata de un grupo de artrópodos que podría considerarse como grupo hermano de los coleópteros.

ORDEN DIPTERA (MOSCAS, ZANCUDOS, JERJELES, TÁBANOS Y MOSCOS)

Christian González A.

Los insectos, agrupados en los Holometabola, reúnen once órdenes, los cuales representan el 80% de la diversidad de las especies de insectos y más del 50% de la diversidad animal. Los cuatro órdenes más grandes de Holometabola, Coleoptera, Hymenoptera, Lepidoptera y Diptera incluyen la gran mayoría de las especies.

El Orden Diptera, un diversificado orden de Holometábolos, que incluye a moscas, zancudos, jerjeles, tábanos y moscos, es uno de los más ricos en número de especies, representando alrededor del 10-15% de las especies animales conocidas. Se estima en más de 150.000 las especies de Diptera descritas (Evenhuis et al., 2007), las cuales se agrupan en alrededor de 10.000 géneros, los que se

reúnen en al menos 150 familias, 22-32 superfamilias, 8-10 infraórdenes y 2 subórdenes (Yeates & Wiegmann, 2005), además de 3.100 especies fósiles descritas. La monofilia del grupo ha sido bien establecida y ampliamente documentada.

Los dípteros no sólo son diversos en el número de especies sino también en su estructura, los hábitats que ellos explotan, los hábitos de vida y las interacciones con el hombre. Los dípteros han logrado colonizar prácticamente todos los ecosistemas terrestres, incluyendo la Antártica (*Belgica antarctica* Jacobs, Chironomidae), encontrándose en una variedad de ambientes terrestres y dulceacuícolas, ya sea como adultos o estados juveniles.

Los dípteros son considerados como miembros del grupo Mecoptera, el cual también incluye los órdenes Trichoptera (tricópteros), Lepidoptera (mariposas), Siphonaptera (pulgas), Mecoptera (moscas escorpión) y probablemente Strepsiptera (strepsípteros). Mecoptera se subdivide en Amphimesenoptera (Lepidoptera + Trichoptera) y Antliophora (Diptera, Mecoptera, Siphonaptera y probablemente Strepsiptera). Los dípteros han sido asociados tradicionalmente con los órdenes de Antliophora, es decir, estarían relacionados, a partir de algunos caracteres morfológicos, con las moscas escorpión, las pulgas y los strepsípteros, aunque distintas hipótesis se han levantado en este sentido. Recientes estudios apoyan la relación de los dípteros como grupo hermano de los Mecoptera (moscas escorpión), pero todavía faltan trabajos morfológicos y moleculares para dilucidar completamente la posición del Orden. También la evidencia sugiere que Diptera sería el grupo hermano de Strepsiptera (strepsípteros, un extraño grupo de pequeños insectos parásitos) formando el grupo Halteria, el cual a su vez constituiría el grupo hermano de todo el complejo formado por Mecoptera (Whiting, 2006). Es, por consiguiente, uno de los grupos de organismos más rico en número de especies, variación anatómica e innovación ecológica (Yeates & Wiegmann, 2005).

La mayoría de los dípteros se alimentan de néctar y polen, y sus estados inmaduros (larvas) son detritívoros, en ambientes terrestres y acuáticos. Otras especies son herbívoras y parásitas, y causan serios daños a plantas, cultivos y animales. Los dípteros reúnen el mayor número de especies hematófagas que son potencialmente peligrosas, debido a su acción vectorial, que consiste en transmitir, mecánica o biológicamente, diversos patógenos al hombre y animales domésticos. Las especies de hábitos hematófagos presentan receptores bien desarrollados que responden a estímulos emanados de los propios hospederos, y piezas bucales completamente desarrolladas y equipadas con, por ejemplo, aserradas mandíbulas capaces de cortar la piel de la presa (González & Sanhueza, 2003). Los dípteros presentan los estados de huevo, larva, pupa y adulto (imago). Generalmente, la mayor cantidad de nutrientes la ingieren durante la fase



Tabano negro o coliguacho (Oeca lata). Foto: Jorge Herreros.

larval, ya que el adulto está usualmente especializado para reproducción y dispersión. Sin embargo, algunos grupos de Diptera, especialmente aquellos hematófagos, se alimentan vorazmente como imagos, requiriendo suplementos de alimentación, de distintos tipos, para la maduración de los huevos o sus actividades diarias.

Los dípteros presentan un par de sinapomorfias (características derivadas de un carácter compartidas por un grupo de organismos), reducción del segundo par de alas y la transformación de éstas en halterios y el desarrollo de piezas bucales adaptadas para succionar líquidos (Yeates & Wiegmann, 2005), que apoyan su monofilia. Asimismo, las mayores categorías superiores han sido reconocidas también como grupos monofiléticos, tales como Culicomorpha, Bibionomorpha, Brachycera, Eremoneura, Muscomorpha, Cyclorrhapha, Scizophora, Acalytrata y Calyptrata, mientras que Psychodomorpha, Tipulomorpha, Diptera Inferiores (= Nematocera), Orthorrhapha, Aschiza son parafiléticos (Yeates et al., 2007). Los dípteros presentan su cuerpo dividido en tres tagmas o regiones corporales especializadas, cabeza, tórax y abdomen; cada una de ellas con apéndices modificados para distintas funciones o bien exhibiendo caracteres morfológicos distintivos que son de importancia en la sistemática del Orden; particularmente interesante es la morfología de las antenas y las patas, que, en algunos casos, exhiben dimorfismo sexual. Los estados inmaduros de Diptera son variables respecto de su morfología externa; presentan, como carácter más distintivo, la ausencia de patas torácicas, aunque este rasgo también puede

presentarse en otros órdenes de insectos. La gran mayoría de las larvas de dípteros ocupan ambientes acuáticos (Tipulidae, Blephariceridae, Culicidae, Chaoboridae, Chironomidae, Simuliidae), semiacuáticos o en sedimentos (Ceratopogonidae, Psychodidae, Tabanidae), terrestres (Tabanidae, Bibionidae, Anisopodidae, Xylophagidae, Asilidae), en tejidos vegetales (Cecidomyiidae, Chloropidae, Tephritidae), en materia orgánica en descomposición (Sphaeroceridae, Muscidae, Sarcophagidae) o bien son endoparásitas (Acroceridae, Pipunculidae, Tachinidae, Oestridae) en distintos grupos. Los dípteros se distribuyen en todos los continentes, presentando una alta abundancia, especialmente en zonas donde otros grupos de Insecta se hacen escasos, como en los ecosistemas andinos (Arroyo et al., 1983). La miofilia (polinización por moscas) cumple un significativo rol en la polinización de conocidos cultivos, incluyendo manzanas, cacao, zanahorias, yuca, coliflor, mango, mostaza, cebolla, fresas y el té. Los Diptera se encuentran entre los más antiguos polinizadores de las plantas con flores, visitándolas principalmente para procurar néctar y polen, los cuales son altamente nutritivos (Woodcock et al., 2014).

Los dípteros de Chile y particularmente aquellos del centro sur del país, presentan un importante valor biogeográfico, esto es, presentar estrechas relaciones con la entomofauna de la Región Australiana, gracias a la conexión que existió, a través de la Península Antártica, hasta el Oligoceno (30 – 28 millones de años atrás), cuando el Paso de Drake se abrió entre ambos continentes (San Martín & Ronquist, 2004).

Los dípteros y en general la entomofauna de insectos del país presenta, además, otras características particulares que le entregan un valor científico incalculable. Entre éstas podemos señalar: alto grado de endemismo, escaso nivel de diversificación a nivel genérico y su primitividad, rasgos tempranos en la evolución de un taxón (Solervicens 1995). Por estas especiales características mencionadas, la entomofauna chilena es particularmente sensible a la transformación del paisaje, como, por ejemplo, la destrucción o contaminación de ecosistemas lacustres y terrestres, la deforestación o el reemplazo de la flora nativa por especies más rentables introducidas comercialmente.

En este capítulo, se entrega, la información disponible sobre la dipterofauna presente en Chile enfocada desde distintas vertientes del conocimiento, pero centrada en lo relativo a la biodiversidad del grupo y sus particularidades.

Taxonomía de los dípteros en Chile: una mirada al pasado

Reconocidos naturalistas europeos, como C. Linneaus, J. C. Fabricius, J.B. Robineau-Desvoidy y el gran dipterólogo alemán J. W. Meigen, describen los primeros dípteros citados para el país; algunos de ellos son especies cosmopolitas, que, producto del comercio, llegaron y se establecieron en Chile. Pero los primeros dípteros colectados en el país, producto de las expediciones que recorrieron el continente en el siglo XIX, son descritos en 1828 por C. R. W. Wiedemann, un médico alemán discípulo de J. W. Meigen, quien estudió material colectado por J. F. von Eschscholtz en la zona de Concepción depositado en museos alemanes. Unos años después, en 1837, el inglés F. Walker describe dípteros colectados preferentemente en la zona del estrecho de Magallanes por la expedición del capitán P. P. King. Un año después, en 1838, P. J. M. Macquart, un gran dipterólogo francés, describe varias especies de dípteros chilenos colectados por C. Gay, en sus primeras exploraciones en la zona de San Fernando. En 1852, debe mencionarse el trabajo de C. E. Blanchard, quien, a partir de material colectado por Gay en Chile y depositado en el Museo de París, publicó en el volumen 7 de la obra Historia física y política de Chile. En el capítulo de dípteros se mencionan 208 especies, aunque el autor omitió las especies descritas por los entomólogos extranjeros colectadas en el país por expediciones europeas. Sin embargo, el trabajo que marca un hito en la dipterología nacional corresponde al de R. A. Philippi, quien en 1865 publicó el *Aufzählung der chilenischen Dipteren*, en Viena, utilizando material colectado principalmente en el área de Santiago y Valdivia. En este trabajo, Philippi describió 30 géneros y 431 especies, muchas de las cuales son válidas y reconocidas hasta hoy en 13 familias (por ejemplo *Podonomus* en Chironomidae, *Sterphus* en Syrphidae, *Ceratomerus* en Empididae). Edwyn C. Reed publicó en 1888, en los Anales de la Universidad de Chile, el primer "Catálogo de los Insectos Dípteros de Chile", en donde mencionó 718 especies y que corresponden a más de tres veces las mencionadas por Blanchard 36 años antes. Debe consignarse en este breve relato el aporte de F. W. Edwards

y R. C. Shannon. A partir de 1926, ambos investigadores recorrieron la Patagonia argentina y el sur de Chile colectando especímenes y, a partir de este material, publicaron, en una serie de partes y fascículos, en donde colaboraron destacados dipterólogos de la época, como J. R. Malloch, O. Kröber y M. C. Van Duzee, la obra "Diptera of Patagonia and South Chile", con material depositado en el Museo Británico de Historia Natural y publicado bajo su sello.

Desde esa fecha, y considerándolo como un primer período en el desarrollo de las investigaciones, son especialistas nacionales como Carlos E. Porter, Alberto Fraga y Carlos Silva quienes abordan el estudio de familias como Phoridae, Asilidae (moscas predatoras), Syrphidae (moscas de las flores) y Tabanidae (tábanos), describiendo especies o aportando antecedentes distribucionales. También, en este período inicial, Carlos Stuardo, en 1946, publica el segundo "Catálogo de los Dípteros de Chile", citando para el país 2.143 especies agrupadas en 595 géneros y distribuidos en 68 familias, prácticamente el triple de las especies mencionadas por Reed 58 años antes. Puede caracterizarse entonces esta época como floreciente en el estudio de la dipterofauna debido a que, claramente, sentó las bases de posteriores estudios en el ámbito taxonómico. En un segundo período de estudios del Orden, aparece el trabajo de Raúl Cortés, renombrado especialista en Tachinidae (moscas parásitas) y considerado como el padre de la entomología moderna en el país, quien describe numerosos taxa de Chile y Argentina; también importante y destacado es el aporte de Jorge N. Artigas en Asilidae, Apioceridae y Mydidae, Daniel Frías en Tephritidae y Uliidae (moscas de la fruta), Danko Brncic en Drosophilidae y C. R. González en Culicidae (zancudos), Tabanidae (tábanos) y Tachinidae (moscas parasitoides).

Entre 1966 y 1984 se publica, en 102 fascículos, el "A Catalogue of the Diptera of the Americas South of the United States" editado por P. E. Vanzolini y N. Papavero. En él citan para Chile casi 3.000 especies agrupadas en 752 géneros y 86 familias, es decir, algo más de 400 especies de las incluidas en el catálogo de Stuardo (1946). Es muy probable que este número sea inferior al real y pueda verse aumentado, al existir fascículos, para algunas familias (por ejemplo Chironomidae, Sciaridae, Therevidae, Acroceridae, Phoridae), no publicados, además de la ya señalada ausencia de estudios taxonómicos en el Orden (González, 1995).

El estudio taxonómico de las distintas familias de Diptera en el país es exiguo y está centrado en un reducido grupo de taxa, particularmente focalizados en Brachycera, por lo que gran parte de los Diptera Inferiores (=Nematocera) se mantienen sin ser tratados (González, 1995). También debe considerarse que una buena parte de nuestra dipterofauna ha sido estudiada por especialistas extranjeros. Dentro de los aportes más destacados pueden mencionarse los numerosos trabajos en Tipulidae (zancudos patones) de C. P. Alexander, en Simuliidae (jerjeles) de P. Wygodzinsky y S. Coscarón, quien también tiene aportes en Tabanidae

(tábanos) y Athericidae (viuditas), en Asilidae (moscas predadoras) de N. Papavero (en colaboración con J.N. Artigas), en Bombyliidae de J. C. Hall, en Pipunculidae de J. A. Rafael, en Ulidiidae de G. C. Steyskal, en Sarcophagidae de H. S. Lopes, en Hippoboscidae de J. Bequaert, en Sphaeroceridae y otros grupos de Acalyptratae de S. A. Marshall.

De las 86 familias citadas para el país (Vanzolini & Papavero, 1966), sólo catorce han tenido algún grado de avance en su conocimiento, quedando prácticamente el 84 por ciento de ellas sin estudio. Esto a pesar de las especiales características de nuestra dipterofauna que permite, en áreas históricamente bien muestreadas, encontrar nuevos taxa de rango superior para la ciencia, como lo demuestra la nueva familia de dípteros descrita a partir de material colectado en el Parque Nacional La Campana (Yeates et al., 2003).

Diversidad taxonómica

Según Evenhuis et al. (2007) la diversidad de los dípteros en la Región Neotropical alcanza a 31.000 especies, una cifra que seguramente es muy inferior a la real magnitud de la biodiversidad del grupo, dada la amplia diversidad del Orden y de los ecosistemas presentes en la región; una situación que también se aplica a nuestro país y que tiene como causa además de las anteriores, la ausencia de taxónomos especialistas en dípteros (González, 1995).

En Chile, según el último catálogo publicado, se conocen alrededor de 3.000 especies (González, 1995) (tabla 21). Debe agregarse a estos factores de estancamiento del conocimiento de la dipterofauna el hecho de que muchas regiones del país (extremo norte, Región de Atacama, cordillera costera de Concepción al sur, por ejemplo) se encuentran escasamente o nulamente colectadas y, dadas las especiales características de los ecosistemas que allí se encuentran, bien pudieran albergar una importante entomofauna e interesantes taxa de dípteros nuevos para la ciencia.

Dentro de los escasos y disgregados antecedentes taxonómicos que se conocen para algunas familias, podemos mencionar que distintos taxa de dípteros presentan un alto número de especies endémicas de Chile (tabla 22) (González, 1995), registrándose más de un 32% de endemismos a nivel genérico y más de un 52% a nivel específico. En los ecosistemas de la cordillera de la Costa, especialmente en zonas de las cordilleras de Nahuelbuta, Pelada y Piuchué, las cuales habrían actuado como posibles refugios de la vegetación, y también de la entomofauna asociada a estos recursos durante el período glacial, en el caso particular de la dipterofauna. Un patrón similar ha sido documentado para otros grupos de Insecta, como los coleópteros (Ashworth & Hoganson, 1987).

Otras especies de dípteros abarcan en su distribución la cordillera de la Costa, la depresión intermedia y la cordillera de

Tabla 21. Principales agrupaciones de Diptera, su representación genérica y específica y número de especialistas en el país, según catálogo de Vanzolini & Papavero (1966).

Suborden	Infraorden	N° Familias	N° Especies conocidas en el mundo	N° Géneros citados para Chile	N° Especies citadas para Chile	N° Taxónomos chilenos en la Familia
Diptera Inferiores (=Nematocera)	Ptychopteromorpha	2	112	2	2	0
	Culicomorpha	8	18.778	7	59 (sin información disponible para Chironomidae)	1 (Culicidae)
	Blephariceromorpha	3	343	5	9	0
	Bibionomorpha	13	14.298	68	263	0
	Tipulomorpha	5	15.380	56	630	0
	Psychodomorpha	6	3.391	16	41	0
Brachycera	Xylophagomorpha	1	136	4	16	0
	Tabanomorpha	6	5.268	21	151	1 (Tabanidae, Pelecorhynchidae)
	Stratiomyomorpha	3	2.820	22	30	0
	Vermileonomorpha	1	59	0	0	0
	Muscomorpha	113	91.659	551	1.795	7 (Apioceridae, Mydidae, Asilidae, Nemestrinidae, Ulidiidae, Tephritidae, Drosophilidae, Calliphoridae, Tachinidae)
Total		161	152.244	752	2.996	9

Tabla 22. Riqueza taxonómica del Orden Diptera en Chile en base a los datos de Vanzolini & Papavero (1966)

	Diptera Inferiores (=Nematocera)	Brachycera Inferiores	Empidoidea + Cyclorrhapha inferiores + Muscomorpha Acalypterae	Calypterae	Total
Total Géneros	154	197	186	215	752
Total Especies	1.004	884	606	502	2.996
Géneros Endémicos	31	110	25	76	242
Especies Endémicas	605	558	216	206	1.585

Los Andes. González & Coscarón (2005) mencionan para la zona costera desde los 35 grados sur, una riqueza estimada en 395 especies agrupadas en 190 géneros y 43 familias; de este número de especies, 231 están exclusivamente distribuidas en el área costera y prácticamente el 50 por ciento de las familias conocidas de Chile se distribuyen en los ecosistemas representados en el rango costero. En estos hábitat las familias dominantes y más diversificadas son Tipulidae (zancudos patones) y Mycetophilidae (moscas de los hongos) debido a que los requerimientos de sus estados inmaduros se cumplen idealmente en estos hábitat, ya que la mayoría de estas especies incluye formas fitófagas, saprófagas o micófagas. Es reconocida en esta zona la presencia de especies que se distribuyen exclusivamente en la cordillera de la Costa, como es el caso, por ejemplo, de *Sciogriphoneura nigriventris* Malloch (Dryomyzidae), *Teratoptera chilensis* Malloch y *T. latipennis* Malloch (Teratomyzidae). Es también destacable el aporte y estudio de la zona de la alta montaña del valle del Elqui y en especial en los ecosistemas de humedales andinos (Cepeda et al., 2006), respecto de la diversidad y abundancia de dípteros en una zona que, hasta ese estudio, presentaba un reducido conocimiento (Cepeda et al., 2015). En este trabajo se capturaron más de 44 mil individuos agrupados en 27 familias colectadas con trampas Barber y Malaise. Destaca en este estudio, en los distintos humedales muestreados, la dominancia de Muscidae (moscas), Sphaeroceridae, Heleomyzidae, Empididae y Chironomidae. Se detectaron también ocho familias raras, con escasa abundancia o sólo representadas en una vega o en un mes de muestreo (Bibionidae, Tipulidae, Psychodidae, Culicidae (zancudos), Mycetophilidae, Dolichopodidae, Agromyzidae (moscas minadoras) y Calliphoridae (moscos); otras familias presentan abundancias intermedias y bien pudieran, dada la alta perturbación antrópica o la desaparición de estos ecosistemas, al corto plazo considerarse como raras o únicas en estos ecosistemas.

Dípteros, una mirada a la biodiversidad

La dipterofauna distribuida en la subregión Subantártica de Chile, en el sentido de Morrone (2015), presenta adicionalmente a su valor intrínseco una interesante y marcada relación biogeográfica con la Región Australiana (Crisci et al., 1991), por sobre otras regiones. En este sentido, podemos mencionar, a modo de ejemplo, géneros de dípteros que

presentan una distribución disyunta entre Sudamérica y la Región Australiana (Colles & McAlpine, 1991), lo cual los hace particularmente interesantes (tabla 23).

1. Dípteros inferiores (Nematocera)

Este grupo reúne más de 52.000 especies agrupadas en unas 40 familias de distribución mundial y se incluyen en él a los conocidos jerjeles y zancudos. La gran mayoría de sus especies tiene larvas y pupas de hábitos acuáticos o semiacuáticos, excepto los Bibionidae que presentan formas terrestres. Los hábitats acuáticos incluyen un amplio rango de ambientes lóticos y lénticos. La gran diversidad taxonómica y ecológica de este grupo está reflejada por el amplio rango de ambientes que ellos ocupan. Algunos son fitófagos (Cecidomyiidae), o descomponedores de plantas u hongos (Mycetophilidae, Sciaridae) y otros de fina materia orgánica en descomposición (Chironomidae). Dentro de las particularidades de nuestra dipterofauna podemos mencionar a *Symbiocladius* sp. (Chironomidae: Orthoclaadiinae), un parásito de las ninfas de Ephemeroptera que se alimenta de su hemolinfa, y la subfamilia Chilenomyiinae (Chironomidae), endémica de la parte austral del país, representada por el taxón *Chilenomyia paradoxa* Brundin. En los Blephariceridae la subfamilia Edwardsininae con su género *Edwardsina* Alexander restringido al sur de Chile y Australia. La familia Perissommatidae, con cinco especies conocidas, cuatro de Australia y una endémica de Chile, *Perissomma congrua* Colles. Distintos taxa de las familias Diadocidiidae (*Freemanomyia elongata*), Rangomaramidae (*Ohakunea chilensis* Freeman), Psychodidae (*Trichomyia kenricki*), Stratiomyidae subfamilia Parhadrestiinae (*Parhadresia curico* y *P. atava*) presentan especies endémicas del país.

2. Brachycera

2.1 Brachycera inferiores.

Se incluyen dentro de este grupo unas 24.000 especies reunidas en 20 familias y tres infraordenes (Stratiomyomorpha, Tabanomorpha y Xylophagomorpha). Los adultos incluidos dentro de este grupo son hematófagos, predadores o visitantes florales, mientras que las larvas son predadoras y parasitoides de arañas y otros grupos de insectos. Dentro de las particularidades de este grupo en Chile podemos mencionar a la familia Mydidae. De las 14 especies conocidas del



Mosca nativa (Lochmorhynchus sp., Familia Asilidae). Foto: Jorge Herreros



Abeja nativa (Megachile sp.). Foto: Jorge Herreros

país, 12 de ellas son endémicas, las cuales se distribuyen entre la zona de Mejillones y Valdivia. En Tabanidae (tábanos), varios taxa de rango superior (géneros y subgéneros como *Mycteromyia* Philippi, *Promycteromyia* Coscarón & Philip, *Palassomyia* Fairchild, *Nubiloides* Coscarón & Philip, *Scaptioides* Enderlein) tienen especies endémicas a lo largo del país y de las 151 especies citadas, 58 son endémicas. En los Pelecorhynchidae, las nueve especies de *Pelecorhynchus* Macquart citadas para el país son endémicas. En Athericidae (viuditas), el género *Dasyomma* Macquart, con 20 especies conocidas de la Región Neotropical, 11 de ellas son propias de Chile. Nemestrinidae (*Trichophthalma* Westwood, compartido con Australia), Evocoidae, familia propia de Chile (*Evocoa chilensis* Yeates, Irwin & Weigmann). Para Asilidae (moscas predadoras), un alto número de las especies conocidas (prácticamente el 90 por ciento) son endémicas, como más de la mitad de los géneros de este taxón. En Apioceridae, las nueve especies conocidas de Chile son endémicas, y, en Bombyliidae, también se registra un alto nivel de endemismos. Dentro de Acroceridae, los géneros *Sphaerops* Philippi y *Arrhynchus* Philippi y las tres especies incluidas en ellos son endémicas. En Rhagionidae se encuentra el particular género godwánico *Atherimorpha* White, compartido entre Australia, África y el sur de Sud América, con cuatro especies endémicas de Chile.



Abeja nativa silvestre "verde esmeralda" (Corynura sp.). Foto: Jorge Herreros



Mosca nativa (Bombyliidae: Villa sp.). Foto: Jorge Herreros

2.2. Empidoidea

Agrupación que reúne más de 13.000 especies agrupadas en 8 familias, siendo las más diversificadas Therevidae (1.125), Dolichopodidae (7.118), Empididae (2.935) e Hybotidae (1.882). Dentro de este taxón se incluyen moscas predadoras tanto en el estado adulto como en el larval. Dentro de la dipterofauna representada en el país podemos mencionar a la familia Atelestidae (con el género *Acarteroptera* Collin, con dos especies exclusivamente chilenas).

2.3. Cyclorrhapha inferiores

Se incluyen dentro de este grupo cerca de 12.000 especies, en siete familias, siendo las más diversificadas a nivel específico: Phoridae (4.022), Pipunculidae (1.381) y Syrphidae (5.935). Dentro de Syrphidae, podemos mencionar a *Dolichogyna chilensis* (Walker) como característico del país y, dentro de Phoridae, *Archiphora patagonica* (Schmitz), frecuente en el extremo sur del país.

2.4. Muscomorpha Acalyptatae

Este grupo sufrió una radiación explosiva en cerca de 80 familias, aunque la historia evolutiva del grupo no es clara. Más del 50% de las especies de Acalyptatae se encuentran en tan solo seis grandes familias: Agromyzidae (3.013), Chloropidae (2.863), Drosophilidae (3.925), Ephydriidae

(1.977), Lauxaniidae (1.893) y Tephritidae (4.621). Dentro de los Sciomyzidae, predadores y parasitoides de caracoles acuáticos y terrestres, encontramos a *Ditaeniella patagonensis* del sur de Chile; en los Heleomyzidae, se encuentra el género *Cephodapedon* Malloch con dos especies endémicas. De los cuatro géneros del Nuevo Mundo de Pseudopomyzidae, uno de ellos, *Heloclusia* Malloch, con sus cinco especies, solo se encuentran en Chile. La familia Canacidae, con su género cosmopolita *Nocticanace* Malloch, está representado en el país por una especie, *N. chilensis* (Cresson). En Sphaeroceridae (moscas del estiércol), de las 18 especies citadas para el Archipiélago Juan Fernández (principalmente del grupo venosa del género *Phthitia Enderlein*), 10 son endémicas. Falta aún mucho trabajo taxonómico en este gran grupo de moscas para esclarecer adecuadamente sus relaciones y taxonomía; por ejemplo, dos géneros endémicos de Chile, *Schizostomyia* y *Mallochianomyia* se mantienen sin ser asignados a una familia en particular.

2.5. Calyptratae

Los representantes de este grupo de moscas son excelentes voladores y, por lo general, de mayor tamaño que los Acalyptratae. Se incluyen unas 22.000 especies, que se agrupan en 13 familias dentro de las cuales destacan Muscidae (5.153) y Tachinidae (9.629). Un gran número de especies se reproducen en plantas vivas o en descomposición, así como también en hongos. La biología de las especies de Muscidae es particularmente variada e incluye el estiércol de vertebrados y la carroña. Dentro de Muscidae destacan, como taxa endémicos, *Arthurella nudiseta* Albuquerque, *Dalcyella veniseta* (Dodge), *Brachygasterina fulvohumeralis* (Malloch), *Palpipracrus separatus* (Malloch), *P. confusus* (Malloch) y *P. chilensis* (Bigot), entre otros. En Tachinidae (moscas parásitas), alrededor del 20 por ciento de los taxa específicos (un poco menos de 50 especies) son endémicos y, al tratarse de una familia de especies parasitoides, se desprende que, también ataca fauna propia del país; dentro de estos destacan *Edwynia robusta* (Aldrich), varias especies de *Cylindromyia* Meigen, parasitoides de Hemiptera, *Ectophasiopsis arcuata* (Bigot) y las especies de *Dasyuromyia* Bigot.

Dentro de nuestra diptero fauna, existen especies particulares que han llamado la atención por su morfología, colores o comportamiento. La extraña modificación de la morfología torácica que presenta el acrocérido *Megalybus crassus* Philippi es digna de atención. Destacan también por su gran tamaño, casi 3 centímetros, corporal y coloración, el asílido *Obelophorus landbecki* (Philippi) y el sífido *Flukea vockerothi* Etchevery. En la zona central podemos observar el vuelo sostenido, sobre un punto, del nemestrínido *Hirmoneura brevisstrata* Bigot, que, con su coloración negra y abdomen bandado crema, resulta muy llamativo; también podemos mencionar al bombílido *Hyperalonia morio* (Fabricius) que destaca por su cabeza anaranjada y manchas alares negras. Las distintas especies de *Lasia* Wiedemann con sus colores metálicos se observan revolotear sobre

las flores. En el centro-sur encontramos a *Oscia lata* (Guérin-Ménéville) (colihuacho), un tábano que, con llamativa coloración naranja y negra, perturba a los visitantes de la zona lacustre con sus zumbidos y extraordinaria abundancia en la época estival tratando de picar y obtener las hembras sangre para desarrollar su oogénesis. En el extremo sur del país, en la zona de Magallanes, el taquinido (mosca parásita) *Pelycops darwini* Aldrich asombra con su coloración cobriza y rápido vuelo.

Tabla 23. Ejemplos de géneros con distribución disyunta entre la subregión Subantártica de Chile y la Región Australiana.

Familia	Género	N° Especies Chile	N° Especies Región Australiana
Limoniidae	<i>Molophilus</i>	26	356
Blephariceridae	<i>Edwardsina</i>	8	22
Pelecorynchidae	<i>Pelecorynchus</i>	9	34
Tabanidae	<i>Scaptia</i>	19	70
Tabanidae	<i>Dasybasis</i>	33	50
Nemestrinidae	<i>Trichophthalma</i>	17	44
Perissomatidae	<i>Perissomma</i>	1	4
Rhagionidae	<i>Atherimorpha</i>	4	20
Athericidae	<i>Dasyomma</i>	11	11
Rangomaramidae	<i>Ohakunea</i>	1	2
Tipulidae	<i>Tonnoiromyia</i>	1	2

EVALUACIÓN DEL CONOCIMIENTO

El avance taxonómico en el conocimiento del Orden es escaso y el número de taxónomos muy por debajo de lo necesario, si lo comparamos con la diversidad estimada del Orden en el país.

Ahora bien, si en el grupo los estudios taxonómicos son escasos, la situación empeora al considerar, por ejemplo, estudios geográficos, ecológicos o biogeográficos. Prácticamente nada se ha hecho en estas disciplinas con la diptero fauna presente en el país, una tarea pendiente para la comunidad entomológica nacional. Sin embargo, se pueden mencionar algunos aportes para conocer la biología de ciertos grupos, como es el caso de Nemestrinidae, con los trabajos de C. Stuardo en especies del género *Hirmoneura* Meigen, donde se entregan antecedentes de flores visitadas o especies de Orthoptera parasitados; o bien los estudios de comportamiento en el parasitoides *Incamiya chilensis* Aldrich, en Tachinidae. También son destacados los avances en el conocimiento de los estados inmaduros de Tabanidae y Tephritidae, en donde se describen y caracterizan especialmente las larvas de distintas especies de los géneros *Protodasyapha* Enderlein, *Scaptia* Walker y *Dasybasis* Macquart en Tabanidae y *Rhagoletis* Loew en Tephritidae.

Existe cierto grado de avance en el conocimiento del Orden, respecto de algunas especies de dípteros que presentan importancia cuarentenaria, para las exporta-

ciones del país y también en el ámbito de la salud pública. Destacan en este sentido los estudios realizados con las denominadas moscas de la fruta y, en particular, con *Ceratitis capitata* Wiedemann (Tephritidae); y con *Lucilia sericata* (Meigen) (Calliphoridae) (moscos), estudiadas con fines terapéuticos en el tratamiento de heridas en pacientes con dificultades en su cicatrización. Otro aspecto que ha sido considerado en los estudios del Orden es lo relativo a su genética, particularmente con especies de Tephritidae.

ORDEN SIPHONAPTERA (PULGAS)

Las pulgas son insectos holometábolos ectoparásitos de mamíferos y aves, que presentan el cuerpo comprimido latero-lateralmente, adaptado para desplazarse entre los pelos y plumas del hospedador, además de fuertes uñas y cerdas para no desprenderse de éste. El ciclo de vida comprende 3 fases de vida libre (huevo, larva y pupa) y 1 parásita (adulto). Las fases de vida libre se encuentran generalmente asociadas al nido, madriguera o cama del hospedero, donde la larva encuentra alimento (partículas de materia orgánica y heces de adultos) y refugio necesario para su desarrollo; el adulto, en cambio, se alimenta exclusivamente de sangre.

A nivel mundial, el interés por el estudio de las pulgas surgió debido a que estas pueden actuar como vectores de importantes agentes patógenos como virus, bacterias, protozoos, cestodos y nemátodos. Entre las enfermedades más importantes transmitidas al humano se encuentran la plaga o peste negra (*Yersinia pestis*) y el tifus murino (*Rickettsia typhi*). En Chile, las bacterias causantes de estas enfermedades han sido detectadas en *Xenopsylla cheopis*, pulga presente en roedores peri-domésticos (*Rattus spp.* y *Mus musculus*), aunque en la actualidad no presentan registros en nuestro país. Sin embargo, otras bacterias han sido detectadas en pulgas asociadas a animales domésticos y al hombre como *Rickettsia felis*, *Bartonella henselae* y *Bartonella clarridgeiae* en *Ctenocephalides felis* (pulga del gato) y *Bartonella rochalimae* en *Pulex irritans* (pulga del hombre). Otro patógeno importante transmitido por la pulga del perro (*Ctenocephalides canis*), la pulga del gato y ocasionalmente la pulga del hombre, es el cestodo *Dipylidium caninum*, parásito que en estado adulto se encuentra en perros y gatos (hospedadores definitivos) y puede ser adquirido por el hombre por el consumo accidental de pulgas infectadas. Pese a que existe conocimiento sobre algunos patógenos transmitidos por pulgas, estos se han buscado exclusivamente en especies domésticas, lo que provoca un vacío de conocimiento en las especies silvestres, considerando la diversidad de pulgas que existe y que cada vez el contacto entre el hombre y el medio silvestre es más estrecho.

Respecto a la diversidad de especies, las primeras descripciones para este orden fueron realizadas por Linnaeus en 1758, quien describe a *P. irritans* y *Tunga penetrans*.

Desde entonces hasta la actualidad se han descrito más de 2 500 especies, 242 géneros y 18 familias, distribuidas en todos los continentes y algunas islas oceánicas. En Chile, los primeros registros de pulgas se encuentran en el libro "Historia física y política de Chile" (Gay, 1852), donde se mencionan sólo dos especies: *P. irritans* y *Pulex canis*. Luego, a principios del 1900, el entomólogo inglés Charles Rothschild, realizó las primeras descripciones de especies en Chile. Posteriormente, los estudios se centraron en especies de importancia en salud pública, debido a los brotes de peste bubónica, a principios del siglo XX, y tifus murino, presente en Chile hasta 1976. A fines de la década del 70 se retoman los estudios taxonómicos, donde destacan los aportes realizados por el taxónomo francés Jean Claude Beaucoirnu, quien hasta la fecha ha contribuido al conocimiento sistemático del grupo con descripciones de nuevas especies, nuevos hospederos y localidades, sobre la base de material entregado por investigadores nacionales. En la actualidad el grupo se encuentra representado por 112 especies, 31 géneros y 8

Tabla 1. Riqueza taxonómica de Siphonaptera en Chile.

Familia	Subfamilia	Genero	N° Especies
Hystrichopsyllidae	Hystrichopsyllinae	Ctenoparia	5
Ctenophthalmidae	Ctenophthalminae	Agastopsylla	5
		Chiliopsylla	1
		Neotyphloceras	3
Stephanocircidae	Craneopsyllinae	Barreropsylla	1
		Craneopsylla	2
		Nonnapsylla	1
		Cleopsylla	2
		Sphinctopsylla	1
		Plocopsylla	14
Ischnopsyllidae	Ischnopsyllinae	Myodopsylla	1
		Sternopsylla	1
		Hormopsylla	1
Ceratophyllidae	Ceratophyllinae	Nosopsyllus	1
		Ceratophyllus	1
		Dasyopsyllus	7
		Trochilopsylla	1
		Leptopsyllinae	1
Rhopalopsyllidae	Rhopalopsyllinae	Polygenis	1
		Tiamastus	4
	Parapsyllinae	Delostichus	5
		Ectinorus	21
		Listronius	3
		Parapsyllus	3
		Tetrapsyllus	11
Pulicidae	Pulicinae	Pulex	2
		Echidnophaga	1
	Hectopsyllinae	Hectopsylla	5
	Archeopsyllinae	Ctenocephalides	2
Xenopsyllinae	Xenopsylla	2	
Tungidae		Tunga	3
Total	12	31	112

familias (tabla 1), las que parasitan a 118 especies de hospedadores (91 mamíferos y 27 aves). 37 especies son exclusivas del territorio nacional. Entre los mamíferos, el roedor *Abrothrix olivaceus* es el que presenta la mayor riqueza a lo largo de su distribución geográfica, albergando 33 especies. No obstante, muchas de estas pulgas se encuentran presentes en otras especies de roedores con las cuales *A. olivaceus* comparte hábitat, como *Abrothrix longipilis*, *Phyllotis darwini*, *Oligoryzomys longicaudatus* y *Rattus rattus*. En aves, la pulga *Hectopsylla psittsi* es la especie que se ha registrado en una mayor cantidad de hospederos (9 especies) pertenecientes a 5 familias. Respecto a la distribución geográfica de pulgas en Chile, el mayor número de especies ha sido descrito en el centro y sur del país, principalmente debido al sesgo en los muestreos realizados.



Siphonaptera: Rhopalopsyllidae: *Parapsyllus longicornis*, especie frecuente en aves marinas. En Chile ha sido encontrado en *Thalassarche melanophrys*, *Catharacta chilensis* y *Spheniscus magellanicus*. En la imagen inferior se muestra una colonia de pingüinos de Magallanes (*S. magellanicus*), desde donde fueron colectados ejemplares de *P. longicornis* en sus distintos estados de desarrollo. Foto: Lucila Moreno Salas

CLASE ARACHNIDA, ARAÑAS, ÁCAROS Y ESCORPIONES

Walter Sielfeld

Artrópodos quelicerados, en su mayoría terrestres y de hábitos alimenticios de tipo carnívoro. El cuerpo comprende dos grandes regiones: el prosoma o parte anterior y el opistosoma o parte posterior. El prosoma lleva en su parte superior los ojos que son simples, y en el estado adulto seis pares de apéndices. Los primeros son los quelíceros, el único par de apéndices preorales y terminan en pinzas o gancho; el segundo par esta constituido por los maxilípedos o pedipalpos y luego cuatro pares de patas locomotrices.

El opistosoma porta en su región anterior el orificio genital y en su porción terminal el orificio anal. Variable tanto en su posición como en su número se disponen también los estigmas respiratorios y otros órganos particulares tales como los peines de los escorpiones y las glándulas hiladoras de las arañas.

La respiración de los arácnidos se produce a través de tráqueas y sólo excepcionalmente en forma directa a nivel de la piel en formas de tamaño muy pequeño.

Los quelíceros son los únicos apéndices preorales, situación aparentemente adquirida secundariamente por desplazamiento progresivo hacia delante por parte de esa extremidad. Estos apéndices se presentan por lo general cortos y de talla relativamente pequeña como es el caso de las arañas. En los solpúgidos alcanzan sin embargo un desarrollo considerable, pudiendo ser incluso mayores al prosoma. Terminan en pinza o en crochet.

Los pedipalpos son postorales y están formados por 6 segmentos al igual que las patas ambulatorias, en las especies mayores (cadera, trocánter, fémur tibia y 1 o 2 tarsitos), sin embargo en los ácaros pueden estar reducidos a 5, 4 o 3 segmentos. En los escorpiones y pseudoescorpiones los pedipalpos se presentan muy desarrollados y terminando en una pinza poderosa y característica.



Escorpión en ecosistema de lomas (desierto) en Altos de Poconchile (Región de Arica y Parinacota). Foto: Jorge Herreros.

Los arácnidos son una clase muy antigua con numerosos grupos y ordenes extintos, conocidos a partir del período ordoviciano. Los representantes actuales se distribuyen fundamentalmente en los ambientes terrestres desde los polos al ecuador y desde la línea de costa hasta las más altas cumbres. Se reconocen 10 órdenes actuales: Scorpionida, Pseudoscorpionida, Solifuga, Palpigradi, Uropygi, Amblypygi, Araneae, Ricinulei, Opiliones y Acari, este último reconocido como Subclase por algunos autores. En territorio chileno solo siete de ellos, con el detalle que sigue.

ORDEN PALPIGRADI, PALPIGRADOS

Arácnidos de tallas muy pequeñas (0,5 – 3 mm de longitud); presentan quelíceros formados por tres artejos, de inserción lateral respecto a la boca; los pedipalpos, en forma de patas, portando garras en su extremo distal; el primer par de patas ambulatorias transformadas en órganos táctiles, armados con pelos sensitivos y órganos tarsales; la cutícula blanda y flexible; en el extremo del abdomen un flagelo articulado y característico de los miembros del orden; región dorsal del prosoma formada por tres secciones articuladas entre sí: prometapeltidium, mesomeyapeltidium y metapeltidium; el intestino con diversos ciegos dispuestos en forma metamérica; faltan ojos, órganos de circulación y aparato de Malpighi; el sistema respiratorio no incluye traqueas como en los otros grupos de arácnidos y solo está representado por sacos ventrales que se abren en los segmentos 4 – 6 del opistosoma.

La presencia en Chile de este grupo ha sido escasamente estudiada. En la mayoría de los casos se les ha encontrado asociados a hojarrasca de *Puya*, *Trichocereus* y *Nothofagus*. Cekalovic (1984) señala tres especies todas ellas pertenecientes a una sola familia.

Familia	Especie	Distribución
Eukoeneniidae	<i>Eukoenemia mirabilis</i> Grassi & Calandruccio, 1886	costas del Mediterraneo; Madagascar; Chile: San Bernardo (Cekalovic, 1984)
	<i>Eukoenemia grassi</i> Hansen, 1901	Paraguay; Chile: Fray Jorge, Cerro El Roble (Cekalovic, 1984)
	<i>Prokoenemia chilensis</i> (Hansen, 1901)	Valparaiso: Viña del Mar (Cekalovic, 1984)

ORDEN OPILIONES - OPILIONES

Reúne arácnidos de cuerpo segmentado, formado por un prosoma o cefalotórax, y un opistosoma o abdomen. Ambos se juntan en todo su ancho, sin separación ni formación de un pedúnculo; solo presentan dos ojos, ubicados en la parte superior del prosoma. Los quelíceros están formados por tres artejos, los dos más distales formado una pinza; los palpos mandibulares son cortos; las patas

ambulatorias se presentan en número de cuatro, son largas, delgadas, los tarsos están formados por numerosos artejos y terminan en 1 o dos garras simples. La talla es variable y alcanzando desde unos pocos milímetros, hasta dos centímetros de longitud total.

El abdomen está formado por 10 somitos, sin embargo en el suborden Cyphophthalmi no se nota segmentación. Ventralmente, los esternitos segundo y tercer se encuentran fusionados entre sí, y se prolongan entre las coxas de las patas posteriores, en forma de una larga placa que cubre el orificio genital en Palpatores y Laniatores y se denomina opérculo genital.

Los opiliones constituyen un grupo zoológico relativamente diversificado tanto en su forma como en su hábitat. Las especies chilenas se incluyen en ocho familias que se reúnen en tres subórdenes: Cyphophthalmi, Laniatores y Eupnoi.

ORDEN SOLIFUGAE, SOLPÚGIDOS

Arácnidos característicos de talla media a grande (1-7 cm), cubiertos por largos pelos erizados; están compuestos por un prosoma o cefalotórax y un opistosoma o abdomen, ambos unidos por un pedúnculo delgado; no existe un postabdomen y el abdomen es segmentado y formado por 10-11 tergos abdominales.

Los quelíceros son extremadamente desarrollados, formados por dos segmentos y transformados en pinzas muy fuertes, que sirven de defensa, para triturar alimento y para emitir y producir sonidos estridulantes; no presenta glándulas de veneno. Los pedipalpos son largos, terminan en una pequeña ventosa y están adecuados para la aprehensión y adhesión; el primer par de patas es de tipo táctil, con o sin uñas; las patas 2-4 son de tipo ambulatorio.



Opilión, arácnido no venenoso. Foto: Jorge Herreros.

El cefalotórax presenta en su parte anterior una pequeña eminencia en que se disponen dos ojos medianos; pueden existir además 1-2 pares de ojos laterales en regresión.

Opilionida de Chile

Suborden	Infraorden	Superfamilia	Familia	Géneros	Especies
Cyphophthalmi			Petallidae	1	2
Laniatores	Insidiatores	Triauenonychoidea	Triauenonychidae	9	20
	Grassatores	Gonyleptoidea	Gonyoleptidae	25	66
			Cranidae	1	1
Eupnoi (Palpatores)		Caddoidea	Caddidae	2	2
		Phalangoidea	Neopilionidae	2	4
			Sclerosomatidae	2	5
			Phalangiidae	1	1
			8	43	101

En Chile se describen 14 especies incluidas en tres familias, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Solifugae en Chile

Familia	Géneros	Especies
Daesiidae	2	2
Ammotrechidae	4	5
Mummicidae	4	7
	10	14

ORDEN PSEUDOSCORPIONIDA, PSEUDOESCORPIONES

Arácnidos de tamaño pequeño (7-8 mm) con el cuerpo dividido en dos regiones anchamente unidas entre sí: cefalotórax y abdomen formado por 12 segmentos y no prolongado en un postabdomen.

El primer par de apéndices (quelíceros) es reducido y formado por dos segmentos; el segundo par de apéndices o patas mandibulares están representadas por un par de fuertes pinzas provistas de glándulas de veneno; siguen cuatro pares de patas ambulatorias; lateralmente en el cefalotórax 1-2 ojos; el orificio anal es portado por el último segmento abdominal.



Pseudoescorpión. Foto: Jorge Herreros.

Pseudoscorpionida en Chile

Suborden	Familia	Géneros	Especies
Heterophyronida	Chthoniidae	5	9
	Pseudotyranochthonidae	1	3
	Lechtyiidae	1	3
Neobisiinea (= Vachonidae)	Gymnobiidae	2	8
	Ideoroncidae	1	1
	Menthidae	1	2
	Olpiidae	2	2
	Garypinidae	3	8
	Geogarypidae	1	2
	Cheiridiidae	3	8
	Cheliferinea	Chernetidae	12
Cheliferinea	Cheliferidae	1	1
	Withiidae	3	4
	13	36	86

La distribución de este orden es fundamentalmente tropical neotropical e incluye alrededor de 1.000 especies. Las especies chilenas corresponden a los siguientes tres subordenes: Heterophyronida, Cheliferinea y Neobisiinea.

11.1.8 ÁCAROS DE AGUAS CONTINENTALES

Los ácaros son junto a las arañas el grupo más numeroso e importante de la clase Arachnida, por razones económicas y de medicina e higiene. Este grupo, considerado tradicionalmente como un Orden dentro de la Clase Arachnida por algunos autores, aunque más recientemente como una Subclase, es muy numeroso, estimándose alrededor de 10.000 especies descritas, las que solo constituyen una parte de la gran diversidad de este grupo.

Desde el punto de vista de su biología los ácaros son altamente especializados y adaptados a los más diversos ambientes. Existen especies de tipo parásito (sobre insectos,

ácaros mayores, mamíferos, reptiles, etc.), fitófagos (sobre las hojas, productores de agallas, etc.) y de vida libre (en el polvo, musgos, hojarasca, bajo corteza, en muebles tapizados, en agua dulce, en el litoral marino). Presentan metamorfosis que lleva desde una larva (sin traqueas ni estigmas) por estadios ninfales (3 mudas que originan una protoninfa, deuteroninfa y tritoninfa) hasta el adulto. El tamaño es en general pequeño, entre 0,1 a 4 mm de longitud total (salvo el caso de las garrapatas que son mayores).

En el caso chileno los conocimientos son muy precarios respecto a las formas de vida silvestre, siendo los trabajos existentes en general puntuales y con muchas lagunas, principalmente en lo que respecta a zonas extremas y limítrofes. El panorama sistemático de las especies chilenas es sin embargo bastante completo en lo que respecta a ácaros de importancia fitosanitaria y productores de agallas en vegetales silvestres y de cultivo. La gran diversidad de formas solo permite entregar una visión general del grupo.

11.1.9 GARRAPATAS (ACARI: IXODOIDEA) EN CHILE

Las garrapatas (Acari: Ixodoidea) son ectoparásitos hematófagos obligados de vertebrados que pueden ser vectores de agentes que causan enfermedades en los hospedadores. Poseen la capacidad de producir dermatosis debido a las picaduras, intoxicación causada por su saliva, anemia, lesión en pabellón auricular (otocariasis), producir parálisis al inocular toxinas en el hospedador y otras afecciones que en algunos casos pueden provocar la muerte.

La clasificación de las garrapatas se basa en la ausencia o presencia de orificios respiratorios (espiráculos) y su ubicación en el cuerpo. Se caracterizan por la presencia de un aparato bucal dentado llamado hipostoma y además, algo único en el grupo, un complejo órgano setal (agrupación

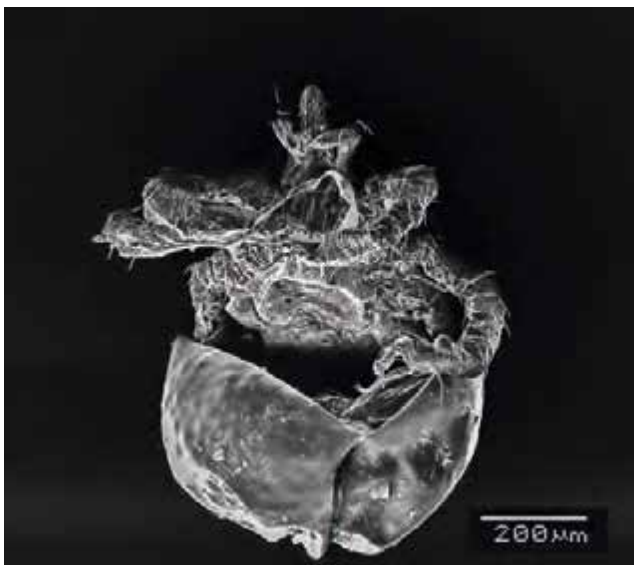
de pelos) en el tarso (parte de la pata) llamado órgano de Haller's, cuya función es sensorial. Cuando están repletas de sangre pueden llegar a medir hasta 30 milímetros de largo e incluso más. Poseen tres pares de patas en estado larval y cuatro cuando ninfas y adultos.

En la actualidad se han descrito en el mundo cerca de 900 especies de garrapatas, las cuales se dividen en tres familias: Argasidae, Ixodidae y Nutalliedae, siendo esta última familia sin importancia en la región Neotropical, ya que está representada por una especie (*Nutalliella namaqua*) confinada al sur de África.

Las garrapatas blandas (Argasidae) son un tipo más primitivo que los Ixodidae, están constituidas por aproximadamente 200 especies en el mundo. Sus larvas se alimentan durante unos pocos días, luego se desprenden y dan origen a las ninfas las cuales se fijan nuevamente varias veces por breve tiempo, originando nuevas ninfas para, finalmente, mudar a individuos sexuados. Estos, después de alimentarse, se desprenden, copulan y oviponen en lugares oscuros, para lo cual utilizan hendiduras naturales, bajo piedras o enterrándose en la capa superficial del suelo. Una vez que oviponen, pueden seguir copulando, alimentándose y oviponiendo por varios períodos.

Las garrapatas de la familia Ixodidae (garrapatas duras) se conforman por cerca de 700 especies en el mundo. Las larvas, ninfas y adultos se llenan de sangre sólo una vez en cada estadio y succionan sangre por períodos largos. La hembra muere después de la oviposición. Durante su ciclo biológico se alimentan en uno, dos o tres hospedadores diferentes, según sea la especie de garrapata.

En la región zoogeográfica Neotropical se han registrado cerca de 200 especies de garrapatas. En Chile, han sido descritas con certeza 23 especies más dos especies aun no confirmadas (*Argas miniatus* Koch 1844, *Ixodes pararicinus* Keirans & Clifford 1985) que son consideradas probablemente presentes.





Araña pollito (*Grammostola* sp.). Foto: Jorge Herreros.



Araña sicario (*Sicarius* sp.). Foto: Jorge Herreros.

En relación a los hospedadores de garrapatas en Chile, se han registrado hasta la fecha 17 reptiles, 23 aves y 27 mamíferos, cifras que probablemente se verán incrementadas en la medida que los estudios se intensifiquen.

11.1.10 ÁCAROS TROMBICULIDOS

(ACARI: TROMBICULIDAE).

La Familia Trombiculidae (ácaros trombiculidos) incluye son ácaros relativamente pequeños que miden menos de 1 mm en su fase de larva y más de 1 mm los adultos. Son conocidos como los ácaros rojos o ácaros de la cosecha. Son un grupo de arácnidos que a pesar de tener un ciclo biológico complicado han tenido gran éxito evolutivo. Su estado larval es un parásito obligado y tanto la ninfa como el adulto son de vida libre con hábitos depredadores, por lo que se denominan parásitos de tipo proteliosos (en que sólo las etapas juveniles son parásitos). Habitan generalmente pastizales y matorrales.

Sus más de 3.000 especies descritas en el mundo son parásitos de animales silvestres y domésticos e incluso en forma accidental del hombre donde pueden inducir diversas reacciones en la piel e incluso transmitir enfermedades.

En Chile, los ácaros trombiculidos han sido estudiados sólo en los últimos cinco años. Con excepción de *Whartonacarus chaetosa*, especie recientemente confirmada en Chile, todas las especies de trombiculidos descritos en el país han correspondido a nuevas especies. Se han registrado hasta ahora 14 especies de ácaros trombiculidos incluidas en 7 géneros. Los hospedadores hasta la fecha corresponden a 14 especies de reptiles, tres de aves y una de mamífero.

ORDEN ARANEAE - ARAÑAS

Las arañas son un grupo de arácnidos cuyo cuerpo está constituido básicamente por dos tagmas, cefalotórax y abdomen, anatómicamente bien diferenciados por un estrangulamiento en la parte anterior del segundo, denominado pedicelo. El cefalotórax se encuentra recubierto dorsalmente por una placa esclerosada convexa, el escudo prosómico, en



Araña de rincón (*Loxosceles* sp.). Foto: Jorge Herreros.



Araña cazando una abeja nativa en Valle de Lluta (Región de Arica y Parinacota). Foto: Jorge Herreros.

cuya parte anterior se encuentran los ojos generalmente en número de seis u ocho. En el mismo cefalotórax las arañas poseen un par de quelíceros biarticulados por el cual inoculan su veneno a sus presas, inmovilizándolas y matándolas. Por otro lado, en el abdomen se encuentran las glándulas productoras de tela denominadas hilanderas, así como también la mayoría de los órganos vitales de estos animales.

Las arañas se integran en dos subórdenes: el Mesothelae (arañas segmentadas), en el que las hilanderas se disponen anteriormente en el extremo del abdomen (opistosoma) y comprende arañas primitivas que se encuentra en el sudeste de Asia, y el Opisthothelae (arañas modernas), que agrupa arañas con hilanderas ubicadas en la parte posterior del abdomen. Este grupo comprende la mayor parte de las arañas e incluye a dos grupos: la superfamilia Mygalomorphae, en el que se encuentran las conocidas "arañas pollito" y la superfamilia Araneomorphae, en el que se encuentran la mayoría de las arañas conocidas (Brusca & Brusca, 1990).

Dentro de la diversidad biológica, las arañas conforman un grupo clave en cualquier ecosistema, tanto por su acción de depredadores generalistas como por su diversidad y abundancia. El orden cuenta con alrededor de 45.321 especies descritas a nivel mundial (World Spider Catalog, 2015), siendo uno de los órdenes mega diversos del reino animal (Coddington & Levi, 1991). En Chile este orden cuenta actualmente con 57 familias, 232 generos y 683 especies (Taucare & Sielfeld, 2013, World Spider Catalog, 2015), donde destaca un alto grado de endemismo, además de la presencia de unas pocas especies exóticas pantropicales y cosmopolitas, las cuales han sido introducidas en nuestro país (Taucare & Sielfeld, 2013, Taucare et al., 2013).

El conocimiento de la araneofauna chilena comienza con Juan Ignacio Molina, al describir la araña *Phrixotrichus scrofa* (*Paraphysa scrofa*) (Molina, 1782), describiendo además en su libro "Saggio sulla Storia Naturale del Chili" otras especies de arañas presentes en el país (Aguilera & Casanueva, 2005). En 1849 el francés Nicolet publica descripciones de diversas especies de arañas chilenas en el texto de Claudio Gay "Historia Física y Política de Chile", siendo uno de los estudios más completos e interesantes de la época, ya que menciona una gran parte de la araneofauna del país. Destacadas son también las contribuciones realizadas por Simon (1904) durante el siglo XIX, describiendo una gran cantidad de especies nuevas provenientes en la mayoría de los

casos de la zona sur y austral del país (Aguilera y Casanueva, 2005). En la misma línea, otros investigadores extranjeros como Albert Tullgren (1901), Mello-Leitão (1926, 1943 y 1951), Berland (1924), Exline (1960) y Archer (1963) realizaron notables contribuciones en nuestro país.

Entre los aracnólogos chilenos destacaron Porter (1917, 1918, 1920 y 1930) con pequeñas notas científicas relacionadas con arañas nativas, Cekalovic (1976) quien realiza un catálogo de arañas de la región de Magallanes; Casanueva (1980) en licósidos; Legendre & Calderon (1984) en arañas migalomorfas y de manera especial se destaca en esta época a Zapfe (1961a, b, c, d, f, g y 1979) en biología y sistemática de distintas familias de arañas; además de generar una clave taxonómica de las arañas chilenas (Zapfe, 1959).

Posteriormente, realizaron valiosos aportes en Chile aracnólogos extranjeros ampliamente reconocidos a nivel mundial, entre muchos otros vale la pena mencionar a Forster et al. (1990), en Synotaxidae; Forster et al. (1987), en Hipochiloidea y Austrochiloidea; Forster y Platnick (1985) en Orsolobidae; Goloboff (1985 y 1994) en Nemesiidae y Migidae; Levi (1963 a,b, 1967a y b, 1968, 1974) en Araneidae y Theridiidae; Millidge (1985 y 1991) sobre Linyphiidae; Platnick & Murphy (1984) en Gnaphosidae; Forster & Platnick (1984 y 1985) en las superfamilias Palpimanoidea y Dysderoidea; Platnick (1994) genera la revisión de la familia Caponidae; Platnick & Ewing (1995), sobre Corinnidae; Platnick & Shadab (1993), sobre Mimetidae; Platnick & Forster (1986, 1987, 1989) realizan descripciones de nuevos géneros y revisan la familia Anapidae; Raven & Platnick (1978) en Dipluridae; Harrod et al. (1991) en Araneidae y Ramírez (1995, 1996 y 1997) en Anyphaenidae, Amphinectidae y Amouribiidae.

Después de un tiempo considerable, el estudio de las arañas chilenas fue completamente abandonado hasta que a principios del siglo XXI se vuelven a retomar las investigaciones, principalmente en taxonomía y zoología médica. Dentro de estos trabajos destacan autores como Brescovit & Rheims (2000) sobre Scytodidae; Huber (2000) en Pholcidae; Simon & Brescovit (2001) sobre Ctenidae; Ramírez et al. (2001) en Corinnidae; Levi (2003) con la revisión del género Mastophora de la familia Araneidae; Santos & Brescovit (2003) en Oxyopidae; Ramírez (2003) en Anyphaenidae; Ramírez et al. (2004) sobre Agelenidae; Canals et al. (2004) sobre arañas peligrosas de Chile; Platnick et al. (2005) en Prodidomidae; Lopardo (2005) en Anyphaenidae con la revisión del género

Negayan; Platnick & Baehr (2006) en Prodidomidae; Aguilera & Casanueva (2005) con una clave para las familias de Araneomorphae; Faúndez (2007, 2009) sobre *Steatoda* y las arañas peligrosas de la Región de Magallanes; Miller (2007) con la revisión neotropical de la subfamilia Erygoninae (Linyphiidae); Grismado (2008) y Aguilera et al. (2009) con la revisión taxonómica del género *Ariadna* y *Latrodectus*, respectivamente; Grismado & Platnick (2008) en Zodariidae; Platnick & Dupérré (2009) en Oonopidae y Richardson (2010) con la revisión de Salticidae.

Actualmente los estudios en arañas han tenido un nuevo auge, destacando nuevos reportes de especies para Chile, principalmente de arañas introducidas en el norte del país (Taucare, 2010, 2011, 2012, 2013a y b; Taucare & Brescovit, 2011; Taucare-Ríos & Edwards, 2012; Brescovit & Santos, 2013; Taucare-Ríos & Jehonabad, 2014), generando con esto un listado preliminar de las arañas presentes en estas latitudes (Taucare & Siefert, 2013) y un trabajo sobre las arañas sinantrópicas presentes en Chile (Taucare-Ríos et al., 2013). En el mismo sentido, es importante señalar la descripción de nuevas especies en las familias Hexathelidae y Theraphosidae (Ríos et al., 2012; Perafan & Pérez-Miles, 2014) y la reciente descripción y re-descripción de especies en Lycosidae, Miturgidae (= Zoridae) y Salticidae (Taucare-Ríos & Brescovit, 2012; Brescovit & Taucare-Ríos, 2013; Bustamante et al., 2014 y 2015). Para mayor información de este grupo actualmente se encuentra disponible en el sitio web "The World Spider Catalog" versión 15.5 (Natural History Museum of Bern) toda la información disponible sobre arañas, incluyendo los aportes antes señalados y algunos que han sido omitidos. A continuación se resume la situación actual de las familias de arañas presentes en Chile.

Superfamilia	Familia	Géneros	Especies
Mygalomorpha	Actinopodidae	2	3
	Hexathelidae	2	10
	Dipluridae	2	3
	Nemesiidae	5	35
	Migidae	3	4
	Theraphosidae	6	14
Araneomorphae	Agelenidae	2	3
	Amaurobiidae	6	15
	Amphinectidae	2	9
	Anapidae	6	15
	Anyphaenidae	22	74

Araneidae	15	34
Austrochilidae	2	7
Caponiidae	4	4
Clubionidae	1	9
Corinnidae	4	20
Ctenidae	1	1*
Desidae	1	1
Dictynidae	3	4
Diguetaeidae	1	2
Dysderidae	1	1*
Drymusidae	1	1
Eutichuridae	1	8
Filistatidae	2	3
Gnaphosidae	6	24
Hahniidae	2	4
Linyphiidae	37	109
Lycosidae	5	20
Malkaridae	1	1
Mecysmaucheniidae	4	21
Micropholcommatidae	4	4
Teutoniellidae	1	1
Mimetidae	4	9
Miturgidae	1	9
Nesticidae	1	1
Oecobiidae	1	2
Oonopidae	2	9
Orsolobidae	4	32
Oxyopidae	1	2
Palpimanidae	2	9
Philodromidae	2	9
Pholcidae	6	12
Pisauridae	1	1
Prodidomidae	4	18
Salticidae	11	25
Scytodidae	1	2
Segestriidae	1	6
Sicariidae	2	11
Sparassidae	3	5
Synotaxidae	2	5
Tetragnathidae	6	16
Theridiidae	17	59
Thomisidae	6	17
Titanoecidae	1	1
Trochanteriidae	1	1
Uloboridae	2	3
Zodariidae	2	10
Zoridae**	1	1
Zoropsidae	1	1
	241	740

*especie introducida

** Sería sinónimo de Miturgidae (Ramirez, 2014)



◀ El cangrejo fantasma (*Occipode gaudichaudii*), construye madrigueras en las playas de arena. Foto: Jorge Herreros.

DIVERSIDAD DE ESPECIES

11. INVERTEBRADOS

11.2 INVERTEBRADOS MARINOS

Walter Sielfeld, Nicolás Rozbaczylo, Rodrigo A. Moreno, Guillermo Guzmán.

11.2.1 PHYLUM ANNELIDA

De los tres grupos incluidos dentro del Phylum Annelida – poliquetos, oligoquetos e hirudíneos – los poliquetos son exclusivamente marinos, generalmente bentónicos. Los oligoquetos y los hirudíneos viven en ambientes terrestres húmedos, en aguas continentales y algunos grupos particulares también son marinos.

CLASE HIRUDINIDA, SANGUIJUELAS

La mayoría de las especies viven en aguas continentales y marinas, y unas pocas son semiterrestres. Muchas especies son ectoparásitas, que se alimentan de sangre y otros fluidos corporales de sus huéspedes. Unas pocas especies son predadoras de otros invertebrados.

Los únicos representantes marinos pertenecen a la Familia Piscicolidae (Orden Glosiphoniiformes), la que registra unas 32 especies para Chile, algunas de ellas exclusivas para aguas antárticas.

Según la literatura, 10 especies de peces óseos del litoral continental cuentan con registros de sanguijuelas, de las cuales tres son del ambiente intermareal (Muñoz & Olmos 2007). Se han citado *Platybdella chilensis* en *Aphos porosus*, *Glyptonobdella sp.* en *Paralichthys sp.* y *Oceanobdella sp.* en *Bovichthys chilensis*. Otros registros han sido indicados como “especies no identificadas de Piscicolidae” (Muñoz & Olmos, 2007).

11.2.2 PHYLUM ANNELIDA:

CLASE POLYCHAETA

Nicolás Rozbaczylo, Rodrigo A. Moreno

Los anélidos poliquetos son gusanos anillados segmentados provistos típicamente en cada uno de sus segmentos de un par de expansiones laterales a la pared del cuerpo llamadas parápodos que llevan numerosas sedas quitinosas polimorfas. Este grupo es el más característico y la clase con mayor número de especies entre los anélidos. A su vez, constituyen uno de los taxa más importantes en las comunidades marinas bentónicas de fondos blandos de todo el mundo, en términos de abundancia y diversidad. En Chile representan el tercer

taxón de invertebrados marinos bentónicos en importancia en número de especies, después de crustáceos y moluscos (Lee et al., 2008). Juegan un rol clave en las cadenas tróficas como depredadores sobre macroinvertebrados y componentes de la meiofauna y como presas de moluscos, crustáceos, peces, aves marinas e incluso del hombre. También son importantes en la producción secundaria macrobentónica de plataformas continentales alrededor del mundo. El conocimiento sobre la fauna de poliquetos es considerado un factor importante para caracterizar los distintos hábitat bentónicos, y también para realizar programas de vigilancia ambiental, al constituirse como especies sensitivas y/o indicadoras de contaminación.

Varias especies tienen importancia económica porque se usan como carnada para la pesca deportiva o recreacional y como alimento para especies de importancia económica en cultivos acuícolas. Algunas especies de las familias Spionidae, Cirratulidae y Sabellidae pueden causar daño en las conchas de moluscos gasterópodos y bivalvos perforándolas, ocasionando con ello pérdidas económicas considerables en especies de importancia comercial. Por otro lado, los poliquetos holopelágicos se caracterizan por habitar en todos los océanos del mundo, en zonas neríticas-costeras y principalmente en el océano abierto, desde la superficie hasta grandes profundidades. Sin embargo, conforman un grupo de escasa representación en cuanto a riqueza de especies con alrededor de 95 especies nominales descritas (Suárez-Morales et al., 2005; WoRMS Database, 2014), y una baja abundancia relativa en el zooplancton y, debido a su pequeño tamaño corporal tienen una escasa significación en la biomasa total de las comunidades planctónicas. No obstante, se ha reconocido su importancia en las cadenas tróficas de los océanos del mundo debido a que son activos y voraces depredadores de otros zooplanctones (e.g. sifonóforos, quetognatos, y apendicularios); además, algunas especies que son comúnmente dominantes en las comunidades planctónicas son fuente de alimento para varias especies de peces (Pettibone, 1963; Fernández-Álamo, 2000; Guglielmo et al., 2014).

Los primeros antecedentes taxonómicos sobre poliquetos de Chile fueron publicados por Claudio Gay en su Historia Física y Política de Chile (Blanchard, 1849). Hasta mediados del siglo XX, los estudios sobre la fauna de poliquetos de Chile estuvieron en manos de investigadores extranjeros, principalmente alemanes (Augener, Ehlers, Hartmann-Schröder), suecos (Kinberg, Wesenberg-Lund), franceses (Fauvel) e ingleses (McIntosh, Wells). A partir de 1970 comienzan los estudios sobre poliquetos de Chile continental, insular y la Antártica realizados por investigadores chilenos, liderados principalmente por Víctor A. Gallardo y Franklin D. Carrasco (Universidad de Concepción) y Juan Carlos Castilla (Pontificia Universidad Católica de Chile). Posteriormente, investigadores como Juan I. Cañete, Américo Montiel, Maritza Palma, Eduardo Quiroga y Eulogio Soto han incrementado el conocimiento sobre los poliquetos de la costa de Chile,

a través de estudios taxonómicos y ecológicos. Una revisión histórica cronológica de las principales expediciones y científicos que han contribuido al conocimiento de los poliquetos de la costa de Chile se encuentra en Rozbaczylo (1985) y Rozbaczylo & Carrasco (1995). Una lista de las publicaciones sobre poliquetos de Chile se encuentra en Rozbaczylo (2000) y Rozbaczylo & Moreno (2010).

RIQUEZA TAXONÓMICA

Con más de 10.000 especies nominales descritas en el mundo, agrupadas en más de 12 clados, 83 familias y 1.000 géneros, los poliquetos conforman la clase más numerosa del phylum Annelida (Rouse & Pleijel, 2001). La literatura sobre la sistemática de los poliquetos muestra distintas proposiciones debido principalmente a problemas de pobres resoluciones obtenidas en la parte basal o raíz de los árboles filogenéticos (Rousset et al., 2007). Esta falta de señal filogenética estaría directamente relacionada con la falta de información para varios grupos de poliquetos, provocando que se tengan conjuntos de datos incompletos para efectuar reconstrucciones filogenéticas. Se han propuesto arreglos sistemáticos desde enfoques de reconstrucciones filogenéticas morfológicas cladistas (Rouse & Fauchald, 1997; Rouse & Pleijel, 2001), que evidencian monofilia, con dos grandes clados, Scolecida y Palpata hasta propuestas de hipótesis en base a reconstrucciones de filogenias moleculares que muestran la falta de monofilia, que llevan a que Polychaeta sea considerado un grupo parafilético (McHugh, 1997 y 2005). Rousset et al. (2007) dan apoyo a la monofilia para los clados más inclusivos de Polychaeta establecidos sobre el análisis morfológico, en base a un gran número de grupos analizados utilizando marcadores moleculares nucleares y mitocondriales. Estos resultados mantienen vigente el debate sobre las clasificaciones filogenéticas de la clase Polychaeta (Rouse & Pleijel, 2003; McHugh, 2005). Aún más, con la incorporación del apoyo de la filogenómica se ha empezado a desenmarañar la compleja evolución de los anélidos (Struck, 2011; Struck et al., 2011).

Frente a la costa de Chile continental se han registrado hasta el momento un total de 47 familias, 269 géneros y 575 especies bentónicas (Rozbaczylo, 1985; Rozbaczylo & Moreno, en prep.). El detalle de la riqueza taxonómica de familias/grupos, géneros y especies de poliquetos bentónicos por áreas se presenta en detalle en la Tabla 1.

Con respecto a los poliquetos holopelágicos frente a la costa de Chile continental e insular occidental se han registrado un total de 34 especies y 23 géneros, las cuáles se encuentran repartidas en 8 familias/grupos (Rozbaczylo et al., 2004; Bilbao et al., 2008; Rozbaczylo et al., en prensa). El detalle de la riqueza taxonómica de familias/grupos, géneros y especies de poliquetos holopelágicos por áreas se presenta en detalle en la Tabla 2.

Tabla 1. Riqueza taxonómica de poliquetos bentónicos frente a la costa de Chile continental e insular occidental. Según Rozbaczylo & Moreno (en prep.).

Área	Familias/Grupos	Géneros	Especies
Chile continental	47	269	575
Archipiélago Juan Fernández	19	35	43
Isla de Pascua	25	49	60

Tabla 2. Riqueza taxonómica de poliquetos holopelágicos frente a la costa de Chile continental e insular occidental. Según Rozbaczylo (1985), Rozbaczylo et al., (2004), Bilbao et al., (2008) y Rozbaczylo et al., (en prensa).

Área	Familias/Grupos	Géneros	Especies
Chile continental	8	18	24
Archipiélago Juan Fernández	6	13	15
Isla de Pascua	6	14	19
Islas San Félix y San Ambrosio	3	3	3

DIVERSIDAD LATITUDINAL Y BATIMÉTRICA

Estudios biogeográficos sobre los poliquetos bentónicos del Pacífico suroriental frente a la costa de Chile continental muestran que la riqueza de especies se incrementa hacia altas latitudes, reconociéndose dos provincias biogeográficas: Provincia Peruana (18°S – 41°S) con especies de afinidad subtropical y Provincia Magallánica (42°S – 56°S), con especies de afinidad subantártica. Generalmente se reconoce una zona ecotonal en el archipiélago de Chiloé, producto de un gran número de especies que presentan un solapamiento de sus pequeños rangos de distribución geográfica y que no logran traspasar el quiebre biogeográfico que ocurre en los 41°S – 42°S (Hernández et al., 2005). Se considera como un área de hotspot de endemismo, que abarca desde los 36°S a los 41°S, donde la riqueza de especies de poliquetos bentónicos es coincidente con su alto grado de endemismo (Moreno et al., 2006a). Moreno et al. (2008) evaluaron el patrón batimétrico (desde 0 a 4700 metros de profundidad) de la riqueza de especies de poliquetos bentónicos frente a la costa de Chile, encontrando un patrón de decaimiento exponencial de la riqueza a medida que se incrementaba la profundidad lo que contradice el patrón clásico batimétrico de curva parabólica descrito para poliquetos donde se observa una mayor riqueza de especies a profundidades intermedias (1000–2500 m). Moreno et al. (2008) señalan que este patrón podría deberse a las dinámicas de extinción-colonización del sistema, existiendo una dinámica fuente sumidero donde los ensamblajes abisales de poliquetos actúan como “sumidero” y que son mantenidos por los ensamblajes tipo “fuentes” de las zonas someras que aportarían propágulos a las zonas profundas más empobrecidas. Este patrón también es registrado por Montiel et al. (2011) en el Estrecho de Magallanes, específicamente en el área de Paso Ancho, donde bajo el uso combinado de distintos métodos de muestreo, tanto cualitativos como cuantitativos, registraron diferencias considerables en la composición taxonómica entre ensamblajes de

poliquetos de las zonas someras y profundas, siendo el ensamble de las zonas someras el que registró un alto número de especies en comparación con el ensamble de poliquetos de las zonas profundas. Estos cambios serían atribuidos a la alta complejidad y diversidad de habitats, que en el caso del ensamble somero es definido por las variables biológicas de riqueza de especies, densidad de organismos y biomasa, en cambio, en el ensamble de poliquetos de las zonas profundas las variables de calidad del sedimento (fango/arcilla) y la profundidad estarían estrechamente asociadas a la conformación de este ensamble.

Sobre la riqueza de especies de poliquetos bentónicos de las zonas subantárticas de la costa del Pacífico suroriental y Antártica, Montiel et al. (2005a) estudiaron los patrones de distribución de los poliquetos de aguas someras de la región Magallánica a partir de una revisión de 124 años de investigación en la plataforma del cono sur de Sudamérica y encontraron dos subregiones biogeográficas, una del lado Pacífico y otra del lado Atlántico del cono sur de Sudamérica, ambas caracterizadas por un bajo porcentaje (<10%) de endemismo de sus especies, con amplios rangos de distribución para la mayoría de sus especies (70%) y una alta afinidad con áreas antárticas y subantárticas. Estos autores sugieren que la apertura del Estrecho de Magallanes generó un nuevo pasaje de intercambio de especies entre los océanos Pacífico y Atlántico, y que la dispersión vía transporte de larvas sería a través de la Corriente de Deriva del Oeste, la cuál tendría un rol preponderante en el patrón de distribución moderno de la fauna de poliquetos en la región Magallánica. Montiel et al. (2005b), estudiando los ensamblajes de poliquetos de las plataformas de la región Magallánica y el Mar de Weddell encontraron que ambas áreas difieren significativamente en términos de la riqueza de especies, diversidad, densidad y en la composición de grupos tróficos, lo que podría deberse a la heterogeneidad de las propiedades ambientales locales que a menudo son moldeadas por el efecto de los hielos, principalmente en la plataforma del Mar de Weddell, donde las comunidades bentónicas son perturbadas directamente por los témpanos varando (“grounding ice bergs”). En cambio, en la región Magallánica las comunidades bentónicas son perturbadas por el deshielo de los glaciares que provocan cambios en el régimen hidrográfico y en los procesos de sedimentación que afectarían indirectamente a los ensamblajes bentónicos.

DIVERSIDAD EN LOS PROCESOS ECOLÓGICOS

Los poliquetos juegan un rol clave en el flujo de energía a través de las cadenas tróficas. Son depredadores de macroinvertebrados, otros poliquetos y organismos de la meiofauna, y a su vez son presas de varios organismos en el sedimento y de especies epifaunales y pelágicas (Hutchings, 1998).

Los poliquetos holopelágicos conforman, en general, un grupo de escasa representación en el zooplancton en cuanto

a número de especies y abundancia relativa, y dada su pequeña talla tienen escasa significación en la biomasa total de las comunidades zooplanctónicas (Orensanz & Ramírez, 1973). Sin embargo, se reconoce su importancia en las cadenas tróficas de los océanos del mundo debido a que algunas especies son voraces depredadores en el plancton y a su vez son fuente de alimento de varios tipos de peces (Fernández-Álamo, 2000). En Chile, no hay hasta ahora estudios ecológicos sobre los poliquetos holopelágicos, lo que impide establecer, desde una perspectiva funcional, sus relaciones en las cadenas tróficas del Sistema de Corrientes de Humboldt (SCH) y zonas adyacentes, en términos de conexiones tróficas asociaciones a masas de aguas específicas (e.g. especies indicadoras) y patrones de migraciones nictimerales en la columna de agua.

Los poliquetos, en general, exhiben una amplia variedad de estrategias de alimentación, como depositívoros superficiales, depositívoros subsuperficiales, suspensívoros, omnívoros, herbívoros, carnívoros y algunas especies parásitas (Glasby et al., 2000). Carrasco y Carbajal (1998), estudiaron los poliquetos bentónicos de la bahía San Vicente, en Chile central, y encontraron un predominio de estrategias de alimentación de tipo depositívora y suspensívora, concordando con lo señalado por Snelgrove et al. (1997) para comunidades bentónicas de fondos blandos, dominadas principalmente por estos tipos de estrategias de alimentación.

La asociación de los poliquetos con otros organismos ha sido documentada ampliamente y, para la costa de Chile, existen trabajos que describen esta asociación de poliquetos con diferentes sustratos biológicos. Hernández et al. (2001) estudiaron la asociación entre la fauna de poliquetos con el cirripedio no pedunculado *Austromegabalanus psittacus*, uno de los balanomorfs de mayor tamaño del mundo y de importancia económica. Estos autores encontraron que la diversidad de poliquetos aumenta significativamente con el tamaño corporal del cirripedio, bajo una ecuación potencial que describe empíricamente la relación especie-área en el modelo de equilibrio de MacArthur & Wilson (1963), donde los cirripedios se comportarían como islas para los poliquetos asociados a sus sustratos. Estas islas proporcionarían refugios (e.g. grietas y orificios en la concha), y permitirían ser un hábitat de fácil acceso para la colonización por poliquetos. Varias especies de poliquetos tubícolas producen estructuras tridimensionales debido a sus asociaciones gregarias, principalmente en las zonas costeras. En la costa de Chile central, Sepúlveda et al. (2003) estudiaron los arrecifes del poliqueto sabelárido *Phragmatopoma moerchi* Kinberg y encontraron que estas formaciones albergan una gran diversidad de macroinvertebrados en comparación con otros hábitat de microescala similares, como por ejemplo agregaciones de ascidias, grampones de algas laminariales, parches de mitílidos y algas, funcionando como un modelo de microescala en la conservación de la biodiversidad local.

Estos arrecifes sirven de albergue temporal para pequeños invertebrados y actúan como refugio constante contra la presión de depredación. Este ingeniero ecosistémico causa un aumento de la diversidad local y a su vez brinda protección a los organismos frente a factores físicos y biológicos. En otro estudio, Sepúlveda et al. (2014) analizaron la asociación entre poliquetos epifaunales y la ascidia *Pyura chilensis* en Chile central, y el efecto de las estructuras tridimensionales biogénicas (tubos) de poliquetos de la familia Chaetopteridae en la estructura del ensamble de los poliquetos epifaunales. Estos autores señalan que la diversidad de poliquetos aumenta con el volumen de las muestras, similar a los resultados previos obtenidos por Hernández et al. (2001) y Sepúlveda et al. (2003) en otros sustratos biogénicos, y que los tubos de Chaetopteridae influyen la estructura de los ensambles de poliquetos, produciendo un efecto positivo sobre la riqueza de especies de poliquetos en asociación con *P. chilensis*, dada la alta complejidad de hábitats que proporcionan los tubos.

Una característica del Sistema de Corrientes de Humboldt (SCH) es la presencia de una extensa masa de agua subsuperficial que fluye hacia el sur, llamada Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS), de alta salinidad, bajo contenido de oxígeno disuelto y alto contenido de nutrientes, a la cual se asocia una extensa zona de mínimo oxígeno (ZMO) con niveles $<0,5 \text{ ml O}_2 \text{ L}^{-1}$, en profundidades entre 50 y 400 metros (Morales et al., 1999; Gallardo et al., 2004; Palma et al., 2005). Estudios sobre poliquetos bentónicos en la ZMO frente a Chile muestran, principalmente, que las especies presentan notables especializaciones morfológicas y funcionales para habitar en estas zonas, como las estructuras respiratorias —aumento del número y longitud de las branquias—, el sistema circulatorio, metabólicas —metabolismo anaeróbico— y reducción del tamaño corporal (González & Quiñones, 2000; Levin, 2003; Gallardo et al., 2004; Palma et al., 2005; Quiroga et al., 2005).

González & Quiñones (2000) estudiaron las adaptaciones enzimáticas de nueve especies de poliquetos bentónicos asociadas a condiciones ambientales hipóxicas en la zona de mínimo oxígeno (ZMO) en Chile central y sugieren que una vía metabólica importante involucrada en el mantenimiento de la tasa metabólica, bajo condiciones ambientales hipóxicas, es el lactato y las piruvato oxidoreductasas. En cada especie estudiada encontraron un subconjunto diferente de cuatro piruvato oxidoreductasas, pero sólo en dos especies, *Paraprionospio pinnata* (Ehlers) y *Nephtys ferruginea* Hartman, detectaron la presencia de todas ellas, confiriéndole a estas especies un alto grado de plasticidad metabólica que les permite ocupar un amplio rango de condiciones ambientales. González & Quiñones (2000) proponen que las piruvato oxidoreductasas juegan un papel regulador en determinar las tasas de consumo de piruvato durante la transición desde condiciones disóxicas a anóxicas.

En la zona batial del Sistema de Corrientes de Humboldt (SCH) frente a Chile central (36°S), Sellanes et al. (2004), estudiando la fauna encontrada en una filtración fría de metano ("cold-seep"), registraron cinco familias de poliquetos (Onuphidae, Sternaspidae, Lumbrineridae, Sabellidae y Maldanidae) y la especie de Onuphidae *Hyalinoecia artifex* Verrill, como la especie numéricamente dominante en la muestra (66,2% del total). Los ambientes de filtraciones frías de metano son uno de los descubrimientos más recientes de hábitat marinos en los márgenes continentales del mundo (Levin, 2005). En Chile el estudio de estos ambientes es promisorio y ya se cuenta con los primeros antecedentes de poliquetos bentónicos asociados a estas filtraciones en el Pacífico suroriental.

Sobre dinámica temporal en poliquetos bentónicos en el SCH, sólo se cuenta con los trabajos de Carrasco (1997) y Carrasco & Moreno (2006), basados en un análisis de series de tiempo de largo plazo (15 años) sobre la estructura de un ensamble de poliquetos bentónicos en Punta Coloso, norte de Chile (23°45'S), en profundidades entre 50-60 metros. Estos estudios sugieren que la estructura del ensamble de poliquetos presenta una alta resiliencia y persistencia en el tiempo analizado, a pesar de la alta variabilidad ambiental y las fluctuaciones estacionales e interanuales de las condiciones oceanográficas, como perturbaciones del fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS), registradas en esta zona del Pacífico suroriental.

SINGULARIDADES

Algunas especies de poliquetos bentónicos de la costa de Chile han sido catalogadas como sensitivas y/o indicadoras de contaminación, porque permiten detectar en los programas de vigilancia ambiental marinos los efectos de contaminantes tóxicos (e.g. metales pesados) y áreas enriquecidas orgánicamente. Cañete et al. (2000) propusieron para la bahía Quintero, en Chile centro-norte, un índice de vigilancia ambiental basado en la abundancia temporal de dos especies de poliquetos, *Nephtys impressa* Baird y *Prionospio peruana* Hartmann-Schröder. Estas especies presentarían la singularidad de ser indicadores biológicos de situaciones de contaminación, principalmente de tipo orgánica, permitiendo reflejar la influencia de diversos tipos de actividades antrópicas (residuos industriales y domiciliarios) sobre los atributos biológicos de las comunidades bentónicas del área.

Algunos poliquetos, como los arenicólidos y los glicéridos, tienen importancia económica en varios lugares del mundo al emplearse como carnada viva en pesca deportiva o recreacional. Por otra parte, los cultivos acuícolas, principalmente de moluscos, establecidos a lo largo de la costa de Chile, pueden ser atacados por algunas especies de poliquetos perforadores, principalmente los polidóridos *Polydora biocpipitalis* Blake & Woodwick, *Polydora rickettsi* Woodwick, *Polydora uncinata* Sato-Okoshi y *Dipolydora giardi* (Mesnil), los sabélidos *Oriopsis* sp. Caullery & Mesnil y los cirratúlidos *Dodecaceria choromytica* Carrasco y *Dodecaceria opulens*



Serpulidae: *Apomatus* sp. Foto: V. Haussermann y G. Försterra.



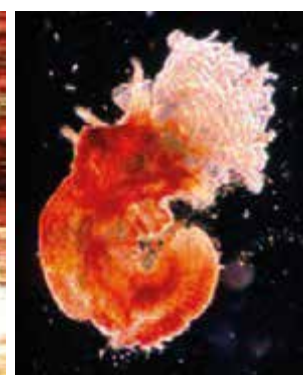
Amphinomidae: *Eurythoe complanata*. Foto: N. Rozbaczylo.



Onuphidae: *Australonuphis violacea*. Foto: N. Rozbaczylo.



Sabellidae: *Hypsicomus phaeotaenia*. Foto: V. Haussermann y G. Försterra.



Serpulidae Spirorbinae: *Protolaeospira* sp. Foto: N. Rozbaczylo.

Gravier, que afectan principalmente cultivos de abalones (*Haliotis* spp.) y ostras, provocando daño a sus conchas y ocasionando considerables pérdidas económicas a la industria de la acuicultura (Rozbaczylo & Carrasco, 1996; Radashevsky & Olivares, 2005; Moreno et al., 2006b; Avilés et al., 2007; Rozbaczylo et al., 2007; Riascos et al., 2008).

PERSPECTIVAS

El conocimiento taxonómico, ecológico y biogeográfico de los poliquetos holopelágicos y bentónicos de la costa de Chile continental e insular occidental es aún incompleto, a pesar que en los últimos años se han incrementado considerablemente los estudios con relación a este grupo. Es necesario incrementar los programas de formación de investigadores jóvenes especializados en el grupo, a través de proyectos de investigación y cursos impartidos por los especialistas nacionales, de manera de asegurar la transferencia de conocimiento hacia las nuevas generaciones de científicos. Es imperativo desarrollar estudios sobre fisiología, reproducción, sistemática y biotecnología, actualmente inexistentes para la mayoría de las especies de poliquetos de Chile. La exploración de ecosistemas marinos poco investigados hasta ahora en Chile, como son la zona del talud continental hasta la zona hadal, las filtraciones frías de metano y la zona de mínimo oxígeno, permitirán potencialmente descubrir y aumentar el número total de especies registradas en Chile, y a su vez incrementar el conocimiento general sobre el rol de las especies que se distribuyen en estos ecosistemas marinos.

11.2.3 PHYLLUM PLATYHELMINTHES GUSANOS PLANOS (SÓLO DE VIDA LIBRE)

La sistemática supragenérica de los platyhelminthos aún no es clara y discutida. De las clases reconocidas: Turbellaria, Temnocephalida, Monogenea, Trematoda y Cestoda, las tres últimas incluyen una gran cantidad de especies parásitas de animales, muchas de ellas altamente específicas, cuyo análisis debe ser realizado en un marco especial (y no incluido en esta revisión). De las dos que incluyen especies de vida libre, sólo Turbellaria contiene especies del ámbito marino.

Dentro de los representantes chilenos de la Clase Turbellaria (planarias), los Subordenes Paludicola y Terricola, ambos del Orden Tricladida, habitan en ambientes continentales, y el resto son fundamentalmente marinos.

En el siguiente cuadro se indican la cantidad de especies de Turbelarios de ambientes marinos.

Tabla 3. Turbelarios de ambientes marinos

Orden	Suborden	Familia				
Archoophora	Acoela	Convolutidae	2	2		
		Mecynostomidae	1	1		
		Haploposthiidae	1	1		
		Isodiametridae	3	5		
		Solenofilomorphidae	1	1		
	Macrostomida	Macrostomidae	1	1		
Eulecithophora	Mesostomida	Promesostomidae	1	1		
		Trigonostomidae	4	6		
		Typhloplanidae	1	1		
	Calyptorhynchia	Polycystidae	5	8		
	Plagiostomida	Cylindrostomidae	3	4		
Plagiostomidae		2	4			
Protriclada	Crossocoetes	Monocelididae	3	5		
Tricladida	Maricola	Bdellouridae	1	1		
		Procerodidae	1	7		
Polycladida	Acotylea	Latocestidae	1	1		
		Callioplanidae	1	1		
		Notoplanidae	2	6		
		Stylochoplanidae	1	1		
		Planoceridae	1	1		
		Euplanidae	2	2		
	Cotylea	Euryleptidae	3	6		
		Pseudocerotidae	2	2		
		Polycladida	Cotylea	Stylochoididae	1	1
	24	44	69			

11.2.4 PHYLUM CHAETOGNATHA

GUSANOS FLECHA

Walter Sielfeld, Guillermo Guzmán

Animales pequeños de hasta 14 mm de longitud total, de simetría bilateral, enterocelomados, sin sistemas circulatorio, excretor y respiratorio (Boltovskoy, 1981), cuerpo alargado, dividido por dos tabiques, en tres segmentos: segmento anterior o cefálico, segmento intermedio o tronco, y segmento posterior o caudal.

El segmento cefálico o cabeza es de forma subtriangular y/ o trapezoidal, presenta un ganglio nervioso y en su cara ventral la boca, rodeada por una o dos hileras de dientes. Algunos géneros (*Bathyspadiella* y *Krohnitella*) carecen de dientes. Lateralmente a la boca se proyectan ganchos de tipo quitinoso, cuyo borde puede ser liso o aserrado en algunas formas. En la superficie dorsal de la cabeza destacan estructuras con material pigmentario, llamadas "ojos", de ubicación y estructura variable según las especies, también ausentes en algunas consideradas "ciegas". En la cara dorsal además una especie de surco ciliado, dispuesto en una forma más o menos ovalada, de extensión variable según la especie y de función aparentemente sensorial.

El tronco comienza en una estrangulación o "cuello" y está separado de la cabeza por un septum. En su cara ventral el tronco presenta un ganglio ventral, que destaca como pequeña mancha oscura y ligeramente prominente. En algunos casos el cuello y parte del tronco están cubiertos por un epitelio refringente, también llamado "Collarete". El celoma del tronco es surcado por el tubo digestivo, que desemboca ventralmente a la altura del septum entre tronco y cola. A ambos lados del tubo digestivo se disponen los ovarios, y los oviductos desembocan a cada lado a nivel del tabique tronco/caudal. Sobre el segmento dorsal se implanta el "primer par de aletas laterales" y la parte anterior del "segundo par de aletas laterales".

La región caudal presenta el celoma dividido longitudinalmente por un septo, donde cada mitad aloja un testículo, cuyos gonoductos terminan en una "vesícula seminal" ubicada a ambos lados inmediatamente por delante de la aleta caudal. La región caudal presenta lateralmente el único par de aletas laterales (en las especies que tienen solo un par) o el segundo par de aletas laterales (En las especies que tienen dos pares de aletas laterales). Distalmente la cola presenta un "aleta caudal" de forma más o menos espatulada.

Los quetognatos son considerados en general como exclusivamente carnívoros, muy activo, móviles y voraces (Boltovskoy, op. cit.), sin embargo diversos autores (ej. Bigelow, 1926; Pearre, 1974; Muraki, 1959; entre otros) señalan consumo de diatomeas, dinoflagelados, foraminíferos, tintínidos, junto a anfípodos y medusas, entre otros.

A excepción del género *Spadella* los quetognatos son de tipo holoplanctónico y respecto de su distribución vertical Vinogradov (1968) reconoce especies epipelágicas (0-200 m de profundidad), especies batipelágicas (500-1000 m de profundidad) y especies euribáticas (desde la superficie a más de 6000 m de profundidad).

Desde un punto de vista sistemático, sus especies se reúnen en una única clase Sagitoidea, con dos órdenes y nueve familias (Thuesen, 2015). La nomenclatura genérica sigue la propuesta de Tokioka (1965).

Para Chile se reconocen unas 25 especies, distribuidas en los dos órdenes existentes y en cinco familias, tal cual se muestra en la siguiente tabla:

Clase	Orden	Familia	Géneros	Especies
Sagitoidea	Aphragmophora	Sagittidae	8	17
		Krohnittidae	1	2
		Pterosagittidae	1	1
	Phragmophora	Eukrohniidae	1	4
		Heterokrohniidae	1	1
		5	12	25

Nota: se incluyen algunas especies que habitan sólo en aguas antárticas o subantárticas.

11.2.5 PHYLUM CNIDARIA (COELENTERATA)

ACTINIAS, MEDUSAS Y CORALES

Los celenterados son un grupo monofilético que representa a Eumetazoa (=Histozaa), y es considerado como parafilético de las esponjas (phylum Spongiae) que conforman los Parazoa (Claus et al., 1932).

La organización general, incluso en los adultos, no difiere notablemente de la organización de un estadio diploblástico tipo gástrula. El espacio interior o arquenteron, se presenta rodeado de endoderma, también denominada gastrodermis, y está en contacto con el exterior a través de una abertura única, denominada blastoporo. La pared externa está representado por un segundo epitelio, denominado epidermis o ectoderma. Los dos epitelios (epidermis y gastrodermis) se presentan separados por una laminilla, o por una sustancia gelatinosa, también conocida como mesoglea, la cual solo en algunas formas puede contener células, en ese caso de origen ectodérmico. Carecen de aparato circulatorio y excretor. El sistema nervioso es de tipo difuso, aun cuando en especies de vida libre, en que aparecen órganos de los sentidos (estatocitos, órganos de percepción de luz), pueden estar parcialmente diferenciados en cordones nerviosos.

Sexos separados, pero con casos de hermafroditismo en la mayoría de los subgrupos, en especial en Anthozoa y solo excepcionalmente en Ctenophora. En la reproducción de la mayoría de los celenterados, se origina una larva tipo planula y vida libre, la que origina una estadio polipoideo de tipo sésil, el cual da origen por la vía asexual a las formas sexuales y de vida libre y del tipo medusoideo. Incluye siete clases (ZR Taxonomical Hierarchy – Section 04, Zoological Record vol. 134, 1999): Anthozoa, Scyphozoa, Hydrozoa, Dipleurozoa, Hydroconozoa, Protomedusae y Cubozoa, de las cuales a la fecha solo hay registros de las tres primeras clases para Chile. La sistemática que se adopta aquí sigue a Fauntin (2003), y reemplaza a las anteriores ordenaciones propuestas por Carlgren (1949) y Andres (1883).

La sistemática de Cubozoa ha sido revisada recientemente por Gershwin (2005) con la adición de numerosas nuevas especies.

CLASE ANTHOZOA - ANTOZOOS

Los pólipos antozoos presentan un cuerpo tubuliforme, hueco, con una placa basal de fijación y una placa oral que porta tentáculos. En el interior presentan un celoma único, que se prolonga dentro de los tentáculos. Respecto a Hidrozoa, presenta diferencias por el mayor desarrollo de la cavidad gastral, donde la boca no comunica directamente con el estómago, sino a través de un esófago, en cuyo fondo

se presenta una válvula que regula el paso al estómago. Por otro lado las paredes del estómago presentan una serie de septos (pliegues o separaciones) que definen nichos entre ellos. Estos aparecen en forma de ocho (Octocorallia) o múltiplo de seis (Zoantharia). El borde libre de los septos puede ser rizado, plegado y tuberoso, formando los llamados filamentos mesentéricos, ricos en glándulas y células urticantes. Reproducción por gónadas que se disponen en los septos, con sexos separados. La fecundación se realiza en la cavidad gastral de la hembra. También asexualmente mediante yemación. Según ITIS Hierarchical Report (2000) la clase incluye las siguientes tres subclases: Zoantharia (=Hexacorallia), Alcyonaria (=Octocorallia) y Cerianthipatharia, todas ellas con representantes para Chile.

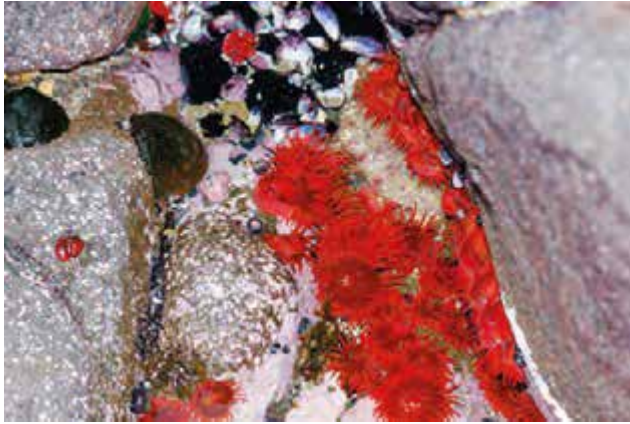
Para Chile se reportan 249 entidades taxonómicas, pertenecientes a 62 familias distintas. Ver composición en la siguiente tabla:

Subclase	Orden	Familia	Géneros	Especies
Zoantharia	Corallimorpharia	Corallimorphidae	2	4
	(=Hexacorallia)			
	Actinaria	Liponematidae	1	1
		Gonactiniidae	1	1
		Preoactiidae	1	1
		Halcuriidae	1	1
		Hormathiidae	7	8
		Sagartiidae	5	6
		Metridiidae	1	2
		Isanthidae	1	1
		Edwardsiidae	2	2
		Galatheanthemidae	1	1
		Halcampidae	2	2
		Halcampoididae	1	1
		Haloclavidae	1	1
		Octineonidae	1	1
		Actinidae	14	19
		Aiptasiomorphidae	1	1
		Isophelliidae	1	1
		Actinoscyphiidae	1	1
		Actinostolidae	9	12
	Zoanthinaria	Zoanthidae	5	7
	(=Zoanthidea)			
	Scleractinia	Poritidae	1	1
	(=Madreporaria)			
		Agarisiidae	1	2
		Faviidae	1	2
		Fungidae	1	1
		Fungicyanthidae	1	4
		Micrabaciidae	1	2
		Rhizangiidae	2	3
		Fungicyanthidae	1	4
		Micrabaciidae	1	2

Subclase	Orden	Familia	Géneros	Especies
		Rhizangiidae	3	4
		Oculinidae	2	2
		Parasmyliidae	1	1
		Pocilloporidae	1	7
		Thamnastraeidae	1	2
		Seriatoporidae	1	1
		Dendrophilliidae	1	1
		Flabellidae	4	11
		Caryophylliidae	6	16
		Turbinoliidae	1	1
Ceriantipatharia	Antipatharia	Antipatharidae	1	4
		Antipathidae	2	4
		Cladopathidae	2	2
		Leiopathidae	1	1
		Myriopathidae	1	1
		Schyzopathidae	2	3
		Stylopathidae	1	1
Alcyonaria	Pennatulacea	Kophobelemnidae	1	1
	(=Octocorallia,			
	Octanthida)			
		Pennatulidae	1	3
		Umbellulidae	1	3
		Stachyptylidae	1	1
	Alcyonacea	Alcyonidae	1	8
	(incl. Gorgonacea)			
		Acanthogorgidae	2	4
		Paramuriceidae	3	7
		Chrysogorgiidae	1	1
		Gorgonidae	3	8
		Isidae	6	6
		Plexauridae	2	2
		Primnoidae	14	39
		Subergorgiidae	1	1
		Flexauridae	2	3
		Clavulariidae	4	5
		62	142	249



Medusa (*Chrysaora plocamia*). Foto: Jorge Herreros.



Actinias rojas en pozas intermareales de Arica. Foto: Jorge Herreros



Actinia naranja (*Phymantea pluvia*), en el intermareal rocoso de Las Cruces, Región de Valparaíso. Foto: Jorge Herreros

CLASE SCYPHOZOA MEDUSAS GIGANTES

Incluye animales marinos sésiles y que forman parte del bentos (representantes del orden Stauromedusae, y estadios de pólipo de las medusas metagenéticas del orden Semaestomeae) o planctónicos (medusas metagenéticas). Los representantes de este grupo se distribuyen en todos los mares, con rangos batimétricos desde la superficie hasta la zona abisal. Se conocen especies de agua dulce, incluyendo ambientes límnicos de Chile. La clase reúne alrededor de 175 especies todas ellas de distribución prácticamente cosmopolita.

Características morfológicas distintivas de las medusas de las especies de este grupo son: simetría radial, presencia de tentáculos, la pared del cuerpo consiste de una epidermis externa y una gastrodermis interna, ambas separadas por una capa de mesoglea de característica gelatinosa; la boca es la única abertura del sistema digestivo; presencia de nematocistos urticantes en células especializadas y denominadas nematocitos; las medusas de este grupo son mucho más grandes y anatómicamente más desarrolladas que sus pólipos, y no presentan un velo en el borde interno del margen de la umbrela; esta estructura es característica de las hidromedusas y las cubomedusas (Clases Hydrozoa y Cubozoa).

Estas medusas están sujetas a un ciclo de vida relativamente complejo que incluye una larva muy pequeña (menor a 1 mm) de tipo ciliada y de vida libre (planula). Esta larva de tipo fundamentalmente planctónico se transforma paulatinamente y después de horas o días, en un pólipo tentaculado (scyphistoma), que alcanza algunos milímetros de altura y se pueden reproducir asexualmente formando cistos (podocystos). Bajo condiciones favorables los Scyphistomae pueden sufrir segmentación transversa y metamorfosis de los segmentos (estrobilación). Los segmentos del pólipo en estrobilación (strobila) se transforman en medusas incipientes y que al desprenderse dan origen a medusas jóvenes de vida libre (ephyra). Un rápido crecimiento dará origen a la medusa adulta.

La parte basal remanente de la strobila puede revertirse a una scyphistoma, reproducirse asexualmente o estrobilar, o ambas cosas. Bajo condiciones adversas los estadios bentónicos pueden permanecer dormidos como podocistos. La mayoría de las medusas que presentan estadios sésiles, son de tipo nerítico, mientras que especies fundamentalmente oceánicas desarrollan larvas tipo planula que se transforman directamente en estadios de tipo ephydra.

La clase está dividida en cuatro ordenes: Stauromedusae, Coronatae, Semaestomae y Rhizostomatae. Sólo las tres primeras han sido reconocidas en territorio chileno, con 20 especies reconocidas agrupadas en 12 familias, tal cual se muestra en el siguiente cuadro.

Scyphozoa presentes en Chile

Orden	Suborden	Familia	Géneros	Especies
Stauromedusae	Eleutherocarpida	Lucernariidae	1	2
		Kishinouyeidae	1	1
Coronatae		Atollidae	1	1
		Nausithoidae	1	4
		Periphyllidae	1	3
		Tetraplatidae	1	1
Semaestomeae		Pelagidae	2	2
		Cynaetidae	1	3
		Ulmaridae	3	3
		9	12	20

CLASE MYXOZOA

Los Myxozoa (literalmente, animales mucosos) son parásitos obligados de peces marinos y continentales y briozoos de aguas continentales (Cairns et al., 2009). También han sido reportados en anfibios, reptiles y el cerebro de un topo (Kent et al., 2001), así como en un humano HIV positivo.

Los Myxozoos habitan en forma ameboidea algunos órganos huecos, tales como la vesícula biliar y urinaria, o en tejidos conectivos, entre células de la piel, agallas, riñones, hígado, páncreas, cerebro, intestino o músculo, donde se pueden

enquistar en el tejido del huésped, o propagarse difusamente, e incluso dividirse en fragmentos. Desde el punto de vista de sus huéspedes, pueden ser relativamente inofensivos, pero en muchos casos pueden dar origen a masas tumorosas e incluso licuefacción de tejidos. Esto último justifica el nombre Myxozoa (del griego myxa = mucus).

Ya sean cistos o licuefacción de tejidos, esto afecta el valor de mercado de los peces y algunos incluso pueden causar castriación parasítica de sus huéspedes, enfermedades e incluso su muerte por daño y destrucción de tejidos.

RELACIONES FILOGENÉTICAS:

Trabajos recientes de investigación molecular y de ultraestructura genética han sugerido que los myxozoos serían organismos parásitos derivados de los cnidarios (Kent et al., 2001). Análisis moleculares posteriores demostraron en forma ya conclusiva que los myxozoos representan una rama de cnidarios altamente especializada (Jiménez-Guri et al., 2007), que basado en secuenciación de genes calzarían con los Cnidaria Medusozoa (no de Anthozoa) (Jiménez-Guri et al., op. cit.).

Sus cápsulas polares parecen homólogas a los nematocistos de las narcomedusas y además su multicelularidad, el tipo de unión celular y la producción de colágeno los relacionan con los metazoos (Siddall et al., 1995).

La literatura más antigua incluía a los myxozoos como orden Myxosporidia, de la subclase Cnidosporidia y la clases Sporozoa del reino de los Chromistas (Parker, 1982). Tal como lo dicen sus nombres, estos organismos presentan esporas, las cuales en el caso de los myxozoos tienen unas estructuras denominadas cápsulas polares, a semejanza de los nematocystos (cnidae) presentes en los cnidarios. Por lo tanto una vez en el intestino de huésped, ya sea los jugos digestivos u otros estímulos causarían la descarga o liberación de las cápsulas polares y fijando las esporas a la pared del tracto digestivo.

Cuando las esporas eclosionan, su protoplasma penetra en forma parecida a una ameba, a través de la pared del tubo digestivo al torrente sanguíneo, el cual lo transporta a diversos tejidos. Una vez asentada en estos, la "ameba" crece a una fase multinucleada del tipo "plasmodio" en el que se producen esporas infectantes, las cuales al ser consumidas por un depredador reinician su ciclo.

CLASIFICACIÓN

En 1910 se encontró un parásito vermiforme en colonias de bryozoos de Bélgica, Alemania y Turquestán, caracterizado por la presencia de musculatura y ausencia de tubo digestivo y sistema nervioso central, denominado *Buddenbrockia*, que sin embargo no pudo ser clasificado a nivel de phylum.

Muy posteriormente con material nuevo y fresco, colectado en Ohio y Francia, *Buddenbrockia* pudo ser estudiado con

técnicas de microscopía electrónica y secuenciación molecular, mostrando sorprendentemente tener cápsulas polares tipo myxozoo y semejando a aquellas de *Tetracapsula* (Okamura et al., 2002), un myxozoo investigado anteriormente por (Okamura et al., 2001).

Las evidencias molecular mostraron por otro lado que *Buddenbrockia plumatellae* no sería otra cosa que un estadio vermiforme de *Tetracapsula bryozoides* (Monteiro et al., 2002).

Sobre la base de lo anterior, Monteiro et al. (2002) sugieren el siguiente escenario evolutivo de Myxozoa: Un grupo antecesor común a todos, caracterizado por una fase vermiforme y un estado no móvil, formador de esporas infectantes (malacosporios). Un grupo derivado que perdió todo vestigio de forma vermiforme, evolucionando hacia una forma plamoidal en que se desarrollan las esporas (myxosporios).

Sobre la base de lo anterior los Myxozoa se consideran una clase independiente dentro del phylum Cnidaria (Anthozoa, Staurozoa, Scyphozoa, Cubozoa, Hydrozoa, Myxozoa) y formado por dos subclases: Malacosporia y Myxosporia (Canning et al., 2000).

Los Myxozoa son por lo general clasificados sobre la base de las características de sus esporas, el número de cápsulas polares/cnidae, y el número de valvas mediante las cuales éstas son descargadas y a la fecha se han descrito a nivel mundial alrededor de 1350 especies de myxozoos, distribuidos en aproximadamente 52 géneros. Por su especificidad es, sin embargo, muy probable que existan tantas especies de myxozoos como de peces.

En Chile los myxozoos están representados por 15 especies, agrupados en 4 familias, como se muestra en el siguiente cuadro:

Subclase	Orden	Familia	Géneros	Especies
Myxosporia	Bivalvulida	Ceratomyxidae	1	6
		Myxobolidae	2	3
	Multivalvulida	Kudoidae	1	5
Malacosporia		Saccosporidae	1	1
			4	15

CLASE HYDROZOA (PHYLUM CNIDARIA) HIDROMEDUSAS

La clase incluye medusas de tamaño mediano a pequeño, que forman parte importante del plancton marino. Estas medusas representan la fase sexuada de una alternancia de generaciones que también incluye una fase polipoidea sésil de reproducción asexual.

Morfológicamente estas medusas se caracterizan por los siguientes aspectos: simetría radial de tipo tetrámero; cuerpo en forma de campana o semiesfera (umbrella) con su superficie externa (exumbrella) convexa y una superficie interna

(subumbrella) de tipo cóncavo. En el centro de la concavidad del cuerpo se presenta una estructura mas o menos tubular de sección circular o cuadrangular (manubrio), cuyo extremo libre constituye la boca, la parte central el esófago y el fondo o sector mas basal, el estómago. El borde de la boca puede ser liso o crenulado. El estómago se conecta con una red de canales (sistema gastrovascular) que distribuye nutrientes a los diversos sectores del animal. Esta red considera canales radiales (4 o mas) que comunican con un canal periférico que corre paralelo al margen de la umbrella, y puede o no continuar a lo largo de los tentáculos. En el borde de la umbrella y hacia adentro de este, se presenta un velo que se contrae rítmicamente y regula la entrada de agua a la cavidad. En el margen del cuerpo se presentan tentáculos en número de 4, 8, 16 o 32. El número se incrementa con la edad de la medusa, siendo estos sólidos o huecos, nacen de un bulbo basal que puede estar tanto en la cara interna del borde (adaxial) o en la externa (abaxial). En algunas especies un bulbo puede sostener más de un tentáculo. El margen de la umbrella sostiene también otras estructuras tales como tentáculos secundarios, bulbos marginales, cirros, océlos y estatocistos.

Hay importantes diferencias taxonómicas según autor. Según ZR Taxonomic Hierarchy (Zoological Record, vol. 134, octubre 1999) la clase Hydrozoa esta constituida por ocho ordenes, todos ellos de amplia distribución en ambientes marinos y citados también para Chile. Esta ordenación es tambien consecuente con aquella de Brusca & Brusca (1999), salvo el orden Hydrocorallia, en que mantiene a Milleporina y Stylasterina como ordenes independientes. Sin embargo hay importantes diferencias con lo publicado en el Worl Register of Marine Species - WoRMS (www.marinespecies.org).

Hydrozoa incluye una especie que habita aguas continentales, incluyendo Chile. La ordenación sistemática general del grupo es la siguiente:

Para Chile se reconocen unas 457 especies (validez revisada en World Register of Marine Species – WoRMS, 2015), distribuidas en 59 a 62 familias según autoridad. En la siguiente tabla se indican las familias presentes en Chile (algunas sólo para aguas antárticas).



Medusa colonial llamada fragata portuguesa (*Physalia physalis*). Foto: Jorge Herreros.

Hydrozoa en Chile

Orden	Suborden	Familia	Géneros	Especies		
Hydrocorallina	Stylasterina	Stylasteridae	11	23		
Trachylina	Trachymedusae	Geryonidae	2	2		
		Rhopalonematidae	10	14		
		Olindiasidae				
		(=Olindiidae)	1	1		
		Ptychogastridae	1	1		
		Halicreidae	4	5		
		Narcomedusae	Aeginidae	2	2	
		Solmariidae	2	5		
		Tetraplatidae	1	1		
		Cuninidae	3	6		
		Hydroida	Limnomedusae	Moerisidae		
				(=Halimedusidae)	1	1
				Olindiidae		
(=Olindiidae)	2			2		
Proboscidactylidae	1			4		
Anthomedusae (Athezata)	Hydractiniidae			2	9	
Rathkeidae	2			2		
Rhysiidae	1			1		
Eudendriidae	1			7		
Hydriidae	1			1		
Pandaeidae	8		11			
Bougainvilliidae	4		11			
Oceaniidae	2		2			
Cytaeidae						
(=Cytaeidae)	2		2			
Clavidae						
(=Oceaniidae)	1		1			
Calycopsidae						
(=Bythotiaridae)	2		3			
Russellidae	1		1			
Bythotiaridae	2	2				
Zanclidae	1	1				
Tabulariidae	4	8				
Corymorphidae	2	3				
Corynidae	3	4				
Eleutheriidae						
(=Cladonematidae)	1	2				
Porpitidae	1	1				
Margelopsidae	1	1				
Familia indet.	1	1				
Leptomedusae (=Thecata)	Aequoreidae	1	4			
	Campanulariidae	9	33			
	Campanulinidae	6	6			
	Eirenidae	1	1			
	Haleciidae	2	13			
	Halopterididae	2	11			
	Kirchenpaueriidae	2	24			
	Lafoeidae	8	20			
	Laodiceidae	3	3			
	Lovenellidae	1	1			

	Mitrocomidae	3	4	
	Phialellidae	1	4	
	Plumularidae	3	11	
	Sertulariidae	9	104	
	Synthechiidae	1	1	
	Thyrosophidae	1	1	
	Tiarannidae	3	5	
Siphonophorae	Cystonectae	Physaliidae	1	1
		Rhizophysidae	1	2
	Physonectae	Pyrostephidae	1	1
	Agalmidae			
	(= Agalmatidae)	3	5	
	Athorybiidae			
	(= Agalmatidae)	1	1	
Calycophorae	Prayidae	3	7	
	Hippopodiidae	2	5	
	Clausophyidae	2	2	
	Diphyidae	8	34	
	Sphaeronectidae	1	4	
	Abylidae	6	8	
		62	169	457

Nota: hay importantes diferencias con la sistemática seguida en WoRMS y en ITIS, es un grupo que requiere revisión. Se incluyen especies que citadas sólo para aguas antárticas y subantárticas.

11.2.6 PHYLUM CTENOPHORA

CTENÓFOROS O MEDUSAS CON COSTILLAS

Organismos marinos planctónicos, relativamente similares a los cnidarios, difiriendo sin embargo porque los cilios para nadar se encuentran fusionados en "placas natatorias" o "ctenes" que se disponen además en ocho costillas o "costae" que le dan el nombre al grupo.

No presentan nematocistos, salvo excepciones, pero presentan células adhesivas llamadas "coloblastos" con las cuales capturan su alimento. Simetría biradial. Todos los ctenóforos son hermafroditas, con dos periodos de maduración (disso-gonia). Las gónadas se ubican en el mesoderma de los canales meridionales. No presentan polimorfismo, ni alternancia entre fases polipoideas y medusoideas. Las larvas son del tipo cidipoide, sin existir larvas del tipo planula. La cavidad gastrovascular es de origen ectodérmico, y por lo tanto no es homóloga a la actinofaringe de los Anthozoa (Hennig, 1994). Esta cavidad termina en un "estómago central" del que salen los siguientes canales: 1. Un canal hacia el estatocito aboral, y de este salen cuatro "canales de excreción", dos de ellos se abren hacia fuera mediante un poro; 2. Dos "canales faríngeos"; 3. Dos "canales tentaculares"; 4. Ocho "canales radiales" que desembocan cada uno en un canal meridional que corre bajo la fila de las placas natatorias de cada costilla.

Los ctenóforos se dividen en dos clases y cinco ordenes, de acuerdo a la disposición de las filas de peines, los tentáculos y la forma del cuerpo. La Clase Tentaculata posee cuerpo de forma variable, desde esférico a muy comprimido desde adelante hacia atrás, y la Clase Nuda de cuerpo más o menos esférico y sin tentáculos, con boca muy grande y el extremo distal de los canales faríngeos se presenta dividido en dos ramas de las cuales una se dirige hacia atrás y la otra hacia delante, rodeando la boca en forma de un anillo vascular.

Para Chile se han registrado especies de ambas Clases, con ocho especies agrupadas en cinco familias, acorde lo señalado en el siguiente cuadro:

Ctenophora en Chile

Clase	Orden	Familia	Géneros	Especies
Tentaculata	Thalassocalycida	Thalassocalycidae	1	1
	Cidippida	Pleurobranchiidae	1	2
		Mertensiidae	1	2
	Cestida	Cestidae	1	1
Nuda	Beroida	Beroidae	1	2
			5	5

11.2.7 PHYLUM ENTOPROCTA (KAMPTOZOA)

GUSANOS CALICIFORMES

Reúne animales acuáticos, fundamentalmente marinos y sólo ocasionalmente continentales. El cuerpo se presenta formado por dos partes: el "tallo" o base y el "cáliz" o cuerpo. La separación entre ambos puede ser más o menos marcada, así como también la longitud del tallo puede ser variable. El cáliz siempre se presenta rodeado por numerosos tentáculos, y tanto la boca como el ano se abren en el "atrio" o vestíbulo del cáliz. La alimentación es de tipo micrófaga, donde las partículas alimenticias pasan a la boca por la acción de los cilios o tentáculos.

El sistema excretor está representado por un par de proto-nefridios que desembocan en forma conjunta en un poro ubicado en el atrio. El sistema nervioso está representado por un ganglio subentérico, de disposición ventral. La reproducción puede ser asexual por yemación o sexual, mediante gónadas pares que desembocan al exterior por un gonoducto común. Los individuos pueden ser hermafroditas o de sexos separados. Las larvas son pelágicas y los enteroproctos adultos viven fijados al sustrato y pueden ser solitarios (Familia Loxosomatidae) o formar colonias. En este último caso se reconocen dos grupos: Astolonata (Familias Urmatellidae y Loxocalipodidae) en que los individuos están unidos por una placa basal, y Stolonata (Familias Pedicellinidae y Barentsiidae) en que los individuos están unidos por estolones.

Osburn (1953) entrega una primera visión de la situación del grupo en el Pacífico sur oriental y luego Viviani (1969) estudia los entoproctos del litoral continental de Chile, con la descripción de un nuevo género y nuevas especies. Estas descripciones son presentadas en su tesis doctoral en la Universidad de Giessen y aparentemente sin otro tipo de publicación oficial. Aquí se mantiene su nombre, aun cuando es materia de discusión si esto es una publicación válida para el establecimiento de nuevas taxa.

Los entoproctos de la Antártida han sido poco estudiados. Hasta 1973 sólo cinco formas coloniales habían sido descritas para el Océano Austral, provenientes principalmente de la región patagónica subantártica: *Pedicellina australis* Ridley, 1881, del estrecho de Magallanes, la costa patagónica y las islas Falkland: *Barentsia capitata* Calvet, 1904, *Barentsia variabilis* Calvet, 1904 que fue reportada para las islas Georgia del sur y Falkland, y *Barentsia aggregata* Johnston & Angel, 1940 de las islas Macquarie, Heard, Marion y Kerguelen. Emschermann (1993) actualiza la situación de las especies presentes en la Antártida occidental y Wasson (2002) revisa la situación en las aguas en torno a Australia y Nueva Zelanda.

Las especies marinas conocidas para Chile se ordenan en dos familias, Loxosomatidae que nunca forma colonias y Pedicellinidae que forma colonias unidas por estolones. En el siguiente cuadro se indica la diversidad del Phylum para Chile.

Entoprocta en Chile

Familia	Géneros	Especies
Loxosomatidae	1	9
Pedicellinidae	5	19
	6	28

Nota: el Phylum incluye especies exclusivamente antárticas para Chile.

11.2.8 PHYLUM KINORHYNCHA GUSANOS ERIZO

Kinorhyncha es un phylum de animales marinos y microscópicos, que viven en sedimentos fangosos o arenosos, u ocasionalmente asociados a algas calcáreas o grampones de fijación de macroalgas (Zelinka, 1928; Moore, 1973; Higgins, 1983; Neuhaus & Higgins, 2002; Neuhaus, 2004), desde 0 a 7800 m de profundidad en la Fosa de Atacama (Danovaro et al., 2002).

Animales de tamaño pequeño (hasta 2 mm de longitud), cuerpo de forma alargada, formado por 13 ó 14 segmentos denominados "somitos", el primero de ellos es la cabeza, que esta armada con espinas (escálidas y trichoescálidas); una corona de estiletes alrededor de la boca; los segmentos del cuerpo están formados por una parte dorsal o "tergo" y otra ventral o "esterno". El sistema nerviosos representado por

ganglio ordenados en un cordón nervioso de disposición ventral; aparato excretor representado por dos "protonefridios", que desembocan cada uno independientemente al exterior, a nivel del 11. Epidermis de tipo sincisial y cutícula extraepitelial.

Distribución exclusivamente marina, en aguas templadas y antárticas. La alimentación consiste en detritus y diatomeas. Traslación mediante fijación de las escalidas en el sustrato y posterior arrastre por contracción, del cuerpo. La reproducción es de tipo sexuada, fecundación interna, sexos separados, machos armados de una espícula de copulación o " mediante gónadas pares y sacciformes, cada una con un gonoducto que desemboca independientemente al exterior en un "gonoporo" a nivel del 13 somito.

Para el Océano Pacífico sur oriental se han reportado escasas especies: *Pycnophyes chilensis* Lang, 1953 y *Kinorhynchs anomalus* (Lang, 1953) del Golfo de Ancud (Lang, 1953), *Catena styx* Gerlach, 1956 de playa Cachagua y Reñaca: Valparaíso (Brown & Higgins, 1983) y *Echinoderes sp.* (Osorio & Iguain, 1987). Schmidt (1974) ha encontrado además a *Echinoderes pacificus* Schmidt, 1974 en aguas someras de Galápagos.

En Chile se registran solamente cinco especies, pertenecientes a los dos únicos órdenes que posee el Phylum.

Kinorhyncha en Chile

Orden	Familia	Géneros	Especies
Cyclorhagida	Cateriidae	1	1
	Echinoderidae	2	2*
Homalorhagida	Pycnophyidae	2	2
		3	5

*además se reporta un especie identificada sólo a nivel de género

11.2.9 PHYLUM PRIAPULIDA PRIAPÚLIDOS

Organismos vermiformes de tipo bentónico, todos de vida marina. Tamaño pequeño, de alrededor de 10 cm de longitud total, hábitos cavadores, moviéndose en el sustrato mediante movimientos de tipo peristáltico.

Cada individuo está constituido por un cuerpo y un prosoma. El primero es más o menos anillado y el segundo cubierto por espinas. La epidermis es de estructura muy particular, presentando entre las células espacios rellenos de líquido. Presentan una cutícula de tipo extracelular. El sistema nervioso contempla un anillo perifaringeo, un nervio ventral y otro epidérmico.

El celoma (o pseudoceloma de otros autores) se encuentra limitado o separado de la pared muscular (fibras circulares y longitudinales) y del sistema digestivo, por una membrana no nucleada y sin estructura definida. Esto se utiliza a menudo para discutir su posición o no entre los celomados.

Sexos separados; las gónadas y los protonefridios terminan en forma conjunta a ambos lados y cerca del orificio anal, en un canal urogenital.

Para el territorio chileno se citan dos especies asociadas al litoral continental (Tarifeño, 1995) y de profundidades <400 m. Sielfeld (2002) cita erróneamente a *Acanthopriapulius horridus* (Théel, 1911) para "estrecho de Magallanes", especie que es antártica (Adrianov & Malakhov, 1996; Clarke & Johnston, 2003), habiendo sido capturada en aguas de la Zona Económica de Nueva Zelanda (van der Land, 2010), frente a Argentina (Amor, 1975) y frente a Uruguay (material tipo de Théel, 1911). Schmidt-Rhaesa (2013) realiza un análisis de la situación de esta especie.

Priapulida en Chile

Familia	Especie	Distribución
Priapulidae	<i>Priapulopsis australis</i> (de Guerne, 1886)	90-400 m. Nueva Zelanda y Sudamérica (van der Land, 1970; Adrianov & Malakhov, 1996 a, b); En Chile: Valdivia, Golfo de Ancud (Wesenberg-Lund, 1955)
	<i>Priapulius tuberculatospinosus</i> Baird, 1868	circumantártico Atlántico sur, Nueva Zelanda (van der Land, 2015); Chile: Seno Reloncaví, Coquimbo: Herradura (Wesenberg-Lund, 1955)

11.2.10 PHYLUM ECHIURA GUSANOS CUCHARA, PINUCAS

Organismos vermiformes que habitan ambientes marinos litorales de las regiones polares, templadas y tropicales. Se les ha colectado también a grandes profundidades sobre el fondo de los océanos.

Son organismos invertebrados blandos, no segmentados, celomados y bilateralmente simétricos. Sus tamaños varían entre algunos milímetros hasta alrededor de 25 cm de longitud total, forma de salchicha, con cavidad interna (celoma) llena de líquido, no segmentado, pero limitado anteriormente por un diafragma. En esta cavidad se mueven libremente el tubo digestivo y demás órganos internos. En el extremo anterior del tronco una prosobosis muscular y sensorial, que no puede ser retraída dentro del cuerpo. La boca ubicada en la base de la prosobosis y el ano en el extremo posterior del cuerpo. En la superficie ventral del cuerpo, justo detrás de la boca, por lo general un par de cerdas. Uno o numerosos nefridios, por lo general dispuestos en pares, se disponen en las paredes del cuerpo. Un par de vesículas anales sirven de órgano de excreción. Sistema circulatorio cerrado, con un vaso dorsal y otro ventral, ambos cortos y pulsantes. El sistema nervioso contempla un anillo esofágico y un cordón nervioso, impar en el adulto. Sin ganglios

ventrales ni cerebroideos. Sexos separados y fecundación por lo general externa.

Los echiuros son marinos salvo algunas especies que habitan aguas salobres de la India. Organismos inofensivos que habitan lugares protegidos, por lo general en fondos arenosos o fangosos, donde viven en túneles en forma de "U". También utilizan grietas en las rocas, conchas deshabitadas y raíces de angiospermas marinas.

Su alimentación es de tipo detritívora. Mediante la prosobosis succionan arena, fango y partículas finamente fragmentadas de sus alrededores, para extraer nutrientes. La mayoría de las especies son de aguas profundas (abisales y hadales) y por lo mismo este grupo permanecen aun insuficientemente estudiado. Dattagupta (1976) realiza una revisión histórica de las clasificaciones supragenéricas del grupo y analiza y discute su ordenación más reciente, con una sinopsis de la clase Echiura mediante claves de familias y subfamilias. Respecto de especies conocidas para Sudamérica, destaca el listado de géneros y especies presentado por Amor (1976) y que indica 10 géneros y 14 especies conocidas para el área. A las especies antárticas occidentales se ha referido Saiz (1996) en su revisión de echiuros de las islas Shetland del sur da cuentas de al menos 7 conocidas para el sector antártico chileno, así como otras especies no identificadas (géneros *Prometor*, *Protobonellia*, *Sluiterina*, *Thalassonema*, *Prashadus*), que no han sido incluidas en la lista que sigue, pero que con su identificación y descripción, a futuro enriquecerán nuestra biodiversidad.

Echiura en Chile

Familia	Géneros	Especies
Urechidae	1	1
Echiuridae	2	2
Bonellidae	6	7
Binoraphoridae	1	1
4	10	11

Nota: se incluyen algunas especies exclusivas de aguas antárticas.

11.2.11 PHYLUM SIPUNCULA GUSANOS MANÍ, GUSANOS SIPUNCÚLIDOS

Organismos exclusivamente marinos, bentónicos y consumidores de partículas pequeñas y detritus. Tamaño desde 2 mm hasta 600 mm de longitud total. Se conocen a la fecha alrededor de 320 especies, sin embargo el estado de conocimiento del grupo sigue siendo aún insuficiente. El nombre de "gusano maní" alude a la forma de valvas de maní que presentan algunas especies.

Cuerpo de forma vermiforme, sin segmentación y simetría bilateral. La parte anterior del cuerpo puede ser retraída dentro de la parte ms posterior del cuerpo. Pared externa formada por fibras musculares circulares y longitudinales.

Sobre ellas una epidermis provista de cutícula. El celoma es indiviso, con un mesenterio rudimentario e incompleto. La abertura bucal esta provista en su borde ya sea interno o el marginal, por una corona de 10 a 30 tentáculos, los que en algunos casos sin embargo están ausentes. Cada tentáculo recibe uno o dos vasos sanguíneos que se unen a 1 o 2 sacos ciegos. Por contracción muscular de estos se introduce líquido en los tentáculos, con lo cual se extienden. Tubo digestivo con un surco ciliado ventral. El tubo digestivo se enrolla sobre sí mismo y desemboca en un ano ubicado en la región dorsal del individuo. El sistema circulatorio es de conformación muy simple y está representado por vasos asociados al sistema digestivo. Reproducción sexuada, con sexos separados y fecundación externa. Presencia de dos nefridios que desembocan en la parte anterior del cuerpo y canalizan también las células germinales.

De acuerdo a la revisión de Tarifeño & Rojas (1978) las costas de Chile estarían habitadas por 16 especies, repartidas en las familias Sipunculidae, Golfingiidae y Aspidosiphonidae. Cutler (1994) presenta una revisión sinóptica a nivel mundial de del phylum con nuevos antecedentes distribucionales.

Sipuncula en Chile

Familia	Géneros	Especies
Aspidosiphonidae	1	2
Golfingiidae	8	31
Sipunculidae	1	1
3	10	34

Nota: se incluyen algunas especies que habitan exclusivamente en aguas antárticas.

Las siguientes dos especies han sido citadas como "Punta Arenas" sin indicar país, por lo que no pueden ser atribuidas con certeza a Chile:

Antillisoma antillarum (Grube, 1858): citada para "Punta Arenas" (Chile) por Hérubel (1908). Es una especie principalmente tropical/subtropical pacífica.

Phalascosoma agassizii (Kieferstein, 1866) y *Ph. nigrescens* (Kieferstein, 1865), ambas citadas por Hérubel (1908) para "Punta Arenas" (Chile).

11.2.12 PHYLUM NEMERTEA

GUSANOS NEMERTINOS

Organismos vermiformes marinos, bentónicos y pelágicos. Generalmente de cuerpo aplastado dorsoventralmente, a veces con aletas laterales en las formas de vida pelágica. El espacio entre el tubo digestivo y la pared del cuerpo se encuentra relleno por parénquima (acelomados). Desplazamiento sobre el sustrato mediante cilios ubicados en la cara ventral del animal. La epidermis es glandulosa y ciliada.

Sistema nervioso representado por un cerebro y dos cordones nerviosos laterales de tipo intra o subepidérmicos; además ocelos y un órgano frontal en la parte anterior del animal.

El tubo digestivo incluye en las formas más especializadas una cavidad bucal, esófago, estómago, intestino delgado y recto. Termina en un orificio anal ubicado en el extremo posterior del individuo.

Puede existir una trompa, que es independiente de la boca y sirva para la captura de presas. Esta ésta constituida por un rincodeo, músculo retractor y rinocele. El sistema circulatorio es de tipo cerrado y consiste en dos vasos laterales unidos por una laguna cefálica. Las paredes de los vasos son contráctiles y pulsátiles. La sangre contiene pigmentos y en algunos casos células ameboides y hemoglobina.

La excreción está a cargo de un sistema de tipo protonefrídico doble. Cada unidad se abre al exterior en forma independiente o conjunta, mediante un nefridioporo. Carecen de órganos respiratorios, realizándose este proceso directamente a través de la piel, la que se presenta convenientemente irrigada para ese efecto.

Los sexos son por lo general separados, con gónadas en forma de bolsas llenas de gametos, son numerosas y se forman a partir del parénquima. Una vez maduro los gametos, las gónadas se abren individualmente hacia el exterior mediante un gonoporo.

Los estudios sobre nemertinos antárticos indican la existencia de alrededor de 19 y 17 especies descritas de hoplo y heteronemertinos respectivamente (extractados de Gibson, 1995). Sin embargo un estudio reciente de genes mitocondriales 16S rRNA (Mahon et al., 2010) da cuenta de la existencia de otros 19 lineajes moleculares previamente no caracterizados. Con su descripción el número de especies conocidas par el Océano Austral alcanzará a 42-45 especies bentónicas y 2 especies pelágicas, de las cuales aproximadamente 14 se distribuirían a lo largo de la península antártica, 28 al este del extremo de Sudamérica y el Arco de Escocia (Islas Georgia del Sur y Sandwich del Sur), y 6 especies son compartidas por ambas zonas (Mahon et al., op. cit.).

De acuerdo a Gibson (1985) las siguientes especies del hemisferio sur presentan descripciones pobres, e inadecuadas, de modo que su status no puede ser verificado: *Cerebratulus larseni* Wheeler, *Cerebratulus validus* Bürger, *Lineus autrani* Joubin, *Lineus turqueti* Joubin.

De acuerdo a la misma fuente la ocurrencia de *Lineus nigricans* Bürger en latitudes australes no es sustentable con los actuales datos. Las especies *Parapolia grytvikensis* Wheeler, *Cerebratulus malvini* Wheeler, *Chilineus glandulosa* (Bürger), *Huilikia ushuaiensis* Serna de Esteban & Moretto, *Micrura pacifica* Friedrich, *Wiotkenia friedrichi* Serna de Esteban & Moretto, deben ser aceptadas como válidas, pero incompletamente descritas.

Las especies que han sido citadas para territorio chileno son presentadas a continuación bajo la ordenación sistemáticas que recientemente ha propuesto Chernyshev (2011) para el phylum. Esta propuesta no es reconocida ni utilizada por el WoRMS, ni ITIS, ni EOL, donde en general se reconoce la presencia de las clases Anopla y Enopla.

11.2.13 PHYLUM PHORONIDA FORÓNIDOS

Los Phoronida son invertebrados vermiformes de tipo marino y con solo 15 especies conocidas (Moyano, 1995). La mayoría de sus especies están distribuidas en el hemisferio norte, donde viven enterrados en sustratos marinos blandos (Hyman, 1959). En Chile se conoce una sola especie, común en el litoral central, donde vive como perforante de sustratos calcáreos de origen animal, especialmente común en conchas de *Concholepas concholepas* y otros caracoles. Recientemente Avilés et al. (2007) han reportado su presencia en conchas del abalón rojo (*Haliotis rufescens*) en centros de cultivo de Chiloé.

Phoronis ovalis Whright, 1856, corresponde a la única especie registrada en Chile. Esta especie además de habitar en la costa sudamericana, se encuentra en el Ártico (Temereva et al., 2000) y norte de Europa (Hyman, 1959)

11.2.14 PHYLUM LORICIFERA

Loricifera fue descubierto recién hace unos 25 años (Kristensen, 1983) y es uno de los phyla menos conocidos de la fauna marina. Son animales de tamaño microscópico y descubiertos por primera vez frente a la costa de Francia (Kristensen, op. cit.) y después de la descripción de la primera especie del phylum: *Nanalaricus mysticus* Kristensen, 1983, hoy se conocen ya 33 especies, cifra que seguramente aumentará en el corto tiempo, con el descubrimiento de nuevas especies.

El phylum contiene un solo orden, Nanalaricida, para el cual se han creado tres familias: Nanalaricidae, Pliciloricidae y Urnalaricidae y descrito 10 géneros.

Sus especies han sido encontradas en diversas localidades del Océano Atlántico, a más de 8000 m de profundidad en el Pacífico noroccidental, Galápagos, el Mediterráneo, Océano Índico y Océano Antártico.

El territorio marítimo asociado a la costa continental y el sector insular de Chile aún no ha sido prospectado para este grupo zoológico, sin embargo su presencia se encuentra confirmada en aguas profundas del Mar de Weddel: Región Antártica (Gad, 2005), con una especie: *Rugiloricus doliolus* Gad, 2005 perteneciente a la Familia Pliciloricidae

11.2.15 PHYLUM GASTROTRICHIA GASTROTRICHOS

Animales no segmentados, de apariencia vermiforme y vida acuática. Los gastrotrichos se encuentran en aguas intersticiales de sedimentos finos, o entre detritus superficial, tanto en aguas marinas como continentales. La mayoría de las especies son pequeñas y menores al milímetro, solo unas pocas pueden alcanzar hasta 4 mm de longitud.

El cuerpo se presenta alargado y aplastado dorsoventralmente, junto con la definición de una especie de región cefálica. La región caudal a menudo está dividida en dos partes, originando una cola bífida. En la región cefálica se ubican la boca, faringe, órganos foto y quimiorreceptores. La cabeza porta también cuatro grupos de cilios sensoriales, a veces montados sobre protuberancias de tipo lobular. El sistema nervioso contempla un cerebro anterior de tipo tubular, conectado a dos cordones nerviosos de disposición ventral. Existen ocelos simples que proveen de información visual. Orificio anal posterior. La faringe conecta con el tracto gastrointestinal y lateralmente con los poros faríngeos, que permiten la expulsión de agua durante la alimentación. Epidermis de tipo sincisial, con presencia de escamas, espinas y/o cilios ventrales.

Los gastrotrichos son hermafroditas, donde los espermatóforos son tomados desde el poro masculino por el órgano copulatorio masculino, y transferidos al poro femenino del otro individuo en copula. La fecundación es interna, dando origen a huevos relativamente grandes.

El estado actual de conocimiento de los gastrotrichos de agua dulce de Sudamérica se basa principalmente en cuatro trabajos que describen alrededor de 15 especies (Daday, 1905; Cordero, 1918; Grosso, 1973). No existen citas de especies continentales en el territorio chileno, pero es indiscutible, que siendo comunes en el territorio argentino colindante, también deben estar presentes en territorio nacional.

En el territorio marítimo chileno su presencia ha sido reportada como abundante en la meiofauna abisal y hadal de la fosa de Atacama (Danovaro et al., 2002) sin hacer sin embargo referencia a las especies presentes. La única cita específica corresponde a Kienke (2010), quien hace referencia a una nueva especie, al norte de las islas Shetland del Sur, en el Paso Drake.

Sistemáticamente, los Gastrotrichia se dividen en dos clases: Macrodasioidea y Chaetonotoidea. Solo la primera ha sido encontrada en territorios chilenos. La segunda ha sido señalada para aguas continentales de Paraguay (Daday, 1905) y Tucumán: República Argentina (Grosso, 1986).

La única especie registrada para aguas de Chile es *Thaumastoderma antarctica* Kienke, 2010, una especie abisal del Paso de Drake, colectada unos 150 Km al N de islas Shetland del Sur (Kienke, 2010).

11.2.16 PHYLUM RHOMBOZOA

Animales pequeños (0,1- 7,0 mm; Hennig, 1994), forma más o menos vermiforme, con simetría bilateral, formados por células organizadas en dos capas: una externa, multicelular, de tipo continuo y denominada ectoderma, y en el interior una masa unicelular o multicelular según el caso, que representa el endoderma; sin tejidos y órganos propiamente tales: "epidermis" ciliada; la única estructura que asemeja un órgano son las "gónadas" que consisten en una o varias células reproductivas, cada una rodeada por una capa de células ciliadas; carencia de órganos de locomoción, salvo abundantes cilios asociados a las células ectodérmicas, mediante los cuales se movilizan por deslizamiento; reproducción sexuada y asexual; fecundación inadecuadamente estudiado y con incertezas, las larvas serían de tipo libre y los adultos parásitos y/o comensales en espacios intercelulares de otros invertebrados marinos; en ausencia de un sistema digestivo la alimentación se realiza por absorción directa de nutrientes.

Incluye especies son comensales de cefalópodos bentónicos, donde viven en los apéndices renales y nefridios y otros son directamente parásitos de estos cefalópodos. Alimentación de tipo osmógeno. En general se asume sobre la base de los estudios existentes que cada especie de cefalópodo tendría su propia especie de rhombozo. Presentan gónadas de tipo hermafroditico.

Stunkard (1982) consideró a Rhombozoa como una clase dentro de lo que alguna vez fue conocido como Phylum Mesozoa (hoy separado en cuatro Phylum distintos: Placozoa, Monoblastozoa, Orthonectida y Rhombozoa, sólo el último presente en Chile). Brusca & Brusca (1990) lo presenta como phylum independiente. Está integrado por dos grupos: Dicyemida y Heterocyemida, que aquí se mantiene a nivel de clase. Para Heterocyemida no hay registro de especies en Chile.

El estado del conocimiento de este grupo para aguas chilenas es escaso, y sólo una especie ha sido registrada para aguas territoriales, aunque identificada sólo a nivel de género: *Dicymenea sp.*, reportada por Muñoz et al. (2013) en un pulpo pigmeo (*Robsonella fontaniana*) desembarcado en el Muelle Barón, Bahía de Valparaíso.

En la siguiente tabla se mencionan las familias con algunas especies posiblemente presentes en Chile, así como algunos de aguas antárticas.

Rhomboza posible en Chile, incluida aguas antárticas y subantárticas.

Clase	Familia	Géneros	Especies
Dicyemida	Dicyemidae	3	8
	Kantarellidae	1	1
		2	9

11.2.17 PHYLUM PORIFERA ESPONJAS

Este phylum reúne animales metazoos muy primitivos, de tipo colonial y carentes de órganos y tejidos propiamente tal. En su estructura se distinguen cuatro tipos básicos de células medianamente diferenciadas entre si: 1. pinacocitos, equivalentes a la epidermis y cubriendo exteriormente la esponja; 2. porocitos que delimitan los poros de la esponja y a través de los cuales expele agua; 3. coanocitos o células flageladas que producen corrientes de agua y capturan partículas alimenticias y se disponen en las paredes de los canales interiores de la esponja; 4. amebocitos que se encuentran en todas partes de la esponja, almacenan, digieren y transportan nutrientes, excretan desechos, secretan esqueletos y pueden dar origen a yemas durante la reproducción asexual. Estas últimas células pueden presentar los siguientes tipos: a. amebocitos mayores, que se mueven mediante pseudópodos y distribuyen nutrientes a otras células del sistema; b. arqueocitos células no diferenciadas que pueden dar origen a pinacocitos o porocitos; 3. escleroblastos que producen espículas y pueden ser del tipo calcoblastos o productores de espículas de carbonato de calcio, o silicoblastos o productores de espículas de sílice.

Las espículas son prácticamente las únicas partes duras de las esponjas, razón por la cual son de gran valor taxonómico. Se reconocen cuatro tipos básicos de espículas: 1. Monoaxones (diactinica recta) de un eje, en formas de agujas o varas, rectas o curvas (diactinica curva); 2. Tetraxones (tetractinica) con cuatro puntas; 3. Triaxones (triactinica) o hexaxones (hexactinica) con 3 o 6 radios; 4. Poliaxones en los que se presentan múltiples espinas que salen de un centro común y que pueden otorgar forma de estrella a la espícula.

Las espículas se presentan en dos clases de talla, distintas en posición y función. Las mayores (megasclere) de cientos de micras hasta varios centímetros de longitud y otros pequeños (microsclere) de algunos cientos de micras en su dimensión mayor.

Los microsclere pueden presentar en cada extremo una expansión convexa, que porta seis o más dientes marginales, doblados hacia atrás. Estos microsclere se denominan amphidiscos.

Las esponjas pueden reunir uno más tipos de espículas en un individuo colonial, dependiendo de la especie. Algunas especies de esponjas no tienen espículas, sin embargo presentan

un esqueleto formado por secreción de una proteína que endurece y se denomina esponjina. Algunas especies pueden presentar tanto esponjina como espículas.

La estructura básica de las esponjas considera bajo la epidérmis (pinacocitos), la presencia de una capa de proteínas gelatinosas (mesenquima) que incluye también el material esquelético (espículas y/o esponjina) y células (amoebocitos).

Desde el punto de vista de su forma las esponjas son relativamente variables en cuanto a arquitectura y tamaño. Se reconocen sin embargo tres tipos básicos, que además denotan un creciente grado de especialización. Como tipo más simple destaca el tipo asconoideo en que existe simetría radial, la colonia presenta forma de tubo en la cual se distingue una cavidad interna (espongoceloma) y al cual se abren diversos poros de entrada de agua (ostia). El agua que fluye por el sistema sale al exterior por una abertura externa (osculum). Estas esponjas asconoideas presentan limitaciones de tamaño, ya que el sistema es incapaz de evacuar rápidamente cantidades ilimitadas de agua.

Las esponjas del tipo syconoideo derivan del tipo anterior, salvo que sus paredes presentan numerosas invaginaciones, mediante las cuales aumentan la superficie de filtrado de agua. Presentan simetría radial y alcanzan tamaños mayores a las esponjas asconoideas.

Como grupo más complejo destacan las esponjas del tipo leuconoideo, que han perdido la simetría radial adoptando formas muy irregulares y gran tamaño. Estas esponjas derivan del tipo anterior, donde las invaginaciones se transforman en canales profundos, a veces plegados, desarrollando cavidades ramificadas. De esa forma el espongoceloma se encuentra reducido al máximo y representado por canales que pueden desembocar en un osculum, o aberturas accesorias. De esa forma las esponjas son altamente eficientes en el filtrado de agua.

La reproducción puede ser de tipo asexual, con producción de yemas que aparecen como protuberancias en los costados de las esponjas. Cuando estas alcanzan cierto tamaño se separan de la planta madre para formar una nueva esponja. En el caso particular de las esponjas de agua dulce se presenta además un tipo de reproducción asexual que da origen a estructuras denominadas gemulas que son grupos de amoeobocitos cargados con nutrientes y rodeados por una coraza de espículas. Estas formaciones se gatillan frente a situaciones adversas tales como bajas de temperatura y permiten a la esponja pasar el periodo adverso, luego del cual la cubierta espicular se rompe y las células desarrollan una nueva esponja.

Se presenta también una reproducción de tipo sexual en la cual los amoeobocitos del mesenquima forman gametos. Existen esponjas de sexos separados y otras hermafroditicas, sin embargo en estas últimas por lo general la maduración

de huevos y espermios es diferida, a fin de evitar autofertilización. Los espermios son liberados vía osculum y penetran a otra esponja vía ostia. La fertilización se produce dentro de la esponja y los cigotos resultantes son expelidos, para dar origen a un nuevo individuo. Las esponjas carecen de órganos excretores y eliminan amonio directamente mediante el agua que circula dentro de la esponja.

Desde el punto de vista sistemático se reconocen los siguientes cuatro grupos naturales con rango de clases: Calcarea, Hexactinellida, Demospongiae y Sclerospongiae. La sistemática que aquí se sigue para cada uno de los grupos de esponjas se basa fundamentalmente en Brusca & Brusca (1990) y Hooper (2000).

La Clase Demospongiae reúne esponjas en su mayoría marinas, salvo una familia que es exclusiva de aguas continentales; en este grupo el esqueleto está formado por esponjina y puede o no incluir espículas de composición silícica (son de tipo monoaxon o tetraxon). Su forma es variable, aunque siempre de forma leuconoidea, y algunas alcanzan gran tamaño. Por su parte la Clase Calcarea reúne esponjas exclusivamente marinas, de tamaño reducido, en su mayoría de aguas poco profundas, con espículas compuestas por carbonato de calcio y de tipo monoaxon, triaxon o quadriaxon. Finalmente la Clase Hexactinellida también reúne especies únicamente marinas, que por lo general viven a profundidades bajo los 500 metros, todas del tipo syconoideo, en forma de copas o vasos y espículas de sílice, de tipo triaxon o hexaxon, fusionadas entre sí para formar una especie de esqueleto externo.

Para Chile se han registrado especies de las tres clases mencionadas, con más de 250 especies, acorde cuadro anterior:

11.2.18 SUBPHYLUM CRUSTACEAE CLASE MALACOSTRACA

INFRACLASE CIRRIPEDIA - CRUSTÁCEOS CIRRIPEDOS

Conforman un conjunto de crustáceos con una sistemática de grupos mayores que ha ido variando en el tiempo, especialmente a partir de los crecientes estudios genéticos, en reemplazo de las posturas taxonómicas basadas fundamentalmente en aspectos morfológicos.

Para este caso se adopta el esquema sistemático del World Register of Marine Species (WoRMS) (<http://www.marinespecies.org>), de acuerdo al cual los grupos distintos usualmente asignados a los cirripedios formarían parte de la superclase Multicrustacea. Aquí, Ascothoracida, que previamente correspondía a un Orden dentro de la Infraclase Cirripedia, es reconocida como una Infraclase a igual nivel que Cirripedia.

Porifera en Chile

Subphylum	Clase	Orden	Familia	Géneros	Especies		
Cellulatia	Demospongiae	Homosclerophorida	Plankinidae	1	2		
			Astrophorida	Ancorinidae	1	7	
		Geodiidae		3	2		
		Pachastrellidae		1	3		
		Spirophorida		Tetillidae	2	3	
				Hadromerida	Spirastrellidae	2	2
		Suberitidae			5	18	
		Timeidae			1	1	
		Polymastiidae			6	10	
		Latrunculidae			3	5	
		Clionidae			2	3	
		Tethyidae	1		3		
		Halichondrida	Halichondriidae		1	3	
			Axinellidae		4	6	
			Desmoxiidae		1	1	
			Dictyonellidae	1	1		
			Hymeniacionidae	1	3		
			Poecilosclerida	Raspaliidae	2	2	
				Isodictyidae	1	9	
				Mycalidae	1	6	
				Cladorhizidae	3	10	
				Crambeidae	1	3	
		Crellidae		1	1		
		Microcionidae		2	17		
		Podospongidae		1	1		
		Esperiosidae		1	3		
		Myxillidae		2	9		
		Guitarridae	1	1			
		Haplosclerida	Anchinoidae	3	4		
			Iophonidae	1	9		
			Acanthidae	1	1		
			Desmacellidae	1	2		
			Tedaniidae	1	12		
			Hymenodesmidae	5	10		
			Coelosphaeridae	1	2		
			Dictyoceratida	Chalinidae	3	8	
				Haliclonidae	1	9	
				Phloeodityidae	2	3	
		Callyspongiidae		1	2		
		Niphatidae		3	5		
		Dendroceratida		Spongiidae	3	6	
				Dysideidae	2	3	
		Calcarea		Clathrinida	Darwinellidae	1	1
					Halisarcidae	1	1
				Leucosolenida	Clathrinidae	2	5
			Leucaltidae		1	1	
			Leucettidae		2	3	
			Leucosoleniidae		1	5	
			Grantiidae		1	2	
			Heteropiidae		1	1	
			Jenkinidae		1	1	
			Staurorrhapidae		1	1	
		Sycettidae	1	5			
		Symplasia	Hexactinellida	Amphidiscosida	1	1	
				Phoronematidae	1	2	
			Hexactinosida	Farreidae	1	1	
				Euretidae	3	3	
				Coscinoporidae	2	4	
				Aulocalycidae	1	1	
			Lyssacinosa	Euplectellidae	7	9	
				Caulophacidae	1	8	
				Rosellinidae	8	17	
	62			118	283		

Nota: se incluyen algunas especies que habitan exclusivamente en aguas antárticas y/o subantárticas.

La Infraclase Ascothoracida, que previamente incluida como un Orden dentro de la Infraclase Cirripedia, agrupa a cirripedios con las primeras antenas de tipo prensil, cuerpo incluido en un caparazón de dos valvas, piezas bucales formando un cono oral modificado para picar y morder. Los apéndices torácicos son fundamentalmente natatorios, el primer par no conspicuamente modificado como estructura bucal accesoria. Se trata de ecto y endoparásitos de celenterados y echinodermos.

Los cirripedios registrados en Chile (Infraclases Ascothoracida y Cirripedia) están representados por unas 89 especies distribuidos en 57 familias distintas.



Pícorocos (Cirripedios) en Isla Navarino, desembocadura Río Robalo (Región de Magallanes y la Antártica Chilena). Foto: Jorge Herreros.

11.2.19 SUBPHYLUM CHELICERATA

CLASE PYCNOGONIDA (O PANTOPODA), ARAÑAS DE MAR

Artrópodos exclusivamente marinos, con un cephalon no dividido y con una trompa formada por tres antímeros, que dorsalmente presenta los ojos y ventralmente tres pares de apéndices: los quelíceros, los palpos y los ovígeros. Estos últimos son exclusivos de los machos y son utilizados para portar los huevos que depositan las hembras hasta su eclosión.

El tronco está formado por segmentos libres, o más o menos coalescentes, portando entre 4 y 6 pares de patas, por lo general largas, delgadas y compuestas por 8 segmentos y terminando en una garra terminal. El abdomen es muy pequeño, corto y no segmentado. Los sexos son separados y los orificios genitales están situados bajo la segunda coxa.

El cuerpo está compuesto por tres partes: el cephalon, el tronco y el abdomen. El cephalon se prolonga hacia delante en forma de una trompa, la cual si bien está formada por varios segmentos no presenta trazas de segmentación. La trompa puede ser relativamente corta (Nymphon) o muy larga (Pipetta). El tronco está formado en la mayoría de las especies por 4 segmentos, provisto cada uno de ellos por un par de patas. Existen sin embargo varias familias

Cirripedios en Chile

INFRACLASE	SUPERORDEN	ORDEN	Suborden	Familias	Géneros	Familias				
Ascothoracida		Dendrogastrida (1)		Ascothoracidae	1	2				
				Ctenosculidae	1	1				
				Dendrogastridae	1	2				
Cirripedia	Acrothoracica	Cryptophtialida		Cryptophtialidae	1	2				
	Rhizocephala	Kentrogonida		Peltogastridae	2	2				
Thoracica	Sessilia		Balanomorpha	Sacculinidae	1	1				
				Chthamalidae	4	5				
				Archaeobalanidae	3	3				
				Balanidae	4	5				
				Pachylasmatidae	1	1				
				Platylepadidae	7	9				
				Bathylasmatidae	2	4				
				Archaeobalanida	1	1				
				Chionelasmatidae	1	1				
				Heteralepadidae	1	1				
				Chelonibiidae	1	1				
						Verrucomorpha	Verrucidae	4	8	
						Lepadiformes	Lepadomorpha	Poecilasmatidae	1	2
							Lepadidae	2	6	
							Oxynaspididae	1	1	
			Heteralepadomorpha	Heteralepadidae	2	2				
		Scalpelliformes	Scalpellomorpha	Scalpellidae	15	29				
				22	57	89				

(1) sólo con especies distribuidas en aguas antárticas y subantárticas

en que algunos géneros pueden tener 5 segmentos y 5 pares de patas e incluso 6 segmentos y 6 pares de patas. El abdomen es por lo general extremadamente reducido y sin signos de segmentación. Porta el orificio anal en su extremo terminal.

Bouvier (1913) reconoce 4 órdenes, con 62 géneros y alrededor de 500 especies, cifra que ha sido acrecentada notablemente por expediciones posteriores. Las especies de aguas nacionales y sectores adyacentes han sido estudiadas por Hoek (1881), Looman (1920), Gordon (1932) y Hedgpeth (1961). Los órdenes son los siguientes: Nymphomorpha, Colossendeomorpha, Ascorhynchomorpha y Pycnogonomorpha.

Para Chile se han descrito 216 especies de 28 familias, según se indica en el siguiente cuadro:

Orden	Familia	Género	Especies
Nymphomorpha	Phoxilidiidae	1	5
	Nymphonidae	4	56
	Pallenidae	6	35
Colossendeomorpha	Colossendeidae (incl. Decolopodidae)	4	39
Ascorhynchomorpha	Ammonotheidae (incl. Austrodecidae)	9	63
	Tanystylidae	2	8
Pycnogonomorpha	Pycnogonidae	2	10
		28	216

Nota: Incluye especies presentes exclusivamente en aguas antárticas o subantártica.

En el Orden Nymphomorpha, los ovígeros son rudimentarios o nulos, y bien separados de los palpos en su base; el cephalon por lo general muy bien definido; quelíceros raramente ausentes, formados por lo general por un escapo y uno o dos segmentos. Comprende cuatro familias, las siguientes citadas para el mar chileno: Phoxilidiidae, Nymphonidae y Palenidae

En el Orden Colossendeomorpha los ovígeros presentes en ambos sexos y formados por 10 segmentos; el cuerpo puede estar formado por segmentos individuales y libres o coalescentes; los quelíceros pueden estar ausentes, ser rudimentarios o estar formados por un escapo y dos segmentos; palpos de 8 a 10 segmentos; pueden presentar cuatro cinco o seis partes de patas; los orificios genitales pueden estar en ambos sexos en todos los pares patas o solamente en los dos posteriores. El orden solo presenta una sola familia que también ha sido señalada para el territorio pacífico y antártico de Chile.

En el Orden Ascorhynchomorpha los ovígeros están presentes en ambos sexos, variables en desarrollo y formados por alrededor de 10 segmentos; la trompa casi tan larga como el tronco. El orden incluye tres familias: Eurycidae, Tanystylidae y Ammonotheidae. Solo la segunda ha sido citada a la fecha para el mar chileno.

En el Orden Pycnogonomorpha los ovígeros están presentes sólo en los machos, y en ese caso cortos, sin espinas modificadas pero con garras terminales; ausencia de quelíceros y palpos. El orden presenta una sola familia también citada para territorio marítimo chileno.

ORDEN DECAPODA (CRUSTÁCEOS DECAÓDOS)

Walter Sielfeld - Guillermo Guzmán

Los decápodos corresponden a los crustáceos más familiares en la mente de las personas, debido principalmente a su cercanía como alimento u objeto de colección. La mayoría de crustáceos de importancia económica corresponden a decápodos, estando representados aquí las langostas (palinúridos y nefrópsidos), los camarones (peneidos y carideos), las centollas (litódidos), los cangrejos y jaibas (cáncrios, xántidos, grápsidos, etc).

Son principalmente acuáticos marinos, dulceacuícolas (camarón de río, aeglas o pancoritas, etc), estuarinos (grápsidos, ocypodidos, astacidos, etc) y unos pocas especies son semi terrestres (cenobitidos). Los representantes marinos pueden ser pelágicos (ver listado aparte) o bentónicos, registrándoseles desde la zona intermareal hasta las grandes profundidades.

El grupo se caracteriza por la presencia de cinco pares de patas andadoras, algunas de las cuales pueden estar modificadas e inclusive (el último par) puede estar muy reducido

o ausente. Poseen un caparazón desarrollado, que cubre la totalidad de los somitos torácicos, y las branquias quedan a resguardo en una cámara, la cámara branquial. Poseen diversos tipos de branquias lo que ha sido utilizado para la diferenciación de los distintos taxa inferiores, estas pueden ser denominadas según su posición con respecto a los arejos de los apéndices torácicos como artrobranquias, pleurobranquias o podobranquias. Según la forma de la branquia se diferencian tres tipos: las filobranquias que corresponde a la forma típica, de una base con dos láminas y que se puede encontrar en la mayoría de los decápodos. Las tricobranquias que poseen un eje central con diversas láminas filamentosas. Por último las dendrobranquias cuyas láminas están densamente ramificadas.

Los ojos son comunes a todos los subgrupos de decápodos, pedunculados y compuestos. Algunas especies pueden carecer de pigmentos oculares en particular aquellas habitantes de grandes profundidades, otros pueden presentarlos reducidos como los perforadores (thalasinídeos, hippoides, etc).

Las anténulas o primer par de antenas son birramas, presentan generalmente un escafocerito, o escama antenular, la cual recibe también el nombre de estilocerito y corresponde a la rama externa del apéndice. Poseen dos flagelos.

Las antena o segundo par de antenas son birramas, con una amplia escama antenal, la que está ausente en algunos grupos. Un solo flagelo.

Las mandíbulas pueden presentar palpo, con proceso molar e incisivo. Las maxilas por lo general son birramas. Usadas en el flujo de agua hacia las branquias. Los maxilípedos son subpeiformes, en particular el segundo y tercer par, el tercero puede o no presentar una crista dentata en el isquiopodito.

Los pereiópodos pueden o no presentar epípodos, el primer par por lo general transformado en quelípodo, a veces el segundo y el tercero (peneidos). Tercer pereiópodos con aberturas genitales femeninas. El cuarto y el quinto en algunos grupos puede estar transformado en quelados o subquelados, a veces reducidos. Aberturas genitales masculinas en la base del quinto par.

Pleópodos birramosos, primer par presente o ausente, o modificado como apéndices sexuales en los machos, petasma (dendrobranquiados) apéndice masculino (carideos y talasinídeos) o clasper (anomuros y braquiuros).

Urópodos junto con el telson forman un abanico caudal (dendrobranquiados, carideos, astacideos, palinúridos, y talasinídeos y algunos anomuros) o bien están ausentes y el telson está reducido (braquiuros).

Los decápodos poseen variadas formas de alimentación, siendo las principales filtradores (algunos anomuros), carroñeros (algunos braquiuros) y predadores carideos y dendrobranquiados). También pueden ser detritófagos (algunos braquiuros y callianásidos, entre otros). El sistema digestivo está compuesto por un corto esófago, que da paso a un estómago cardinal seguido del estómago pilórico, al que le continúa un tubo intestinal más o menos recto dividido en secciones anterior, posterior y rectal, el ano se ubica en el telson o en la base del mismo. El estómago cardinal es, al igual que en los otros crustáceos, un complejo sistema de dientes triturativos y sistemas de filtrado.

Los decápodos son dioicos diferenciables en la mayoría de los casos por la presencia de caracteres sexuales secundarios. Por lo general existe cópula e inclusive una conducta de apareamiento en algunas especies. La ovoposición ocurre directamente en el agua como en el caso de los camarones dendrobranquiados o son retenidas por los filamentos de los pleópodos de las hembras como en el resto de los decápodos. El desarrollo embrionario consta de una fase naupliar, una de protozoa, la fase zoea y una fase postlarval o megalopa. Con excepción de los dendrobranquiados los decápodos solo poseen una fase de zoea y megalopa libre nadantes, la prolongación del número de estados por fase larvaria está en concordancia con el grupo taxonómico del que se trate y se asume esta relacionado con el grado de desarrollo evolutivo del grupo, del mismo modo las diferentes fases reciben también diferentes nombres según ese criterio.

El sistema circulatorio corresponde a un sistema abierto con laguna hemocélicas, consta de un corazón compuesto de tres cámaras (ostíolos) y cinco arterias dirigidas hacia la región

anterior y una posterior. La sangre está compuesta principalmente de hemocianina disuelta en el plasma, carece de células sanguíneas especializadas. El equilibrio osmótico está regulado por los órganos excretores ubicados en las glándulas antenales y por las branquias, los decápodos son principalmente osmoconformistas.

A pesar de la familiaridad que existe con los representantes de este grupo, la sistemática es hasta hoy confusa, estando sometida a constantes revisiones. Al respecto McLaughlin (1980), Bowman & Abele (1982) reconocen solo subórdenes, mientras que Schram (1986) establece cuatro Subórdenes: Dendrobranchiata no muy diferente de lo indicado por los primeros autores, Eukypida con los infraordenes Procarididea y Caridea, Euzigida con dos infraordenes, solo uno actual: Stenopodidea, y por último Reptantia con cinco infraordenes. Burukovski (1992) se guía por otra sistemática más relacionada con la de Bowman & Abele (op. cit.) con algunos cambios menores. Más recientemente Martin & Davis (2001) proponen una nueva ordenación que más bien es la actualización de lo propuesto por Bowman & Abele (1982) al menos para los decápodos, manteniendo la diferenciación de los dos grupos mayores (subórdenes) Dendrobranchiata, para aquellos individuos que poseen branquias del tipo dendríticas y los Pleocyemata, que carece de ese tipo de branquias, pudiendo presentar filobraquias y tricobraquias. Otras clasificaciones como la propuesta por Saint Laurent (1979) contienen elementos de las anteriores, y en este caso particular la ordenación utilizada sigue el World Register of Marine Species (WoRM, 2015).

La distribución de los crustáceos decápodos de Chile, especialmente aquellos de los numerosos canales y fiordos que forman el extremo austral de Sudamérica, era poco conocida hasta algunos años atrás (Arntz et al., 1999). Las principales fuentes de información derivaban de la Hamburger Magalhaenische Sammelreise (Doeflein & Balss, 1912) y la Expedición de la Universidad de Lund (Brattström & Johannsen, 1951 y 1983), que también entregó información más actualizada sobre la fauna de Chile central (Garth, 1957: Brachyura; Haig, 1955: Anomura; Holthius, 1952; Macrura).

Los decapodos de las islas oceánicas de Chile depositados en el Museo Nacional de Historia Natural de Santiago han sido sintetizados por Báez & Ruiz (1985), Rozbaczylo & Castilla (1987) hacen referencia a las especies de Juan Fernández, Garth (1973) y Castilla & Rozbaczylo (1987) a las especies de Isla de Pascua y Sala y Gómez. Más recientemente, Poupin (2003) presenta una lista actualizada de las especies de Isla de Pascua y otras áreas vecinas.

Las especies asociadas a las cordilleras submarinas de Nazca y Sala y Gómez han sido sintetizadas por Parin et al. (1997) como resultado de las numerosas expediciones de investigación pesquera realizadas entre 1973 y 1987 por los B.I "Ikhtiandr", "Professor Mesyatzev" y "Professor Shtokman" en el área, bajo el patrocinio de la Academia de Ciencias de la URSS.

Decapodos marinos para Chile

Suborden	Infraorden	Superfamilia	Familias	Géneros	Especies
Dendrobranchiata		Penaeoidea	Aristeidae	1	1
Dendrobranchiata		Penaeoidea	Benthescymidae	3	13
Dendrobranchiata		Penaeoidea	Sicyonidae	1	2
Dendrobranchiata		Penaeoidea	Penaeidae	6	6
Dendrobranchiata		Sergestoidea	Sergestidae	9	25
Pleocyemata	Caridea	Pasiphaeoidea	Pasiphaeidae	4	13
Pleocyemata	Caridea	Bresilioidea	Disciidae	1	2
Pleocyemata	Caridea	Nematocarcinoidea	Nematocarcinidae	1	9
Pleocyemata	Caridea	Nematocarcinoidea	Rhynchocinetidae	1	2
Pleocyemata	Caridea	Oplophoroidea	Oplophoridae	7	26
Pleocyemata	Caridea	Campylonotoidea	Campylonotidae	1	3
Pleocyemata	Caridea	Palaemonoidea	Palaemonidae	4	6
Pleocyemata	Caridea	Palaemonoidea	Gnathophyllidae	1	1
Pleocyemata	Caridea	Stylodactyloidea	Stylodactylidae	1	1
Pleocyemata	Caridea	Alpheoidea	Alpheidae	6	19
Pleocyemata	Caridea	Alpheoidea	Hippolytidae	10	14
Pleocyemata	Caridea	Alpheoidea	Ogyrididae	1	1
Pleocyemata	Caridea	Prosoessoidea	Processidae	1	1
Pleocyemata	Caridea	Pandaloidea	Pandalidae	6	15
Pleocyemata	Caridea	Physetocaridoidea	Physetocarididae	1	1
Pleocyemata	Caridea	Crangonoidea	Crangonidae	6	9
Pleocyemata	Caridea	Crangonoidea	Glyphocrangonidae	1	4
Pleocyemata	Stenopodidea		Stenopodidae	2	2
Pleocyemata	Astacidea	Nephropsoidea	Nephropsidae	2	2
Pleocyemata	Axiidea		Callinassidae	6	8
Pleocyemata	Polychelida		Polychelidae	3	8
Pleocyemata	Achelata		Palinuridae	3	3
Pleocyemata	Achelata		Scyllaridae	4	4
Pleocyemata	Anomura	Paguroidea	Coenobitidae	1	1
Pleocyemata	Anomura	Paguroidea	Diogenidae	7	15
Pleocyemata	Anomura	Paguroidea	Parapaguridae	6	16
Pleocyemata	Anomura	Lithodoidea	Lithodidae	5	19
Pleocyemata	Anomura	Galatheaidea	Chirostylidae	2	3
Pleocyemata	Anomura	Galatheaidea	Galatheidae	3	8
Pleocyemata	Anomura	Galatheaidea	Munidopsidae	3	19
Pleocyemata	Anomura	Galatheaidea	Porcellanidae	5	17
Pleocyemata	Anomura	Hippoidea	Albuneidae	3	3
Pleocyemata	Anomura	Hippoidea	Hippidae	1	2
Pleocyemata	Brachyura	Cyclodorippoidea	Cyonomidae	1	1
Pleocyemata	Brachyura	Dromioidea	Dromiidae	2	2
Pleocyemata	Brachyura	Homolodromioidea	Homolodromidae	1	1
Pleocyemata	Brachyura	Homoloidea	Latreillidae	1	1
Pleocyemata	Brachyura	Homoloidea	Homolidae	2	3
Pleocyemata	Brachyura	Calappoidea	Calappidae	2	4
Pleocyemata	Brachyura	Majoidea	Inachoididae	2	2
Pleocyemata	Brachyura	Majoidea	Inachidae	3	5
Pleocyemata	Brachyura	Majoidea	Epialtidae	8	10
Pleocyemata	Brachyura	Majoidea	Mithracidae	2	2
Pleocyemata	Brachyura	Hymenostomatoidea	Hymenosomatidae	1	1
Pleocyemata	Brachyura	Goneplacoidea	Goneplacidae	1	1
Pleocyemata	Brachyura	Parthenopoidea	Parthenopidae	2	2
Pleocyemata	Brachyura	Leucosioidea	Leucosiidae	3	3
Pleocyemata	Brachyura	Cancroidea	Atelecyclidae	2	3
Pleocyemata	Brachyura	Cancroidea	Cancridae	1	4
Pleocyemata	Brachyura	Corystoidea	Corystidae	2	2
Pleocyemata	Brachyura	Aethroidea	Belliidae	3	5
Pleocyemata	Brachyura	Portunoidea	Geryonidae	2	2
Pleocyemata	Brachyura	Portunoidea	Portunidae	7	12
Pleocyemata	Brachyura	Portunoidea	Polybiidae	1	2
Pleocyemata	Brachyura	Potamoidea	Potamidae	1	1
Pleocyemata	Brachyura	Bythocracoidea	Bythograeidae	1	1
Pleocyemata	Brachyura	Eriphioidea	Platyxanthidae	1	2
Pleocyemata	Brachyura	Xanthoidea	Xanthidae	23	33
Pleocyemata	Brachyura	Grapsoidea	Grapsidae	11	21
Pleocyemata	Brachyura	Pinnotheroidea	Pinnotheridae	4	9
Pleocyemata	Brachyura	Ocypodoidea	Ocypodidae	3	6
			66	222	445

Nota: incluye algunas especies que viven sólo en aguas antárticas y/o subantárticas.



Cangrejo fantasma (*Ocypode gaudichaudii*). Foto: Jorge Herreros.



Jaiva corredora (*Leptograpsus variegatus*) siempre en intermareal rocoso. Foto: Jorge Herreros.

Retamal (1981) genera un cuadro de resumen de las especies conocidas a esa fecha para los territorios marítimos de Chile, el cual ha servido de base para otros estudios de tipo biogeográfico, entre los que debe destacarse a Gorny (1999) sobre las especies de la zona austral e incluyendo el sector antártico occidental y recientemente, Lee et al., (2008) y Retamal & Moyano (2010) para el territorio continental e insular de Chile. Debe destacarse que las tablas de presencia/ausencia de este último presentan algunos errores tipográficos, por lo que deben ser utilizadas con precaución.

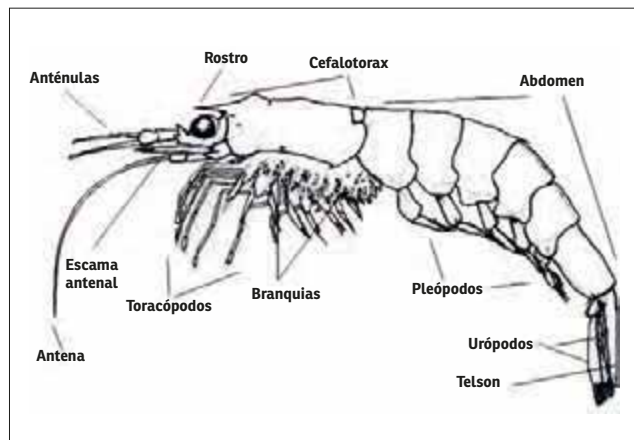
Para este Orden también se reconocen especies de aguas continentales, entre las cuales destacan las Familias Aeglidae y Parastacidae, así como también *Cryphiops caementarius* (Familia Palaemonidae), especies que no han sido incluidas en la siguiente tabla, que reúne solamente las especies de ambientes marinos, y que incluye para Chile unas 445 especies de 66 familias distintas.

Vereschaka, A.L. (1990). Pelagic decapods from seamount of Naska and Sala y Gomez ridges: pp 129-155. En Miranov, A.N. & Rudjakov, J.A. (Eds). Plankton and benthos from the Nazca and Sala y Gomez submarine ridges. Trudy Instituta Okeanologii AN USSR.

ORDEN EUPHAUSIACEA CRUSTÁCEOS EUFÁUSIDOS

Los eufáusidos o también llamado "krill" corresponden a crustáceos en forma de camarones, cuyo caparazón no alcanza a cubrir por completo la cavidad branquial, por lo que las branquias son observables externamente. Carecen de maxilípedos, poseen ocho pares de toracópodos, a veces los dos últimos están reducidos, vestigiales o ausentes.

Ubicación sistemática de los eufáusidos



Son principalmente filtradores de plancton y algunos son predadores de otros planctones y se conocen alrededor de 85 especies distribuidas ampliamente en mares abiertos del mundo. Se agrupan en 11 géneros en dos familias, Euphausiidae y Bentheuphausiidae, que se diferencian por la presencia de un octavo toracópodo desarrollado en la segunda familia y muy reducido en la primera. En ésta también puede estar reducido el séptimo toracópodo.

Los ojos son pedunculados bien desarrollados excepto en Bentheuphausia, especie de profundidad que los presenta reducidos, en algunos casos se presentan bilobulados como en las especies de los géneros *Nematobranchion*, *Nematoscelis*, *Stylocheiron*, *Thassarabrachion* y *Thysanoesa*.

Las anténulas son birramas, en los machos de algunas especies se presenta modificada como órgano sexual secundario usado para el "abrazo nupcial" a la hembra mientras ocurre la cópula. Las antenas son birramosas, el exópodo consiste de

SUPERCLASE	CLASE	SUBCLASE	SUPERORDEN	ORDEN	FAMILIAS
Multicrustacea	Malacostraca	Eumalacostraca	Eucarida	Euphausiacea	Euphausiidae Bentheuphausiidae

una lámina tipo escama. Las mandíbulas de los adultos carecen de lacinia movilis, generalmente el palpo está bien desarrollado. Carece de maxilípedos todos los toracópodos tienen función motriz o bien los primeros pares modificados como órganos prensiles para la captura del alimento. Los pleópodos son birramos con apéndice interno, el primer y segundo par está modificado como órgano copulador en los machos.

Modificada de Baker et al. (1990), con antecedentes de las especies chilenas de Antezana (1970, 1978); Antezana et al. (1976); Palma & Kaiser (1993).

Para Chile se han registrado 47 especies, con representantes de ambas familias, según se indica en la siguiente tabla:

Eufáusidos en Chile

Orden	Familia	Género	Especies
Euphausiacea	Bentheuphausiidae	1	1
	Euphausiidae	1	46
	2	2	47

Nota: se incluyen algunas especies que tienen distribución exclusiva para aguas antárticas o subantárticas

SUPERORDEN PERACARIDA CRUSTÁCEOS PERACÁRIDOS

Los crustáceos que constituyen el superorden Peracarida (Brusca & Brusca, 1990), junto a los superórdenes Hoplocarida (estomatópodos), Syncarida (bathynelláceos) y Eucarida (eufáusidos, anfeonidáceos y decápodos) conforman la subclase Eumalacostraca de la clase Malacostraca.

El superorden Peracarida incluye nueve ordenes: mísidos, lophogástridos, cumáceos, tanaidáceos, mictáceos, spelaeogrífidos, thermosbaenidos, isópodos y anfípodos.

Para Chile, excluyendo las familias Hyaellidae y Onicsidea que corresponden a peracaridos continentales, se reportan poco más de 1.200 especies marinas, pertenecientes a 492 familias, como se muestra en el siguiente cuadro.

ORDEN STOMATOPODA CRUSTÁCEOS ESTOMATÓPODOS

Los estomatópodos llamados comúnmente son crustáceos depredadores bentónicos, que utilizan el segundo toracópodo para la captura de presas, tales como peces, crustáceos o moluscos. Habitan en la zona submareal somera hasta grandes profundidades, tanto de los ambientes rocosos como blandos, excavando galerías simples en el sustrato o habitando en grietas entre las rocas.

Se reconocen actualmente alrededor de 300 especies distribuidas ampliamente en los mares del mundo, principalmente en zonas tropicales y subtropicales.

Este grupo se caracteriza por la presencia de un apéndice raptorial que utiliza como garra para la captura del alimento.

Peracáridos marinos en Chile

Orden	Familia	Géneros	Especies
Amphipoda	Ampithoidae	2	3
	Aoridae	1	4
	Caprellidae	9	17
	Corophiidae	5	13
	Cyamidae	2	7
	Dulichidae	2	2
	Podoceridae	1	4
	Ischyroceridae	6	22
	Paragammaropsidae	1	1
	Photidae	4	17
	Phtisicidae	1	1
	Acanthonotozomellidae	1	5
	Amathillopsidae	2	6
	Ampeliscidae	3	21
	Amphilocheidae	2	8
	Astyridae	2	2
	Atylidae	1	2
	Ceinidae	1	1
	Cheidae	1	1
	Clarenciidae	1	1
	Colomastigidae	1	3
	Dexaminidae	2	10
	Dikwidae	1	1
	Eophliantidae	2	2
	Epimeriidae	4	22
	Calliopiidae	7	17
	Eusiridae	10	25
	Exoedicerotidae	5	6
	Gammarellidae	2	5
	Gammaridae	3	5
	Haustoriidae	2	3
Hyaellidae	1	1	
Hyalidae	2	5	
Iphimediidae	12	37	
Laphystiopsidae	1	1	
Lepechinellidae	2	5	
Leucothoidae	1	5	
Callioidae	1	1	
Liljeborgiidae	1	7	
Alicellidae	1	1	
Aristidae	1	2	
Amaryllidae	1	1	
Cebocaridae	1	1	
Cyphocarididae	1	4	
Eurythenidae	5	8	
Lysianassidae	29	69	
Melphidippidae	2	2	
Pachynidae	4	6	
Scopelocheiridae	5	5	
Uristidae	3	12	
Trischizostomatidae	1	4	

Peracáridos marinos en Chile

Orden	Familia	Géneros	Especies
	Melitidae	3	6
	Nihotungidae	1	1
	Ochlesidae	2	3
	Oedicerotidae	5	11
	Pagetinidae	1	2
	Pardaliscidae	6	7
	Phoxocephalidae	14	27
	Phoxocephalopsidae	2	4
	Platyschnopidae	1	1
	Pleustidae	3	6
	Pontogeneidae	10	38
	Sebidae	1	5
	Stegocephalidae	6	9
	Stenothoidae	15	45
	Stillipedidae	2	6
	Synopiidae	4	6
	Urohaustoriidae	1	1
	Urothoidae	1	3
	Vicmusiidae	1	1
	Zobrachoidae	2	3
	Talitridae	4	7
	Scinidae	2	17
	Chuneolidae	1	2
	Lanceolidae	2	5
	Mimonecteolidae	1	2
	Microphasmidae	1	1
	Anapronoidae	1	1
	Cylopodidae	1	2
	Cystisomatidae	1	2
	Dairellidae	1	2
	Hyperiidae	9	19
	Lestrigonidae	3	11
	Lycaeidae	3	9
	Lycaenopsidae	1	2
	Mimonectidae	1	1
	Oxycephalidae	6	11
	Paraphronimidae	1	2
	Platyscelidae	5	15
	Parascelidae	4	5
	Phrosinidae	3	5
	Pronoidae	3	8
	Phronimidae	1	9
	Tryphanidae	1	1
	Brachyscelidae	1	4
	Vibiliidae	2	10
	Ingolfiellidae	2	2
Cumacea	Bodotriidae	7	13
	Diastylidae	5	22
	Lampropidae	4	5
	Leuconidae	2	18
	Nannastaciidae	6	20
Isopoda	Paranthuridae	4	8

Orden	Familia	Géneros	Especies
	Acanthaspidiidae	2	5
	Desmosomatidae	3	6
	Eurycopidae	1	1
	Haploniscidae	1	4
	Janiridae	7	19
	Joeropsididae	1	8
	Macrostylidae	2	7
	Munnidae	3	17
	Munnopsidae	14	32
	Nannoniscidae	1	2
	Paramunnidae	16	35
	Santiidae	1	9
	Stenetriidae	1	2
	Bopyridae	5	10
	Aegidae	2	6
	Cirolanidae	5	11
	Corallanidae	2	2
	Cymothoidae	3	4
	Gnathiidae	1	2
	Limnoriidae	1	2
	Protognathidae	1	1
	Serolidae	5	6
	Sphaeromatidae	12	21
	Tridentellidae	1	1
	Antarcturidae	8	23
	Arcturidae	2	2
	Antarcturellidae	1	6
	Chaetiliidae	1	6
	Holognathidae	1	3
	Idoteidae	4	11
Tanaidacea	Agathotanaidae	1	1
	Anarthuridae	3	5
	Apseudidae	1	5
	Colletteidae	2	4
	Cryptocopidae	2	2
	Leptocheiliidae	3	3
	Leptognathiidae	2	3
	Metaspseudidae	1	1
	Neotanaidae	1	8
	Nototanaidae	1	2
	Paratanaididae	1	1
	Pseudotanaidae	1	3
	Tanaellidae	1	1
	Tanaidae	7	7
	Typhlotanaidae	3	9
Lophogastrida	Gnathophausiidae	1	2
	Eucopiidae	1	1
	Lophogastridae	1	1
Mysida	Mysidae	17	37
	Petalophthalmidae	2	10
	153	492	1.210

Tabla 1: Organización general del grupo Stomatopoda en Chile

SUPERCLASE	CLASE	SUBCLASE	ORDEN	FAMILIAS	Géneros	Especies
Multicrustacea	Malacostraca	Hoplocarida	Stomatopoda	Lysosquillidae	1	1
				Nannosquillidae	2	2
				Hemisquillidae	1	1
				Pseudosquillidae	2	3
				Squillidae	3	3
				Odontodactylidae	1	1
				6	9	10

El caparazón cubre sólo parcialmente el tórax. Poseen un rostro móvil. El telson es amplio y es un carácter taxonómico. Los ojos son principalmente bilobulados de gran tamaño. Las anténulas poseen un pedúnculo tri-segmentado, con tres flagelos. Antenas birramas, escafocerito laminar ovoidal, pedúnculo bisegmentado con un solo flagelo. Mandíbulas con los procesos molar e incisivo desarrollados, puede presentar palpo. Carece de maxilípedos, los primeros cinco pares de toracópodos son uniramos, subquelados utilizados en la captura y manipulación de las presas que constituyen su alimento, el segundo está modificado como apéndice raptorial, el cual posee un dactilo casi tan largo como el própodo que puede estar armado con dientes fuertes o pectinados, los pares VI al VIII son usados en la locomoción y presentan exópodo, el endópodo presenta algunos artejos fusionados.

La sistemática del grupo ha permanecido relativamente estable siendo claramente diferenciable de los otros crustáceos, sin embargo se presentan algunas diferencias en los criterios de los autores acerca del número de familias. McLaughlin (1980) reconoce 4 familias y alrededor de 300 especies, Manning en cambio reconoce 4 superfamilias y 12 familias. Schram (1986) indica que este orden se subdivide en dos subórdenes, uno de los cuales estaría extinto y el otro

contendría 4 superfamilias y 14 familias. Para Ahyong (1997) en cambio diferencia dos subórdenes al igual que Schram (op. cit.), pero con seis superfamilias, y 21 familias, cabe destacar que este autor utiliza la misma metodología del análisis cladístico, pero con mayores datos que los usados por Schram (1986).

Para Chile se han reportado 10 especies (Dahl, 1954; Bahamonde, 1968; Retamal, 2002; Poupin, 2003) las que se presentan en la tabla 2 y para las cuales se adopta el esquema sistemático del World Register of Marine Species (WoRMS) (<http://www.marinespecies.org>) y Manning (1980) para subfamilias y familias. La identificación y reconocimiento de especies sigue a Bahamonde (1968) para especies del litoral continental y Poupin (2003) para el sector insular.

11.2.20 ÁCAROS MARINOS

Los ácaros son junto a las arañas el grupo más numeroso e importante de la clase Arachnida, por razones económicas y de medicina e higiene. Este grupo, considerado tradicionalmente como un Orden dentro de la Clase Arachnida por algunos autores, aunque más recientemente como una

Tabla 2: Especies conocidas para territorios chilenos

FAMILIA	ESPECIE	DISTRIBUCIÓN
Odontodactylidae	<i>Odontodactylus hawaiiensis</i> Manning, 1967	Isla Sala y Gómez, 117 m prof. (Retamal, 2002); Isla de Pascua, 15-60 m prof. (Poupin, 2003; Fernández et al., 2014)
Lysosquillidae	<i>Heterosquilla polydactyla</i> (Von Martens, 1881)	Mauullín, Chiloé hasta isla Hoste en Tierra del Fuego (Bahamonde, 1968); Tarapacá: Playa Chipana (Cifuentes, 1998).
Nannosquillidae	<i>Nannosquilla chilensis</i> (Dahl, 1954)	Seno de Reloncaví, Chile (Bahamonde, 1968)
Hemisquillidae	<i>Hemisquilla ensiger</i> (Owen, 1832)	Discontinua desde California a Chile (Valparaíso). Archipiélago Juan Fernández. Australia. Tasmania.
Pseudosquillidae	<i>Pseudosquillopsis lessoni</i> (Guérin, 1830)	California a Puerto Montt, Chile e Islas Juan Fernández; Iquique (Vargas et al., 1998).
	<i>Pseudosquillisma oculata</i> (Brulle, 1837)	Isla de Pascua, 15-50 m prof. (Poupin, 2003).
	<i>Raoulserenea oxyrhyncha</i> (Borradaile, 1898)	Isla de Pascua (Poupin, 2003)
Squillidae	<i>Pterygosquilla armata</i> (H. Milne-Edwards, 1837)	Subantártica, desde Valparaíso hasta Cabo de Hornos. Costa atlántica de la Patagonia. Sur de África, Sur de Australia y Nueva Zelanda; Canales Aysén (CIMAR 8, Retamal).
	<i>Pterygosquilla gracilipes</i> (Miers, 1881)	Valparaíso y costa oeste de la Patagonia.
	<i>Squilla aculeata</i> Bigelow, 1893	Desde México hasta Iquique, Chile.

Subclase, es muy numeroso, estimándose alrededor de 10.000 especies descritas, las que solo constituyen una parte de la gran diversidad de este grupo.

Desde el punto de vista de su biología los ácaros son altamente especializados y adaptados a los más diversos ambientes. Existen especies de tipo parásito (sobre insectos, ácaros mayores, mamíferos, reptiles, etc.), fitófagos (sobre las hojas, productores de agallas, etc.) y de vida libre (en el polvo, musgos, hojarasca, bajo corteza, en muebles tapizados, en agua dulce, en el litoral marino). Presentan metamorfosis que lleva desde una larva (sin traqueas ni estigmas) por estadios ninfales (3 mudas que originan una protoninfa, deuteroninfa y tritoninfa) hasta el adulto. El tamaño es en general pequeño, entre 0,1 a 4 mm de longitud total (salvo el caso de las garrapatas que son mayores).

En el caso chileno los conocimientos son muy precarios respecto a las formas de vida silvestre, siendo los trabajos existentes en general puntuales y con muchas lagunas, principalmente en lo que respecta a zonas extremas y limítrofes. El panorama sistemático de las especies chilenas es sin embargo bastante completo en lo que respecta a ácaros de importancia fitosanitaria y productores de agallas en vegetales silvestres y de cultivo. La gran diversidad de formas solo permite entregar una visión general del grupo con cita de las especies más destacadas.

Para Chile el conocimiento es muy precario respecto a las formas de vida silvestre, y tratándose de especies que habitan en ambientes marinos, se han registrado al menos 169 especies (23 géneros), todas pertenecientes a la Familia Halacaridae, algunas de ellas como habitantes exclusivos de aguas antárticas o subantárticas.

11.2.21 PHYLLUM HEMICHORDATA HEMICORDADOS

Incluye animales deuterostomados exclusivamente marinos y bentónicos. Su estructura general es de tipo más o menos vermiforme, con una segmentación que afecta tanto el cuerpo, determinando un pro, meso y metasoma, así como el celoma, que se divide en un pro, meso y metacele, todos ellos intercomunicados entre sí. El mesosoma puede estar provisto de un aparato tentacular (o lofóforo) que sirve para la captura de partículas alimenticias en las formas sésiles. Epidermis siempre con células ciliada. Tubo digestivo en forma de "U" en las formas sésiles. La faringe con aberturas branquiales, salvo el caso de Rhabdopleura.

Sin aparato excretor (protonefridios y metanefridios) tanto en el estado larval como el adulto. En el prosoma un "glomérulo" que parece representar funciones excretoras. Sin

"notochorda", sin embargo con un divertículo en la parte superior de la cavidad bucal, que se proyecta dentro del prosoma y que se ha denominado "estomochorda".

Este phylum incluye cinco clases: Acanthastina, Graptolithina, Planctosphaeroidea, Enteropneusuta y Pterobranchia, las dos primeras consideradas extintas.

En Chile está representados por 12 especies de las tres clases vivientes, tal como se indica en el siguiente cuadro,

Clase	Orden	Familia	Géneros	Especies
Planctosphaeroidea			1	1
Enteropneusta		Ptychoderidae	1	1
		Spengelidae	1	1
Pterobranchia	Cephalodisca	Cephalodiscidae	1	8
	Rhabdopleuridae	Rhabdopleuridae	1	1
			5	12

11.2.22 PHYLUM CHORDATA SUBPHYLUM CEPHALOCHORDATA

ANFIOXOS

Los cefalocordados son una rama muy pequeña del reino animal, que incluye alrededor de 25 especies actuales, que habitan aguas tropicales y templadas de poca profundidad. Se les conoce bajos los nombres de "peces lanceta" o "anfioxos" y se caracterizan por su forma anguiliforme, pequeña talla, que por lo general no es superior a 10 cm. Se alimentan por filtración y pasan gran parte de su vida enterrados en el sedimento marino. Habitan sobre fondos arenosos y fangosos.

Presentan una anatomía típica de todos los cordados, con un cordón nervioso dorsal, más desarrollado en su extremo anterior, denominado "vesícula cerebroidea", que es equivalente al encéfalo de los cordados más superiores. Junto a lo anterior al igual que en los cordados restantes y a diferencia de los invertebrados, la ubicación del orificio anal permite definir una zona preanal o "cuerpo" y una región postanal o "cola". Bajo el cordón nervioso dorsal se ubica la "notocorda", formada por tejido conjuntivo y representa el esqueleto axial de estos animales. En el tubo digestivo destaca una faringe larga y amplia, con alrededor de 100 "aberturas branquiales" por lado, las que se abren a una "cavidad peribranchial o perifaringea", que a su vez comunica al exterior a través del orificio atrial o "atrioporo". La musculatura del cuerpo es de tipo estriada y se distribuye en paquetes musculares en forma de V denominados "miómeros". Los miómeros se encuentran unidos entre sí por tejido conjuntivo que recibe el nombre de "mioseptos".

Durante la alimentación el agua entra por la boca, impulsada por el movimiento de cilios ubicados en el "endostilo", una especie de canal dispuesto longitudinalmente en el piso de

La faringe. La primera filtración del agua se produce mediante los numerosos "cirros" que rodean la boca. Desde la boca el agua pasa por las aberturas branquiales al "atrio" que es una cavidad corporal que rodea la faringe y está limitada al exterior por las paredes corporales formadas fundamentalmente por miómeros. Se les conoce también bajo el nombre de "pliegues pleurales". Las partículas atrapadas en el interior de la faringe son aglutinadas por mucus secretado por células especiales del endostilo.

Desde la faringe el alimento pasa a un estómago representado por un "ciego hepático" que secreta enzimas digestivas y tiene una disposición oblicua desde atrás hacia adelante. La digestión propiamente tal se desarrolla en una parte especializada del intestino, denominada "anillo ilio-colónico". El orificio anal es de ubicación subterminal y a un lado de la base de la aleta anal. El sistema excretor está representado por numerosos "nefridios" pares ubicados en asociación a la parte superior de las aberturas branquiales. Los sexos son separados y las gónadas son pares, segmentadas y ubicadas en la cara interna de los pliegues pleurales. Espermios y óvulos son liberados en la cavidad atrial, desde donde salen al exterior por el atrioporo. La fecundación es externa y las larvas son de vida libre. Sistema circulatorio complejo y bien desarrollado.

Los fósiles son extremadamente escasos a causa de la falta de partes duras que fosilicen fácilmente. Se conocen sin embargo los restos descritos como *Pikaia* del Cámbrico medio de la Columbia Británica y *Yunnanzoon* del Cámbrico inferior de China, los cuales aparentemente corresponderían a los céfalocordados más primitivos que se conocen (Chen et al., 1995). Estos son anteriores a los primeros vertebrados y aparentemente son su ancestro.

Las especies actuales viven en aguas someras, suelen ser muy numerosos y en algunos sectores tropicales son consumidos como alimento para los animales domésticos y los seres humanos.

Branchiostomidae corresponde a la única familia actual, y está representada por solamente dos géneros (*Branchiostoma* y *Heteropleuron*). Para el litoral chileno se ha descrito una sola especie que habita sectores protegidos del litoral centro y norte de Chile y costas de Perú:

Branchiostoma elongatum (Sundervall, 1852) Valparaíso, Antofagasta, Iquique; Perú: islas Chinchas

11.2.23 SUBPHYLUM TUNICATA TUNICADOS

Los tunicados o urocordados son cordados inferiores, que sólo manifiestan sus caracteres de tales en el estado larvario. El cuerpo está encerrado en una túnica gruesa que le confiere el nombre de tunicados, la cual

puede ser opaca en el caso de las ascidias o transparente en taliáceos y larváceos. La túnica es de naturaleza celulósica. Las larvas son pisciformes con notocorda en la región caudal, tubo neural de disposición dorsal, ensanchamiento cefálico y faringe perforada. En la clase Larvacea estas características persisten hasta el estado adulto. En las clases Ascidiacea y Thaliacea se realiza una profunda metamorfosis que incluye regresión de la región caudal, y desarrollo de dos sifones: inhalante y exhalante, en el cuerpo que toma forma sacciforme, y carecen de sistema excretor.

Los tunicados son sin excepción filtradores, para lo cual hacen pasar el agua por una faringe perforada por numerosos estigmas o aberturas pequeñas, que retienen las partículas en la faringe. En el fondo de la faringe se encuentra un surco ciliado cuya función es llevar las partículas alimenticias hasta la boca para su digestión. La reproducción es de tipo sexual con fecundación externa, y de tipo asexuado, con ciclos complejos en el caso de los taliáceos, en que se presenta un notable polimorfismo que incluye oozoides, blastozoides, gastrozoides y forozoides.

El subphylum está formado por tres clases: Thaliacea, Larvacea o Appendicularia y Ascidiacea, ampliamente distribuidas en el mundo y restringidas a las aguas marinas. Sólo Appendicularia tiene distribución en Chile.

CLASE APPENDICULARIA, APENDICULARIDOS

Corresponden a tunicados pequeños (algunos milímetros), de vida planctónica, con notocorda de tipo persistente y región caudal que persiste en el estado adulto. La región caudal insertada más o menos en ángulo recto con relación al cuerpo. El agua que ingresa por la faringe sale al exterior a través de un espiráculo, mientras el ano desemboca directamente al exterior. La túnica es delgada y translúcida. Organismos de tamaño pequeño, de vida planctónica y reproducción de tipo sexuada y ovípara, a menudo hermafroditas. La clase incluye las familias Fritillaridae, Kovalevskiidae y Oikopleuridae, de amplia distribución en los océanos del mundo.

En el Pacífico sur oriental son escasos los trabajos de índole taxonómico, destacando la cita de nueve especies de Oikopleuridae para la costa de Perú (Fenaux, 1968) y Aravena & Palma (2002) que se refieren a las especies epipelágicas reconocidas a lo largo de la costa de Chile entre Arica y Coquimbo y Grünwald et al. (1998), que determinaron la distribución espacial de los apendicularidos frente a Chile centro sur, indicando que todos los individuos pertenecieron al género *Oikopleura*, sin referencia a las especies.

Para nuestro país se ha citado la presencia de representantes de tres familias, con 18 especies descritas.

Clase Appendicularia en Chile

Orden	Familia	Géneros	Especies
Coplata	Fritillariidae	1	6
	Kovalevskiidae	1	1
	Oikopleuridae	3	11
		3	5

CLASE THALIACEA TALIÁCEOS

Incluye tunicados de tipo pelágico, con notocorda en el estado larvario y posteriormente reabsorbida en el estado adulto. Se caracterizan además por su forma más o menos cilíndrica y dos orificios opuestos. Ciclo reproductivo relativamente complejo, que incluye generaciones alternantes. Incluye tres subclases: Cyclomyaria, Desmomyaria y Pyrosomida.

Para nuestro país se ha citado la presencia de representantes de las subclases, con sólo 17 cuatro descritas agrupadas en tres familias. Ver siguiente cuadro:

Thaliacea en Chile

Subclase	Orden	Familia	Géneros	Especies
Cyclomyaria	Doliolida	Doliolidae	2	4
Desmomyaria	Salpida	Salpidae	7	12
Pyrosomida	Pyrosomatida	Pyrosomidae		
		(=Pyrosomatidae)	1	1
			3	10

CLASE ASCIDIACEA ASCIDIAS

Incluye tunicados sésiles en el estado adulto; al igual que en el grupo anterior carecen de notocorda en el estado adulto. Cuerpo variado, más o menos cilíndrico, pero con aberturas nunca opuestas, más bien contiguas. La túnica gruesa y resistente, a menudo pigmentada. Sus especies se distribuyen en tres subclases: Enterogones, Pleurogones y Octacnemides. Solo las dos primeras han sido reportadas para Chile.

Las ascidias de la costa continental de Chile han sido analizadas y sintetizadas en los trabajos de Ärnäck (1929) y Van Name (1954). El conocimiento de las ascidias de Juan Fernández se remonta a los trabajos de Herdman (1980-1882) sobre el material de la expedición "Challenger" (1873-1876) y a Hartmeyer (1920) sobre el material de la "Swedish Pacific Expedition" (1916-1917). La base del conocimiento de las ascidias antárticas y de la región magallánica han sido desarrolladas por Hartmeyer (1911) sobre material de la "Deutsche Sudpolar-Expedition" (1901-1903), Kott (1969), Millar (1960, 1988), Monniot & Monniot (1982 y 1983), entre otros. Aspectos zoogeográficos de la ascidofauna de la Antártida occidental y el arco de Escocia son analizados por Ramos-Esplá et al. (2005) y Cárcel (2007). Lee et al. (2008) entregan un resumen de la situación actual de las Ascidias de Chile continental e insular.

Las listas que siguen fueron confeccionadas a partir de los diversos trabajos y publicaciones que hacen referencia al territorio chileno (continental, oceánico y antártico). La validez de las especies fue revisada en la base general de datos de Ascidiacea (Ascidiacea World Database. <http://www.marinespecies.org/ascidiacea>).

Ascidiacea en Chile

Orden	Suborden	Familia	Géneros	Especies	
Enterogones	Aplousobranchia	Polyclinidae			
		(=Synoicidae)	8	54	
		Didemnidae	5	11	
		Polycitoridae	6	14	
		Holozoidae	2	3	
		Phlebobranchia	Cionidae	2	4
		Dimeatidae	3	4	
		Agneziidae	3	8	
		Asciidiidae	1	4	
		Corellidae	3	4	
Pleurogones	Stolidobranchia	Botryllidae	1	1	
		Styelidae	6	36	
		Pyuridae	3	16	
		Molgulidae	5	28	
			13	48	187

Nota: incluye especies exclusivamente antárticas.

Nereididae: Pseudonereis gallapagensis ►
Foto: N. Rozbaczylo.





DIVERSIDAD DE ESPECIES

11. INVERTEBRADOS

11.3 INVERTEBRADOS DULCEACUÍCOLAS

.....
Claudio Valdovinos Zarges¹

INTRODUCCIÓN

Los invertebrados constituyen la mayor parte de las especies animales de Chile y del planeta, los que están conformados por un total de 32 phyla, de los cuales 15 están presentes en las aguas dulces. Estos organismos, que tienen en común la ausencia de columna vertebral, son por lo general de pequeño tamaño y presentan morfologías muy diversas. Algunos tienen el cuerpo blando como gusanos y medusas, mientras que otros tienen el cuerpo duro como los crustáceos, insectos y moluscos. Los invertebrados dulceacuícolas chilenos ofrecen la oportunidad de contemplar la enorme diversidad de formas y funciones existentes en el reino animal. Es precisamente en este grupo de organismos donde la vida animal se expresa sin límite de formas, colores y especializaciones a variadas formas de vida. A modo de ejemplos, en la Figura 1 se ilustran algunas familias de invertebrados representativas de ríos del centro y sur de Chile.

En Chile se conocen aproximadamente unas 1.000 especies de invertebrados dulceacuícolas. Sin embargo, muchos científicos piensan que el número de especies todavía desconocidas en nuestro país podría incrementar significativamente tal cifra. El conocimiento de la diversidad de estos organismos es todavía fragmentario, a pesar de los esfuerzos

de muchos investigadores nacionales y extranjeros, realizados especialmente desde el siglo XIX. Algunos grupos de insectos, moluscos y crustáceos pueden considerarse razonablemente bien conocidos, pero en la mayor parte de otros grupos todavía queda mucho por hacer.

El conocimiento de los invertebrados dulceacuícolas chilenos ha quedado históricamente muy atrás del que se dispone para el caso de los vertebrados (e.g. peces; ver Habit et al., 2006a; Vila et al., 2006). Ello se explica por el hecho que los vertebrados son más fáciles de estudiar que los invertebrados, ya que presentan una baja diversidad, son de gran tamaño y fácilmente distinguibles. Además, existen guías de identificación para la mayor parte de ellos. En contraste, los invertebrados tienden a ser muy diversos y de pequeño tamaño, y para la mayor parte de ellos, se requiere necesariamente de un estereomicroscopio para una correcta identificación. Además de estas desventajas, faltan guías de identificación para la mayor parte de los grupos taxonómicos. En consecuencia, la mayor parte de los invertebrados dulceacuícolas deben ser identificados por especialistas.

Los invertebrados tienen un rol fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos continentales, ya que permiten la transferencia de energía desde los productores

¹ Facultad de Ciencias Ambientales y Centro EULA, Universidad de Concepción. Casilla 160-C, Concepción, Chile.

(vegetación acuática y terrestre) a los niveles tróficos superiores (peces y aves acuáticas). En este grupo de animales, se encuentran especies herbívoras, omnívoras, carnívoras y detritívoras. Estas se alimentan fundamentalmente de bacterias, hongos, microalgas, plantas vasculares, protozoos, invertebrados y detritus. Este último puede ser de origen autóctono (restos de organismos acuáticos muertos) o de origen alóctono (procedente del sistema terrestre, como por ejemplo, hojas de árboles ribereños).

Dependiendo de su forma de vida, en los ecosistemas dulceacuícolas es posible reconocer dos tipos de invertebrados: planctónicos (aquellos que viven suspendidos en la masa de agua), y bentónicos (aquellos que viven asociados al sustrato del fondo). El zooplancton está compuesto principalmente por Protozoa, Rotífera, Cladocera y Copepoda, y en ocasiones, encontramos otros elementos como crustáceos Ostracoda y Cnidaria. El zoobentos por lo general más diverso que el zooplancton, está compuesto por una gran cantidad de grupos de Protozoa, Porífera, Cnidaria, Platyhelminthes, Nemertea, Aschelminthes, Annelida, Mollusca (Bivalvia y Gastropoda), Arthropoda (Chelicerata, Crustacea e Insecta), Tardigrada y Bryozoa.

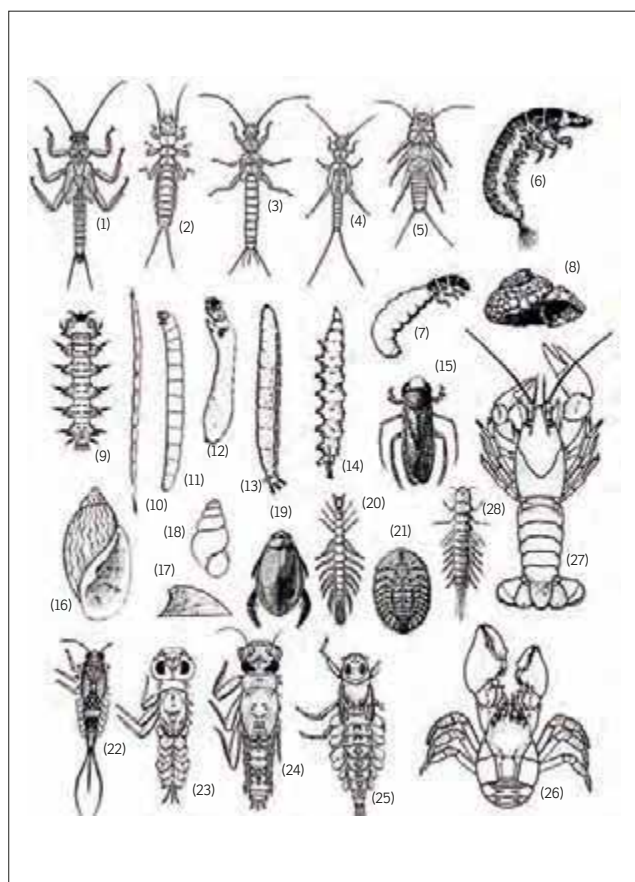


Figura 1. Algunas familias de macroinvertebrados representativas de ríos del centro-sur de Chile. 1-5 Plecoptera (1) Gripopterygidae, 2) Eustheniidae, 3) Austroperlidae, 4) Notonemouridae, 5) Perlidae; 6-8 Trichoptera (6) Hydropsychidae, 7) Hydroptylidae, 8) Helicopsychidae; 9-14 Diptera (9) Bleptariceridae, 10) Ceratopogonidae, 11) Chironomidae, 12) Simuliidae, 13) Tipulidae, 14) Athericidae; 15 Hemiptera (Corixidae); 16-18 Gastropoda (16) Chiliniidae, 17) Ancylidae, 18) Cochliopidae; 19-21 Coleoptera (19) Dytiscidae, 20) Gyridae, 21) Psephenidae; 22-25 Ephemeroptera (22) Baetidae, 23) Ameletopsidae, 24) Leptophlebiidae, 25) Siphonouridae; 26-27 Crustacea (26) Aeglidae, 27) Parastacidae; 28 Megaloptera (Sialidae).

ALGUNAS PARTICULARIDADES DE LOS INVERTEBRADOS DULCEACUÍCOLAS CHILENOS

Los invertebrados dulceacuícolas chilenos, poseen numerosas particularidades que los destacan con respecto a los existentes en otras regiones del planeta. Entre ellas están las siguientes:

a) Fauna muy primitiva con relaciones ancestrales de tipo gondwánico: A modo de ejemplo, los caracoles dulceacuícolas del género *Chilina* (Figura 2), que han presentado su máxima radiación evolutiva en el territorio chileno (su nombre deriva del de nuestro país), corresponden a uno de los grupos de gastrópodos pulmonados más primitivos basales conocidos en el planeta (Archaeopulmonata). Ellos presentan afinidades evolutivas con los gastrópodos marinos del orden Cephalaspidea (Opisthobranchia). Esta situación, también es observada en muchos otros grupos de invertebrados dulceacuícolas chilenos.

Por otra parte, muchos de los grupos de invertebrados, presentan una distribución geográfica típicamente gondwánica. En la Figura 2 se muestran algunos de los numerosos ejemplos de existentes al respecto. La fragmentación del supercontinente Gondwana ocurrida hace casi 100 millones de años (150 – 50 ma AP), causó el aislamiento geográfico de las biotas ancestrales. Cada una de las piezas de este gigante mosaico continuó evolucionando en aislamiento, pero conservando las señales de las antiguas conexiones. Es por lo anterior que, para muchos grupos de invertebrados, existe más afinidad con la fauna de Nueva Zelanda que con la del resto de Sudamérica (a excepción del suroeste de Argentina), relación que ya había sido reconocida a fines del siglo XIX por von Ihering (1891).

b) Elevada diversidad en una pequeña área geográfica y marcado endemismo: Al igual que lo observado para el caso de la flora terrestre, y vertebrados terrestres y dulceacuícolas, en el centro-sur de Chile existe un "hot spot" de biodiversidad de invertebrados de agua dulce (estos son territorios que albergan gran cantidad de especies endémicas y, al mismo tiempo, han sido impactados significativamente por actividades humanas). Este "hot spot" ha sido reconocido como uno de los 25 más importantes a nivel mundial (Myers et al., 2000), y está claramente aislado del resto de Sudamérica por una serie de barreras geográficas (e.g. diagonal árida, cordillera de los andes, zonas frías y secas australes). En la Figura 3 se muestra un mapa de Chile en el cual se señala el "hot spot" de biodiversidad de invertebrados dulceacuícolas, localizado aproximadamente entre los 35° S (región del Maule) y los 43° S (región de Aisén), incluyendo los territorios argentinos vecinos (especialmente de las regiones de Los Lagos y de Aisén). Además, como ejemplos, en los dos gráficos de la derecha de esta misma figura, se muestran los patrones latitudinales de diversidad de especies de Plecoptera (Insecta) y Aeglidae (Crustacea). Este "hot spot" de biodiversidad de invertebrados dulceacuícolas, formaría parte de la gran región de Archiplata, en el sentido de

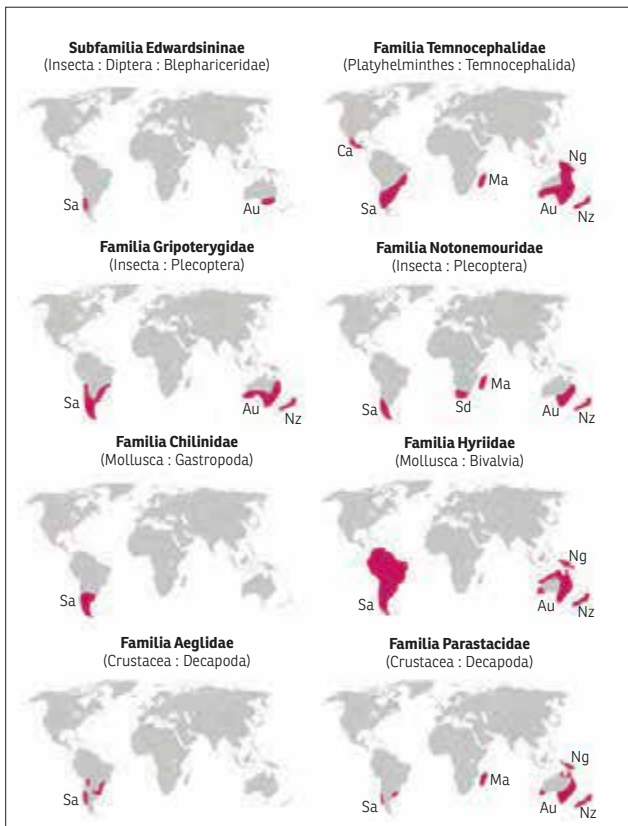


Figura 2. Algunos ejemplos de áreas de distribución geográfica de familias de invertebrados dulceacuícolas chilenos (color rojo). Nótese su distribución claramente gondwánica en el hemisferio Sur. La fragmentación del supercontinente Gondwana hace casi 100 millones de años (150 – 50 ma AP), causó el aislamiento de las biotas ancestrales. Cada una de las piezas de este gigante mosaico continuó evolucionando en aislamiento, pero conservando las señales de las antiguas conexiones. Au= Australia, Ca= Centroamérica, Ma= Madagascar, Ng= Nueva Guinea, Nz= Nueva Zelanda, Sa= Sudamérica, Sd= Sudáfrica.

Noodt (1969) e Illies (1969). Sin embargo, a mi modo de ver ameritaría reconocerla como una subunidad, que podría ser denominada "Chilenia", siguiendo la nomenclatura empleada por algunos geólogos, para referirse a gran parte de este territorio (e.g. Chernicoff & Zappettini, 2003; Rapalini, 2005).

Dentro de este "hot spot", Pérez-Losada et al. (2002) realizaron un estudio de los patrones espaciales de riqueza de especies e índices de diversidad genética y filogenética, de crustáceos aéglicos (ver más adelante). En base a estos indicadores, ordenaron las seis regiones hidrográficas presentes a lo largo de este territorio, de acuerdo a su prioridad de conservación. Ellos concluyeron que la región hidrográfica compuesta por los ríos Tucapel (próximo a Cañete), Imperial y Toltén, es prioritaria para la conservación de los aéglicos, lo cual probablemente también pueda extenderse a muchos otros grupos de invertebrados.

c) Con casos de áreas de distribución geográfica extremadamente reducidas: Existen ejemplos de especies con áreas de distribución geográfica muy reducida, las cuales están al borde de la extinción. Por ejemplo, el "Caracol del desierto" (*Chilina angusta*), descubierto por Rodolfo Amando Philippi en su viaje exploratorio al Desierto de Atacama

(1853 y 1854), que habita solamente en la Aguada de Paposo (Figura 3). Este es un manantial con una superficie de ca. 30m², localizado en el desierto costero al Norte de Taltal. Paradójicamente, esta especie que ha sido reconocida como el linaje evolutivo más primitivo dentro de los gastrópodos pulmonados, se encuentra a sólo metros fuera del área de la Reserva Nacional Paposo.

Otro ejemplo, corresponde al "Cangrejo tigre" (*Aegla conceptionensis*) que habita en la cuenca del río Andalién, fundamentalmente en el Estero Cárcamo, localizado al interior del campus de la Universidad de Concepción. Este cangrejo había sido considerado extinto hasta hace menos de una década. En el caso de los aéglicos, existen numerosos otros ejemplos de áreas de distribución geográfica muy reducidas, en los cuales las especies están restringidas a una limitada porción dentro de una determinada cuenca (ver Pérez-Losada et al., 2002; Jara, 2005; Jara et al., 2005). Un ejemplo de ello, es el caso del "Cangrejo Camaleón" (*Aegla hueicollensis*), que se encuentra fundamentalmente en remotos sectores de los ríos Hueicolla y Pichihueicolla, ubicados en la selva valdiviana (Figura 4).

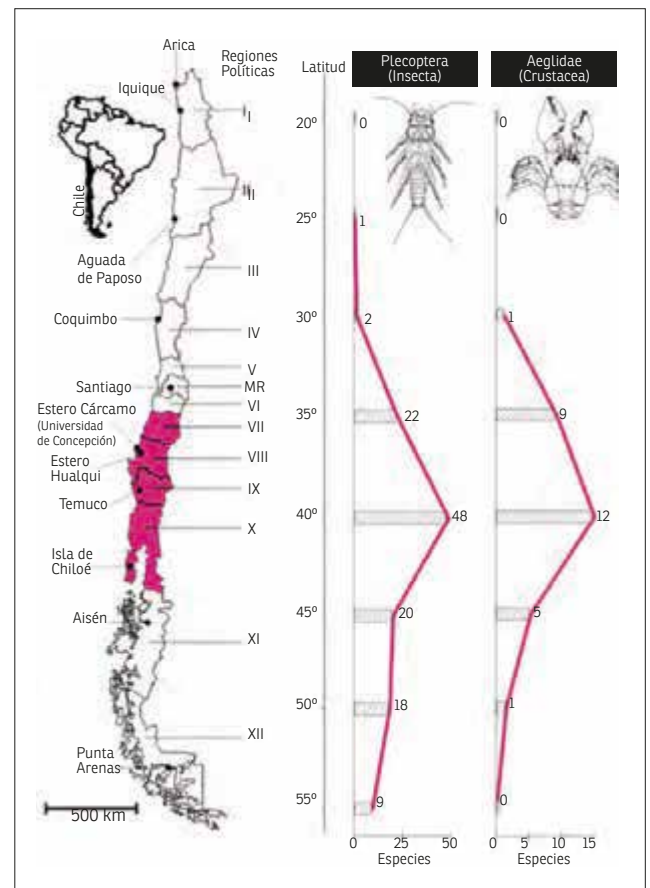


Figura 3. Mapa de Chile que muestra el "hot spot" de biodiversidad de invertebrados bentónicos dulceacuícolas (territorio coloreado), localizado aproximadamente entre los 35° S (región del Maule) y los 43° S (región de Aysén). Las localidades indicadas en rojo, corresponden a áreas críticas en las cuales se encuentran ejemplos de especies invertebrados al borde de la extinción: El crustáceo *Aegla* expansa en el Estero Hualqui, el "Caracol del desierto" (*Chilina angusta*) en la Aguada de Paposo, y el "Cangrejo tigre" (*Aegla conceptionensis*) en el Estero Cárcamo (al interior del Campus de la Universidad de Concepción). En los dos gráficos de la derecha se muestran como ejemplos, los patrones latitudinales de diversidad de Plecoptera (Insecta) y Aegliidae (Crustacea).



Figura 4. Fotografía subacuática del "Cangrejo Camaleón" (*Aegla hueicollensis*), que habita en aguas extremadamente puras, en los remotos ríos Hueicolla y Pichihueicolla, ubicados en la selva valdiviana de la costa. Foto: Elena Valdovinos.

SINOPSIS DE LOS PRINCIPALES GRUPOS

Los grupos taxonómicos mejor estudiados en Chile, son aquellos de mayor relevancia para la caracterización de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas dulceacuícolas, tales como Rotifera, Crustacea, Insecta, Bivalvia y Gastropoda. Los Rotifera y Crustacea están bien representados en el zooplancton lacustre. Por otra parte, Crustacea, Insecta, Bivalvia y Gastropoda, constituyen una fracción importante del zoobentos, tanto lacustre como fluvial. Aquí se limitará la discusión a los grandes grupos taxonómicos presentes en Chile, dando énfasis a aquellos más conocidos o importantes en las aguas dulces, aunque esto representa una injusticia frente a varios componentes de los invertebrados dulceacuícolas y a numerosos especialistas que han generado valiosa información al respecto.

Artrópodos – Los grupos más frecuentes en los ecosistemas dulceacuícolas son los crustáceos, insectos y quelicerados. Dentro de los crustáceos se encuentra una enorme diversidad de organismos, que van desde formas simples a muy complejas. Entre las primeras están los Copepoda, Branchiopoda y Ostracoda. El primero es un componente muy importante del zooplancton lacustre, mientras que los restantes frecuentemente se asocian al fondo. También son componentes comunes en el bentos los anfípodos, y en algunas zonas los isópodos. Con respecto a los crustáceos superiores, hay tres

familias en Chile: Pelaemonidae, Parastacidae y Aeglidae. Los dos últimos albergan comensales muy particulares, tales como los temnocéfalos y los histriobdélidos (ver más adelante). Los insectos están notablemente más representados en los ambientes dulceacuícolas que los crustáceos. Así, existen varios órdenes cuyos estados larvales o ninfales se desarrollan en el agua: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Odonata. Los adultos, en cambio, viven fuera de ella. Casi todos los otros órdenes de insectos presentan familias adaptadas para la vida acuática, especialmente en estado larval. Así se tiene a: Diptera (Culicidae, Chironomidae, Simuliidae, Blephariceridae, Tipulidae, Athericidae), Coleoptera (Hydrophilidae, Ditiscidae, Psephenidae) y Hemiptera (Belostomatidae, Notonectidae). Dentro de los insectos acuáticos existen diferentes formas de alimentación. Algunos son micrófagos, dotados de sofisticados sistemas de filtración (e.g. Trichoptera, Diptera), mientras que otros son eficientes carnívoros, estando en los niveles terminales de ciertas cadenas alimentarias (e.g. Odonata, Megaloptera). Incluso algunos pueden depredar vertebrados dulceacuícolas (e.g. Hemiptera Belostomatidae). La cantidad de larvas o ninfas en las aguas dulces en condiciones naturales es normalmente elevada, contribuyendo a la alimentación de vertebrados e invertebrados.

Los quelicerados dulceacuícolas no son tan diversos como los dos grupos anteriores. Son muy pocas las arañas

acuáticas, y sólo los ácaros (Hydracarina) constituyen un componente normal en este medio. Existen algunos ecosistemas lacustres, como la laguna Quiñenco en la región del Biobío, cuyo uso como fuente de abastecimiento de agua potable ha sido limitado por la presencia de grandes densidades de ácaros Oribatida (Scapheremaeus, Nothridae, Galumnidae, Malaconothridae, Oribotuloidea, Galumnoidea) y Prostigamata (Hygropatella, Oxidae, Arrenouridae) (Muñoz et al., 2001).

(a) Crustáceos copépodos y cladóceros: Como se mencionó anteriormente, estos son pequeños organismos fundamentales en el zooplancton lacustre, en algunos casos denominados “pulgas de agua”. Los copépodos se caracterizan por poseer el cuerpo dividido en dos regiones, siendo la región anterior (cefalotórax) típicamente alargada, con un ojo naupliano y los apéndices. Se reconocen tres grupos principales: Calanoidea (fundamentalmente planctónicos), Harpacticoidea (generalmente litorales microbentónicos) y Cyclopoidea (litorales y sólo unas pocas son típicamente limnéticas, zona de agua abierta entre la superficie hasta donde puede entrar la luz del sol). En contraste, los cladóceros son organismos típicamente planctónicos que se caracterizan por poseer un caparazón bivalvo y delgado (que no recubre la cabeza), además de un abdomen reducido.

El conocimiento del zooplancton de los ecosistemas lacustres chilenos ha progresado significativamente en las últimas décadas, especialmente por las investigaciones realizadas por los investigadores Dr. Luis Zúñiga, Dra. Lorena Villalobos, Dr. Stefan Woelfl, Dr. Rodrigo Ramos y Dr. Patricio de Los Ríos. Una completa síntesis de este grupo de organismos fue realizada por Villalobos (2006) y complementada por De Los Ríos et al. (2010), en las cuales se basa fundamentalmente la presente discusión. Según estos autores, Chile se caracteriza por presentar marcados gradientes latitudinales y altitudinales. En estos gradientes es posible encontrar diferentes tipos de ecosistemas lénticos (lagos, lagunas y charcas), cuya diversidad ambiental se ve claramente reflejada en la composición de especies de crustáceos zooplanctónicos, pudiéndose reconocer cinco zonas: (a) Norte de Chile: corresponde a lagos y lagunas localizadas en el altiplano Chileno-Peruano, donde es posible registrar especies endémicas, del género *Daphnia* o *Boeckella*, entre otras; (b) Chile Central: reúne a una serie de cuerpos acuáticos de baja altura y escasa profundidad. Esta zona se caracteriza por la presencia de *Diatomus diabolicus* (sinónima de *Tumeodiaptomus vivianae*). A esta latitud se encuentran también lagos de alta montaña de mayor profundidad. Estos se caracterizan por la presencia de especies del género *Boeckella*, de los cuales existen escasos registros y estudios taxonómicos; (c) Centro-Sur de Chile: incluye a los denominados “Lagos Nahuelbutanos” (regiones de Biobío – de la Araucanía), cuya fauna zooplanctónica está recién comenzando a estudiarse; (d) Sur de Chile: corresponde a los “Lagos Araucanos” o “Nordpatagónicos” (que constituyen los ecosistemas lacustres más estudiados en Chile);

(e) Patagonia chilena: incluye a los lagos de la región magallánica, que presentan una elevada diversidad de especies, destacando los del área de Torres del Paine, caracterizada por su elevado endemismo.

El zooplancton dulceacuícola chileno está integrado fundamentalmente por 53 especies de Cladocera y 73 de Copepoda (Tabla 1). Cladocera incluye a seis familias, dentro de las cuales *Daphnidae* y *Chydoridae* son las más diversas con 15 y 25 especies, respectivamente. Los Copepoda están integrados por 20 especies de Calanoidea, 22 de Cyclopoidea y 49 de Harpacticoidea. Las familias más diversas son *Cyclopidae* y *Canthocamptidae* con 22 y 48 especies, respectivamente. Dentro de estos grupos taxonómicos, los menos estudiados son los Harpacticoidea y los Cladocera de ambientes litorales (e.g. *Chydoridae*), los cuales merecen una revisión.

Entre los copépodos Calanoidea, el género *Boeckella*, se encuentra comúnmente distribuido en el Hemisferio Sur, en aguas continentales dulces y salinas. *Boeckella gracilipes* es una de las especies de más amplia distribución geográfica en Sudamérica, siendo reportada su presencia desde el Ecuador (Lago Mojanda) hasta Tierra del Fuego, aunque presenta poblaciones morfológicamente diferenciadas, probablemente asociadas a la temperatura. Entre los copépodos Calanoidea también destaca la especie endémica del extremo sur de Sudamérica *Parabroteas sarsi*. Este es un copépodo depredador, que se encuentra ampliamente distribuido en la Patagonia Chileno-Argentina, se destaca por su gran tamaño, llegando a medir hasta ocho milímetros, tamaño que lo sitúa como el copépodo de mayor talla en el mundo. Según De los Ríos et al. (2010), los copépodos calanoideos en aguas continentales chilenas se caracterizan por ser el grupo principal en los ensambles zooplanctónicos, estando representados por los géneros *Boeckella*, *Parabroteas* y *Tumeodiaptomus*. El género *Boeckella* está representado por tres especies de amplia distribución geográfica: *B. gracilipes*, que se encuentra entre los 18 y 44° S, *B. poopoensis* principalmente en lagos salinos del norte de Chile (14-27° S) y *B. michaelsoni* que se encuentra entre 44-54° S. *Tumeodiaptomus*, representado por *T. diabolicus*, está distribuido entre 32-42° S. Finalmente, *Parabroteas*, con sólo una especie, *P. sarsi*, ha sido reportada en lagunas poco profundas entre 44-54° S. Hay diferentes especies para la zona norte (*Boeckella occidentalis*, *B. poopoensis*, y *B. gracilipes*) central (*Tumeodiaptomus diabolicus*, *B. gracilipes*, *B. bergi*), y sur de Chile (*T. diabolicus*, *B. gracilipes*, y *B. michaelsoni*).

Con respecto a Cladocera, se han registrado seis especies de *Daphnia* (*D. pulex*, *D. peruviana*, *D. obtusa*, *D. ambigua*, *D. sarsi* y *D. commutata*), de ellas *D. pulex* y *D. obtusa* presentan una distribución cosmopolita. En Chile se registran de norte a sur y de costa a cordillera, representando excelentes indicadores de calidad de agua y con grandes potencialidades para ser empleadas en ensayos de toxicidad realizados en laboratorio.

Tabla 1. Visión sinóptica de las familias y géneros de macroinvertebrados dulceacuícolas más conocidos en Chile. Entre paréntesis se indica el número de especies de cada género (Tabla basada en datos de Camousseight, 2006; Jara et al., 2006; Jerez & Moroni, 2006; Orellana, 2006; Parada & Peredo, 2006; Rojas, 2006; Valdovinos, 2006; Vera & Camousseight, 2006; Villalobos, 2006).

Moluscos

Clase Bivalvia (almejas – 13 especies)

- Orden Paleoheterodonta
 - Familia Hyriidae (*Diplodon* 2)
 - Familia Sphaeriidae (*Pisidium* 7, *Sphaerium* 2, *Musculium* 2)

Clase Gastropoda (caracoles y lapas – 73 especies)

- Orden Mesogastropoda
 - Familia Cochliopidae – (Figura 1 (18); *Potamolithus* 1, *Helobia-Littoridina* 21)
- Orden Basommatophora
 - Familia Chilinae – (Figura 1 (16); *Chilina* 30)
 - Familia Physidae (*Physa* 4)
 - Familia Lymnaeidae (*Lymnaea* 5)
 - Familia Planorbidae (*Biomphalaria* 7)
 - Familia Ancyliidae (Figura 1 (17); *Anisancytus* 1, *Uncancytus* 3)

Crustáceos

Clase Branchiopoda (pulgas de agua – 53 especies)

- Orden Cladocera
 - Familia Daphnidae (*Daphnia* 7, *Scapholeberis* 2, *Simocapulus* 4, *Ceriodaphnia* 2)
 - Familia Sididae (*Diahanosoma* 1, *Latonopsis* 1)
 - Familia Moinidae (*Moina* 1)
 - Familia Bosminidae (*Bosmina* 2, *Eubosmina* 1)
 - Familia Macrothricidae (*Macrothrix* 4, *Echinisca* 1, *Cactus* 1, *Streblancerus* 1)
 - Familia Chydoridae (*Camptocercus* 3, *Alona* 6, *Leydigia* 1, *Alonella* 2, *Pleuroxus* 5, *Chydorus* 4, *Ephemerosus* 1, *Dunhevidia* 1, *Biapertura* 2)

Clase Copepoda (copépodos – 73 especies)

- Orden Calanoidea
 - Familia Boeckellidae (*Boeckella* 17)
 - Familia Centropagidae (*Parabroteas* 1)
 - Familia Diaptomidae (*Tumeodiaptomus* 2)
- Orden Cyclopoidea
 - Familia Cyclopidae (*Acanthocyclops* 3, *Diacyclops* 2, *Metacyclops* 1, *Mesocyclops* 2, *Microcyclops* 2, *Tropocyclops* 1, *Eucyclops* 7, *Macrocyclops* 1, *Paracyclops* 3)
- Orden Harpacticoida
 - Familia Harpacticidae (Tigriopus 1)
 - Familia Canthocamptidae (*Attheyella* 33, *Lofflerella* 5, *Antarctobius* 8, *Moraria* 2)

Clase Malacostraca (cangrejos, camarones, pulgas y chanchitos de agua – 32 especies)

- Orden Decapoda
 - Familia Palaemonidae (*Cryphiops* 1)
 - Familia Parastacidae (Figura 1 (27); *Parastacus* 2, *Samastacus* 1, *Virilastacus* 1)
 - Familia Aeglidae (Figura 1 (26); *Aegla* 19)
- Orden Amphipoda (7 especies)
 - Familia Hyalellidae (*Hyalella* 7)
- Orden Isopoda (1 especie)
 - Familia Janiridae (Heterias 1)

Insectos

- Orden Ephemeroptera (moscas de mayo o efímera - 57 especies)
 - Familia Baetidae (*Americabaetis* 2, *Andesiops* 1, *Callibaetis* 3, *Decepiosa* 3)
 - Familia Oniscigastridae (*Siphonella* 2)
 - Familia Nesameletidae (*Metamonius* 2)
 - Familia Ameletopsidae (Figura 1 (23); *Chilopter* 2, *Chaquihua* 2)
 - Familia Oligoneuriidae (*Murphyella* 1)
 - Familia Caenidae (*Caenis* 3)
 - Familia Leptophlebiidae (Figura 1 (24); *Archethraulodes* 1, *Atalophlebia* 7, *Atalophlebioides* 1, *Dactylophlebia* 1, *Demoulinellus* 1, *Gonserellus* 1, *Hapsiphlebia* 1, *Magallanella* 1, *Massartellopsis* 1, *Meridialaris* 7, *Nousia* 6, *Penaphlebia* 5, *Rhigotopus* 1, *Secochela* 1, *Thraulodes* 1)

Orden Plecoptera (moscas de las piedras - 63 especies)

- Familia Eustheniidae (Figura 1 (2); *Neuroperlopsis* 1, *Neuroperla* 1)
- Familia Diamphipnoidae (*Diamphipnoa* 3, *Diamphipnopsis* 2)
- Familia Austroperlidae (Figura 1 (3); *Andesobius* 1, *Klapopteryx* 2, *Penturoperla* 1)
- Familia Gripopterygidae (Figura 1 (1); *Andiperla* 1, *Andiperlodes* 1, *Antarctoperla* 2, *Araucanioperla* 2, *Aubertoperla* 2, *Ceratoperla* 2, *Chilenoperla* 3, *Claudioperla* 1, *Limnoperla* 1, *Megandiperla* 1, *Notoperla* 2, *Notoperlopsis* 1, *Pelurgoperla* 1, *Plegoperla* 2, *Potamoperla* 1, *Rhitroperla* 2, *Senzilloides* 1, *Teutoperla* 3)
- Familia Notonemouridae (Figura 1 (4); *Austronemoura* 9, *Neofulla* 3, *Neonemoura* 2, *Udamocercia* 3)
- Familia Perlidae (Figura 1 (5); *Inconeuria* 1, *Kempnyella* 2, *Nigroperla* 1, *Pictoperla* 2)

Orden Trichoptera (frigáneas o polillas de agua - 215 especies)

- Familia Hydrobiosidae (*Amphichorema* 3, *Androchorema* 1, *Apatanodes* 2, *Australobiosis* 2, *Cailloma* 3, *Clavichorema* 7, *Heterochorema* 1, *Iguazu* 1, *Isochorema* 2, *Metachorema* 2, *Microchorema* 4, *Neatopsysche* 5, *Neochorema* 4, *Neopsilochorema* 1, *Nolganema* 1, *Parachorema* 1, *Pomphochorema* 1, *Pseudoradema* 1, *Rheochorema* 4, *Stenochorema* 1)
- Familia Glossosomatidae (*Mastigoptila* 7, *Scotiortrichia* 1, *Tolhuaca* 1)
- Familia Hydroptilidae (Figura 1 (7); *Hydroptila* 1, *Oxyethira* 4, *Celaenotrichia* 1, *Neotrichia* 1, *Metrichia* 5, *Nothotrichia* 2)
- Familia Philopotamidae (*Dolophilodes* 20)
- Familia Stenopsychidae (*Pseudostenopsichidae* 3)
- Familia Hydropsychidae (Figura 1 (6); *Smicidea* 15)
- Familia Ecnomidae (*Austrotinodes* 12, *Chilocentropus* 1)
- Familia Polycentropodidae (*Polycentropus* 7)
- Familia Limnephilidae (*Austrocosmoecus* 1, *Metacosmoecus* 1, *Monocosmoecus* 5, *Platycosmoecus* 1, *Verger* 19)
- Familia Calamoceratidae (*Phylloicus* 1)
- Familia Kokiriidae (*Pangullia* 1)
- Familia Leptoceridae (*Hudsonema* 1, *Triplectides* 3, *Nectopsyche* 2, *Brachysetodes* 10)
- Familia Phylorheithridae (*Mystacopsyche* 2, *Psylopsiche* 3)
- Familia Anomalopsychidae (*Anomalopsyche* 1, *Contulma* 1)
- Familia Helicophidae (*Alloecentrolodes* 2, *Austrocentrus* 3, *Eosericoestoma* 2, *Microthremma* 7, *Pseudosericoestoma* 1)
- Familia Helicopsychidae (Figura 1 (8); *Helicopsyche* 2)
- Familia Sericostomatidae (*Chiloecia* 1, *Myotrichia* 1, *Notidobiella* 3)
- Familia Sericostomatidae (*Parasericoestoma* 10)
- Familia Tasimiidae (*Charadropsyche* 1, *Trichovespula* 1)

Orden Coleoptera (escarabajos - 98 especies)

- Familia Gyrinidae (Figura 1 (20); *Andogyrus* 2, *Gyrinus* 2)
- Familia Haliplidae (*Halipus* 3)
- Familia Dytiscidae (Figura 1 (19); *Rhantus* 4, *Lancetes* 14, *Leuronectes* 2, *Anisomeria* 1, *Megadytes* 2, *Laccophilus* 2, *Liodessus* 4, *Laccornellus* 1, *Platynectes* 1, *Desmopachria* 1, *Agabus* 1)
- Familia Hydrophilidae (*Andotypus* 1, *Dactylosternum* 1, *Cylorygmus* 2, *Stethoxus* 2, *Cercyon* 2, *Dibolocelus* 2, *Enochrus* 5, *Chaetarthria* 1, *Tropisternus* 1, *Hydrochus* 1, *Berosus* 3, *Hemiosus* 2, *Anticuar* 1, *Paracymus* 3)
- Familia Hydraenidae (*Ochtheosus* 2, *Gymnochthebius* 7, *Hydraenida* 5)
- Familia Elmidae (*Mycrocylloepus* 1, *Macrelmis* 1, *Austrolimnius* 2, *Austrelmis* 8, *Stenelmis* 1, *Neoelmis* 1, *Hydora* 2)
- Familia Psephenidae (Figura 1 (21); *Tychepephus* 1, *Ectopria* 1, *Eubrianax* 1)

Briozos

Orden Plumatellida (biozoos – 6 especies)

- Familia Fredericellidae (*Fredericella* 1)
- Familia Plumatellidae (*Plumatella* 5)

(b) Crustáceos malacostracos: Los malacostracos presentes en los ecosistemas dulceacuícolas chilenos, están integrados por representantes de los órdenes Decapoda, Amphipoda e Isopoda. Los Decapoda ("pancoras", "cangrejos", "camarones") son crustáceos de relativamente gran tamaño (10 a 200 mm), que se caracterizan por tener cinco pares de patas locomotoras, de las cuales el primer par está dotado de pinzas. En contraste, Amphipoda ("pulgas de agua") e Isopoda ("chanchitos de agua") son de pequeño tamaño (< 10 mm), poseen numerosos apéndices locomotores, carecen de pinzas y no presentan el abdomen claramente diferenciado del tórax. Ambos grupos presentan el cuerpo alargado, sin embargo son claramente reconocibles debido a que el primero posee el cuerpo fuertemente aplastado (comprimido) lateralmente, mientras que el segundo tiene el cuerpo aplastado dorso-ventralmente (deprimido).

Los malacostracos son un grupo de particular relevancia en los ecosistemas dulceacuícolas, por tratarse de componentes fundamentales en la dieta de grandes peces y aves acuáticas, además por la gran importancia comercial que poseen las diferentes especies de camarones de las familias Palaemonidae y Parastacidae. Otro aspecto importante de este grupo, es que es el único en el cual existen evidencias de extinción de especies.

El conocimiento de los crustáceos Malacostraca en los ecosistemas dulceacuícolas chilenos ha progresado notablemente en las últimas décadas, especialmente por las contribuciones realizadas por el Dr. Exequiel González (Amphipoda), Dr. Carlos Jara (Decapoda Aeglidae), Dr. Jaime Meruane (Decapoda Palaemonidae) y Prof. Erich Rudolph (Parastacidae). Una extensa discusión de este grupo de organismos ha sido realizada por Jara (2005) y Jara et al. (2006), en las cuales se basa la presente síntesis. De acuerdo a estos autores, los decápodos dulceacuícolas chilenos constituyen el grupo más numeroso de Malacostraca, integrado por camarones de las familias Palaemonidae (una especie) y Parastacidae (cuatro especies; Figuras 1 (27) y 2), más cangrejos anomuros de la familia Aeglidae (18 especies y dos subespecies; Figuras 1 (26) y 2). Los peracáridos están representados por siete especies de Amphipoda del género *Hyalrella*, mientras que sólo una especie de Isopoda ha sido reconocida (*Heterias* (Fritzianira) exul). De esta manera, según Jara et al. (2006), la fauna de malacostráceos limnéticos en Chile está así constituida por 35 taxa, i.e., 33 especies y 2 subespecies (Tabla 1).

Como discuten Jara et al. (2006), el rango geográfico ocupado por los Malacostraca dulceacuícolas chilenos, abarca prácticamente la totalidad del territorio continental en su extensión latitudinal y altitudinal. Sin embargo, en este rango no participan todos los grupos taxonómicos ni la distribución de sus especies es continua. Por el contrario, la mayor parte de las especies tiene distribución más o menos discontinua, relacionada, por una parte, con la natural discontinuidad de las cuencas hidrográficas y por otra, con el mosaico de hábitats que se encuentra en cada cuenca.

El conjunto de mayor amplitud geográfica lo constituyen los anfípodos del género *Hyalrella*, que abarcan desde Guallatire (Tarapacá), a Punta Arenas (Magallanes). En este rango latitudinal las siete especies de *Hyalrella* se escalonan en sentido Norte-Sur, con rangos individuales muy disímiles en extensión. La especie de distribución más extensa es *H. costera*, de la cual existe registro en sitios tan alejados como Quebrada de Paposo (Antofagasta), e Isla Teja (Valdivia). Una situación similar, de límites muy alejados marcada por poblaciones discontinuas, es el de *Cryphiops caementarius* ("Camarón de río del Norte"), registrado entre Arica y Valparaíso. De las especies de camarones Parastacidae, la que tiene el rango más amplio es *Samastacus spinifrons* ("camarón de río del Sur"), distribuido sin interrupción entre Aconcagua y Chiloé. Según Jara et al. (2006), su presencia en las islas al sur de Chiloé, hasta Taitao, no está documentada en detalle pero puede presumirse se encuentre en al menos las islas mayores de los archipiélagos de las Guaitecas y de los Chonos. Las restantes especies de parastácidos, de hábito cavador, asociadas a humedales del Valle Central y Cordillera de la Costa, tienen distribuciones delimitadas y alopátricas, i.e., *Parastacus pugnax* al norte del río Toltén y *Parastacus nicoleti* al sur del mismo río. La distribución conocida de *Virilastacus araucanius* es claramente discontinua, entre Concepción y Hueyusca (cerca de Osorno).

Entre las especies de Aeglidae, destaca *Aegla pewencha* como la especie de rango latitudinal más amplio, seguida por *Aegla papudo*. El resto de las especies tiene rangos latitudinales que involucran una o dos Regiones pero algunas como *Aegla expansa* y *Aegla concepcionensis*, en la región del Biobío, están restringidas a una sola cuenca hidrográfica. Otro ejemplo, lo constituye la distribución de *Aegla neuquensis* neuquensis, cuya distribución conocida en Chile está restringida a una sector de la cuenca hidrográfica del río Aysén (Valdovinos et al., 2010). Recientemente, Oyanedel & Valdovinos (2011), mapearon la distribución de los decápodos de agua dulce en ríos y lagos de la Patagonia, permitiendo identificar a la Isla Duque de York (50°75'S), como el hábitat más austral de estos organismos en el mundo (*Aegla alacalufi*).

De acuerdo a los antecedentes disponibles, la mayor densidad de taxa de crustáceos Malacostraca ocurre entre las regiones del Biobío y de Los Lagos, siendo la región de Los Lagos la que alberga el mayor número de especies (Figura 3). Jara et al. (2006), señalan que todas las especies de parastácidos, dieciséis de las dieciocho especies de *Aegla* y tres de las siete especies de *Hyalrella* se encuentran exclusivamente en territorio chileno. *Aegla affinis* se encuentra en situación extralimital en Chile. Ella se encuentra en la Laguna del Maule, introducida por pescadores deportivos argentinos desde la cuenca del río Grande (en el sur de la Provincia de Mendoza). Por otra parte, las especies chilenas son por lo general endémicas de sectores restringidos del territorio nacional. Aparte del exiguo rango distribucional de *Aegla concepcionensis* y *Aegla expansa*, que las califica como especies extremadamente endémicas, existen otros casos en que una especie se conoce sólo de una cuenca o de algunas cuencas aledañas entre sí. Tal es el caso de *Aegla*

spectabilis en la cuenca del río Chol-Chol (región de La Araucanía) y de *Aegla bahamondei* y *Aegla occidentalis* en las cuencas contiguas de los ríos Tucapel-Paicaví y Lleu Lleu, en la franja costera de la región del BioBío. En la ladera occidental de la Cordillera de la Costa, al sur de Corral y hasta la boca del río Bueno, se encuentra *Aegla hueicollensis* repartida en una serie de pequeñas cuencas individuales aisladas entre sí (Figura 4). La situación de las especies de *Parastacus pugnax* y *Parastacus nicoleti*, especies cavadoras asociadas a los humedales costeros y de la Depresión Intermedia al norte de Temuco, es de endemismo en sus respectivas áreas de dispersión, separadas por la cuenca del río Toltén.

El estado de conservación de las especies de invertebrados dulceacuícolas chilenos, ha sido establecido sólo para los camarones y cangrejos anomuros, a partir del estudio de Bahamonde et al., (1998), sobre la base de criterios de la UICN 1982 y de la opinión de expertos. Posteriormente, Pérez-Losada et al. (2002), recalificaron la situación de las especies chilenas de *Aegla*, apoyándose en argumentos filogenéticos y de diversidad genética combinados con los criterios propuestos por UICN 2001. Las propuestas iniciales de Bahamonde et al. (1998), determinaron que tres de las cuatro especies de parastácidos (*P. pugnax*, *P. nicoleti* y *S. spinifrons*) están en situación "Vulnerable" en buena parte o en la totalidad de su rango geográfico. La situación de *Cryphiops caementarius* fue reconocida como en "Peligro de Extinción" en las regiones de Valparaíso y Metropolitana y "Vulnerable" en el resto de su rango geográfico. La situación de las especies de *Aegla*, según Bahamonde et al. (1998), era menos comprometida aunque reconocen que *Aegla laevis laevis* y *Aegla papudo* se encontraban en "Peligro de Extinción" en las regiones V y Metropolitana. Además, calificaron a *Aegla laevis* talcahuano como "Vulnerable" en todo su rango de distribución. Las restantes especies de *Aegla* fueron calificadas como "Insuficientemente Conocidas" o como "Fuera de Peligro". Las conclusiones posteriores derivadas del trabajo de Pérez-Losada et al. (2002), suscribieron sólo en parte las calificaciones anteriores, estableciendo que *Aegla concepcionensis* y *Aegla expansa* se encontraban "Extintas en la Naturaleza" y que *Aegla papudo*, *Aegla laevis laevis* y *Aegla spectabilis* calificaban como "Críticamente Amenazadas". Recientemente, el año 2014 el estado chileno aprobó y oficializó la clasificación de 24 especies de crustáceos decápodos dulceacuícolas utilizando criterios UICN 3.1, las cuales se indican en la Tabla 2. Hay dos especies calificadas "En Peligro Crítico (CR)", correspondientes a *Aegla affinis* y *Aegla denticulata* lacustris. Además, hay ocho "En Peligro (EN)" y cinco "Vulnerables (VU)". Las nueve restantes califican en las categorías de "Casi Amenazada (NT)" y "Preocupación Menor (LC)".

De los crustáceos de aguas subterráneas chilenas, es relativamente poco lo que se conoce. Noodt (1969), ha hecho una síntesis para el continente sudamericano, indicando, que grupos tales como: Amphipoda (e.g. Ingolfiella, Bogidiella)

Tabla 2. Invertebrados dulceacuícolas chilenos clasificados oficialmente (Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación, DS 29/2011 MMA) en categorías de conservación.

Nombre científico	Categoría de conservación
Mollusca - Gastropoda	
<i>Biomphalaria costata</i>	En Peligro Crítico (CR)
<i>Heleobia atacamensis</i>	En Peligro Crítico (CR)
<i>Heleobia chimbaensis</i>	Vulnerable (VU)
<i>Helobia ascotanensis</i>	En Peligro (EN)
<i>Helobia transitoria</i>	En Peligro Crítico (CR)
Insecta - Plecoptera	
<i>Andiperta willinki</i>	En Peligro (EN)
Crustacea - Decapoda	
<i>Aegla abtao</i>	Preocupación Menor (LC)
<i>Aegla affinis</i>	En Peligro Crítico (CR)
<i>Aegla alacalufi</i>	Preocupación Menor (LC)
<i>Aegla araucaniensis</i>	Preocupación Menor (LC)
<i>Aegla bahamondei</i>	En Peligro (EN)
<i>Aegla cholchol</i>	Vulnerable (VU)
<i>Aegla concepcionensis</i>	En Peligro (EN)
<i>Aegla denticulata</i>	A. denticulata lacustris: En Peligro Crítico (CR) A. denticulata denticulata: Preocupación Menor (LC)
<i>Aegla expansa</i>	En Peligro (EN)
<i>Aegla hueicollensis</i>	Casi Amenazada (NT)
<i>Aegla laevis</i>	A. laevis laevis: En Peligro (EN) A. laevis talcahuano: En Peligro (EN)
<i>Aegla manni</i>	Vulnerable (VU)
<i>Aegla neuquensis neuquensis</i>	Preocupación Menor (LC)
<i>Aegla occidentalis</i>	En Peligro (EN)
<i>Aegla papudo</i>	En Peligro (EN)
<i>Aegla pewenchaie</i>	Preocupación Menor (LC)
<i>Aegla rostrata</i>	Preocupación Menor (LC)
<i>Aegla spectabilis</i>	Vulnerable (VU)
<i>Parastacus nicoletii</i>	Preocupación Menor (LC)
<i>Parastacus pugnax</i>	Preocupación Menor (LC)
<i>Virilastacus araucanicus</i>	Vulnerable (VU)
<i>Virilastacus rucapihuensis</i>	En Peligro (EN)
<i>Samastacus spinifrons</i>	Preocupación Menor (LC)
<i>Cryphiops caementarius</i>	Vulnerable (VU)

y varios Isopoda (e.g. Microcerberus), se encuentran preferentemente en el área Chilena-Argentina (descrita previamente). También existen grupos de Syncarida, tales como Leptobathynella, Chilobathynella, Parabathynella, Bathynella y Stygocaria, registrados a lo largo de nuestro país (Noodt, 1969).

(c) Insectos: Los estados larvales de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, como consumidores primarios, son un componente relevante de la fauna bentónica dulceacuícola, tanto en abundancia como en biomasa. Estos procesan

una cantidad importante de microalgas perifíticas y materia orgánica (autóctona y alóctona), ya sea triturando las partículas grandes, o filtrando las pequeñas. Por otro lado, por medio de los adultos, en algunos casos devuelven una cantidad importante de energía al ambiente terrestre. Muchos depredadores terrestres, tales como arañas, insectos, aves insectívoras y murciélagos, consumen una gran cantidad de adultos durante los períodos de emergencia, vuelo nupcial y ovoposición. Estos insectos acuáticos son unos de los más importantes en las redes tróficas de ríos, ya que tanto los desoves, larvas y adultos son parte fundamental de la dieta de los peces y anfibios, o intervienen en algunos de las etapas que terminan en ellos. Debido a su abundancia y ubicuidad, así como a la tolerancia diferencial de las diferentes especies a distintos grados de contaminación o impacto ambiental, han sido utilizados desde hace ya algún tiempo como indicadores biológicos de calidad de aguas. En particular, los Plecoptera al habitar preferentemente en aguas rápidas, turbulentas, frías y altamente oxigenadas, se consideran excelentes indicadores de calidad de agua.

El conocimiento de insectos de los ecosistemas dulceacuícolas chilenos ha progresado significativamente en las últimas décadas, particularmente por las contribuciones realizadas por el Dr. Ariel Camousseight, Dr. Eduardo Domínguez, Dr. Michael Hubbard y Dr. Manuel Pescador, en Ephemeroptera; por el Dr. Ariel Camousseight, Alejandro Vera y Maritza Mercado, en Plecoptera, por la Dra. Fresia Rojas, Dr. O. Flint y Dr. Ralph Holzenthal, en Trichoptera, y por la Dra. Viviane Jerez y el Dr. Juan Moroni, en Coleoptera. Si bien es relativamente fácil la identificación de las familias y géneros de estos invertebrados, gracias a la existencia de valiosas guías de identificación como por ejemplo, la "Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos" (Fernández & Domínguez, 2001), y el libro "Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología" (Domínguez & Fernández, 2009), la identificación a nivel de especies de muchos géneros, es difícil y en algunos casos todavía imposible.

Efemerópteros: Estos son organismos de cuerpo alargado cuyos estados adultos poseen alas de nervación reticulada ("moscas de mayo" o "efímeras"). El primer par de alas es mayor que el segundo, y cuando están en reposo, las alas quedan en posición vertical. Tanto los estados adultos aéreos como los estados ninfales acuáticos se reconocen por la presencia de tres (o dos) apéndices caudales filiformes (Figura 1 (22-25)). A nivel mundial, este es un grupo más bien pequeño en cuanto al número de especies. Sin embargo, son conspicuos componentes del bentos dulceacuícola en sus etapas inmaduras. De la misma manera, por ser considerados probablemente los insectos alados más primitivos, han sido objeto de numerosos estudios.

Una discusión de este grupo de organismos ha sido realizada por Camousseight (2006), en la cual se basa la presente

síntesis. De acuerdo a este autor, en Chile existen descritas un total de 57 especies, pertenecientes a siete familias (Tabla 1). La familia más diversa es Leptophlebiidae, con 36 especies pertenecientes a 15 géneros. De los 25 géneros existentes en Chile, los géneros Meridialaris, Nousia y Penaphlebia, son los más diversos, con 7 y 6 especies, respectivamente. Uno de los problemas que tiene la identificación de los estados acuáticos de Ephemeroptera, es que la mayor parte de las descripciones está basada en los caracteres diagnósticos de los adultos. En el hecho, como señala Camousseight (2006), sólo un 40% de las especies han sido descritas a nivel de adultos y ninfas, el 12% sólo por las ninfas y 47% sólo por los adultos machos y/o hembras. Desde un punto de vista de su endemidad en el territorio chileno, el 56% de las especies serían exclusivas del territorio nacional, los 33% compartidos con Argentina y el 11% de ellas presentan una distribución más amplia. A continuación se adjuntan comentarios específicos para cada familia, basados en el autor citado previamente: (a) Baetidae: a sólo tres de sus cuatro géneros, y tres de las nueve especies son posibles de identificar por sus ninfas (*Americabaetis alphus*, *Andesiops peruvianus* y *Deceptiviosa ardua*); (b) Oniscigastridae: de las dos especies de este grupo, sólo a *Siphonella ventilans* se le conoce la ninfa. A esta especie se conoce el macho imago y subimago pero no la hembra; (c) Nesameletidae: se conoce sólo la ninfa de *Metamonius anceps*; (d) Ameletopsidae: a sólo uno de los dos géneros de esta familia se conocen las ninfas: *Chiloporter eatoni* y *Chiloporter penai*. *Chaquihua*, el otro género de esta interesante familia gondwánica, caracterizado por poseer ninfas carnívoras, es prácticamente conocido sólo por sus imagos hembras; (e) Oligoneuriidae: se conoce la ninfa de *Murphyella needhami*, la cual es muy curiosa debido a la ausencia de branquias abdominales; (f) Caenidae: esta familia posee especies no estudiadas a nivel de ninfas e incluso no identificables a nivel de imagos; (g) Leptophlebiidae: de las 36 especies descritas para Chile, 14 se podrían reconocer por alguno de sus adultos, 17 por los adultos y/o las ninfas y, sólo cinco son conocidas sólo por las ninfas (*Hapsiphlebia anastomosis*, *Massartellopsis irrazavali*, *Nousia delicata*, *Nousia grandis*, *Nousia maculata*, *Nousia minor*, *Meridialaris biobionica*, *Meridialaris diguillina*, *Meridialaris laminata*, *Penaphlebia chilensis*, *Penaphlebia fulvipes* y *Penaphlebia vinosà*).

Plecópteros: Los estados adultos de estos organismos poseen largas antenas y dos pares de alas membranosas por lo general bien desarrolladas. Tanto los estados adultos aéreos como los estados ninfales acuáticos se reconocen por la presencia de dos apéndices caudales (cercos), los cuales son multisegmentados y de longitud variable (Figura 1 (1-5)). En nuestro país, hay plecópteros que pueden vivir en ambientes extremos de temperatura. Por ejemplo, se ha observado que el "Dragón de la Patagonia" puede habitar en áreas de glaciares, donde las temperaturas pueden llegar al punto de congelación.

Una síntesis de este grupo taxonómico ha sido efectuada por Vera & Camousseight (2006), en la cual se basa la presente discusión. De acuerdo a estos autores, en Chile se conoce un total de 63 especies pertenecientes a seis familias. Gripopterygidae corresponde a la familia más diversa, con 28 especies incluidas en 18 géneros. Como la mayor parte de los invertebrados dulceacuícolas de Chile, la máxima diversidad de especies de plecópteros se localiza en el centro-sur de Chile (Figura 3).

En general la mayor parte de los géneros de plecópteros incluyen a no más de dos especies, a excepción de *Diamphipnoa*, *Chilenoperla* y *Teutoperla*, que poseen tres especies. Desde un punto de vista de su endemidad en el territorio chileno, éste alcanza un 57% de las especies. A continuación se señalan comentarios específicos para cada familia, basados en los autores previamente citados. a) Eustheniidae: posee ninfas depredadoras presentes sólo en Oceanía y Chile, estando representada en Chile por dos géneros monoespecíficos exclusivos de nuestro país (*Neuroperlopsis patris* y *Neuroperla scheidtingi*); b) Diamphipnoidae: esta familia de ninfas detritívoras, habita exclusivamente en Sudamérica. De las cinco especies chilenas, sólo *Diamphipnoa helgae* se encuentra también en Argentina; c) Austroperlidae: esta familia posee ninfas detritívoras, cuyos representantes se encuentran en Sudamérica y Australia. De las cuatro especies chilenas, sólo *Klapopteryx armillata* habita también en Argentina; d) Gripopterygidae: esta es la familia de plecópteros más diversificada en Chile. Posee ninfas mayoritariamente detritívoras, distribuida en Sudamérica, Australia y Nueva Zelanda (Figura 2). Como señalan Vera & Camousseight (2006), a pesar de ser una familia bastante estudiada, persiste un 55% de las especies con ninfas desconocidas o bien descritas, pero sólo asignadas a géneros. Es notable el caso de *Araucanioperla*, del cual se conocen dos especies en base a imagos, y tres ninfas diferentes no asignadas a ninguna de ellas. En esta familia se ubica la única especie compartida con Perú y Bolivia *Claudioperla tigrina*; e) Notonemouridae: Esta familia se distribuye en Sudáfrica, Madagascar, Australia, Nueva Zelanda y Sudamérica (Figura 2), y en Chile es la segunda en importancia con 16 especies (dieta desconocida). Según los autores previamente citados, en general, los estados inmaduros sólo permiten reconocer los géneros; f) Perlidae: posee ninfas depredadoras, representadas en Chile por cinco especies.

Con respecto al estado de conservación de las especies de insectos acuáticos, el único taxa clasificado corresponde a *Andiperla willinkii*, que ha sido calificada en la categoría de "En Peligro" (Tabla 2). Esta especie es altamente singular a nivel mundial. Según Vera et al. (2012), se trata de una especie nativa de Chile, que se encuentra en las Regiones de Aysén y Magallanes y en Argentina (sólo presenta un registro). Son insectos extremófilos y psicrófilos, que viven exclusivamente sobre el hielo en campos de hielo norte, sur y Cordillera de Darwin. Su hábitat no lo comparte con otros

insectos ni vertebrados acuáticos (Kohshima, 1985; Kohshima et al., 2002). Posiblemente los adultos y ninfas se alimenten de otras especies psicrófilas, como microalgas y colémbolos (Takeuchi & Kohshima, 2004; Kohshima et al., 2002), las que además sostienen la trama trófica de las comunidades glaciares (Takeuchi et al., 2001). De esta manera, *A. willinkii* equivaldría al depredador tope en estos sistemas. Según Oarga (2009), esta especie es un recurso potencial para obtener productos biotecnológicos, especialmente aquellos asociados a procesos enzimáticos llevados a cabo en condiciones de congelamiento.

Tricópteros: Corresponden a insectos de cuerpo blando, cuyas fases adultas aéreas poseen dos pares de alas membranosas peludas poco desarrolladas ("frigáneas" o "polillas de agua"). Las larvas son acuáticas (Figura 1 (6-7)) y construyen "casitas" de diversos materiales orgánicos (e.g. fragmentos de hojas y leños) e inorgánicos (e.g. granos de arena; Figura 1 (8)), dependiendo del grupo taxonómico que se trate.

Una discusión de este grupo de organismos ha sido realizada por Rojas (2006), en la cual se basa la presente síntesis. De acuerdo a esta autora, en Chile existen descritas 214 especies, siendo la familia Hydrobiosidae la más diversificada, con 47 especies pertenecientes a 20 géneros. Sin embargo, es la familia Limnephilidae, por efecto de la talla de los individuos y de su abundancia, la que resulta casi emblemática en Chile, distribuida particularmente en los cursos de agua de los bosques patagónicos. Del total de especies descritas, mayoritariamente en base a estados adultos, los estados inmaduros acuáticos sólo se conocen para solo 45 de ellas. Es decir, hasta el momento es posible identificar hasta nivel de especie, sólo un 21% de las larvas acuáticas de Trichoptera. A continuación, para cada familia, se presenta un resumen del número de especies por género a las cuales se les conocen los estados inmaduros acuáticos, en relación al total de especies (inmaduros acuáticos / especies conocidas): (a) Hydrobiosidae: *Apatanodes* 1/2, *Cailloma* 3/3, *Iguazu* 1/1, *Neotopsyche* 5/5, *Neopsilochorema* 1/1, *Rheochorema* 4/4 y *Stenochorema* 1/1; (b) Glossosomatidae: *Mastigoptila* 1/7; (c) Hydroptilidae: *Celaenotrichia* 1/1, *Neotrichia* 1/1 y *Metrichia* 1/5; (d) Ecnomidae: *Austrotinodes* 1/12; (e) Limnephilidae: *Austrocosmoecus* 1/1, *Metacosmoecus* 1/1, *Monocosmoecus* 3/5, *Platycosmoecus* 1/1 y *Verger* 6/19; (f) Leptoceridae: *Hudsonema* 1/1 y *Triplectides* 1/3; (g) Anomalopsycheidae: *Anomalopsyche* 1/1 y *Contulma* 1/1; (h) Helicophidae: *Austrocentrus* 1/3 y *Eosericoctoma* 1/2; (i) Sericoctomatidae: *Parasericoctoma* 2/10; (j) Tasimiidae: *Charadropsyche* 1/1 y *Trichovespula* 1/1.

En Chile, la distribución geográfica conocida de los Trichoptera va desde la región de Coquimbo a la de Magallanes y de la Antártica Chilena, limitada hacia el norte por la aridez, aunque se conocen intrusiones desde la subregión brasilera (e.g. especies de la familia Hydroptilidae en el Río Loa). La mayor diversidad de especies está localizada en las regiones del Biobío a de Los Lagos, prevaleciendo la Región del Biobío, con un

porcentaje que supera a la mitad de todas las especies registradas para Chile. Por otra parte, la condición fundamentalmente endémica de las especies, sumada al hecho de que un grupo de géneros ha resultado incluido en familias exclusivas del Área Australozelandesa (Helicophidae, Tasimiidae, Kokiriridae, Philorheithridae) y Australoasiática (Stenopsychidae), ha proporcionado el fundamento para distinguir y caracterizar a la subregión Chileno-patagónica dentro del Área Neotropical. Debido a que tal distinción rebasa las delimitaciones políticas de territorio, tal endemismo no impide que compartamos especies con Argentina. Solamente Helicophidae ha presentado una importante diversificación de géneros (= 5) y especies (= 15), entre las familias que se les ha asignado un origen gondwánico.

Coleópteros: Los adultos de vida acuática o aérea, se caracterizan por la presencia de dos pares de alas, de las cuales el par anterior se ha modificado como cubiertas protectoras sólidas (élitros), siendo el par posterior membranoso. Todos los cuerpos de aguas continentales chilenos constituyen hábitats favorables para los coleópteros acuáticos. Estos insectos y principalmente el estado larvario, forman parte de la fauna de macroinvertebrados bentónicos, participando en múltiples redes tróficas donde actúan como depredadores, detritívoros o herbívoros (Figura 1 (19-21)). Desde un punto de vista taxonómico, los coleópteros acuáticos constituyen un grupo heterogéneo que incluye taxa pertenecientes a distintos linajes de los subórdenes Adephaga y Polyphaga. Una síntesis de este grupo taxonómico ha sido efectuada por Jerez & Moroni (2006), en la cual se basa la presente discusión. De acuerdo a estos autores, en Chile se conoce un total de 98 especies pertenecientes a siete familias. En Chile están presentes tres familias de Hidradephaga, de las cuales Dytiscidae es la que presenta la mayor riqueza a nivel genérico y específico con 11 géneros y 34 especies. Gyrinidae, en cambio, está representada con dos géneros y cuatro especies y Haliplidae con un género y tres especies. En la Tabla 1 se resume la taxonomía del grupo, indicando el número de especies conocidas. Se observa que entre los géneros de Dytiscidae, *Lancetes* es el más diversificado con un total de 14 especies, seguido por *Rhantus* y *Liodessus* con cuatro especies cada uno. Los restantes géneros son monoespecíficos, salvo *Laccophilus*, *Megadytes* y *Leuronectes* cada uno con dos especies. Los Polyphaga, están representados en Chile por cuatro familias, de las cuales Hydrophilidae es la más diversificada con 13 géneros y 26 especies. La familia Elmidae presenta siete géneros destacando *Austrelmis* con ocho especies y *Austrolimnius* con dos especies. Hydraenidae presenta sólo tres géneros, de los cuales *Gymnochybeius* es el más diversificado con siete especies. Finalmente la familia Psephenidae es la menos diversificada con tres géneros monoespecíficos.

Según Jerez & Moroni (2006), desde un punto de vista biogeográfico, Chile no presenta familias endémicas de coleópteros acuáticos, a diferencia de otras regiones mediterráneas. Sin embargo, esta fauna muestra elementos sudamericanos de

origen tropical y australiano. Es el caso de los géneros *Tropisternus* que está ampliamente distribuido en la región Neotropical y *Lancetes* que presenta nexos con Australia, Nueva Zelanda y Tasmania, al igual que el género de Psephenidae *Tychepephus* y *Austrolimnius*, taxón descrito como el género dominante de coleópteros de la Familia Elmidae en aguas dulces, y que se encuentra también en América Central y Sur. Por otra parte, la mayor parte de los géneros están poco diversificados y muchos de ellos son monotípicos, situación relacionada principalmente con el aislamiento del territorio desde el Terciario.

Según los autores previamente citados, existen algunos taxa que tienen distribuciones geográficas restringidas, situación que daría lugar a considerar un cierto grado de endemismo. Es el caso de las siguientes especies: (a) Hydrophilidae: *Enochrus concepcionensis* (Concepción y Biobío, y el Parque Nacional Puyehue); (b) Dytiscidae: *Rhantus obscuricollis* (Aysén en Chile y Neuquén en Argentina), *Platynectes magellanicus* (Magallanes), *Rhantus antarcticus* (provincias de Concepción y Cautín), *Lancetes flavipes* (Magallanes), *Lancetes towianicus* (Magallanes) y *Lancetes kuscheli* (Provincia de Antofagasta); (c) Elmidae: *Microcylloepus chilensis* (Quebrada de Camarones en Tarapacá), *Austrelmis chilensis*, *A. trivialis*, *A. scissicollis* y *A. nyctelioides* (las tres de la provincia de Quillota) y *Austrelmis elegans* y *A. costulata* (Tumbre, Provincia de Antofagasta). En el Archipiélago de Juan Fernández, la fauna de Dytiscidae estaría compuesta solamente por tres especies, todas de la subfamilia Colymbetinae. De estas, *Lancetes bäckstromi* y *Anisomeria bistrinata* son endémicas para la isla Alejandro Selkirk (antiguamente Masafuera) y Robinson Crusoe (antiguamente Masatierra), respectivamente. Para Isla de Pascua se ha descrito como endémica a *Bidessus skottsbergi* y en la Isla Mocha fue descrita *Rhantus signatus*.

A continuación se señalan comentarios generales para cada familia, basados en los autores previamente citados: (a) Gyrinidae: Las larvas y adultos son de hábitos acuáticos y depredadores; frecuentan cuerpos de agua de escasa corriente; (b) Haliplidae: Su hábitat lo constituyen cuerpos de agua lénticos con abundantes algas filamentosas y plantas subacuáticas, y fondos ricos en detritus. Las larvas no son nadadoras y fragmentadoras de régimen fitófago. Los adultos se desplazan por el agua por movimientos alternados de las patas mesotorácicas; (c) Dytiscidae: Están presentes en todos los tipos de ecosistemas dulceacuícolas. Las larvas y adultos poseen hábitos acuáticos y carnívoros (además los adultos presentan una gran capacidad de vuelo). Se distribuyen a lo largo de todo Chile, y en la zona central llegan hasta 2.300 msnm (también se encuentran en salares del norte de Chile); (d) Hydrophilidae: Adultos saprófagos (animales muertos y plantas en descomposición) y larvas depredadoras, de hábitos acuáticos o semiacuáticos. La especie *Tropisternus setiger* ha sido señalada como predadora de zancudos (Culicidae). Los adultos de la subfamilia Sphaeridiinae son los únicos que

presentan hábitos terrestres; (e) Hydraenidae: Son insectos pequeños, no nadadores por lo cual se desplazan caminando sobre rocas y algas en las riberas de cuerpos de agua, o en los márgenes de corrientes de aguas claras y fondo arenoso. Algunas especies están asociadas a musgos y la mayoría se encuentran bajo bolones; (f) Elmidae: Son acuáticos tanto en estado adulto como larvario, y se encuentran generalmente en fondos arenosos, gravosos o sumergidos entre la vegetación. Se alimentan de algas y detritus y también pueden alimentarse de microorganismos y pequeños invertebrados acuáticos; (g) Psephenidae: Larvas acuáticas que viven adheridas a bolones en sectores correntosos, presentando un aspecto de crustáceos. Son habitantes típicos de zonas de rítrón que corresponden a sectores de alta pendiente, con altas velocidades de corrientes, temperaturas bajas y estables y altas concentraciones de oxígeno (e.g. *Tycheapsephus felix*).

Dípteros: Corresponden a insectos cuyas fases adultas aéreas poseen dos pares de alas simples (poseen además dos pares de alas vestigiales fuertemente modificadas). Muchos de los grupos de dípteros poseen fases inmaduras acuáticas, con una enorme variedad de formas y adaptaciones al medio acuático (Figura 1 (9-14)). Entre las familias más comunes en los ríos y lagos chilenos, destacan: Chironomidae, Simuliidae, Athericidae, Blephariceridae (Figuras 1 (9) y 2), Ceratopogonidae, Empididae, Ephydriidae, Psychodidae, Tabanidae, Culicidae y Tipulidae. Dentro de los dípteros, la familia Chironomidae merece especial atención por ser uno de los grupos de insectos más importantes en los ecosistemas acuáticos (Figura 1 (11)), debido a su abundancia, riqueza de especies y su ancho espectro ecológico, siendo encontrados en un rango de condiciones naturales mayor al de cualquier otro grupo de insectos. La información bibliográfica con la que se cuenta, sugiere una gran diversidad taxonómica de este grupo en Chile. Sin embargo, la dispersión de la literatura, la falta de especialistas en Chile y la carencia de colecciones de referencia, no permite presentar aquí un listado de los géneros y número de especies presentes en el territorio nacional. Como ejemplo de su gran diversidad, en un tramo de sólo 5 Km del curso medio del río Biobío, se han observado 18 morfoespecies, pertenecientes a las subfamilias Orthocladinae, Podonominae, Chironominae, Tanyponidae. De estas, las familias Orthocladinae y Chironominae fueron las más representadas en cuanto a riqueza específica, con ocho y siete taxa respectivamente. Los géneros más comunes en esta área son: Cricotopus, Nanocladius, Thienemanniella, Pentaneura, Parasmittia, Dicotendipes, Eukiefferiella, Cryptochironomus, Stictochironomus, Chironomus, Demyrcryptochironomus, Oliveridia y Parakiefferiella.

A pesar de su gran diversidad, enorme abundancia y gran relevancia ecológica, estas pequeñas larvas acuáticas son uno de los grupos menos estudiados en Chile. Las larvas de este grupo de insectos juegan un rol ambientalmente importante, ya que son sensibles bioindicadores de condiciones del ecosistema acuático, tales como temperatura, pH,

oxígeno disuelto, nutrientes, además de una amplia gama de sustancias tóxicas. Es importante señalar, que los efectos de la contaminación en comunidades de quironómidos han sido ampliamente reportados en literatura, mostrando los taxa tolerancias diferenciales a fuentes de contaminación específicas. Como consecuencia de las diferentes tolerancias a la eutroficación y al enriquecimiento orgánico de los sedimentos, los quironómidos son empleados para el estudio del nivel de trofia de los ecosistemas acuáticos. Más aún, se ha reportado el potencial uso de los quironómidos como indicadores de contaminación con metales pesados, basándose en el estudio de deformaciones de sus estructuras bucales o debido al incremento de la dominancia de grupos capaces de habitar ambientes con elevadas concentraciones de metales. Por otra parte, la preferencia de hábitats de los diferentes grupos de quironómidos, puede proporcionar información sobre características ecohidráulicas particulares de un cuerpo acuático.

Por otra parte, los quironómidos han adquirido particular relevancia en las últimas décadas desde un punto de vista ecotoxicológico, ya que malformaciones producidas en las estructuras de la cápsula cefálica de las larvas (antenas y partes bucales, tales como mentón o línula, mandíbulas, premandíbulas y peine), han sido asociadas a contaminación, permitiendo la cuantificación de los efectos subletales de los contaminantes mediante análisis de frecuencias de deformaciones. Dichas alteraciones morfológicas han sido observadas en los géneros *Procladius*, *Chironomus* y *Cryptochironomus*. Además, este grupo de insectos es de gran importancia en estudios paleolimnológicos, ya que las cápsulas cefálicas quitinosas de las larvas se preservan en los sedimentos lacustres, permitiendo ser utilizadas en reconstituciones paleoambientales. Por otra parte, este grupo ha tenido una gran relevancia en estudios de biogeografía, siendo empleados como elementos de referencia en relaciones faunísticas intercontinentales.

Otros órdenes de insectos comunes en ecosistemas dulceacuícolas chilenos: Existen otros tres órdenes de insectos que son frecuentes encontrar en los ecosistemas dulceacuícolas chilenos, aunque con menos abundancia y diversidad que los descritos anteriormente. Estos son: (a) Odonata ("libélulas" o "matapijos"), representados fundamentalmente por las familias Aeshnidae, Calopterygidae, Gomphidae, Lestidae, Libellulidae, Coenagrionidae, Cordulidae y Petaluridae; (b) Megaloptera ("neurópteros"), representados por las familias depredadoras Corydalidae (Protochauliode) y Sialidae (Sialis; Figura 1 (28)); (c) Hemiptera ("chinches" y "mulitas"), con las familias Corixidae (Figura 1 (15)), Belostomatidae, Notonectidae, Gerridae; y (d) Lepidoptera ("polillas") con la familia Pyralidae.

Moluscos – Este grupo está representados en Chile por diversas especies de las clases Bivalvia ("choritos", "almejas") y Gastropoda ("caracoles", "lapas"), las cuales son muy comunes en los diferentes tipos de hábitats dulceacuícolas.

El conocimiento de los moluscos de los ecosistemas dulceacuícolas chilenos ha progresado bastante en los últimos años, especialmente por las contribuciones realizadas por la Dra. Esperanza Parada (q.e.p.d.), Dr. Santiago Peredo, Dra. Gladys Lara y Dr. Cristán Ituarte, en Bivalvia; y por el Dr. José Stuardo, Dr. Sergio Letelier, Biol. Carmen Fuentealba y Dr. Claudio Valdovinos, en Gastropoda.

(a) Bivalvos: Estos organismos se caracterizan porque las partes blandas de su cuerpo (e.g. masa visceral y piel), están encerradas por dos valvas calcáreas conectadas dorsalmente por un ligamento flexible. Una completa revisión de este grupo de organismos ha sido realizada por Parada & Peredo (2006), en la cual se basa la presente síntesis. De acuerdo a estos autores, en Chile existen descritas 13 especies pertenecientes a dos familias y cuatro géneros. Numerosos estudios llevados a cabo han demostrado el importante rol que juegan en los ecosistemas que integran. Por ejemplo, las "almejas" de gran tamaño, conocidos en Chile generalmente como "choritos de agua dulce" (familia Hyriidae), debido a su alimentación por suspensión y por ser organismos de larga vida, pueden influenciar de manera importante la abundancia de las comunidades fitoplanctónicas, la calidad de las aguas y el reciclaje de nutrientes. Además, se ha señalado que son un componente importante para el flujo de energía y ciclo de nutrientes, ya que constituyen una porción significativa de la biomasa macrobentónica dulceacuícola. Estos organismos han sido usados como organismos centinelas y, han sido considerados potencialmente como biomonitores de la salud de los ecosistemas dulceacuícolas. Las almejas "píldora" y las "uñas de dedo" (Familia Sphaeriidae), han sido menos estudiadas por su reducido tamaño, su modo oculto de vida y a la dificultad para ser identificadas. Sin embargo, dado que pueden habitar ambientes, donde ningún otro bivalvo puede vivir, pueden servir como biomonitores de las condiciones ambientales de su hábitat.

Las especies descritas a la fecha para Chile pertenecen a la Familia Hyriidae (Figura 2), representada sólo por el género *Diplodon*, con dos subgéneros: *Diplodon* y *Australis*, cada uno con su respectiva especie *D. (D.) chilensis* y *D. (A.) solidulus* y la Familia Sphaeriidae representada por tres géneros: (a) *Pisidium*, con las especies *P. chilense*, *P. magellanicum*, *P. lebruni*, *P. observationis*, *P. meierbrookii*, *P. huillichum* y *P. llanquihuense*; (b) *Sphaerium*, con las especies *S. lauricochae* y *S. forbesi*; (c) *Musculium*, con las especies *M. argentinum* y *M. patagonicum*.

De acuerdo a Parada & Peredo (2006), el análisis de la distribución geográfica de las especies reportadas para Chile, permite proponer la existencia de tres áreas zoogeográficas y la postulación de cuatro especies de Sphaeriidae y una de Hyriidae como especies endémicas de Chile. (a) Región altoandina: *Pisidium meierbrookii*, *Sphaerium lauricochae* y *Sphaerium forbesi*, son especies propias de esta región, compartiendo áreas geográficas con Perú y Bolivia; (b) Región del centro-sur de Chile: caracterizada por *Pisidium*

chilense, *Pisidium huillichum*, *Pisidium llanquihuense* y *Musculium argentinum* (las tres especies de *Pisidium* sólo han sido registradas en Chile, no así *M. argentinum* que es de amplia distribución en el cono sur de Sudamérica); (c) Región patagónica: las especies *Pisidium magellanicum*, *P. observationis* y *Musculium patagonicum*, son compartidas con Argentina. *Pisidium lebruni*, también es una especie patagónica, pero registrada actualmente sólo para Chile. Los autores señalados anteriormente indican que esta propuesta biogeográfica es preliminar y que se requiere de estudios futuros para su validación. Respecto a los Hyriidae, el endemismo está dado a nivel de la subfamilia Hyriinae, la cual es endémica de América del Sur. La especie *Diplodon chilensis* se encuentra ampliamente distribuida en Argentina; no así *D. solidulus*, hecho que permite considerarlo en la categoría de endémica junto con el subgénero *Australis*. Sin embargo, al igual que *Pisidium lebruni*, deberá corroborarse su presencia fuera de Chile.

Afortunadamente para Chile, hasta el momento no existen reportes de introducción de especies exóticas de bivalvos, como está ocurriendo en Argentina con *Corbicula* y *Limnoperna*, o con *Dreissena polymorpha* en el hemisferio norte. La gran capacidad competitiva de estas especies exóticas está causando la declinación de las poblaciones nativas, en especial a los Hyriidae, ya que éstos son utilizados como sustrato para asentarse, con la consecuente muerte por asfixia.

(b) Gastrópodos: Cómo señala Valdovinos (1999), en los ecosistemas dulceacuícolas de Chile, al igual que en los de otros países del extremo sur de Sudamérica, se encuentran especies de gastrópodos con un elevado grado de endemismo, que presentan relaciones zoogeográficas arcaicas de tipo gondwánico y que constituyen elementos funcionalmente relevantes en las comunidades bentónicas de tales ecosistemas. Estos organismos se caracterizan porque las partes blandas de su cuerpo, están protegidas por una concha calcárea de forma espiral (e.g. Cochliopidae (Figura 1 (18)), Chiliniidae (Figura 1 (16)), Physidae, Lymnaeidae y Planorbidae) o cónica (e.g. Ancyliidae (Figura 1 (17))). Una revisión de este grupo de moluscos ha sido realizada por Valdovinos (2005), en la cual se basa este documento. De acuerdo a este autor, en Chile existen descritas 73 especies pertenecientes a seis familias y ocho géneros, sin embargo, muchos de estos grupos requieren de revisión (Valdovinos, 2006).

Si bien el inventario de los gastrópodos dulceacuícolas chilenos se inició de manera incipiente en el siglo XVIII y continuó en el siglo XIX, no es hasta inicios y mediados del siglo XX que el número de nuevas especies descritas comienza a estabilizarse. Con posterioridad, desde la última mitad del siglo XX hasta ahora, el número de nuevas especies descritas, ha sido notablemente bajo. Desde la compilación de los moluscos gastrópodos de agua dulce del territorio chileno, efectuada por Stuardo (1961), la taxonomía de unas pocas familias ha progresado considerablemente (e.g. Ancyliidae, Planorbidae), mientras que otras (e.g. Chiliniidae, Cochliopidae), todavía

requiere de la atención de investigadores. Según Collado (2012), en Chile las especies del Cochliopidae han sido mayoritariamente incluidas en el género *Heleobia* o *Littoridina*. Sin embargo, recientemente se ha evidenciado a través de la morfología peniana que muchas de las especies tradicionalmente asignadas a *Littoridina* en Chile pertenecen a *Heleobia* (Collado et al., 2011; Collado, 2012).

De acuerdo a la revisión de la literatura existente sobre el grupo, los moluscos gastrópodos de aguas continentales en Chile involucran a representantes de las subclases Prosobranchia (una familia) y Pulmonata (cinco familias) (Tabla 1). Los Pulmonata constituyen el grupo más numeroso, integrado por "caracoles" de las familias Chiliniidae (30 especies del género *Chilina*; Figura 2), Physidae (cuatro especies del género *Physa*), Lymnaeidae (cinco especies del género *Lymnaea*), Planorbidae (siete especies del género *Biomphalaria* Preston), más "lapas" de la familia Ancyliidae (cuatro especies de los géneros *Anisancylus* y *Uncancylus*). Por otro lado, los prosobranchios están representados sólo por la familia Hydrobiidae (una especie del género *Potamolithus*, y 21 especies del género *Littoridina*). De esta manera, de acuerdo a las especies mencionadas en la literatura, la fauna de gastrópodos limnéticos chilenos está constituida por un total de 73 especies.

Como se mencionó anteriormente, desde la compilación de los moluscos gastrópodos de agua dulce chilenos efectuada por Stuardo (1961), la taxonomía del grupo ha sido bastante abandonada, por lo cual la información sobre las especies continúa siendo incompleta. Al respecto, es urgente hacer una revisión taxonómica crítica de las especies de las seis familias descritas para Chile. La mayor parte de ellas han sido descritas sobre la base de caracteres de la concha, los cuales debido a su fuerte variabilidad intra e interpoblacional, deben ser validadas con caracteres taxonómicamente más conservativos, referentes a la protoconcha, rádula y de la anatomía de las partes blandas, i.e. complejo peniano, pulmón. Por otra parte, es evidente que la aplicación de técnicas de taxonomía molecular es requisito para la validación definitiva de las especies, así como ha sido efectuado con otros invertebrados dulceacuícolas chilenos (e.g. Aegliidae, Pérez-Losada et al., 2002).

Estudios preliminares realizadas por el autor, del complejo peniano de las especies de *Littoridina* y del sistema nervioso y rádula de *Chilina*, sugieren que varias de ellas serían sinónimas, y otras todavía no descritas. Al respecto, se espera que el número de especies válidas descritas para Chile en estos dos géneros, se pueda reducir entre un 10 y 20%. Una situación similar podría ocurrir con las especies de las familias Lymnaeidae y Physidae. Por el contrario, es probable que las especies de Planorbidae y Ancyliidae no presenten grandes cambios taxonómicos en el futuro, aunque observaciones preliminares realizadas en este último grupo, sugieren que en Chile central habría varias especies aún no descritas.

El rango geográfico ocupado por los gastrópodos dulceacuícolas abarca la totalidad del territorio de Chile continental, en su extensión latitudinal, y desde el borde costero (y en muchos casos estuarino) hasta el altiplano andino, en el norte, o hasta la Cordillera de los Andes en el resto del país. Sin embargo, en este rango global no están incluidos todos los grupos ni la distribución de sus especies es continua. Por el contrario, la mayor parte de las especies presenta una distribución más o menos discontinua, asociada por una parte, a la localización de las cuencas hidrográficas, y por otra, con el mosaico de hábitats que se encuentran dentro de cada una de las cuencas.

Uno de los problemas que enfrenta el análisis de los patrones de distribución geográfica de las especies de gastrópodos dulceacuícolas chilenos, es la escasez de muestreos y falta de datos específicos del lugar de recolección. En el hecho, la mayor parte de los registros publicados corresponden al de la "Localidad Tipo". Otro problema evidente es que varias especies presentan localidades imprecisas. A nivel supraespecífico, las familias Hydrobiidae, Lymnaeidae y Physidae son las más ampliamente distribuidas en Chile, desde las cuencas del extremo norte del Desierto de Atacama, hasta la Región Magallánica. Por el contrario, las especies de Chiliniidae se distribuyen fundamentalmente entre Valparaíso y Tierra del Fuego. Una excepción dentro de esta familia la presenta *Chilina angusta*, la cual presenta una distribución disjunta con respecto al resto de la familia, habitando en manantiales de la Quebrada de Paposo, en la costa del Desierto de Atacama. La mayor parte de las especies de la familia Planorbidae se encuentran restringidas a la zona norte y central de Chile (e.g. *Biomphalaria atacamensis*, *B. schmiererianus*, *B. montana*, *B. costata*, *B. termala* y *B. aymara*; ver Valdovinos & Stuardo, 1991). Sólo una especie de Planorbidae se extiende en el centro y sur de Chile hasta el Río Puelo (*B. chilensis*). La familia Ancyliidae es la que presenta su distribución geográfica más restringida en Chile, cubriendo desde Valparaíso a Chiloé, siendo un grupo muy abundante en los ríos costeros pedregosos de la región del Biobío.

De acuerdo a los antecedentes disponibles, la mayor densidad de taxa de gastrópodos dulceacuícolas se localiza entre las regiones del Maule y de Los Lagos, siendo esta última la que concentra la mayor diversidad de especies. Al sur de Chiloé y al norte del Río Choapa, el número de especies tiende claramente a decrecer.

Del total de 72 especies descritas para Chile, el 92% son endémicas del país. Al respecto, todas las especies de las familias Hydrobiidae, Chiliniidae, Physidae y Planorbidae son endémicas. De la familia Lymnaeidae, sólo *Lymnaea lebruni* Mabilie 1883 es endémica, habiendo sólo sido citada para Punta Arenas. Para el caso de Ancyliidae, sólo *Uncancylus foncki* es endémica, habiendo sido citada para el Río Maullín y Lago Llanquihue.

Al igual que para la mayor parte de los invertebrados dulceacuícolas chilenos, la propuesta de categorías de conservación para las especies de gastrópodos, es una tarea dificultosa dada la carencia importante de información (ver Bahamonde et al. 1998, para el caso de Crustacea Decapoda). Por otra parte, todavía no se han desarrollado criterios y parámetros específicos para la clasificación de los moluscos dulceacuícolas, en las diferentes categorías de conservación propuestas por International Union for Conservation of Nature (IUCN 1994), y establecidas en el Artículo 37 de la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente (Chile). Debido a ello, no se dispone de un cuadro general referente al estado de conservación de la mayor parte de las especies las especies chilenas.

A la fecha, se han clasificado cinco especies de gastrópodos agua dulce, según el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE). Estas son las siguientes: a) *Biomphalaria costata* (CR, DS 52/2014 MMA), *Heleobia ascotanensis* (EN, DS 38/2015 MMA), *Heleobia atacamensis* (CR, DS 52/2014 MMA), *Heleobia chimbaensis* (VU, DS 52/2014 MMA) y *Heleobia transitoria* (CR, DS 38/2015 MMA) (ver Tabla 2).

Otra aproximación al respecto, ha sido realizada por Valdovinos et al. (2004), quienes propusieron de manera tentativa, una clasificación de los moluscos dulceacuícolas de la Cordillera de la Costa chilena, comprendida fundamentalmente entre los 36° 50'S y 39° 26'S (siguiendo el "criterio B" de la UICN (1994), que clasifica como amenazada a una especie cuando su distribución geográfica es muy restringida y existen otros factores permiten sospechar que está en peligro). Según estos autores, su propuesta debe ser considerada con precaución por estar fundamentada en información fragmentaria y observaciones generales, realizadas por el autor en los últimos 20 años. Ellos consideraron dentro de la categoría "Vulnerable", a todos los representantes de la familia Chiliniidae, ya que si bien sus especies todavía presentan áreas de ocupación relativamente elevadas, es evidente que existe una continua declinación de la disponibilidad de sus hábitats. En contraste, dadas sus amplias extensiones de presencia y áreas de ocupación, junto a su elevada capacidad de dispersión y colonización, y su abundancia en diferentes tipos de hábitats, las siguientes especies fueron consideradas dentro de la categoría de "Menor riesgo": *Littoridina cumingi*, *Physa chilensis*, *Lymnaea viator* y *Biomphalaria chilensis*. Debido a la escasez de información, las especies tales como *Littoridina pachispira* fueron clasificadas dentro de la categoría de "Datos insuficientes". Siguiendo estos mismos criterios, aparte de estas especies del sur de Chile, la especie *Chilina angusta* de la Quebrada de Paposo (Taltal) debe ser considerada en "En Peligro Crítico".

Los moluscos dulceacuícolas exóticos presentes en Chile, han sido analizados especialmente por Letelier et al. (2007), sobre la base de ejemplares recolectados en humedales, en acuarios comerciales o interceptados en barreras aduaneras,

así como de referencias bibliográficas. Registraron un total de siete especies pertenecientes a seis géneros, i.e. *Pomacea bridgesii*, *Helobia sp.*, *Thiara (Melanoides) tuberculata*, *Melanoides maculata*, *Physa sp.*, *Physella venustula* y *Biomphalaria sp.* (*M. maculata* fue recolectada en el río Lluta y clasificada como especie criptogénica).

OTROS GRUPOS DE INVERTEBRADOS MENOS CONOCIDOS:

Protozoa (varios phyla) – Como señala Moyano (1985), dentro de los protozoos de vida libre, sólo los Sarcomastigóforos y Cilióforos se encuentran normalmente en las aguas dulces. El primer grupo está representando principalmente por amebas desnudas, tecadas, heliozoos y flagelados diversos; y el segundo, fundamentalmente por ciliados planctónicos como *Stentor* y *Ophrydium* y ciliados bentónicos como suctores, hipotricos y semejantes. Woelfl (2006) ha hecho una revisión de los ciliados presentes en los ecosistemas lacustres del centro y sur de Chile. Al respecto ha destacado la importancia ecológica de las especies de los órdenes Prostomatida (*Balanion planctonicum* y *Urotricha spp.*), Haptorida (*Askenasia spp.*, *Lacrymaria sp.*), Peritrichida (*Vorticella sp.*, *Ophrydium naumanni*, *Vaginicola sp.*), Heterotrichidae (*Stentor amethystinus*, *Stentor araucanus*), Oligotrichida (*Strombidium spp.*, *Strobilidium spp.*, *Strobilidium viride*, *Halteria spp.*) y Scuticociliatida (*Cyclidium spp.*, *Uronema spp.*). Con respecto a las amebas tecadas, el conocimiento taxonómico de este grupo ha progresado sustancialmente en las últimas décadas, habiendo sido descritas una gran cantidad de especies, especialmente en ecosistemas dulceacuícolas del centro y sur de Chile (Zapata, 2006). Además, recientemente Fernández et al. (2015), publicaron un completo listado taxonómico de las tecamebas de Chile (sensu lato). Estos autores señalan que la diversidad conocida incluye 416 taxa (64 géneros y 352 taxones), 24 de los cuales informan por primera vez.

Porifera - La mayor parte de los poríferos chilenos son marinos, siendo los espongiólidos los únicos representantes dulceacuícolas (Moyano, 1985). La diversidad de especies es proporcionalmente baja en proporción a otros grupos de invertebrados, sin embargo, suelen ser muy abundantes en el bentos de algunos lagos (e.g. Lago Llu-Lleu). Algunas especies son lucífugas, pero las del género *Spongilla*, por su asociación con zooxantelas habitan en zonas iluminadas. Como una adaptación a las condiciones altamente variables de los factores abióticos de las aguas dulces, estas esponjas carecen de larvas y producen estructuras de resistencia lla-madas gémulas.

Cnidaria - Al igual que los poríferos, los cnidarios están pobremente representados en los ecosistemas dulceacuícolas chilenos. En algunos sistemas lacustres de Chile central, que presentan claros síntomas de eutrofización (e.g. Laguna Grande de San Pedro y Lago Lanalhue, región del Biobío), se ha registrado la presencia de la medusa invasora

Craspedacusta sowerbyi, procedente Asia. Este organismo es un activo depredador del zooplancton, que puede alterar las comunidades planctónicas de los ecosistemas que invade. Esta pequeña medusa tiene forma de campana, cuenta con entre 50 y 500 tentáculos y no suele sobrepasar los 25 milímetros de longitud. Algunos de sus tentáculos son largos y le permiten mantener la posición en el agua, a la vez que favorecen el movimiento, mientras que los demás son cortos y tienen una función alimenticia. Es en estos últimos donde se alojan los nematocistos, que incluyen unas pequeñas células en forma de arpón (cnidocitos) que se disparan al entrar en contacto con alguna presa. En cuanto a la coloración, la hidromedusa es translúcida, aunque con ciertas tonalidades blanquecinas o verdosas. Además de estas medusas, entre los pólipos se encuentra a Hydra, los cuales son organismos que pueden llegar a ser muy abundantes en sistemas palustres.

Platyhelminthes - De las seis clases de Platelminthos, sólo Turbellaria y Temnocephala están representados en los ecosistemas dulceacuícolas, como organismos de vida libre o comensales (otros grupos son parásitos, ver más adelante). El primer grupo está integrado por los géneros *Dugesia* (*D. anceps*, *D. chilla*, *D. rincona*, *D. dimprpha*, *D. titicacana*, *D. sanchezi*) y *Curtisia* (*C. michaelsoni*), organismos bentónicos todavía imperfectamente conocidos en nuestro país. Los temnocéfalos, son un grupo muy interesantes que viven como ectocomensales sobre crustáceos Parastácidos y Aéglidos. Los *Temnocephala* fueron descubiertos originalmente en Chile, y presentan una clara distribución de tipo gondwánica, restringida a los continentes australes (Figura 2). Las especies más comunes de este grupo que se encuentran en el centro-sur de Chile, son *Temnocephala chilensis* y *T. tumbesiana*.

Nemertea – Sólo unos pocos nemertinos se conocen en las aguas dulces a nivel mundial. La mayor parte de los nemertes dulceacuícolas sudamericanos pertenecen al género de *hoplonemertes*, *Prosoma* (e.g. Venezuela, Brasil, Argentina). El otro tipo de nemerte sudamericano es el heteronemerte, *Sioilineus turbidus*, encontrado en Brasil. En un estudio realizado por Sánchez & Moretto (1988), se señala que en Chile ha sido descrito el bdelonemerte *Malacobdella auriculae*, como un ectoparásito de un gastrópodo pulmonado. Estos autores describieron para Chile un nuevo género y especie, *Koinoporus mapochi*, la cual ha sido registrada en Chile central (Talagante, Melipilla, Angostura de Paine, Pelarco, San Javier y Concepción). Esta especie habita en aguas de baja velocidad, tanto en ecosistemas lóticos como en lénticos, asociada a zonas con abundantes macrófitas acuáticas como *Hydrocotyle ranunculoides*.

Aschelminthes – Los Rotifera, Nematoda, Nematomorpha y Gastrotricha, son grupos muy comunes en ambientes dulceacuícolas chilenos. Los rotíferos forman parte importante del zooplancton lacustre, aunque muchos son bentónicos. Los nemátodos son un grupo muy diverso pero

cuya taxonomía ha sido muy poco estudiada, a pesar de ser muy comunes en prácticamente todo tipo de ambientes dulceacuícolas. Los gastrotrícos un grupo de organismos que en ecosistemas dulceacuícolas es aparentemente poco diverso, y que frecuentemente se encuentran asociados a fondos fangosos y a las raíces de plantas acuáticas (e.g. *Polymerurus*, *Chaetonotus*, *Ichthyidium*, *Heterolepidoderma*, *Lepidodermella*, *Aspidiophorus*). Los "pelos de agua" o nematomorfos son bastante comunes en charcas estacionales, los cuales están representados en Chile por *Gordius chilensis*, *Gordius paranensis* y *Beatogordius latastei*.

Annelida – De este grupo de gusanos segmentados, los oligoquetos son sin duda los más comunes de encontrar en ecosistemas dulceacuícolas, especialmente en ambientes de aguas de bajo movimiento de lagos y ríos. En ambientes bentónicos con una alta carga orgánica, suelen ser muy abundantes los oligoquetos Tubificidae (*Tubifex*, *Potamothrix*, *Limnodrilus*, *Isochaetides*, *Epirodilus*, *Bothrioneurum*), mientras que en otros no tan extremos, son frecuentes los Naididae (*Chaetogaster*, *Paranais*, *Nais*, *Dero*, *Schmardaella*, *Pristina*, *Pristinilla*) y Lumbriculidae (*Lumbriculus*). Este grupo ha sido muy poco estudiado en Chile, y su escaso conocimiento ha derivado fundamentalmente de estudios realizados por investigadores argentinos. Otros anélidos comunes, especialmente en ambientes palustres, son los Hydrudinea o "sanguijuelas", dentro de las cuales *Mesobdella gemmata* es quizás una de las más comunes en el centro-sur de Chile. Los Polychaeta, el mayor grupo de anélidos tiene escasa representación en aguas continentales, aunque en ecosistemas estuarinos del centro y sur de Chile se encuentra *Perinereis gualpensis* y como macroinvertebrado dominante en los fondos arenosos (Valdovinos, 2004).

Otro grupo bastante frecuente, especialmente en los fondos blandos del estuario de algunos ríos, son los Archiannelida (e.g. Río Biobío). Dentro de este grupo, los pertenecientes a la familia Histriobdellidae, poseen una gran importancia evolutiva y biogeográfica, por ser comensales de crustáceos decápodos (habitan en sus cámaras branquiales), y por su distribución típicamente gondwánica (e.g. Tasmania, Nueva Zelanda, Madagascar y extremo sur de Sudamérica). Este es un grupo, representado en Chile por dos especies del género *Stratioidrilus*, que está altamente especializado en cuanto a sus hospedadores (Vila & Bahamonde, 1985). Por ejemplo, *Stratioidrilus aeglaphilus* habita, sobre el "cangrejo" *Aegla laevis* (e.g. Río Maipo, en Chile central) y *S. pugnaxi*, sobre el "camarón de veiga" *Parastacus pugnax* (e.g. Reumén, sur de Chile).

Tardigrada – Estos pequeños invertebrados están presentes en casi todo tipo de ambientes acuáticos dulceacuícolas, formando parte del bentos ubicado sobre plantas sumergidas y también en áreas húmedas fuera del agua, por ejemplo entre los musgos. Estos son microscópicos (<0,5 mm) y de forma alargada, con una zona ventral aplanada y una la dorsal convexa. Poseen cinco segmentos poco diferenciados

(el segmento cefálico posee la boca). Estos organismos pueden entrar en criptobiosis (metabolismo reducido) y se alimentan succionando líquidos vegetales o animales. Están recubiertos por una cutícula no quitinosa que la pueden mudar a lo largo de su vida. (Moyano, 1985).

Bryozoa – Las seis especies de briozoos Phylactolaemata presentes en los ecosistemas dulceacuícolas chilenos pertenecen a los géneros cosmopolitas, *Fredericella* (*F. sultana*) y *Plumatella* (*P. casmiana*, *P. mukaii*, *P. repens*, *P. patagonica*). Este grupo ha sido revisado recientemente por Orellana (2006). Esta autora señala que, si bien es reconocido por muchos autores, que los briozoos de agua dulce son organismos comunes y abundantes en todos los cuerpos de agua dulce alrededor del mundo (e.g. ríos, lagos, charcas temporales), el desarrollo del conocimiento de estos organismos en Chile y en Latinoamérica es muy escaso y está lejos de ser una línea de investigación que haya perdurado en el tiempo.

Invertebrados parásitos metazoos – Hasta ahora se han mencionado principalmente las formas de vida libre, pero existen muchas otras especies de invertebrados parasitas que parasitan organismos dulceacuícolas, al menos durante en alguna parte de su ciclo de vida. Este grupo de organismos ha sido estudiado por Olmos & Muñoz (2006), quienes señalan, para el caso de los parásitos metazoos de organismos acuáticos y semiacuáticos, que en Chile existen descritas aproximadamente 60 taxa. Un 47% de ellos han sido identificados a nivel de especie, y un 53% como género o familia. Estos parásitos se encuentran integrados por cinco phyla (Arthropoda, Acanthocephala, Nematoda, Platyhelminthes y Myxozoa); entre una y tres clases por phylum, con un total de 8 clases, 19 órdenes y 31 familias. El phylum Platyhelminthes es el más diverso, y está compuesto por tres clases, 11 órdenes y 19 familias. Dentro de este grupo Digenea es el que posee el mayor número de especies. Al igual que la mayor parte de los grupos de invertebrados dulceacuícolas chilenos, la mayor diversidad se encuentra en el centro-sur de Chile. El estudio de los aspectos ecológicos de los digeneos presentes en organismos dulceacuícolas de nuestro país es de gran importancia, debido a que muchos de ellos afectan negativamente al hombre (e.g. *Fasciola hepatica*, que afecta a la ganadería, y furcocercarias brevifurcadas aфарingeadas, que producen dermatitis en los bañistas).

La dermatitis cercarial es causada por la exposición a las cercarias que tienen como hospedadores definitivos aves o mamíferos. En el verano de 2004 se generó alarma pública cuando se registró esta enfermedad parasitaria, por primera vez en el centro-sur de Chile, constatándose que se trató de *Trichobilharzia sp.*, que tuvo como hospedador intermediario al caracol de agua dulce *Chilina dombeyana* (Valdovinos & Balboa, 2007). Esto es claramente un fenómeno emergente, el cual se espera que se intensifique con el incremento de los procesos de eutrofización de los ecosistemas y el cambio climático.

LA ESTRECHA RELACIÓN EXISTENTE ENTRE BOSQUES RIBEREÑOS E INVERTEBRADOS DULCEACUÍCOLAS

Los bosques nativos que recubren las cuencas hidrográficas tienen un efecto fundamental sobre la biodiversidad de los invertebrados de ecosistemas fluviales, los cuales representan el mayor porcentaje de las especies chilenas (Valdovinos, 2001). En especial, los bosques de los ambientes ribereños representan el ecotono entre los ecosistemas dulceacuícolas y terrestres, constituyendo importantes corredores biológicos dentro de las cuencas hidrográficas (Valdovinos et al., 2012). Estos ambientes de transición cumplen diversas funciones y tienen una importancia que varía de un lugar a otro dependiendo de sus características físicas, biológicas y culturales. El detritus foliar procedente de las áreas ribereñas ha sido identificado como uno de los principales componentes energéticos de los ecosistemas fluviales (e.g. de diversas especies de *Nothofagus*, entre otras), siendo una importante fuente de alimento para los invertebrados, que son la base alimentaria de la mayoría de los peces fluviales chilenos (e.g. *Diplomystes nahuelbutaensis*, *Trichomycterus areolatus*, *Percilia irwini*, y muchas otras). En los ríos pequeños rodeados por abundante vegetación ribereña, normalmente hay una cantidad de luz insuficiente como para sostener una fotosíntesis significativa dentro del río, es por esto que la mayor parte de la energía utilizada por los invertebrados acuáticos, procede fundamentalmente de los bosques (fuentes energéticas alóctonas). La mayor parte de esta energía ingresa a los ríos durante la caída de hojas que ocurre en otoño, aunque también hay entradas adicionales procedentes desde los suelos ribereños durante el resto del año. Las hojas que ingresan a los ríos son arrastradas por la corriente y acumuladas en el fondo formando camadas de detritus. Estas camadas son procesadas in situ por macroinvertebrados bentónicos, especialmente Plecoptera, Trichoptera, Ephemeroptera y Diptera, en una serie de etapas bien documentadas en la literatura, en las cuales también participa la comunidad microbiana (ver Valdovinos, 2001). El procesamiento de hojas por macroinvertebrados bentónicos es un proceso integrador a nivel de ecosistema, debido a que reúne elementos tales como tipo de vegetación, actividad microbiana y características físicas y químicas de los ríos. El producto de este proceso es que las hojas son convertidas en partículas finas que son distribuidas río abajo y empleadas como fuente energética por diversos invertebrados (e.g. Oligochaeta, Chironomidae, Nematoda).

AMENAZAS A LA BIODIVERSIDAD DE INVERTEBRADOS DULCEACUÍCOLAS CHILENOS

Como se mencionó anteriormente, en el centro-sur de Chile existe el 25° "hot spot" de biodiversidad de interés mundial, el cual incluye a los invertebrados bentónicos dulceacuícolas (Figura 3). Dadas las condiciones climáticas, geográficas e hidrológicas de este territorio, localizado aproximadamente entre los 35° S (región del Maule) y los 43° S (región de Aysén), esta zona también corresponde a un "hot spot" de

actividades productivas, las cuales generan una fuerte presión sobre la biodiversidad acuática. Paradójicamente, la región del Biobío, que corresponde al corazón de este territorio por su valioso patrimonio de fauna dulceacuícola (peces e invertebrados), es una de las más intervenidas y desprotegidas del país. A modo de ejemplo, en los 36.929 Km² de territorio de la región del Biobío, sólo 844 Km² corresponden "Áreas Silvestres Protegidas" (2,3%), las cuales están fuera de áreas de interés para la conservación de la biota dulceacuícola. Es necesario destacar que el impacto de mayor intensidad dentro de esta zona, se concentra fundamentalmente en la parte media y baja de las cuencas, particularmente en las zonas antiguamente ocupadas por los bosques costeros, cuya importancia ya ha sido mencionada (más antecedentes en Smith, 2005, Parra et al., 2003, Valdovinos & Figueroa, 2000). En la actualidad, estos bosques han sido transformados, en una elevada proporción, en plantaciones de pino y eucalipto, que son el soporte de una producción de celulosa de relevancia mundial.

Existen numerosos factores que ponen en riesgo a las comunidades de invertebrados dulceacuícolas chilenos (al igual que los peces; ver Campos et al. 1998), muchos de los cuales actúan de manera conjunta potenciando los efectos sobre la biota (Valdovinos et al., 2005; Jara, 2005). Al respecto, se considera necesario destacar los siguientes factores:

1) Pérdida y degradación de hábitats dulceacuícolas: Las importantes obras de ingeniería llevadas a cabo en el norte y centro de Chile, tales como la construcción de centrales hidroeléctricas (de embalse o de pasada), obras de riego (tranques y canales) y faenas mineras (subterráneas o a rajo abierto), están actualmente poniendo en riesgo la supervivencia de muchas especies de invertebrados dulceacuícolas, especialmente las de hábitos bentónicos (ver Moya et al., 2002). Por ejemplo, se ha registrado una notable pérdida de diversidad y extinciones locales (e.g. Chilina dombeyana) en lagos regulados por actividades de generación hidroeléctrica (e.g. Lago Laja; Valdovinos et al. 2007). También se han observado extinciones masivas de *Aegla pehuenchae*, asociadas a los fuertes cambios horarios en el nivel del río Biobío, producto de la actividad de las centrales del alto Biobío. De igual manera, se ha observado que los "caudales mínimos ecológicos" considerados en muchos proyectos hidroeléctricos y de riego, son insuficientes para la conservación de especies de macroinvertebrados potencialmente amenazadas. A modo de ejemplos, la cuenca del río Maipo se encuentra fragmentada por diez centrales hidroeléctricas (Queltehues, El Volcán, Alfalfal, Maitenes, Puntilla, La Florida, Los Bajos – Caemsa, Los Morros, Carena, Planchada – La Ermita), la del río Maule por ocho centrales (Cipreses, Isla, Pehuenche, Colbún, Machicura, Curillínque, Loma Alta, San Ignacio), la del Biobío por nueve centrales (Abanico, El Toro, Antuco, Pangué, Ralco, Mampil, Peuchén, Rucúe y Angostura).

Como se mencionó anteriormente, no sólo las obras de ingeniería son una seria amenaza a la conservación de los invertebrados dulceacuícolas chilenos. La deforestación del bosque nativo de las cuencas, y su transformación en áreas dedicadas a la silvicultura, agricultura y urbanización, están generando alteraciones de gran magnitud en los ecosistemas dulceacuícolas del centro-sur de Chile (ver Parra et al., 2003, para el caso de los lagos Nahuelbutanos). Aunque muchos aspectos de los patrones y procesos que ocurren en los ambientes ribereños han sido estudiados en años recientes, el efecto del tipo de vegetación sobre las comunidades fluviales chilenas es todavía muy poco conocido. Esto ocurre, a pesar que el reemplazo de bosque nativo por especies introducidas, o la deforestación, son prácticas comunes en muchas regiones. Actualmente, en áreas ribereñas de esteros boscosos de Chile central, los componentes nativos caducifolios están siendo reemplazados a gran escala por Pino y Eucaliptos, lo cual sugiere que este proceso tiene un importante impacto sobre los invertebrados dulceacuícolas, y por ende, sobre las características energéticas de las comunidades fluviales. Esta situación alcanza su mayor expresión en las regiones del Maule, del Biobío y de La Araucanía, extendiéndose progresivamente hacia el sur. Dentro de estos territorios, las zonas de la cordillera de la costa han sido destruidas casi en su totalidad, siendo hoy día ocupadas por plantaciones forestales de especies exóticas.

Hay numerosos otros factores que producen la degradación de los hábitats acuáticos, entre ellos es necesario destacar a la erosión de las cuencas, que produce una fuerte sedimentación en lagos y ríos. Al respecto, se estima que un 70% de los ríos de Chile central se encontrarían afectados por este proceso (e.g. ríos Aconcagua, Maipo, Cachapoal, y muchos otros). Los efectos de grandes cargas de sedimentos en los ríos son múltiples. Sin embargo, destaca su efecto sobre la fotosíntesis y el desarrollo de microalgas, limitando la penetración de la luz; y el relleno de microhábitats que son ocupados por los invertebrados bentónicos. Otro efecto directo sobre los hábitats acuáticos, es la extracción de áridos directamente en el lecho de los ríos.

2) Especies invasoras: La introducción de especies de peces exóticas están produciendo efectos negativos de gran significancia sobre las poblaciones de invertebrados dulceacuícolas chilenos, cuya magnitud recién está comenzando a conocerse. Entre las especies más comunes destacan la "trucha arco iris" (*Oncorhynchus mykiss*) y la "trucha café" (*Salmo trutta*), que depredan activamente macroinvertebrados bentónicos en la parte alta y media de los ríos; los estados juveniles especialmente sobre dípteros Chironomidae, los estados intermedios sobre efemerópteros, plecópteros y tricópteros, y los estados adultos sobre crustáceos Aeglidae. Es muy probable que una de las principales causas de la extinción de poblaciones locales de Aeglidae esté asociada a la fuerte intensidad de depredación por parte de estas dos especies de truchas. En la parte baja de los ríos y en muchos

lagos mesotróficos y eutróficos, la "carpa" (*Cyprinus carpio*), y el "pez mosquito" (*Gambusia holbrooki*), tienen efectos relevantes sobre las comunidades de invertebrados, ya sea por la resuspensión de sedimento que produce la primera (que afecta a especies suspensívoras como el "chorito" *Diplodon chilensis*), o por depredación de organismos planctónicos y bentónicos, que produce la segunda. Otra especie, el "chanchito" (*Cichlasoma facetum*), muy común en lagos de Chile central (e.g. en el área de Concepción), es extremadamente voraz y está generando profundas modificaciones en las poblaciones de invertebrados. Como se mencionó anteriormente, en el zooplancton de ecosistemas lénticos localizados en Chile central, con claros síntomas de eutrofización, es posible encontrar a la *hidromedusa Craspedacusta sowerbyi*, procedente de Asia. Este organismo es un activo depredador del zooplancton, que puede alterar las comunidades planctónicas de los ecosistemas que invade.

También existen otros invertebrados invasores bentónicos, como los moluscos señalados anteriormente. Al respecto, Letelier et al. (2007), señalan que frente a la presencia de moluscos dulceacuícolas exóticos en humedales locales, particularmente *Melanooides maculata* y *Physella venus-tula*. Estos autores también registraron especies de los géneros *Helobia* y *Physa*. Sin embargo, las clasifican como criptogénicas, especies no definidas como nativas o exóticas, dado que *Physa* es un género que se distribuye ampliamente en la cuenca del Pacífico de Norte y Centro América y su actual conocimiento taxonómico en Sudamérica es limitado. Según estos autores, las principales vías de introducción voluntaria e involuntaria de moluscos dulceacuícolas exóticos corresponden al comercio. Frente al incremento de intercambios comerciales interregionales, se hace necesario recopilar datos ecológicos y taxonómicos adecuados que permitan evaluar su eventual establecimiento en ecosistemas locales.

3) Contaminación acuática: La contaminación de los ríos y lagos chilenos es una de las amenazas más visibles que afecta la supervivencia de los invertebrados dulceacuícolas. La naturaleza de los compuestos que afectan a la biota acuática varía de una cuenca a otra, dependiendo de las actividades productivas que allí se desarrollen y la intensidad de la presencia de los asentamientos humanos. Por ejemplo, en sectores con una alta densidad de población, los principales factores están asociados a nutrientes y materia orgánica (e.g. cuenca del río Aconcagua y Maipo, y muchas más a lo largo de Chile); en áreas con una fuerte actividad minera, los principales factores son metales y pH (e.g. drenajes ácidos en el norte y centro de Chile); en zonas agrícolas, los fertilizantes y plaguicidas (e.g. Chile centro-sur); en áreas con industrias de la celulosa y el papel, una gran diversidad de compuestos orgánicos persistentes (e.g. cuenca del Río Biobío; ver Habit et al., 2006b). Un aspecto relevante dentro de este factor de perturbación, es la ausencia en Chile de una normativa vigente que regule la calidad secundaria de las aguas

superficiales de los ríos y lagos del país. Es evidente, que la casi total ausencia de esta normativa incide negativamente sobre la biota acuática, al no poner límites a las cargas con-taminantes aportadas a estos sistemas, ya sea desde fuentes puntuales como difusas.

Además, se ha registrado recientemente el avance de la diatomea invasora *Didymosphenia geminata* conocida como "Didymo". Esta es un alga unicelular altamente invasora con una importante capacidad para afectar los ecosistemas acuáticos en donde se introduce. Esta microalga está presente desde la cuenca hidrográfica del río Biobío hacia los ecosistemas patagónicos, donde está generando importantes cambios sobre los macroinvertebrados bentónicos fluviales que recién ahora están comenzando a estudiarse.

4) Sobreexplotación: A excepción del "Camarón de río del norte" (*Cryphiops caementarius*), presente en los ríos del norte de Chile, y de las especies "Camarón de vega" (*Parastacus pugnax*) y "Camarón de río del Sur" (*Samastacus spinifrons*), presentes en el centro-sur chileno, no hay otras especies que estén fuertemente afectadas por sobreexplotación. En muchas localidades de Chile central, especialmente de la región del Biobío, se ha registrado la extirpación de muchas poblaciones locales del "Camarón de vega", posiblemente causadas por sobreexplotación.

5) Cambio climático global: El efecto del cambio climático global sobre los invertebrados dulceacuícolas chilenos es el menos predecible de los cinco factores considerados. Como señala Allan & Flecker (1993), esta falta de predicción está asociada a la incertidumbre de los escenarios climáticos futuros y a la dificultad de anticipar sus consecuencias ecológicas. Sin embargo, se prevé que los cambios en la disponibilidad de agua y en el régimen térmico, serán más serios a latitudes medias y altas, donde se producirán importantes cambios en la distribución latitudinal y altitudinal de las especies. La biota de estas zonas es especialmente vulnerable debido a su régimen térmico (muchas especies estenotérmicas asociadas a aguas con baja temperatura; e.g. Plecoptera), y al hecho de carecer de adecuadas rutas de escape hacia hábitats más adecuados. Es evidente que las especies más vulnerables a la extinción dentro de los invertebrados dulceacuícolas, son aquellas de gran tamaño (>10 mm), sin capacidad de volar, estenohalinas y con estrechos rangos de distribución geográfica, tales como muchos crustáceos malacostracos (e.g. Aeglidae) y moluscos (e.g. Chilinidae).

EL VALOR DE LOS INVERTEBRADOS COMO INDICADORES DE CALIDAD AMBIENTAL

El creciente interés por conocer y proteger los ecosistemas fluviales chilenos, además de estudiar sus cambios en el tiempo, ha estimulado en los últimos años el desarrollo de

critérios biológicos que permitan estimar el efecto de las intervenciones humanas en ellos. Dentro de los indicadores biológicos de mayor relevancia en los ríos de Chile, destacan los macroinvertebrados bentónicos (>500 µm), debido a que presentan ventajas respecto a otros componentes de la biota acuática. Entre éstas destacan las siguientes: a) presencia en prácticamente todos los sistemas acuáticos dulceacuícolas, lo cual posibilita realizar estudios comparativos; b) su naturaleza sedentaria permite un análisis espacial de los efectos de las perturbaciones en el ambiente; c) los muestreos cuantitativos y análisis de las muestras pueden ser realizados con equipos simples y de bajo costo, y d) la disponibilidad de métodos e índices para el análisis de datos, validados en diferentes ríos del mundo.

Los métodos que consideran macroinvertebrados bentónicos para determinar la calidad de las aguas, han sido empleados en Europa desde principios del siglo XX. Sin embargo, en Chile han estado siendo utilizados de manera sistemática, a partir del estudio llevado a cabo por nuestro grupo de investigación en el Río Damas (Figueroa et al. 2003). En dicho estudio se validó el uso del Índice Biótico de Familias (IBF), propuesto por Hilsenhoff (1988). Este índice, sobre la base del tipo de familias de invertebrados presentes en un tramo del río, un puntaje asignado a cada familia en función a su sensibilidad a las contaminación y el número de morfoespecies existentes en cada familia, permite clasificar el tramo de un río de Clase I (excelente) a Clase VII (muy malo). Dada la simplicidad en la estimación de este índice debido a su bajo nivel de resolución taxonómica y a su adecuada correlación con factores estresores antropogénicos (e.g. contaminación química, modificaciones del hábitat), en la actualidad ha sido ampliamente utilizado en diferentes zonas de Chile y el mundo. Recientemente, se ha propuesto por primera vez el uso de macroinvertebrados bentónicos, en programas de monitoreo del anteproyecto de norma secundaria de calidad para la protección de las aguas continentales superficiales de ríos y lagos.

Otra forma de biomonitoreo, ha sido realizado con el bivalvo *Diplodon chilensis*, el cual ha sido empleado como

bioacumulador para el monitoreo de concentraciones de metales pesados en algunos lagos de Chile central (Valdovinos et al., 1998), se ha utilizado en estudios esclerocronológicos e investigaciones en el área forense ambiental (e.g. Risk et al., 2010). Además, recientemente ha comenzado su uso para el biomonitoreo de la calidad del agua del Lago Villarrica en la región de la Araucanía.

CONCLUSIONES

Los invertebrados de ríos, esteros y lagos de Chile, son uno de los más antiguos testigos de los grandes cambios climáticos sufridos por el paisaje de nuestro país, especialmente durante el Terciario y Cuaternario. En particular, los ecosistemas dulceacuícolas de los territorios montañosos y de llanuras, comprendidos desde la región del Maule a la región de Aysén, que una vez estuvieron cubiertos por bosques en prácticamente toda su extensión. Actualmente, muchas especies de invertebrados de la zona norte y central de este territorio se encuentran amenazadas, en particular aquellas que presentan poblaciones pequeñas y con una baja capacidad de dispersión, tales como moluscos y crustáceos decápodos. En este territorio de elevada diversidad y endemismo, los ríos se encuentran severamente fragmentados producto de la presencia de centrales hidroeléctricas y de obras de riego. Además, la calidad de agua manifiesta un deterioro progresivo, asociado al fuerte crecimiento industrial y urbano. Por otro lado, la deforestación y sustitución del bosque nativo por plantaciones de Pino y Eucaliptos, especialmente del valle central y la cordillera de la costa, están generando profundos cambios en este grupo de organismos. Sin embargo, en estas zonas, todavía es posible encontrar pequeños remanentes ríos asociados a la vegetación nativa, aunque marcadamente aislados entre sí. Estos remanentes de grandes cambios climáticos y geológicos pasados, se encuentran hoy altamente amenazados por nuestra propia ignorancia. Esperamos que el esfuerzo de este libro por difundir el conocimiento sobre nuestra biodiversidad, acumulado por investigadores durante décadas, logre crear conciencia, tanto en autoridades como en los ciudadanos, de la importancia de proteger nuestros invertebrados dulceacuícolas, un componente relevante de la biodiversidad chilena.



Chorito de río o almeja de agua dulce (*Diplodon chilensis*). Foto: Jorge Herreros.

BIBLIOGRAFÍA TOMO 1

INTRODUCCIÓN CONCEPTUAL

Alarcón, D., Marticorena, A., Abello L., & Atala, C. (2010). Plantas, trepadoras, epífitas y parásitas nativas de Chile: Guía de campo. Concepción, Chile: Ed. Corporación Chilena de la Madera.

Baldauf, S.L., Roger, A.J., Wenk-Siefert, I., & Doolittle, W.F. (2000). A kingdom-level phylogeny of Eukaryotes based on combined protein data. *Science* 290, 972- 977.

Bannister, J.R., Vidal, O.J., Teneb, E. & Sandoval, V. (2012). Latitudinal patterns and regionalization of plant diversity along a 4270-km gradient in continental Chile. *Austral Ecology* 37, 500-509.

Barnes, A.D. et al. (2014). Consequences of tropical land use for multitrophic biodiversity and ecosystem functioning. *Nature Communication* 5, 5351.

Bermúdez, G.M.A., de Longhi, A.L., Díaz, S., & Gavidia-Catalán, V. (2014). La transposición del concepto de diversidad biológica: Un estudio sobre los libros de texto de la educación secundaria española. *Enseñanza de las Ciencias* 32(3), 285-302.

Briones, R., Garate, F., & Jerez, V. (2012). Insectos de Chile, nativos, introducidos y con problemas de conservación: Guía de campo. Concepción, Chile: Ed. Corporación Chilena de la Madera.

Cardinale, B.J. et al. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486, 59–67.

Cofré H.L., Samaniego, H. & Marquet, P.A. (2007). Rarity and Richness patterns of small mammals in Mediterranean and Temperate Chile: pp.275-302. En Kelt, D.A., Lessa, E., Salazar-Bravo, J.A., & Patton, J.L. (Eds). *The quintessential naturalist: honouring the life and legacy of Oliver P. Pearson*. California, USA: University of California, Publications in Zoology Series.

Conservation International (2005). *Hotspots revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions*. Editado por CEMEX y Conservación Internacional.

Donoso-Barros, R. (1970). Catálogo herpetológico chileno. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural de Chile* 31, 50-124.

Franklin, J.F. (1988). Structural and functional diversity in temperate forests: pp 166-175. En Wilson, E.O. (Ed). *Biodiversity*. Washington DC: National Academy Press.

Galaz, J. & Yañez, J. (2006). *Los murciélagos de Chile: Guía para su reconocimiento*. Santiago, Chile: Ediciones del Centro de ecología aplicada.

Gay, C. (1847). *Historia física y política de Chile: Zoología* 1. París: Maulde & Renou.

- Goodall, J.D., Johnson, A.W. & Philippi, R.A. (1946). Las aves de Chile: Vol 1. Buenos Aires: Establecimientos Gráficos Platt, S.A.
- Goodall, J.D., Johnson, A.W. & Philippi, R.A. (1951). Las aves de Chile: Vol 2. Buenos Aires: Establecimientos Gráficos Platt, S.A.
- Hellmayr, C.E. (1932). The birds of Chile. Field Museum of Natural History, Publ. 308.
- Iriarte, A. & Jaksic, F. (2012). Los Carnívoros de Chile. Santiago, Chile: Ediciones Flora y Fauna Chile y CASEB, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Jaksic, F. (2001). Ecología de comunidades. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Jaksic, F. & Lazo, I. (1994). La contribución de Darwin al conocimiento de los vertebrados terrestres de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 67, 9-26.
- Ledig, T.F. (1988). Conservation of genetic diversity: the road to La Trinidad. The LL Schaffer Lectureship in Forest Science. Vancouver: University of British Columbia.
- Martcorena, C. & Rodríguez, R. (Eds) (1995). Flora de Chile: Volumen 1. Concepción, Chile: Universidad de Concepción.
- May, R.M. (1988). How many species are there on Earth?. *Science* 241, 1441-1449.
- Menzel, S. & Bögeholz, S. (2009). The loss of biodiversity as a challenge for sustainable development: how do pupils in Chile and Germany perceive dilemmas? *Research in Science Education* 39, 429-447.
- Molina, G.I. (1782). Saggio sulla storia naturale del Chili. Bologna.
- Mora, C., Tittensor, D.P., Adl, S., Simpson, A.G.B., & Worm, B. (2011). How many Species are there on Earth and in the Ocean? *PLoS Biology* 9(8), e1001127.
- Moore, T. & Vidal, P. (2015). Los Bupréstidos de Chile. Santiago, Chile: Ediciones UC.
- Navarrete, A.H., Lagos, N. & Ojeda, F.P. (2014). Latitudinal diversity patterns of Chilean coastal fishes: searching for causal processes. *Revista Chilena de Historia Natural* 87,1-12.
- Norse, E.A. et al. (1986). Conserving biological diversity in our national forests. Washington, DC: The Wilderness Society.
- Noss, R.F. (1990). Indicator for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* (4), 355-364.
- Olsen, G.J. & Woese, C.R. (1993). Ribosomal RNA: a key to phylogeny. *The FASEB Journal* 7, 113-123.
- Osgood, W.H. (1943). The mammals of Chile. Field Museum of Natural History. Zoological Series 30, 1-268.
- OTA (1987). Technologies to maintain biological diversity. Washington, DC: US Government Printing Office.
- Parra, M.J., Rodríguez, R., Cavieres, L., Muñoz-Tapia, L. & Atala, C. (2015). Latitudinal patterns in pteridophyte distribution of continental Chile. *Gayana* 000-000.
- Pequeño, G. (1998). Ictogeografía marina y patrimonio natural de Chile: pp 121-147. En Salazar, M.A. & Videgain, P. (Eds). *De patrias, territorios, identidades y naturaleza*. Santiago, Chile: DIBAM.
- Pincheira-Donoso, D. & Núñez, H. (2005). *Liolaemus Lizard Species of Chile. Taxonomy, Systematics and Evolution*. Santiago, Chile: National Museum of Natural History of Chile Press.
- Purvis, A. & Hector, A. (2000). Getting the measure of biodiversity. *Nature Insight* 405(6783), 212-219.
- Reyes, P. (2012). Peces del Sur de Chile. Chile: Editorial Ocho Libros.
- Samaniego, H. & Marquet, P.A. (2009). Mammal and butterfly species richness in Chile: taxonomic covariation and history. *Revista Chilena de Historia Natural* 82: 135-151.
- Schulze, F.E. (1887). Report on the Hexactinellida collected by HMS "Challenger" during the years 1873-1876. Report on the Scientific Results of the Voyage of HMS "Challenger". *Zool.* 21.
- Simonetti, J.A., Arroyo, M.T.K., Spotorno, A. E. & Lozada, E. (Eds) (1995). *Diversidad Biológica de Chile*. Santiago, Chile: CONICYT, Talleres Artegrama Ltda.
- Sollas, W.J. (1886). Preliminary account the Tetractinellid Sponges dredged by HMS. "Challenger" 1873-1876. Part 1. The Choristida. *Scientific Proceedings of the Royal Dublin Society*: 177-199.
- Sollas, W.J. (1888). Report on the Tetractinellida collected by HMS "Challenger" during the years 1873-1876. Report on the Scientific Results of the Voyage of HMS "Challenger". *Zool.* 25: clxvi, 458.
- Spotorno, A. E., Zuleta, C., Walker, L., Manriquez, G., Valladares, P., & Marín, J.C. (2013). A small, new gerbil-mouse Eligmodontia (Rodentia: Cricetidae) from dunes at the coasts and deserts of north-central Chile: molecular, chromosomic, and morphological analyses. *Zootaxa* 3683(4), 377-394.
- Teillier, S., Martcorena, A. & Niemeyer, H.M. (2011). Flora andina de Santiago. Guía para la identificación de las especies de las cuencas del Maipo y del Mapocho. Chile: Imprenta Puntografix.
- Tilman, D. (2000). Causes, consequences and ethics of biodiversity. *Nature Insight* 405(6783), 208-211.

Valdovinos, C., Navarrete, S.A., & Marquet P.A. (2003) Mollusk species diversity in the Southeastern Pacific: why are more species towards the pole?. *Ecography* 26, 139–144.

Vidal, M.A. & Labra, A. (Eds). (2008). *Herpetología de Chile*. Santiago, Chile: Science Verlag Ediciones.

Wesenberg-Lund, E. (1955). Gephyrea from Chile. Reports of the Lund University Chile Expedition. *Acta University Lund* 5 10 (51), 1-24.

Wesenberg-Lund, E. (1962). Polychaeta Errantia. Reports of the Lund University Chile Expedition 1948-1949. *Lunds Universitets Arsskrift. N.F Avd. 2*, 57(12), 1-139.

Whittaker, R.H. (1969). New concepts of kingdoms in organisms. *Science* 163, 150-160.

Wilson, E. (Ed) (1988). *Biodiversity*. Washington DC: National Academy Press.

Wilson, D.E., & Reeder, D.M. (Eds) (2005). *Mammal species of the World*. Johns Hopkins University Press.

CAPÍTULO 1. MEDIO FÍSICO

Comité Oceanográfico Nacional (CONA). Sin fecha. Surgencia. Obtenido en: <http://www.cona.cl/chileysumar/surgencia.htm>

Husch, B. & Ormazábal, C. (1996). *Nuestro mundo cambiante: El Hombre, Los Recursos naturales y el medio ambiente, Serie Medio Ambiente y Desarrollo*. Santiago, Chile: Editorial Los Andes.

Luzón, J.L., Giral, J.M. & Ortiz Véliz, J. (Eds) (2001). *Enciclopedia de Chile: Volumen 1*. Barcelona, España: Océano Grupo Editorial.

Programa Panamericano de Defensa y Desarrollo de la Diversidad biológica, cultural y social (2005a). ¿Qué es el Niño?. Obtenido en: <http://www.prodiversitas.bioetica.org/des34.htm>

Programa Panamericano de Defensa y Desarrollo de la Diversidad biológica, cultural y social (2005b). ¿Qué es la Niña?. Obtenido en: <http://www.prodiversitas.bioetica.org/des34-2.htm>

Programa Panamericano de Defensa y Desarrollo de la Diversidad biológica, cultural y social (2005c). El Fenómeno ENOS. Obtenido en: <http://www.prodiversitas.bioetica.org/desenos.htm>

Santibáñez F., Santibáñez, P., Caroca, C., González, P. & Perry, P. (2014). *Atlas del Cambio Climático de las zonas áridas y semiáridas de Chile*. Santiago, Chile: Universidad de Chile.

Vargas L. (2005). Región de Los Lagos: Una obra de arte que la naturaleza tardó millones de años en construir. Obtenido en: <http://www.patagonianews.cl/001reportajes01.htm>

CAPÍTULO 2.1. HISTORIA DE LA BIOTA CHILENA

Armesto, J.J. (1995). Fundamentos y necesidades de un programa de estudios de largo plazo en ecología en Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 168, 5-11.

Armesto, J.J., Villagrán, C. & Arroyo, M.T.K. (Eds). (1996). *Ecología de los Bosques Nativos de Chile*. Santiago, Chile: Editorial Universitaria.

Behrensmeyer, A.K. & Hill, A.P. (Eds). (1980). *Fossils in the making: vertebrate taphonomy and ecology*. Chicago: University of Chicago Press.

Berdichewsky, B. (1984). *En torno a los orígenes del hombre americano*. Santiago, Chile: Editorial Universitaria.

Canto, J., Yáñez, J. & Frassinetti, D. (2009a). Mamíferos fósiles, pp: 285-298. En Muñoz-Pedrerros, A. & Yáñez, J. (Eds). *Mamíferos de Chile (2ª Ed.)*. Santiago, Chile: CEA.

Canto, J., Fariña, R., Yáñez, J. & Frassinetti, D. (2009b). Paleocología, pp: 299-304. En Muñoz-Pedrerros, A. & Yáñez, J. (Eds). *Mamíferos de Chile (2ª Ed.)*. Santiago, Chile: CEA.

Canto, J., Yáñez, J. & Rovira, J. (2010). Estado actual del conocimiento de los mamíferos fósiles de Chile. *Estudios Geológicos* 66(2), 255-284.

Delcourt, P.A. & Delcourt, H.R. (1987). *Long-term forest dynamics of the temperate zone*. New York: Springer-Verlag.

Fariña, R., Vizcaino, S. & De Luliis, G. (2013). *Mega fauna: giant beast of Pleistocene South America*. Indiana: Indiana University Press.

Graham, R.W. (1986). Response of mammalian communities to environmental changes during the Late Quaternary. En Diamond, J. & Case, T.J. (Eds). *Community ecology*. New York: Harper & Row.

Gifford, D.P. (1981). Taphonomy and paleoecology: a critical review of archaeology's sister disciplines. *Advances in Archaeological Method and Theory* 4, 365-438.

Hinojosa, L.F. & Villagrán, C. (1997). Historia de los bosques del sur de Sudamérica, I: antecedentes paleobotánicos, geológicos y climáticos del Terciario del cono sur de América. *Revista Chilena de Historia Natural* 70, 225-239.

Labarca, R. (2015). La Meso y Megafauna terrestre extinta del Pleistoceno de Chile, pp 401-465. En Rubilar-Rogers, D., Otero, R., Vargas, A. & Sallaberry, M. (Eds). *Vertebrados fósiles de Chile*. Publicación Ocasional del Museo Nacional de Historia Natural 63, 17-465.

Marshall, L.G., Webb, D.S., Seprosky, J.J. & Raup, D.M. (1982). Mammalian evolution and the Great American Interchange. *Science* 215, 1351-1357.

Moreira-Muñoz, A. (2004). *Nothofagus* Bl., pieza clave en la reconstrucción de la biogeografía del hemisferio austral. *Revista Chagual (Jardín Botánico de Santiago)* 2, 48-56.

Raup, D.M. & Jablonsky, D. (Eds). (1986). *Patterns and processes in the history of life*. Berlin: Springer-Verlag.

Saavedra, B. & Simonetti, J.A. (1998). Small mammal taphonomy: intraspecific bone assemblage comparison between South and North American barn owl, *Tyto alba*, populations. *Journal of Archaeological Science* 25, 165-170.

Simonetti, J.A. & Cornejo, L. (1987). Bibliografía zoológica chilena. *Medio Ambiente* 8, 113-120.

Simonetti, J.A., Arroyo, M.K., Spotorno, A.E. & Lozada, E. (1995). *Diversidad biológica de Chile*. Santiago, Chile: CONICYT.

Simonetti J.A. et al. (1992). Hacia el conocimiento de la diversidad biológica en Chile: 253-272. En Halffter, G. (Ed). *Diversidad Biológica en Iberoamérica*. México: Acta Zoológica Mexicana.

Simpson, G.G. (1970). Uniformitarianism. An inquiry into principle, theory, and method in geohistory and biohistory: 43-96. En Hetch, M.K. & Steere, W.C. (Eds). *Essays in evolution and genetics in honor of Theodosius Dobzhansky*. Appleton, New York.

Simpson, B.B. (1983). An historical phytogeography of the High Andean flora. *Revista Chilena de Historia Natural* 56, 109-122.

Spotorno, A. (1982). Conservation of South American Mammals: 527-528. En Mares, M. & Genoways, H. (Eds). *Mammalian Biology South American*. University of Pittsburgh: Special Publication Series, Pymatuning Laboratory of Ecology.

Spotorno, A. & Veloso, A. (1990). Flora and Fauna of the altiplano: 19-32. En Schull, W.J. & Rothhammer, F. (Eds). *Strategies in human adaptation to a rigorous environment: the Aymara*. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ.

Spotorno, A., Walker, L. & Marín, J. (2009). Origen, evolución y domesticación: pp 269-283. En Muñoz-Pedrerros, A. & Yáñez, J. (Eds). *Mamíferos de Chile (2ª Ed.)*. Santiago, Chile: CEA.

Tamayo, M. & Frassinetti, D. (1980). Catálogo de los mamíferos fósiles y vivientes de Chile. *Boletín Museo Nacional de Historia Natural* 37, 323-399.

Teillier, S. (2008). Flora Vascular: 310-339. En Chile, Comisión Nacional del Medio Ambiente. *Biodiversidad de Chile: Patrimonio y desafíos (2ª Ed.)*. Santiago, Chile.

Veblen, T.h., Donoso, C., Kitzberger, T.H. & Robertus, A. (1996). Ecology of southern Chilean and Argentinean *Nothofagus* forest. En Veblen, R. & Read J. (Eds). *The ecology and biogeography of Nothofagus forests*. New Haven and London: Yale University Press.

Villagrán, C. & Hinojosa, L.F. (1997). Historia de los bosques del sur de Sudamérica, II: Análisis fitogeográfico. *Revista Chilena de Historia Natural* 70, 241-267.

Yáñez, J., Cattán, P. & Iriarte, A. (2009). Mamíferos exóticos de Chile: 251-265. En Muñoz-Pedrerros, A. & Yáñez, J. (Eds). *Mamíferos de Chile (2ª Ed.)*. Santiago, Chile: CEA.

CAPÍTULO 2.2. BIODIVERSIDAD EXTINTA DE CHILE

Invertebrados

Aguirre-Urreta, M.B.; Suárez, M.; De la Cruz, R.; Ramos, V.A. 2007. Ammonoids (Crioceratitinae, Hauterivian) from the Austral Basin, Chile. *Ameghiniana* 44: 387-397.

Benedetto, J.L.; Niemeyer, H.; González, J.; Brussa, E.D. 2008. Primer registro de braquiópodos y graptolites ordovícicos en el Cordón de Lila (Puna de Atacama), norte de Chile. *Ameghiniana* 45: 3-12.

Beu, A.G.; Griffin, M.; Maxwell, P.A. 1997. Opening of Drake Passage gateway and Late Miocene to Pleistocene cooling reflected in Southern Ocean molluscan dispersal: evidence from New Zealand and Argentina. *Tectonophysics* 281: 83-97.

Covacevich, V.; Pino, H.; Fuenzalida, G. 1988. Presencia del género *Triops* Shrank, 1803 (Arthropoda: Branchiopoda) en la Formación Pular (Paleozoico Superior), Región de Antofagasta, Chile. In Congreso Geológico Chileno, N°. 5, Actas 2: C341-C358. Santiago.

Douglas, R.C.; Nestell, M.K. 1976. Late Paleozoic Foraminifera from Southern Chile. U.S. Geological Survey, Professional Paper 858: 1-47.

Feldmann, R.M.; Schweitzer, C.E.; Encinas, A. 2005. New decapods from the Navidad Formation (Miocene) of Chile. *Journal of Crustacean Biology* 25: 427-449.

Feldmann, R.M.; Schweitzer, C.E.; Encinas, A. 2010. Neogene decapod Crustacea from southern Chile. *Annals of Carnegie Museum* 78: 337-366.

Finger, K.L. 2013. Miocene foraminifera from the south-central coast of Chile. *Micropaleontology* 59: 341-492.

Fortey, R.; Pankhurst, R.J.; Hervé, F. 1992. Devonian Trilobites at Buill, Chile (42°S). *Revista Geológica de Chile* 19: 133-144.

Frassinetti, D.; Covacevich, V. 1993. Bivalvos del Mioceno marino de Matanzas (Formación Navidad, Chile central). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile* 44: 73-97.

Frassinetti, D.; Covacevich, V. 1995. Moluscos del Plioceno superior marino de Isla Guamblín, Archipiélago de Los Chonos, sur de Chile. *Revista Geológica de Chile* 22: 47-73.

Gallego, O.F.; Martins Neto, R.G.; Nielsen, S.N. 2005. Conchostracans and in-sects from the Upper Triassic of the Biobío river ('Santa Juana Formation'), south-central Chile. *Revista Geológica de Chile* 32: 293-311.

Gründel, J. 2001. Gastropoden aus dem Jura der südamerikanischen Anden. *Paläontologie, Stratigraphie, Fazies* 9; Freiburger Forschungshefte C 492: 43-84.

- Herm, D. 1969. Marines Pliozän und Pleistozän in Nord und Mittel-Chile unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung der Mollusken-Faunen. *Zitteliana* 2: 1-159.
- Hillebrandt, A. von. 2002. Ammoniten aus dem oberem Sinemurian von Südamerika. *Revue de Paléobiologie, Genève* 21: 35-147.
- Hillebrandt, A. von. 2006. Ammoniten aus dem Pliensbachium (Carixium und Domerium) von Südamerika. *Revue de Paléobiologie, Genève* 25: 1-403.
- Hromic, T. 1995. Catálogo de Foraminíferos (Protozoa: Foraminifera) del Terciario de Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia (Chile), Serie Ciencias Naturales* 23: 51-94. Punta Arenas.
- Ibaraki, M. 2001. Neogene planktonic foraminifera of the Caleta Herradura de Mejillones section in northern Chile: Biostratigraphy and paleoceanographic implications. *Micropaleontology* 47: 257-267.
- Jaworski, E. 1922. Die marine Trias in Südamerika. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie* 47: 93-200.
- Kiel, S.; Nielsen, S.N. 2010. Quaternary origin of the inverse latitudinal diversity gradient among southern Chilean mollusks. *Geology* 38: 955-958.
- Kielbowicz, A.A.; Rionchi, D.I.; Stach, H.H. 1983. Foraminíferos y ostrácodos valanginianos de la Formación Springhill, Patagonia Austral. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 38: 313-339.
- Lahsen, A.; Charrier, R. 1972. Late Cretaceous ammonites from Seno Skyring-Strait of Magellan area, Magallanes, Chile. *Journal of Paleontology* 46: 520-532.
- Larraín, A.P. 1975. Los equinoideos regulares fósiles y recientes de Chile. *Gayana Zoología* 35: 1-189.
- Nielsen, S.N. 2013. A new Pliocene mollusk fauna from Mejillones, northern Chile. *Paläontologische Zeitschrift* 87: 33-66.
- Nielsen, S.N.; Frassinetti, D. 2007. The Neogene Volutidae (Gastropoda: Neogastropoda) from the Pacific coast of Chile. *Journal of Paleontology* 81: 82-102.
- Nielsen, S.N.; Glodny, J. 2009. Early Miocene subtropical water temperatures in the southeast Pacific. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 280: 480-488.
- Nielsen, S.N.; Valdovinos, C. 2008. Early Pleistocene mollusks of the Tubul Formation (south-central Chile). *The Nautilus* 122: 201-216.
- Ortmann, A.E. 1902. Tertiary invertebrates. Report of the Princeton Expeditions to Patagonia 4 (2): 45-332. Princeton and Stuttgart 1901-1906.
- Pérez, E.; Aberhan, M.; Reyes, R.; Hillebrandt, A. von. 2008. Early Jurassic Bivalvia of northern Chile. Part III. Order Trigonioidea. *Beringeria* 39: 51-102.
- Philippi, R.A. 1887. Los fósiles Terciarios y Cuaternarios de Chile. Santiago de Chile: 256 p.
- Prinz, P. 1991. Mesozoische Korallen aus Nordchile. *Palaeontographica* A 216: 147-209.
- Reyes, R.; Pérez, E. 1979. Las trigonias del Titoniano y Cretácico Inferior de la cuenca andina de Chile y su valor cronoestratigráfico. *Instituto de Investigaciones Geológicas, Boletín* 32: 1-105.
- Rivadeneira, M.M.; Marquet, P.A. 2007. Selective extinction of late Neogene bivalves on the temperate Pacific coast of South America. *Paleobiology* 33: 455-468.
- Salazar, C.; Stinnesbeck, W.; Quinzio-Sinn, L.A. 2010. Ammonites from the Maastrichtian (Upper Cretaceous) Quiriquina Formation in central Chile. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen* 257: 181-236.
- Thomas, H. 1958. Geología de la Cordillera de la Costa entre el valle de La Ligua y la Cuesta de Barriga. *Instituto de Investigaciones Geológicas, Boletín* (2): 86 p.
- Vertebrados**
- Rubilar, D., Otero, R. Vargas, A., Salaberry, M. (eds.) 2015. Vertebrados fósiles de Chile. *Publicación Ocasional Del Museo Nacional de Historia Natural* 63: 465 pag.
- Peces**
- Arratia, G. 1982. *Chongichthys dentatus* new genus and species, from the Late Jurassic of Chile (Pisces: Teleostei: Chongichthyidae n. fam.). *Journal of Vertebrate Paleontology* 2 (2): 133-149.
- Arratia, G. 2015. Los peces osteíctios fósiles de Chile y su importancia en los contextos paleobiogeográfico y evolutivo. En: *Vertebrados fósiles de Chile*, D. Rubilar-Rogers, R.A. Otero, A. Vargas M., M. Sallaberry (eds). *Publicación Ocasional del Museo Nacional de Historia Natural, Chile* 63: 35-83.
- Azpelicueta, M.M. y Rubilar, A. 1998. A Miocene Nematogenys (Teleostei: Siluriformes: Nematogenyidae) from South-Central Chile. *Journal of Vertebrate Paleontology* 18(3): 475-483.
- Carrillo-Briceño, J.D. 2011. Significado paleoambiental y paleoecológico de la fauna marina del Plioceno de la Formación Horcón, Región de Valparaíso, Chile central. Tesis para optar al grado de Magister en Oceanografía. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 154p.
- Carrillo-Briceño, J.D., González barba, G., Landaeta, M.F., y Nielsen, S.N. 2013. Condrictios fósiles del Plioceno Superior de la Formación Horcón, Región de Valparaíso, Chile Central. *Revista Chilena de Historia Natural*, 86:191-206.
- Otero, R.A., Oyarzún, J.L., Soto-Acuña, S., Yury-Yáñez, R., Gutiérrez, N., Le Roux, J., Torres, T., Hervé, F. 2013. Neoselachians and Chimaeriformes (Chondrichthyes) from the Upper Cretaceous-Paleogene of Sierra Baguales, southernmost Chile. *Chronostratigraphic, paleobiogeographic and paleoenvironmental implications. Journal of South American Earth Sciences*, 48: 13-30.
- Oyanadel, P.A., Carrillo-Briceño, J.D., Villafaña, J.A., Castelletto, V., Varas, C., Alballay, A., Rivadeneira, M.M. 2015. Ictiofósiles óseos del Neógeno en Formación Bahía Inglesa, norte de Chile. XXXV Congreso de Ciencias del Mar, Coquimbo, La Serena, Chile.
- Richter, M. y Breitkreuz, C. 1997. Permian fish-remains from the north Chilean Peine Formation. *Modern Geology*, 21, 175-188.
- Rubilar, A. 1994. Diversidad ictiológica en depósitos continentales miocenos de la Formación Cura-Mallín, Chile (37-39° S): implicancias paleogeográficas. *Revista Geológica de Chile* 21 (1): 3-29.
- Samson, I.J. 2000. Late Triassic (Rhaetian) conodonts and ichthyoliths from Chile. *Geological Magazine*, 137 (2): 129-135.
- Staig, F., Hernández, S., López, P., Villafaña, J.A., Varas, C., Soto, L.P., Carrillo-Briceño, J.D. En prensa. Late Neogene Elasmobranch fauna from the Coquimbo Formation, Chile. *Revista Brasileira de Paleontología*.
- Suárez, M.E. 2015. Tiburones, rayas y quimeras (chondrichthyes) fósiles de Chile. En: *Vertebrados fósiles de Chile*, D. Rubilar-Rogers, R.A. Otero, A. Vargas M., M. Sallaberry (eds). *Publicación Ocasional del Museo Nacional de Historia Natural, Chile* 63: 17-33.
- Suárez, M.E. y Cappetta, H. 2004. Sclerorhynchid teeth (Neoselachii, Sclerorhynchidae) from the Late Cretaceous of the Quiriquina Formation, central Chile. *Revista Geológica de Chile*, 31 (1): 89-103.

- Suárez, M.E., Encinas, A., y Ward, D. 2006 Early Miocene Elasmobranch Fauna from the Navidad Formation, Central Chile, South America. *Cainozoic Research*, 4 (1-2): 3–18.
- Walsh A.A. 2001. The Bahía Inglesa Formation Bonebed: Genesis and palaeontology of a Neogene konzentrat lagerstätte. A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. School of Earth and Environmental Sciences, University of Portsmouth, United Kingdom. 441p.
- Reptiles**
- Bell CM, Padian K. 1995. Pterosaur fossils from the Cretaceous of Chile: evidence for a pterosaur colony on an inland desert plain. *Geol Mag* 132:31-38.
- Bell CM, Suárez M. 1989. Vertebrate fossils and trace fossils in Upper Jurassic-Lower Cretaceous red beds in the Atacama Region, Chile. *J S Am Earth Sci* 2:351-357.
- Casamiquela RM. 1980. Nota sobre restos de un reptil aetosaurioide (Thecodontia, Aetosauria) de Quimal Cordillera de Somerko, Antofagasta. Prueba de la existencia del Neotriásico continental en los Andes del Norte de Chile. . In: Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, no. 2 y Congreso Latinoamericano de Paleontología, no. 1. Buenos Aires, Argentina. p 135-142.
- Casamiquela RM, Chong G. 1980. La presencia de Pterodactyloidea, del Neojurásico (?) de la Argentina, en los Andes del Norte de Chile. In: Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y Congreso Latinoamericano de Paleontología. Buenos Aires, Argentina. p 201-213.
- Casamiquela RM, Corvalán J, Franquesa F. 1969. Hallazgo de dinosaurios en el Cretácico Superior de Chile. Su importancia cronológica - estratigráfica. Instituto de Investigaciones Geológicas, Boletín 25:1-31.
- Desojo J. 2003. Redescrición del aetosaurio *Chilenosuchus forttae* Casamiquela (Diapsida: Arcosauria): presencia de Triásico continental en el norte de Chile *Revista Geológica de Chile* 30:53-63.
- Fernández MS, Carabajal AP, Gasparini Z, Chong Díaz G. 2011. A metriorhynchid crocodyliform braincase from northern Chile. *J Vert Paleontol* 31:369-377.
- Gasparini Z. 1985. Los reptiles marinos Jurásicos de América del Sur. 2013 22.
- Gasparini Z, Bardet N, Martin JE, Fernandez M. 2003. The elasmosaurid plesiosaur *Aristonectes Cabrera* from the latest Cretaceous of South America and Antarctica. *J Vert Paleontol* 23:104-115.
- Gasparini Z, Fernandez M. 2006. Middle and Late Jurassic marine reptile faunas of the southeastern pacific, based on discoveries in Argentina and Chile. *Paludicola* 5:230-241.
- Kellner AW, Rubilar-Rogers D, Vargas A, Suárez M. 2011. A new titanosaur sauropod from the Atacama Desert, Chile. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 83:211-219.
- Martill D, Frey E, Chong Díaz G, Bell CM. 2000. Reinterpretation of a Chilean pterosaur and the occurrence of *Dsungaripteridae* in South America. *Geol Mag* 137:19-25.
- Martill DM, Frey E, Bell CM, Diaz GC. 2006. Ctenochasmatid pterosaurs from Early Cretaceous deposits in Chile. *Cretac Res* 27:603-610.
- Moreno K. 2008. Valoración y estado de conservación de huellas de vertebrados mesozoicos en Chile. In: I Simposio de Paleontología en Chile. Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile. p 13-17.
- Moreno K, Benton MJ. 2005. Occurrence of sauropod dinosaur tracks in the Upper Jurassic of Chile (redescription of *Iguanodonichnus frenki*). *J S Am Earth Sci* 20:253-257.
- Moreno K, Blanco N. 2004. Scratch marks and a tetradactyl footprint from the Chacarilla Formation (Upper Jurassic - Lower Cretaceous): Are they theropod swimming traces? In: ICHNIA, First International Congress on Ichnology. Museo Paleontológico Egidio Feruglio, Trelew, Patagonia Argentina. p 58.
- Moreno K, Blanco N, Tomlinson A. 2004. New dinosaur footprints from the Upper Jurassic of northern Chile. *Ameghiniana* 41:535-544.
- Moreno K, de Valais S, Blanco N, Tomlinson A, Jacay J, Calvo JO. 2012. Large theropod dinosaur footprint associations in western Gondwana: Behavioural and palaeogeographic implications. *Acta Palaeontol Pol* 57:73-83.
- Moreno K, Pino M. 2002. Huellas de dinosaurios (Theropoda-Ornitopoda-Sauropoda) de la Formación Baños del Flaco, VI Región, Chile: paleoambiente y paleoetología. *Revista Geológica de Chile* 29:191-206.
- Novas FE, Salgado L, Suárez M, Agnolin FL, Ezcurra MD, Chimento NR, de la Cruz R, Isasi MP, Vargas AO, Rubilar-Rogers D. 2015. An enigmatic planteating theropod from the Late Jurassic period of Chile. *Nature* 522:331-334.
- Otero RA, O'Gorman JP. 2013. Identification of the first postcranial skeleton of *Aristonectes Cabrera* (Plesiosauroida, Elasmosauridae) from the upper Maastrichtian of the south-eastern Pacific, based on a bivariate graphic analysis. *Cretac Res* 41:86-89.
- Otero RA, Parham JF, Soto-Acuña S, Jimenez-Huidobro P, Rubilar-Rogers D. 2012a. Marine reptiles from Late Cretaceous (early Maastrichtian) deposits in Algarrobo, central Chile. *Cretac Res* 35:124-132.
- Otero RA, Soto-Acuña S, Rubilar-Rogers D. 2012b. A postcranial skeleton of an elasmosaurid plesiosaur from the Maastrichtian of central Chile, with comments on the affinities of Late Cretaceous plesiosauroids from the Weddellian Biogeographic Province. *Cretac Res* 37:89-99.
- Otero RA, Soto-Acuña S, Salazar S C, Oyarzún JL. 2015. New elasmosaurids (Sauropterygia, Plesiosauria) from the Late Cretaceous of the Magallanes Basin, Chilean Patagonia: Evidence of a faunal turnover during the Maastrichtian along the Weddellian Biogeographic Province. *Andean geology* 42:237-267.
- Otero RA, Soto-Acuña S, Vargas AO, Rubilar-Rogers D. 2014a. A new postcranial skeleton of an elasmosaurid plesiosaur from the Upper Cretaceous of central Chile and reassessment of *Cimoliasaurus andium* Deecke. *Cretac Res* 50:318-331.
- Otero RA, Soto-Acuña S, Vargas AO, Rubilar-Rogers D, Yury-Yáñez RE, Gutstein CS. 2014b. Additions to the diversity of elasmosaurid plesiosaurs from the Upper Cretaceous of Antarctica. *Gondwana Research* 26:772-784.
- Otero RA, Suárez ME, Le Roux JP. 2009. First record of Elasmosaurid Plesiosaurs (Sauropterygia: Plesiosauria) in upper levels of the Dorotea Formation, Late Cretaceous (Maastrichtian), Puerto Natales, Chilean Patagonia. *Andean geology* 36:342-350.
- Parham JF, Otero RA, Suárez ME. 2014. A sea turtle skull from the Cretaceous of Chile with comments on the taxonomy and biogeography of *Eucastes* (formerly *Osteopygis*). *Cretac Res* 49:181-189.
- Rubilar-Rogers D, Moreno K, Blanco N, Calvo JO. 2008. Theropod dinosaur trackways from the Lower Cretaceous of the Chacarilla Formation, Chile. *Revista Geológica de Chile* 35:175-184.
- Rubilar-Rogers D, Otero R. 2008. Reporte de un nuevo yacimiento con icnitas de dinosaurios (Theropoda-Saurópoda) en el desierto de Atacama

n: I Simposio de Paleontología en Chile. Santiago, MNHN. p 87-90.

Rubilar-Rogers D, Salazar C, Guevara JP, Alarcón J, Gutstein CS, Suárez M. 2014. New tridactyl dinosaur footprints from the lower Cretaceous of the Atacama Region, Northern Chile. *Boletín Del Museo Nacional de Historia Natural* 63:201-212.

Salgado L, De la Cruz R, Suárez M, Fernandez M, Gasparini Z, Palma-Heldt S, Fanning M. 2008. First Late Jurassic dinosaur bones from Chile. *J Vert Paleontol* 28:529-534.

Salgado L, Novas FE, Suárez M, de la Cruz R, Isasi M, Rubilar-Rogers D, Vargas A. In press. Upper Jurassic sauropods in the Chilean Patagonia. *Ameghiniana*.

Shultz MR, Fildani A, Suárez M. 2003. Occurrence of the Southernmost South American Ichthyosaur (Middle Jurassic—Lower Cretaceous), Parque Nacional Torres del Paine, Patagonia, Southernmost Chile. *Palaios* 18:69-73.

Soto-Acuña S, Otero R, Yury-Yáñez RE. 2012. Primer registro de tortugas y cocodrilos en el Eoceno de Magallanes, extremo sur de Chile. In: Stinnesbeck W, Frey E, Rivas L, Pérez JP, Cartes ML, Soto CS, Lobos PZ. 2014. A Lower Cretaceous ichthyosaur graveyard in deep marine slope channel deposits at Torres del Paine National Park, southern Chile. *Geological Society of America Bulletin* 126:1317-1339.

Suárez M, Bell CM. 1992. The oldest South American ichthyosaur from the late Triassic of northern Chile. *Geol Mag* 129:247-249.

Walsh SA. 2005. First post-Mesozoic record of Crocodyliformes from Chile. *Acta Palaeontol Pol* 50:595-600.

Aves

Cenizo M. (2012) Review of the putative Phorusrhacidae from the Cretaceous and Paleogene of Antarctica: new records of ratites and pelagornithid birds. *Polish Polar Research*, 33(3): 225-244.

Chávez Hoffmeister M. (2007) Fossil birds of Chile and Antarctic Peninsula. *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro* 65: 551-572.

Jadwiszczak P. (2006) Eocene penguins of Seymour Island, Antarctica: Taxonomy. *Polish Polar Research* 27: 3-62.

Mansilla H., de Valais S., Stinnesbeck W., Varela N. y Leppe M. (2012) New Avian tracks from the lower to middle Eocene at Fossil Hill, King George Island, Antarctica. *Antarctic Science* 24(5): 500-506.

Myrcha A., Jadwiszczak P., Tambussi C., Noriega J., Gazdzicki A., Tatur A. y del Valle R. (2002) Taxonomic revision of Eocene Antarctic penguins based on tarsometatarsal morphology. *Polish Polar Research* 23: 5-46.

Phillipi R.A. (1895) Ueber einige vogelknochen aus dem Guano. In: Phillipi, R.A. (Ed.) *Verhandlungen des deutschen wissenschaftlichen vereins zu Santiago de Chile*. Valparaíso: Imprenta de Universo de Guillermo Helfmann. 14-17 pp.

Rubilar Rogers D., Otero R.A., Yury R., Vargas A., Gutstein C. (2012) An overview of the dinosaur fossil record from Chile. *Journal of South American Earth Sciences* 37: 242-255.

Sallaberry M., Soto Acuña S., Yury R., Alarcón J. y Rubilar Rogers D. (2015) Aves fósiles de Chile. En: *Vertebrados Fósiles de Chile*. Museo Nacional de Historia Natural de Chile, Publicación Ocasional 63: 265-291.

Steadman D.W. (1995) Prehistoric extinctions of Pacific island birds: Biodiversity meets zooarchaeology. *Science* 267: 1123-1131.

Tambussi C. y Acosta Hospitaleche C. (2007) Antarctic birds (Neornithes) during the Cretaceous-Eocene times. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62(4): 604-617.

Mamíferos

Barnosky, A.D., P.L. Koch, R. S. Feranec, S. L. Wing y A.B. Shabet. 2004. Assessing the causes of Late Pleistocene extinctions on the continents. *Science* 306:70-75

Borrero L.A., F.M. Martín y A. Prieto. 1997. La cueva Lago Sofia 4, Última Esperanza: una madriguera de felino del Pleistoceno tardío. *Anales del Instituto de la Patagonia. Serie Ciencias. Humanas*. 25: 103-122.

Canto J. 1991. Posible presencia de Smilodon en el Pleistoceno tardío de Magallanes. *Anales del Instituto de la Patagonia. Serie Ciencias Sociales*, vol. 20:96-99.

Canto J., A. Crovetto, A. y V. Covacevich 2002. Hallazgo de Pliopontos sp. (Cetacea: Pontoporiidae) en el Neógeno de Chile. *Noticiario Mensual Museo Nacional de Historia Natural, (Chile)* 350:28-37.

Canto, J. 2007. Physeteroidea (Cetacea: Odontoceti) fósiles en el neógeno de Chile. *Noticiario Mensual, Museo Nacional de Historia Natural (Chile)* 359:9-22

Casamiquela, R. y G. Chong 1975. Icnitas (Mammalia, Equidae?) en rocas del plio-pleistoceno de la costa, Provincia de Antofagasta. 1er. Congreso Argentino Paleontológico. *Bioestratigrafía*. 2:621-632.

Casamiquela, R. 1999. The Pleistocene vertebrate record of Chile. En: *Quaternary of South America and antarctic peninsula*. (Ed.) Jorge Rabassa y Monica Salemme. pp. 91-107

Degenhardt, C. 1839. *Pétrifications, Recueillies en Amérique*. par Alexandre de Humboldt. Imprimerie de L' Academie Royale des Sciences, Berlin.

Donoso Barros, R. (1975) Contribución al conocimiento de los cetáceos vivos y fósiles del territorio de Chile. *Gayana, Zoología* N° 36, 127 p.

Fariña R.A., S.F. Vizcaíno, G. De Iuliis. 2013. Megafauna. *Giant Beasts of Pleistocene South America*. Bloomington, Indiana University Press, 416 pp. ISBN:978-0-253-00230-3.

Fariña R.A., P.S. Tambussi, L. Varela, A. Czerwonogora, M. Di Giacomo, M. Musso, R. Bracco-Boksar y A. Gascue A. 2014. Arroyo del Vizcaíno, Uruguay: A fossil-rich 30-ka-old megafaunal locality with cut-marked bones. *Proceedings of the Royal Society B* 281 (1774): 2013-2211.

Flynn, J., A. R. Wyss, R. Charrier y C.C. Swisher 1995. An Early Miocene anthropoid skull from the Chilean Andes. *Nature* 373: 603 - 607

Frassinetti, D. 1982. *Bibliografía escogida y comentada sobre mamíferos fósiles de Chile*. Publicación Ocasional, Museo Nacional de Historia Natural, (Chile) 24 p.

Gay, C. 1847. *Historia física y política de Chile*. Zoología, Atlas. 47-56.

Gutstein, C., F. E. Horwitz, A. M. Valenzuela-Toro y C. P. Figueroa-Bravo. Cetáceos fósiles de Chile: contexto evolutivo y paleogeográfico pp 339-383. En: *Vertebrados fósiles de Chile*. D. Rubilar-Rogers, R. Otero, A. Vargas y M. Sallaberry eds. Publicación Ocasional N°63 Museo Nacional de Historia Natural.

Horwitz, F.E. 2014. *Misticetos (Mammalia, Cetacea) del Neógeno del Norte de Chile, con énfasis en la Formación Coquimbo, Región Coquimbo*. Tesis de pregrado, Universidad de Concepción, 103 pp.

Labarca, R. 2015. La meso y megafauna terrestre extinta del Pleistoceno de Chile pp 401-465. En: *Vertebrados fósiles de Chile*. D. Rubilar-Rogers, R. Otero, A. Vargas y M. Sallaberry eds. Publicación Ocasional N°63 Museo Nacional de Historia Natural.

McKenna, M. y S. Bell. 1997. *Classification of mammals. Above the species level*. Columbia University Press, New York. 631 pag

Mol, L. D. y P.J.H. Van Bree 2003. *De Amsterdame collectie fossielen uit de Grot van Ultima Esperanza, Patagonië, Zuid-Chili*. *Grondboor y Hamer* 2 : 26-36

Pyenson, N., C.S. Gutstein, J. F., Parham, D. Rubilar-Rogers, A. Metallo, v. Rossi, M.A. Cozzuol, M.T. Clementz, J. Velez-Juarbe y M. Suárez. 2012. New data on the walrus-whale *Odobenocetops* (*Odontoceti*) from the Neogene of Atacama of Chile and insights into its evolution and paleobiology. En: XV Reunión de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de la América del Sur, Puerto Madryn, Argentina. Pendrive de resúmenes.

Philippi, R.A. 1887. Los fósiles terciarios i cuaternarios de Chile. Imprenta Brokhaus, Leipzig, 256 p.

Prevosti, F.J., L. H. Soibelzon, A. Prieto, M. San Roman, y F. Morello. 2003. The southernmost bear: *Pararctotherium* (*carnivora, ursidae, tremarctinae*) in the Lates pleistocene of southern patagonia, Chile. *Journal of Vertebrate Paleontology* 23(3):709–712.

Prieto, A. R. Labarca y V. Sierpe. 2010. Presence of *Smilodon populator* Lund (*Carnivora, Felidae, Machairodontinae*) in the late Pleistocene of southern Chilean Patagonia. *Revista Chilena de Historia Natural* 83 (2): 299-307.

Raup, D.M. 1992. Extinctions: bad genes or bad luck. W.W. Norton y Company, 210 p.

Tamayo, M. y D. Frassinetti. 1980. Catálogo de los mamíferos fósiles y vivientes de Chile. *Boletín Museo Nacional Historia Natural, Chile* 37: 323-399.

Walsh, S. A. y Naish D (2002) Fossil seals from Late Neogene deposit in South America: a new pinniped (*Carnivora, Mammalia*) assemblage from Chile. *Paleontology* Vol. 45(4):821-842.

Wyman, J. 1855. Description of a portion of the lower jaw and the tooth of *Mastodon andium*; also, of a tooth and fragment of the fémur of a *Mastodon* from Chile. *U.S.N.Ast.Exp.to the South Hemisphere* 2:275-281 Tabl 13.



Formación Horcon que presenta fósiles de vertebrados del Plioceno. Foto: Jhoann Canto.

CAPÍTULO 3. DIVERSIDAD GENÉTICA DE CHILE

Aguayo-Lobo, A., Torres, D. & Acevedo, J. (1998). Los mamíferos marinos de Chile: 1. Cetacea. Serie Científica INACH 48, 19-159.

Allnutt, T.R. et al. (1999). Genetic variation in *Fitzroya cupressoides* (alerce), a threatened South American conifer. *Molecular Ecology* 8(6), 975-987.

Allnutt, T.R., Newton, A.C., Premoli, A. & Lara, A. (2003). Genetic variation in the threatened South American conifer *Pilgerodendron uviferum* (Cupressaceae), detected using RAPD markers. *Biological Conservation* 114(2), 245-253.

Avendaño, L.I. (2014). Estudio preliminar de la diversidad genética en la gallina araucana mediante marcadores microsatelitales. (Tesis doctoral).

Bekessy, S.A. et al. (2002). Genetic variation in the vulnerable and endemic Monkey Puzzle tree, detected using RAPDs. *Heredity* 88(4), 243-249.

Crawford, D.J. et al. (2001). Allozyme diversity in endemic flowering plant species of the Juan Fernandez Archipelago, Chile: ecological and historical factors with implications for conservation. *American Journal of Botany* 88(12), 2195-2203.

Cunazza, C., Puig, S. & Villalba, L. (1995). Situación actual del guanaco y su ambiente. En S. Puig (Ed). *Técnicas para el manejo del guanaco*. UICN.

Davidson, W.S. et al. (2010). Sequencing the genome of the Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Genome Biology* 11(9), 1-7.

Díaz, N.I. & Smith-Flueck, J.A. (2000). El huemul patagónico: un misterioso cérvido al borde de la extinción. L.O.L.A. Monografía N°3. Buenos Aires, Argentina.

Donoso, C., Premoli, A., Gallo, L. & Ipinza, R. (2004). Variación Intraespecífica en las Especies Arbóreas de los Bosques Templados de Chile y Argentina. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.

Etisham-Ul-Haq, M., Allnutt, T.R., Smith-Ramirez, C., Gardner, M.F., Armesto, J.J. & Newton, A.C. (2001). Patterns of genetic variation in and ex situ populations of the threatened Chilean Vine *Berberidopsis corallina*, detected using RAPD markers. *Annals of Botany* 87(6), 813-821.

Fuentes, F.F., Martínez, E.A., Hinrichsen, P.V., Jellen, E.N. & Maughan, P.J. (2009). Assessment of genetic diversity patterns in Chilean quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

- germplasm using multiplex fluorescent microsatellite markers. *Conservation Genetics* 10(2), 369-377.
- Gálvez, N. et al. (2013). Forest cover outside protected areas plays an important role in the conservation of the Vulnerable guiña *Leopardus guigna*. *Oryx* 47(02), 251-258.
- González, B.A. (2013). Definición de unidades de manejo de poblaciones silvestres de guanaco (*Lama guanicoe*) en Chile. Tesis de grado para optar al Grado Académico de Doctor en Ciencias Silvoagropecuarias y Veterinarias, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Gregorini, E. (2011). Variabilidad genética en el Huemul, *Hippocamelus bisulcus* (Molina, 1782). Doctoral dissertation, Tesis de grado, Departamento de Genética, Laboratorio de Genética de la Conservación, IIBCE-Facultad de Ciencias, Udelar. Montevideo, Uruguay.
- Herrera, R., Arias, M., Moya-Leon, M.A., Penailillo, P., Wilkinson, M.J. & Caligari, P.D. (2005). Genetic variation in a Chilean endangered endemic: *Gomortega keule* (Molina) Baillon. *Biodiversity & Conservation* 14(12), 2871-2881.
- Hoffens, K. & Riegel, R. (2007). Diversidad genética de cultivos de *Lapageria rosea* determinada a través de marcadores moleculares del tipo ISSR. *Agro Sur* 35(2), 69-71.
- Hughes, A.R., Inouye, B.D., Johnson, M.T., Underwood, N. & Vellend, M. (2008). Ecological consequences of genetic diversity. *Ecology Letters* 11(6), 609-623.
- Jara, A., Maldonado, J.E., Ortega, J., Cosse, M., Victoriano, P. & González, S. (2003). Genetic studies of the Huemul: Preliminary results and progress to date in Huemul ecology research for conservation planning final conference. Darwin project (Saucedo, C. & A. Echenique ed.). CD-Rom. CONAF, RI, FRA, MLURI.
- Johns, M.A., Skroch, P.W., Nienhuis, J., Hinrichsen, P., Bascur, G. & Munoz-Schick, C. (1997). Gene pool classification of common bean landraces from Chile based on RAPD and morphological data. *Crop Science* 37(2), 605-613.
- Méndez, M. et al. (2004). Morphological and genetic differentiation among Chilean populations of *Bufo spinulosus* (Anura: Bufonidae). *Revista Chilena de Historia Natural* 77, 559-567.
- Mujica, F., Obreque, V. & Hinrichsen, P. (2005). Recuperación, conservación y caracterización del caballo chilote. *Agro sur* 33(1), 58-67.
- Mujica, F. (2009). Diversidad y conservación de los recursos zoogenéticos del país. *Agro sur* 37(3), 134-175.
- Napolitano, C. et al. (2014). Phylogeography and population history of *Leopardus guigna*, the smallest American felid. *Conservation genetics* 15(3), 631-653.
- Napolitano, C. et al. (2015). Reduced Genetic Diversity and Increased Dispersal in *Guigna* (*Leopardus guigna*) in Chilean Fragmented Landscapes. *Journal of Heredity* 106(1), 522-536.
- Núñez-Ávila, M.C. & Armesto, J.J. (2006). Relict islands of the temperate rainforest tree *Aextoxicon punctatum* (Aextoxicaceae) in semi-arid Chile: genetic diversity and biogeographic history. *Australian Journal of Botany* 54, 733-743.
- Paredes, O.M. & Gepts, P. (1995). Extensive introgression of Middle American germplasm into Chilean common bean cultivars. *Genetic Resources and Crop Evolution* 42(1), 29-41.
- Pérez-Álvarez, M.J., Olavarría, C., Moraga, R., Baker, C.S., Hamner, R.M. & Poulin, E. (2015). Microsatellite Markers Reveal Strong Genetic Structure in the Endemic Chilean Dolphin. *PLoS one* 10(4), e0123956.
- Pérez, P. (2004). Efectos de la domesticación de la chinchilla chilena, *Chinchilla lanigera*, sobre algunos indicadores morfológicos y genéticos. Memoria para optar al Título Profesional de Médico Veterinario, Departamento de Ciencias Biológicas Animales, Universidad de Chile.
- Pineda, G. (2000). Variabilidad aloenzimática de *N. alpina* en Chile. En: Ipinza R., Gutiérrez B. y Emhart V. (eds). Domesticación y mejora genética de raulí y roble. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. Pp. 95-119.
- Piñeira, J., Mujica, F., Felmer, R., Ortiz, M., Riveros, J. & Río, G. (2009). Comparación preliminar de parámetros genéticos poblacionales de bovinos criollos patagónicos y razas bovinas domesticadas de las regiones de La Araucanía, Los Lagos y Aysén, Chile. *Proceeding, Tomo 2. VII Simposio de Recursos Genéticos para América Latina y el Caribe (VII SIRGALC)*.
- Primack, R. (2001). Problemas de las poblaciones pequeñas. En Primack, R. et al. (Eds). *Fundamentos de conservación biológica*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Rodríguez, F., Folch, C., Orena, S., Kido, A., Peña, A., Kalazich, J.C. & Rojas, J.S. (2012). Avances en la caracterización de las papas nativas de Chile. XXV Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa – ALAP. Uberlandia, Brazil.
- Rocha, M. & Gasca, J. (2007). Ecología Molecular de la Conservación. En Eguiarte, L., Souza, V. & Aguirre, X. (Eds). *Secretaría del Medio Ambiente, Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Cosemismo y Uso de La Biodiversidad*. México DF, México.
- Solano, J., Mathias, M., Esnault, F. & Brabant, P. (2013). Genetic diversity among native varieties and commercial cultivars of *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* L. present in Chile. *Electronic Journal of Biotechnology* 16(6), 8-8. Obtenido de: <http://www.scielo.cl/pdf/ejb/v16n6/a08.pdf>

Vásquez, M., Torres-Pérez, F. & Lamborot, M. (2007). Genetic variation within and between four chromosomal races of *Liolaemus monticola* in Chile. *The Herpetological Journal* 17(3), 149-160.

Vergara, R., Gitzendanner, M.A., Soltis, D.E. & Soltis, P.S. (2014). Population genetic structure, genetic diversity, and natural history of the South American species of *Nothofagus* subgenus *Lophozonia* (Nothofagaceae) inferred from nuclear microsatellite data. *Ecology and evolution* 4(12), 2450-2471.

Vidal, M., Moreno, P. & Poulin, E. (2012). Genetic diversity and insular colonization of *Liolaemus pictus* (Squamata, Liolaeminae) in north-western Patagonia. *Austral Ecology* 37(1), 67-77.

CAPÍTULO 4. 1.1 MAMÍFEROS TERRESTRES

Carrasco, G. (2009). Mamíferos Fósiles de Chile.

D'Elía, G., Teta, P., Upham, N.S., Pardiñas, U.F.J. & Patterson, B.D. (2015). Description of a new soft-haired mouse, genus *Abrothrix* (Sigmodontinae), from the temperate Valdivian rain-forest. *Journal of Mammalogy* 96(4), 839-853.

Galaz, J. & Yáñez, J. (2006). Los murciélagos de Chile: Guía para su reconocimiento. Santiago, Chile: Ediciones del Centro de Ecología Aplicada.

Iriarte, A. (2008). Mamíferos de Chile. Lynx ediciones.

Iriarte, A. & Jaksic, F. (2012). Los Carnívoros de Chile. Santiago, Chile: Ediciones Flora y Fauna Chile y CASEB, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Marín, J.C. et al. (2007). Sistemática, taxonomía y domesticación de alpacas y llamas: nueva evidencia cromosómica y molecular. *Revista Chilena de Historia Natural* 80, 121-140.

Miller S. & Rotmann, J. (1976). Guía para el reconocimiento de Mamíferos Chilenos. CONAF, Expedición a Chile.

Muñoz-Pedrerros, A., & Yáñez, J. (Eds). (2009). Mamíferos de Chile (2ª Ed.). Santiago, Chile: Ediciones Centro de Ecología Aplicada.

Palma, E. (2007). Estado actual de la mastozoología en Chile. *Mastozoología. Neotropical* 14(1), 5-9.

Samaniego, H. & Marquet, P.A. (2009). Mammal and butterfly species richness in Chile: taxonomic covariation and history. *Revista Chilena de Historia Natural* 82, 135-151.

Spotorno, A.E., Valladares, J P., Marín, J.C., & Zeballos, H. (2004). Molecular diversity among domestic guinea-pigs (*Cavia porcellus*) and their close phylogenetic relationship with the Andean wild species *Cavia tschudii*. *Revista Chilena de Historia Natural* 77, 243-250.

Spotorno, A.E., Zuleta, C., Walker, L., Manriquez, G., Valladares, J.P. & Marín, J.C. (2013). A small, new gerbil-mouse *Eligmodontia* (Rodentia: Cricetidae) from dunes at the coasts and deserts of north-central Chile: molecular, chromosomal, and morphological analyses. *Zootaxa* 3683(4), 377-394.

Vergara, P.M., Rivera, A., Farías, A., Cofré H.L., Samaniego H., & Hahn, I. (2014). Aves y mamíferos de bosque. *Ecología Forestal: Bases para el Manejo Sustentable*: pp 207-234. En Donoso, C., González, M.E., Lara, A. & Donoso, P. (Eds). *Ecología Forestal: Bases para el Manejo Sustentable*. Chile: Editorial Marisa Cuneo Ediciones.

CAPÍTULO 4. 1.2 MAMÍFEROS MARINOS

Aguayo, A., Torres, D. & Acevedo, J. (1998). Los mamíferos marinos de Chile: I. Cetácea. *Ser. Cient. Inach* 48, 19-159.

Bartheld, J.L. et al. (2008). Cuantificación poblacional de lobos marinos en el litoral de la I a la IV Región. *Proyecto FIP* 2006/50.

Berta, A. & Churchill, M. (2012). Pinniped Taxonomy: evidence for species and subspecies. *Mammal Review* 42(3), 207-234.

Coloane, F. (1941). Cabo de Hornos. Orbe, Santiago.

Hucke-Gaete, R., Osman, L.P., Moreno, C.A., Findlay, K.P. & Ljungblad, D.K. (2004). Discovery of a blue whale feeding and nursing ground in southern Chile. *Proc. R. Soc. Lond. Ser. B (Suppl.) Biology Letters* 271, S170-S173.

Martinić, M. (1977). Antecedentes históricos sobre la caza de cetáceos en Chile. *Anales Instituto Patagonia* 8, 313-315.

Oporto, J., Brieva, L., Navarro, R. & Buschman, A. (1999). Cuantificación poblacional de lobos marinos en el litoral de la X y XI regiones. Fondo de Investigación Pesquera FIP-IT/97-44. Informe Final. Corporación Terra Australis.

Osgood, W.H. (1943). The Mammals of Chile. *Fieldiana Zoology* 30, 1-268.

Osman, L.P. (2008). Population status, distribution and foraging ecology of *Arctocephalus philippii* (Peters 1866) at Juan Fernandez Archipelago. PhD. diss., Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Quiroz, D. (2011). La flota de la Sociedad Ballenera de Magallanes: Historias y operaciones en los mares australes (1905-1916). *Magallania* 39(1), 33-58.

Roman, J., & McCarthy, J.J. (2010). The whale pump: marine mammals enhance primary productivity in a coastal basin. *PloS one* 5(10), e13255.

Rice, D.W. (1998). Marine mammals of the world, Systematics and distribution. *Society of Marine Mammalogy. Special Publication Number* 4, 231.

Sepúlveda, M. et al. (2008). Cuantificación poblacional de lobos marinos en el litoral de la V a la IX Región. Proyecto FIP 2006/49.

Sielfeld, W. (1983). Mamíferos marinos de Chile. Santiago, Chile: Editorial Universitaria.

Torres, D., Aguayo, A. & Acevedo, J. (2000). Los mamíferos marinos de Chile: II. Carnívora. Ser. Cient. Inach 50, 25-103.

Venegas, C. et al. (2002). Distribución y abundancia de lobos marinos (Pinnipedia: Otariidae) en la región de Magallanes, Chile. Anales del Instituto de la Patagonia, Serie Cs. Nat. 30, 67-81.

Yañez, A.P. (1948). Vertebrados marinos de Chile. I. Mamíferos marinos. Revista de Biología Marina 1, 103-123.

CAPÍTULO 4.2.1 AVES TERRESTRES

Araya B. & Millie, G. (1986). Guía de campo de las aves de Chile. Santiago, Chile: Editorial Universitaria.

Cody, M.L. (1970). Chilean birds distribution. Ecology 51, 455-464.

Cofré, H.L., Garín, C., Vilina, Y.A. & Marquet, P.A. (2014). Recuadro 6.1: pp 246-248. En Donoso, C., González, M.E., Lara, A., Donoso, P. (Eds). Ecología Forestal: Bases para el Manejo Sustentable. Chile: Editorial Marisa Cuneo Ediciones.

Estades, C.F. (1997). Bird habitat relationships in a vegetational gradient in the Andes of central Chile. Cóndor 99, 719-727.

Estades, C. F., Aguirre, J., Escobar, M.A., Tomasevic, J.A., Vukasovic, M.A. & Tala, C. (2007). Conservation Status of the Chilean Woodstar *Eulidia yarrellii*. Bird Conservation International 17, 163-175.

Jaksic, F. (1997). Ecología de los vertebrados de Chile. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.

Jaksic, F.M. (2004). El Niño effect on avian ecology: Lesson Learned from the Southeastern Pacific. Ornitología Neotropical 15, 6172.

Jaramillo, A., Burke, P. & Beadle, D. (2005). Aves de Chile. Barcelona: Lynx Ediciones.

Lazo, I., Anabalón, J. & Segura, A. (1990). Perturbación humana del matorral y su efecto sobre un ensamble de aves nidificantes de Chile central. Rev. Chilena de Historia Natural, 63, 293-297.

Martínez, D. & González, G. (2004). Las aves de Chile. Nueva guía de campo. Ediciones del naturalista.

Martínez, D.R. (2005). El concón (*Strix rufipes*) y su hábitat en los bosques templados australes: pp. 477-484. En Smith-Ramírez C., Armesto, J.J. & Valdovinos, C. (Eds). Historia, Biodiversidad

y Ecología de los Bosques Costeros de Chile. Santiago, Chile: Editorial Universitaria.

Medel, R., Vergara, E., Silva, A. & Arroyo, M.K. (2004). Effects of vector behavior and host resistance on mistletoe aggregation. Ecology 85(1), 120-126.

Muñoz-Pedrerros, A., Rau, J. y Yáñez, J. (2004). Aves rapaces de Chile. Santiago, Chile: Ediciones Centro de Ecología Aplicada.

Pyle, P., Engilis Jr., A., & Kelt, D.A. (2015). Manual for ageing and sexing landbirds of Bosque Fray Jorge National Park and North-central Chile, with notes on occurrence and breeding seasonality. Special Publication of the Occasional Papers of the Museum of Natural Science. Obtenido en: <http://www.museum.lsu.edu/occpap.html>

Rozzi, R. & Jiménez J.E. (2014). Magellanic Sub-Antarctic Ornithology: First Decade of Long-Term Bird Studies at the Omora Ethnobotanical Park, Cape Horn Biosphere Reserve, Chile. Denton TX, USA - Punta Arenas, Chile: University of North Texas Press - Ediciones Universidad de Magallanes.

Vergara, P.M., Rivera, A., Farías, A., Cofré H.L., Samaniego, H. & Hahn, I. (2014a). Aves y mamíferos de bosque. Ecología Forestal: Bases para el Manejo Sustentable: pp 207-234. En Donoso, C., González, M.E., Lara, A. & Donoso, P. (Eds). Ecología Forestal: Bases para el Manejo Sustentable. Chile: Editorial Marisa Cuneo Ediciones.

Vergara, P.M., Rivera, A., Farías, A., Cofré, H.L., Samaniego, H. & Hahn, I. (2014b). ¿Cómo responden los animales del bosque a las perturbaciones antropogénicas?, pp 235-254. En Donoso, C., González, M.E., Lara, A. & Donoso, P. (Eds). Ecología Forestal: Bases para el Manejo Sustentable. Chile: Editorial Marisa Cuneo Ediciones.

CAPÍTULO 4. 2.2 AVES MARINAS

Araya, B. & Millie, G. (1986). Guía de campo de las aves de Chile. Santiago, Chile: Editorial Universitaria.

Cornelius, C., Navarrete, S. & Marquet, P. (2001). Effects of Human Activity on the Structure of Coastal Marine Bird Assemblages in Central Chile. Conservation Biology 15, 1396-1404.

Flores, M.A., Schlatter, R.P. & Huckle-Gaete, R. (2014). Seabirds of Eastern Island, Salas y Gómez Island and Desventuradas Islands, southeastern Pacific Ocean. Latinoamerican Journal Aquatic Research 42, 752-759.

Frere, E., Gandini, P., Ruiz, J. & Vilina, J.A. (2004). Current status and breeding distribution of Red-legged Cormorant *Phalacrocorax gaimardi* along the Chilean coast. Bird Conservation International 14, 113-121.

Goodall, J., Johnson, A. & Philippi, R.A. (1946-1951). Las aves de Chile, su conocimiento y sus costumbres. Vol. I y II. Estab. Graf. Platt. Buenos Aires, Argentina.

Guicking, D., Mickstein, S. & Schlatter, R. (1999). Estado de la Población de Fardela Blanca (*Puffinus creatopus*, COUES, 1864) en Isla Mocha, Chile. *Boletín Chileno de Ornitología* 6, 33-35.

Morrison, R.I.G. & Ross, R.K. (1989). Atlas of shorebirds on the coast of South America. Vol 1. Ottawa, Canada: Canadian Wildlife Service.

Murphy, R.C. (1936). Oceanic birds of South America, Vols I & II. American Museum of Natural History, New York.

Pacheco, C.J. & Castilla, J.C. (2000). Ecología trófica de los ostreros *Haematopus palliatus* pitaray (Murphy 1925) y *Haematopus ater* (Vieillot et Oudart 1825) en mantos del tunicado *Pyura praeputialis* (Heller 1878) en la Bahía de Antofagasta, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 73 (3), 533-541.

Schlatter, R.P. & Simeone, A. (1999). Estado del conocimiento y conservación de las aves en mares chilenos. *Estudios Oceanológicos* 18, 25-33.

Simeone, A. & Bernal, M. (2000). Effects of habitat modification on breeding seabirds: a case study in central Chile. *Waterbirds* 23, 449-456.

Simeone, A., et al. (2003). Breeding distribution and abundance of seabirds on islands off north-central Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 76, 323-333.

Torres-Mura, J.C. & Lemus, M.L. (2013). Breeding of Markham's Storm-Petrel (*Oceanodroma markhami*, Aves: Hydrobatidae) in the desert of northern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 87, 497-499.

Vilina, Y. (1992). Status of the Peruvian Diving Petrel, *Pelecanoides garnotii*, on Chañaral Island, Chile. *Colonial Waterbirds* 15(1), 137-139.

Vilina, Y., Capella, J., González, J. & Gibbons, J. (1995). Apuntes para la conservación de las aves de la Reserva Nacional Pingüinos de Humboldt. *Boletín Chileno de Ornitología* 2, 2-6.

Vilina, Y. & Gacitúa, F. (1999). The birds of Sala y Gómez Island, Chile. *Waterbirds* 22(3), 459-462.

CAPÍTULO 4.2.3 AVES ACUÁTICAS CONTINENTALES DE CHILE

Araya, B. & Millie, G. (1986). Guía de campo de las aves de Chile. Santiago, Chile: Editorial Universitaria.

Estades, C. & Vukasovic, A. (2013). Waterbird population dynamics at estuarine wetlands of central Chile. *Ornitología Neotropical* 24, 67-83.

Garay, G., Johnson, W.E. & Franklin, W.L. (1991). Relative abundance of aquatic birds and their use of wetlands in the Patagonia of southern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 64, 127-137.

Goodall, J., Johnson, A. & Philippi, R.A. (1946-1951). Las aves de Chile, su conocimiento y sus costumbres. Vol. I y II. Estab. Graf. Platt. Buenos Aires, Argentina.

Schlatter, R.P., Navarro, R.A. & Corti, P. (2002). Effects of El Niño Southern Oscillations on numbers of Black-necked Swans at Río Cruces Sanctuary, Chile. *Waterbirds* 25(Special Publication 1), 114-122.

Schlatter, R.P. (2005). Distribución del cisne de cuello negro en Chile y su dependencia de hábitats acuáticos de La Cordillera de La Costa: pp. 498-504. En Smith-Ramírez et al. Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile. Santiago, Chile: Editorial Universitaria.

Sielfeld, W., Amado, N., Herreros, J., Peredo, R. & Rebolledo, A. (1996). La avifauna del Salar del Huasco: Primera Región, Chile. *Boletín Chileno de Ornitología* 3, 17-24.

Valqui, M., Caziani, S., Rocha, O. & Rodríguez, E. (2000). Abundance and distribution of the South America Altiplano Flamingos. *Waterbirds*, Special Publication 23(1), 110-113.

Vilina, Y.A. & Cofré, H. (1999). Abundance and habitat association patterns of four Grebes (Podicipedidae) in the "Estero El Yali" wetland, central Chile. *Colonial Waterbirds* 23, 103-109.

Vilina, Y.A., Cofré, H.L., Silva-García, C., García M.D. & Pérez, C. (2002). Effects of El Niño on abundance and breeding of Black-necked swans on El Yali wetland in Chile. *Waterbirds* 25(Special Publication 1), 123 - 127.

Von Meyer, A. & Espinosa, L. (1998). Situación del flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*) en Chiloé y sur de la Provincia de Llanquihue. *Boletín Chileno de Ornitología*. 5, 16-20.

Vuilleumier, F. (1997). A large concentration of swans (*Cygnus melancoryphus* and *Coscoroba coscoroba*) and other waterbirds at Puerto Natales, Magallanes, Chilean patagonia, and its significance for swans and waterfowl conservation. *Ornitología Neotropical* 8, 1-5.

CAPÍTULO 4.3 REPTILES

Donoso-Barros, R. (1966). Reptiles de Chile. Editorial Universitaria. Impreso por F. Bruckmann KG, München, Alemania.

Donoso-Barros, R. (1970). Catálogo Herpetológico Chileno. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural* 31, 49-124.

Hellmich, W. (1934). Die Eidechsen Chiles, insbesondere die Gattung *Liolaemus*, nach den Sammlungen

Goetsch-Hellmich. Abhandlungen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-naturwissenschaftliche abt. n.f. hft.24. 1934

Peters, J.A., & Donoso-Barros, R. (1970). Catalogue of the Neotropical Squamata: Part II. Lizards and amphisbaenians. United States National Museum Bulletin, 297:vii + 1-293, figs. Washington.

Peters, J.A. & Orejas-Miranda, B.R. (1970). Catalogue of the Neotropical Squamata: Part I. Snakes. United States National Museum Bulletin, 297:viii + 1-347, figs. Washington.

Pincheira-Donoso, D. & Meiri, S. (2013). An intercontinental analysis of climate-driven body size clines in reptiles: no support for patterns, no signals of processes. *Evolutionary Biology* 40, 562-578.

Pincheira-Donoso, D. & Núñez, H. (2005). Las especies chilenas del género *Liolaemus* Wiegmann. 1834 (Iguania: Tropicoduridae: Liolaeminae). Taxonomía, sistemática y evolución. Publicación Ocasional, Museo Nacional de Historia Natural 59,1-486.

Pincheira-Donoso, D., Bauer, A.M., Meiri, S. & Uetz, P. (2013a). Global taxonomic diversity of living reptiles. *PLoS One* 8, e59741.

Pincheira-Donoso, D., Tregenza, T., Witt, M.J. & Hodgson, D.J. (2013b). The evolution of viviparity opens opportunities for lizard radiation but drives it into a climatic cul-de-sac. *Global Ecology and Biogeography* 22, 857-867.

Schulte II, J.A. (2013). Undersampling Taxa Will Underestimate Molecular Divergence Dates: An Example from the South American Lizard Clade Liolaemini. *International Journal of Evolutionary Biology* 2013, 1-12.

Vanzolini, P.E. (1986). En Catalogue of the Neotropical Squamata. With new material by P.E. Vanzolini, Originally published in 1970.

Vidal, M., Díaz-Páez, H., Troncoso-Palacios, J., Urra, F.A. & Esquerré, D. (2013). Lista actualizada de las especies de Anfibios y Reptiles descritas para Chile. Actualizada el 09.05.2013. Obtenido en: http://www.academia.edu/5035554/Lista_actualizada_de_las_especies_de_Anfibios_y_Reptiles_descritas_para_Chile

CAPÍTULO 4.4 ANFIBIOS

Cej, J. (1962). Batracios de Chile, Santiago, Chile: Ediciones de la Universidad de Chile.

Correa, C., Cisternas, J. & Correa-Solís, M. (2011). Lista comentada de las especies de anfibios de Chile (Amphibia: Anura). *Boletín de Biodiversidad de Chile* 6, 1-21.

Díaz-Páez, H. & Ortiz, J.C. (2003). Evaluación del estado de conservación de los anfibios chilenos. *Revista Chilena de Historia Natural* 76, 509-525.

Formas, J.R. (1979). La Herpetofauna de los Bosques Templados de Sudamérica: pp. 341-369. En Duellman, W.D. (Ed). *The South American Herpetofauna: Its Origin, Evolution and Dispersal*. Museum of Natural History, University of Kansas, Monography 7.

Formas, J.R. (1995). Anfibios: pp. 314-325. En Simonetti, J.A., Arroyo, M.T.K., Spotorno, A. E. & Lozada, E. (Eds). *Diversidad biológica de Chile*. Santiago, Chile: Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica.

Lobos, G. et al. (2013). Anfibios de Chile, un desafío para la conservación. Santiago, Chile: Ministerio del Medio Ambiente, Fundación Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile y Red Chilena de Herpetología.

Ortiz, J.C. & Díaz-Páez, H. (2006). Estado de conocimiento de los anfibios de Chile. *Gayana* 70, 114-121.

Rabanal, F.E. & Núñez, J.J. (2008). Anfibios de los Bosques Templados de Chile. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile.

Soto-Azat, C. & Valenzuela-Sánchez, A. (Eds). (2012). *Conservación de Anfibios de Chile*. Santiago, Chile: Universidad Nacional Andrés Bello.

Vidal, M.A. & Labra, A. (2008). *Herpetología de Chile*. Science Verlag, Santiago, Chile. XXIII + 593 pp.

CAPÍTULO 4.5.1 PECES MARINOS

Bond, C.E. (1996). *Biology of Fishes* (2nd Ed.). USA: Saunders College Publishing

Bravo, R., Lloris, D., Pequeño, G. & Rucabado, J. (1999). Revisión de las distintas especies del género *Bovichtus* (Perciformes, Bovichtidae) citadas para el cono sur americano y península Antártica. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 34(2), 123-138.

Medina, M., Araya, M. & Vega, C. (2004). Alimentación y relaciones tróficas de peces costeros de la zona norte de Chile. *Investigaciones Marinas* 32(1), 33-47.

Meléndez, C. (1999). Nuevas adiciones a la ictiofauna mesopelágica y demersal entre isla Mocha y la península de Taitao (38° 04' – 46° 13'S), Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 34(2), 139-143.

Nelson, J.S. (1994). *Fishes of the World* (3rd Ed.). USA: John Wiley & Sons. Inc.

Pequeño, G. (1989). Peces de Chile. Lista Sistemática Revisada y Comentada. *Revista de Biología Marina* 24(2), 1-132.

Pequeño, G. (1997). Peces de Chile. Lista sistemática revisada y co-mentada: addendum. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 32(2), 77-94.

Pequeño R., & Riedemann, A. (2005). Los peces bentónicos de los canales orientales de Aysén, Patagonia (XI región, Chile), recolectados durante el crucero CIMAR 7 Fiordos. *Ciencia y Tecnología del Mar* 28(1), 113-118.

Randall, J. E., Cea, A. & Meléndez R. (2005). Checklist of shore and epipelagic fishes of easter island, with twelve new records. *Boletín Museo Nacional de Historia Natural* 54, 41-55.

Vargas, L. & Pequeño, G. (2004). El estatus taxonómico de *Graus fernandezianus* Philippi 1887: Nuevo registro geográfico y comentarios sobre *Graus nigra* Philippi 1887 (Osteichthyes: Perciformes), en Chile. *Gayana* 68(1), 63-69.

CAPÍTULO 4. 5.2 PECES LÍMNICOS

Alò, D., Correa, C., Arias, C. & Cárdenas, L. (2013). Diversity of Aplochiton Fishes (Galaxiidae) and the Taxonomic Resurrection of *A. marinus*. *PloS one* 8, e71577.

Arratia, G. (1982). Review of freshwater percoids from South America (Pisces, Osteichthyes, Perciformes, Percychthyidae, and Perciliidae) *Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft* 540, 1-52.

Arratia, G. (1990). The South American Trichomycterinae (Teleostei: Siluriformes), a problematic group. En Peters, G. & Hutterer, R. (Eds). *Vertebrates in the tropics. Proceedings of the International Symposium on Vertebrate Biogeography and Systematics in the Tropics* (Bonn, 1989), 395-403. Alexander Koenig Zoological Research Institute and Zoological Museum, Bonn.

Arratia, G. (2015). Los peces osteíctios fósiles de Chile y su importancia en los contextos paleobiogeográfico y evolutivo. *Publicación Ocasional del Museo Nacional de Historia Natural de Chile* 63, 31-79.

Arratia, G. & Quezada-Romegialli, C. (2016). Understanding morphological variability in a taxonomic content: Chilean diplostids (Teleostei: Siluriformes), a study case. *Ichthyological Explorations of Freshwaters, in revision*.

Campos, H. (1985). Distribution of the fishes in the Andean rivers in the South of Chile. *Archiv. für Hydrobiologie* 104(2), 169-191.

Charrier, R., Ramos, V.A., Tapia, F. & Sagripanti, L. (2015). Tectono-stratigraphic evolution of the Andean Orogen between 31 and 37° S (Chile and Western Argentina). *Geological Society, London, Special Publications* 399, 13-61.

Dyer, B. (2000b). Systematic review and biogeography of the freshwater fishes of Chile. *Estudios Oceanológicos* 19, 77-98.

Farías, M. et al. (2008). Late Miocene high and rapid surface uplift and its erosional response in the Andes of central Chile (33° - 35°S). *Tectonics* 27, TC1005.

González-Wevar, C. A. et al. (2015). Phylogeography in *Galaxias maculatus* (Jenyns, 1848) along Two Biogeographical Provinces in the Chilean Coast. *PloS one*, 10(7), e0131289.

Habit, E., Dyer, B. & Vila, I. (2006). Estado de conocimiento de los peces dulceacuícolas de Chile. *Gayana* 70(1), 100-112.

Quezada-Romegialli, C. (2010). La Compleja Historia de la Subfamilia Trichomycterinae como modelo para la dispersión y colonización de ictiofauna en Chile. Tesis de Magíster en Ciencias Biológicas, mención Ecología y Biología Evolutiva. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

Quezada-Romegialli, C., Fuentes, M., & Véliz, D. (2010). Comparative population genetics of *Basilichthys microlepidotus* (Atheriniformes: Atherinopsidae) and *Trichomycterus areolatus* (Siluriformes: Trichomycteridae) in north central Chile. *Environmental Biology of Fishes* 89(2), 173-186.

UNMACK, P., BARRIGA, J., BATTINI, M., HABIT, E. & JOHNSON, J. (2012). Phylogeography of the catfish *Hatcheria macraei* reveals a negligible role of drainage divides in structuring populations. *Molecular Ecology* 21, 942-959.

Veliz, D., Catalán, L., Pardo, R., Acuña, P., Díaz, A. Poulin, E & Vila, I. (2012). The genus *Basilichthys* (Teleostei: Atherinopsidae) revisited along its Chilean distribution range (21° to 40° S) using variation in morphology and mtDNA. *Revista Chilena de Historia Natural* 85, 49-59.

Vila, I. et al. (2013). Phylogenetic and phylogeographic analysis of the genus *Orestias* (Teleostei: Cyprinodontidae) in the southern Chilean Altiplano: the relevance of ancient and recent divergence processes in speciation. *Journal of Fish Biology* 82, 927-943.

Vila, I. & Habit, E. (2015). Current situation of the Fish fauna in the Mediterranean region of Andean river systems in Chile. *FISHMED*

CAPÍTULO 4.6.1 FLORA VASCULAR

Arroyo, M.T.K., Villagrán, C., Marticorena, C. & Armesto, J. (1982). Flora y relaciones biogeográficas en los Andes del norte de Chile (18-19° LS): pp. 71-92. En Veloso, A. & Bustos, E. (Eds). *El ambiente natural y las poblaciones humanas de los Andes del norte de Chile* (Arica, Lat. 18°28' S). Vol. 1. Rostlxac, Montevideo.

Arroyo, M.T.K., Marticorena, C. & Villagrán, C. (1984). La flora de la cordillera de Los Andes en el área de Laguna Grande y Chica, III Región. Chile. *Gayana Bot.* 41(1-2), 3-51.

Arroyo, M.T.K., Marticorena, C., Miranda, P., Matthei, O., Landero, A. & Squeo, F. (1989). Contribution to the high elevation flora of the Chilean Patagonia: a checklist of species on mountains

- on an east-west transect in the sierra de los Baguales, latitude 50° S. *Gayana Bot.* 46, 119-149.
- Arroyo, M.T.K., Von Bohlen, C., Cavieres L. & Marticorena, C. (1992). Survey of the alpine flora of Torres del Paine National Park, Chile. *Gayana Bot.* 49(1-4), 47-70.
- Arroyo, M.T.K., Cavieres, L., Peñaloza, L., Riveros A.M. & Faggi, A.M. (1996). Relaciones fitogeográficas y patrones regionales de riqueza de especies en la flora del bosque lluvioso templado de Sudamérica: pp 71-99. En Armesto, J., Villagrán, C. & Arroyo M.T.K. (Eds). *Ecología de los bosques nativos*. Santiago, Chile: Ediciones de la Vicerrectoría Académica de la Universidad de Chile.
- Arroyo, M.T.K. et al. (1998). The flora of Lullailaco National Park located in the transitional winter-summer rainfall area of the northern Chilean Andes. *Gayana Bot.* 55, 93-110.
- Arroyo, M.T.K., Simonetti, J., Marquet, P. & Salaberry, M. (1999). Central Chile: pp 161-171. En Mittermeier, R.A., Myers, N., Robles-Gil, P. & Goettsh-Mittermeier, C. (Eds). *Hotspots: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecosystems*. Mexico: Cemex, Conservation International.
- Arroyo, M.T.K., Marticorena, C., Matthei, O. & Cavieres, L. (2000). Plant invasions in Chile: present patterns and future predictions: pp 385-421. En Mooney, H.A. & Hobbs, H.A. (Eds). *Invasive Species in a Changing World*. California: Island Press.
- Arroyo, M.T.K., Matthei, O., Marticorena, C., Muñoz-Schick, M., Pérez, F. & Humaña, A.M. (2000). The vascular plant flora of the Bellotos del Melado Nacional Reserve, VII Región, Chile: A documented checklist. *Gayana Bot.* 57, 117-139.
- Arroyo, M.T.K., Marticorena, C., Matthei, O., Muñoz, M. & Pliscoff, P. (2002). Analysis of the contribution and efficiency of the Santuario de la Naturaleza Yerba Loca, 33° S in protecting the regional vascular plant flora (Metropolitan and Fifth Regions of Chile). *Revista Chilena de Historia Natural* 75, 767-792.
- Arroyo, M.T.K., et al. (2005). Flora de cuatro Reservas Nacionales en la cordillera de la Costa de la VII Región (35°-36° S), Chile y su papel en la protección de la biodiversidad regional: pp 225-244. En Smith-Ramírez, C., Armesto, J.J. & Valdovinos, C. (Eds). *Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile*. Chile: Editorial Universitaria.
- Baeza, C.M., Marticorena, C. & Rodríguez, R. (1999). Catálogo de la flora vascular del Monumento Natural Contulmo, Chile. *Gayana Bot.* 56(2), 125-135.
- Barrera, E. (1997). Helechos de Juan Fernández. *Publicación Ocasional del Museo Nacional de Historia Natural* 51.
- Becerra, P. & Faúndez, L. (1999). Diversidad florística de la Reserva Nacional Malalcahuello, IX Región, Chile. *Chloris Chilensis* Año 2, N° 1. Obtenido de: <http://www.chlorischile.cl>
- Brion, C. & Ezcurra, C. (2001). Magellanic subpolar forests. En *Ecoregions of the World*. Obtenido de: http://www.worldwildlife.org/wildworld/profiles/terrestrial/nt/nt0402_full.html
- Castro, S.A., Figueroa, J.A., Muñoz-Schick, M. & Jaksic, F.M. (2005). Minimum residence time, biogeographical origin, and life cycle as determinants of the geographical extent of naturalized plants in continental Chile. *Diversity & distributions* 11, 183-192.
- Cavieres, L.A., Mihoc, M., Marticorena, A., Marticorena, C., Baeza, C.M. & Arroyo, M.T.K. (2005). Flora vascular de la cordillera de la Costa en la Región del Bío-Bío: riqueza de especies, géneros, familias y endemismos: pp 245-252. En Smith-Ramírez, C., Armesto, J.J. y Valdovinos, C. (Eds). *Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile*. Chile: Editorial Universitaria.
- Domínguez, E., Ríos, C. & López, B. (2002). Análisis florístico y fitogeográfico de geoformas post-pleistocénicas de origen glacial en la reserva científica Bahía Laredo, Magallanes (XII Región), Chile. *Chloris Chilensis* Año 5, N° 2. Obtenido de: <http://www.chlorischile.cl>
- Domínguez, E.C., Marticorena, A., Elvebakk, A. & Pauchard, A. (2004). Catálogo de la flora vascular del Parque Nacional Pali Aike, XII Región, Chile. *Gayana Bot.* 61(2), 62-72.
- Faúndez, L., Mt Serra & S Teillier (2007) estado de conservación de la flora vascular de la Región de O'Higgins. En: Serey, I, M Ricci & C. Smith-Ramírez, *Libro rojo de la Región de O'Higgins. Prospección del estado de conservación de la flora y la fauna nativa de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins*. CONAF-Universidad de Chile. 29-42.
- Flores-Toro, L. & Aguirre-Saavedra, F. (2008). Riqueza florística del Santuario de la Naturaleza Palmar El Salto, Viña del Mar, Región de Valparaíso, Chile. *Gayana Bot.* 65(1), 71-84.
- Gajardo, R. & Grez, I. (1990). Estudio florístico y cartografía de la vegetación de la Reserva Nacional Las Chinchillas (Illaapel, IV Región). Ministerio de Agricultura-CONAF IV Región.
- Gajardo, R. (1994). La vegetación natural de Chile. *Clasificación y distribución Geográfica*. Santiago, Chile: Editorial Universitaria.
- Gajardo, M. (1997). Caracterización florística de diferentes ambientes de la Región de Tarapacá (I Región, Chile). *Memoria de Título de la Escuela de Agronomía*. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile.
- Govaerts, R. (2001). How many species of seeds plants are there? *Taxon* 50, 1085-1090.
- Hauenstein, E., Muñoz-Pedrerros, A., Yáñez, J., Sánchez, P., Möller, P. & Gil, C. (2009). Flora y vegetación de la Reserva Nacional Lago Peñuelas, Reserva de la Biósfera, Región de Valparaíso, Chile. *Bosque* 30(3), 159-179.

- Henríquez, J.M., Pisano, E. & Marticorena, C. (1995). Catálogo de la flora vascular de Magallanes (XII Región), Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia. Serie Ciencias Naturales* 23, 5-30.
- Hoffmann, A.E., Arroyo, M.T.K., Liberona, F., Muñoz, M. & Watson, J. (1998). Plantas altoandinas en la flora silvestre de Chile. Santiago, Chile: Ediciones Fundación Claudio Gay.
- Hoffmann, A.J. & Teillier, S. (1991). La flora de la isla San Félix (Archipiélago de las Desventuradas, Chile). *Gayana Bot.* 48(1-4), 89-99.
- Johnston, I.M. (1929). Papers on the flora of northern Chile. *Contributions of the Asa Gray Herbarium* 85.
- Larsen, C., Ponce M.M. & Scatagliini, M.A. (2013). Revisión de las especies de *Hymenophyllum* (Hymenophyllaceae) del sur de Argentina y Chile. *Gayana Bot.* 70 (2), 275-330.
- Luebert, F. & Gajardo, R. (1999). Adiciones y notas a la flora del Parque Nacional Lullaillo (Región de Antofagasta, Chile). *Noticiero Mensual del Museo Nacional de Historia Natural* 339, 3-6.
- Lund, R. & Teillier, S. (2012). Flora vascular de Los Molles, Región de Valparaíso, Chile. *Chloris Chilensis*, Año 2; N°2. Obtenido de: <http://www.chlorischile.cl>
- Mabberley, D.J. (1987). *The plant-book*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Marticorena, A., Pardo, V., Peñaloza, A., Negritto, M.A., Cavieres, L.A. & Parada, M. (2004). Adiciones y notas a la flora del Parque Nacional Lullaillo (Región de Antofagasta, Chile). *Gayana Bot.* 61(2), 49-54.
- Marticorena, C. & Quezada, M. (1985). Catálogo de la flora vascular de Chile. *Gayana Bot.* 42(1-2), 1-157.
- Marticorena, C. (1990). Contribución a la estadística de la flora vascular de Chile. *Gayana Bot.* 47(3-4), 85-113.
- Marticorena, C. (1995). Historia de la exploración botánica a Chile: pp 1-62. En *Flora de Chile*. Vol. 1. Pteridophyta-Gymnospermae. Concepción: Universidad de Concepción.
- Marticorena, C., Matthei, O., Arroyo, M.T.K., Muñoz, M., Squeo, F. & Arancio, G. (1998). Catálogo de la flora vascular de la Segunda Región (Región de Antofagasta), Chile. *Gayana Bot.* 55(1), 23-83.
- Marticorena, C., Stuessy, T.F. & Baeza, C.M. (1998). Catalogue of the vascular flora of the Robinson Crusoe or Juan Fernandez Islands, Chile. *Gayana Bot.* 55, 189-213.
- Marticorena, C., Squeo, F., Arancio, G. & Muñoz, M. (2001). Catálogo de la flora vascular de la IV Región de Coquimbo. En Squeo, F., Arancio, G. & Gutiérrez, J. (Eds). *Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Coquimbo*.
- Matthei, O. (1995). Manual de las malezas que crecen en Chile. Chile: Alfabetra Impresores.
- Matthei, O. (1995). Ephedraceae: pp 328-337. En Marticorena, C. & Rodríguez, R. (Eds). *Flora de Chile*. Vol. 1. Pteridophyta – Gymnospermae. Concepción, Chile: Universidad de Concepción.
- Méndez, M., Rozzi, R. & Cavieres, L. (2013). Flora vascular y musgos en la zona altoandina de la Isla Navarino (55°S), Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos, Chile. *Gayana Bot.* 70(02), 337-343.
- Moreno, R., Le Quesne, C., Díaz, I. & Rodríguez, R. (2013). Flora vascular del parque Futangue, Región de los Ríos (Chile). *Gayana Bot.* 70(1), 121-135.
- Moore, D.M. (1983). *Flora of Tierra del Fuego*. England - USA: Anthony Nelson - Missouri Botanical Garden.
- Muñoz, C. & Pisano, E. (1947). Estudio de la vegetación y la flora de los Parques Nacionales Fray Jorge y Talinay. *Agricultura Técnica* 7(2), 71-190.
- Muñoz, M. (1980). *Flora del Parque Nacional Puyehue*. Santiago, Chile: Editorial Universitaria.
- Muñoz-Schick, M. (2014). Actualización de la flora del Parque Nacional Puyehue, Región de Los Lagos, Chile. *Chloris Chilensis* Año 17. N° 2. Obtenido de: <http://www.chlorischile.cl>
- Novoa, P. (2013). *Flora de la Región de Valparaíso: Patrimonio y estado de conservación, Catalogo documentado y fotográfico*. Ediciones Fundación Jardín Botánico Nacional.
- Novoa P. & Madrid (2013) *Flora del parque intercomunal "Estero Reñaca Alto", Región de Valparaíso, Chile*. *Dendroseris, boletín del Jardín Botánico Nacional*, año 6, N° 4.
- Pinto R & F Luebert (2009) Datos sobre la flora vascular del desierto costero de Arica y Tarapacá, Chile, y sus relaciones fitogeográficas con el sur de Perú. *Gayana Bot.* 66 (1): 28-49.
- Pisano E (1988) Sectorización fitogeográfica del archipiélago sud patagónico-fueguino: II. Vegetación y flora vascular del área del Parque Nacional "Laguna San Rafael", Aysén (Chile). *Anales del Instituto de la Patagonia. Serie Ciencias Naturales* Vol. 18: 5-34.
- Ramírez C (1978) Estudio florístico y vegetacional del Parque Nacional Tolhuaca (Malleco, Chile). *Publicación Ocasional del Museo de Historia Natural de Santiago*. 24: 1-23.
- Richardson Dm, P Pysek, M Rejmanek, Mg Barbour, Fd Panetta & Cj. West (2000) Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions* 6:93-107.
- Rodríguez R & M Quezada (1995) Gymnospermae. En *Flora de Chile*. Vol. 1. Pteridophyta – Gymnospermae. R Rodríguez