

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/330823512>

# Conservación biológica de invertebrados en los bosques de la Cordillera de la Costa de Chile: amenazas y propuestas

Chapter · February 2019

CITATIONS

5

READS

570

1 author:



[Rodrigo M. Barahona-Segovia](#)

Universidad de Los Lagos

53 PUBLICATIONS 228 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Native pollinators on apple orchards: biodiversity, ecophysiology and productivity [View project](#)



Historic, citizen science and habitat modeling dataset reveal current distribution on important forensic and medical blowflies (Diptera: Calliphoridae) [View project](#)

## 14. Conservación biológica de invertebrados en los bosques de la cordillera de la costa de Chile: amenazas y propuestas

*Biological conservation of invertebrates in Chilean Coastal  
Forests: threats and proposals*

RODRIGO M. BARAHONA-SEGOVIA

### *Abstract*

*Chile has a high frequency of endemism among invertebrates in coastal forests. Nevertheless, several invertebrate species are threatened due to anthropogenic and other ecological factors. This review represents the first evaluation of invertebrate conservation in coastal forests from Valparaíso to Chiloé. Our aim was to outline the most significant threats to invertebrate biodiversity within this geographic range and propose alternatives for its conservation. Habitat loss and fragmentation are the principal problems for all classified and unclassified invertebrates, followed by overexploitation, contamination and exotic species. Many species are particularly sensitive to wildfires due to their limited dispersal abilities. Environmental education, parataxonomy, citizen science, invertebrate red list classification, compensation trade and landscape restoration, conservation outside of protected areas, additional funding for taxonomic studies, and legal restriction on human activities, can all be considered alternatives to promote the conservation of the most diverse groups in the biota from Chilean Coastal Forests.*

*Keywords:* habitat fragmentation, insect biodiversity, insect red list, threatened invertebrate species

## 14.1 Introducción

A nivel mundial, los invertebrados representan el 90-97% de la vida en la tierra (Erwin, 1982; Mora *et al.*, 2011). Según el quinto informe nacional de biodiversidad elaborado por el Ministerio del Medio Ambiente (2014), nuestro país posee un total de 30.893 especies entre plantas, animales, hongos y bacterias, de las cuales aproximadamente un 50% son invertebrados. Este número se incrementa año a año debido a la descripción de nuevas especies, entendiéndose entonces que, la real diversidad de este mega-grupo, es aún subestimada. Los invertebrados mejor conocidos poseen alto endemismo a nivel nacional (Fig. 1). Por ejemplo, los coleópteros chilenos presentan un c. 65% de endemismo (Elgueta, 2000), mientras que los Plecoptera y Ephemeroptera – tan diversos y desconocidos a la vez para el público en general – presentan 58 y 57% de endemismo, respectivamente (Camousseight, 2006; Vera y Camousseight, 2006). Pese a que estos porcentajes son importantes, el escaso conocimiento de nuestra fauna, en general, puede deberse en parte a una cultura y sistema educacional poco empático con los invertebrados. Esto ha desencadenado que las personas vean a los invertebrados (o “bichos”) con rechazo, miedo o desagrado por sus formas, porque creemos que todos transmiten enfermedades o generan un daño agrícola, entre otras causas (ver Kellert, 1993). Debe agregarse a esto, que la función ecológica de los invertebrados en el planeta es poco conocido para la gente o poco difundido, por lo que carecemos de real conciencia de cómo el ser humano depende de los invertebrados (Cardoso *et al.*, 2011a). La ausencia del conocimiento público de la biodiversidad y sus funciones amenaza directamente a la biota (Kai *et al.*, 2014; Mihoub *et al.*, 2017). Un ejemplo en Chile es la escasa proporción de libros para niños y jóvenes sobre animales nativos, donde los invertebrados son los menos representados (Celis-Diez *et al.*, 2016). También podría considerarse como un factor, la desconexión con la naturaleza, que se ha incrementado por los avances tecnológicos y la fuerte dependencia de internet (Ma, 2005; Soga y Gaston, 2016). Sin embargo, el uso de fuentes bibliográficas gratuitas en el internet podría facilitar el flujo de información hacia los que la requieran.

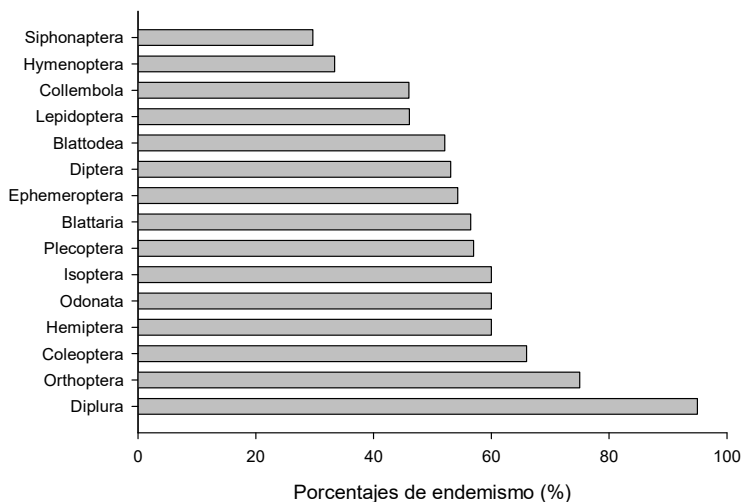


Figura 1. Porcentaje de endemismos de diferentes órdenes de insectos en Chile (modificado de Simonetti *et al.*, 1995; sumado a antecedentes de Camousseight, 2008a,b,c; Elgueta, 2000, 2008; González, 1995, 2008; Muzón, 2009; Parra y Villagran-Mella, 2008; Rojas, 2008; Schapheer *et al.*, 2017; Vera, 2008; Vera y Camousseight, 2006).

Una gran riqueza de especies de invertebrados como crustáceos dulceacuícolas, mariposas, moscas, escarabajos y plecópteros, entre otros, se concentra en los bosques costeros de la denominada zona de transición de Chile, área donde se mezclan la flora y fauna de la zona central y sur del país (Armesto *et al.* 1996, Jara *et al.*, 2006; Vera y Camousseight, 2006; Valdovinos, 2008; Löwenberg-Neto y de Carvalho, 2009; Samaniego y Marquet, 2009). Esta zona se ubica entre las regiones del Maule y La Araucanía, las cuales han sufrido recientemente una fuerte transformación del paisaje debido a diferentes actividades productivas, como la extracción maderera, la expansión agrícola, urbana e industrial y las plantaciones forestales (Echeverría *et al.*, 2006; Aguayo *et al.*, 2009; Miranda *et al.*, 2017, Echeverría *et al.*, en este libro). Además, la gran mayoría de estos ecosistemas, en especial en la zona central de Chile, se encuentran amenazados (Alaniz *et al.*, 2016). Junto a estas actividades productivas, amenazas como la fragmentación de los hábitats, el calentamiento

global, la contaminación y las especies invasoras son factores de pérdida de biodiversidad (Sala *et al.*, 2000; Samways, 2005). Otras amenazas, como el uso de neonicotinoides en la industria agrícola, la colecta de invertebrados de forma desregulada, actividades recreativas como el “jeepero” y el turismo intensivo, tienen efectos sinérgicos sobre la pérdida de hábitat, generando un efecto aditivo sobre la diversidad de invertebrados (New, 2005; Brock, 2006; Small, 2007; New, 2010; Fig. 2).

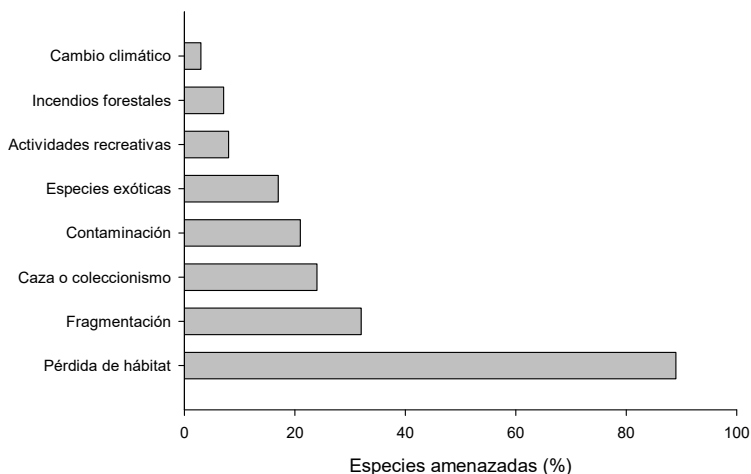


Figura 2. Porcentaje de especies amenazadas por diferentes factores antrópicos basado en las 156 especies de invertebrados clasificadas por el Ministerio del Medio Ambiente ([www.mma.gob.cl/clasificacionespecies](http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies)) bajo los criterios de la IUCN (2012).

En la actualidad, la zona centro-sur de Chile, es un reconocido “hotspot” de biodiversidad global en plantas vasculares y vertebrados, dado el alto endemismo de la biota y vulnerabilidad ante las actividades antrópicas (Myers *et al.*, 2000). Este concepto podría extenderse a los invertebrados chilenos, que también presentan altos porcentajes de endemismo (Fig. 1). La mayoría de las especies de invertebrados de los bosques costeros de Chile, entre la región de Valparaíso y de Los Lagos, carecen de normas de protección, pudiendo ser afectados por amenazas que impactan: 1) su distribución restringida; 2) su dependencia con recursos específicos; 3) su tasa de desplazamiento y flujo génico y

4) sus relaciones mutualistas específicas, lo cual conllevaría a un descenso de sus poblaciones en el tiempo. Así, el objetivo de este capítulo es revisar las principales amenazas para la existencia de los invertebrados en los bosques costeros de Chile entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos, con algunos ejemplos específicos y proponer medidas de corto, mediano y largo plazo para su conservación.

## **14.2 Breve sinopsis de la historia de conservación biológica de invertebrados en Chile**

Pese a que son el grupo animal más diverso del mundo, la conservación de los invertebrados está en desventaja al compararse con los mamíferos y aves. El foco en la protección de animales carismáticos y mediáticos ha relegado de las listas de prioridad a animales menos llamativos como los invertebrados ([www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)).

En el contexto nacional, en el 2009, los caracoles del género *Charopa* Martens, 1860, fueron los primeros invertebrados reconocidos con algún problema de conservación, debido a que son endémicos del archipiélago de Juan Fernández. En el caso de los insectos, fue el “ciervo volante” (*Chiasognathus grantii*, Stephens, 1831) en el año 2009 (Vergara y Jerez, 2009). Sin embargo, hasta ese año aún no existía consenso sobre el mejor criterio para categorizar y proponer un plan de conservación de esta especie. Con el ingreso de Chile a la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), en el 2010, nuestro país desarrolló un plan estratégico sobre nuestra biodiversidad para satisfacer las exigencias de esta entidad. Este plan contempló una evaluación actualizada de la diversidad biológica a nivel nacional sobre la base de criterios internacionalmente aceptados. Ese mismo año entró en vigencia la Ley 20.147, que modificó la legislación medioambiental de Chile. Junto a las modificaciones al artículo 37 de la Ley General de Bases del Medio Ambiente 19.300 se abrió la puerta para considerar a los insectos y otros invertebrados, como objetos de conservación (Jerez *et al.*, 2015). En el año 2010, el coleóptero “vaquita del desierto” –endémica de isla Choros– (*Gyriosomus granulipennis* Pizarro-Araya y Flores, 2004) se transformó en el primer insecto en ser clasificado bajo los nuevos criterios de clasificación del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), lo cual

ocurrió en el 7<sup>mo</sup> proceso de clasificación (Pizarro-Araya *et al.*, 2012; Jerez *et al.*, 2015). En el año 2011, preocupados por saber qué otras especies se encontraban amenazadas, algunos entomólogos formaron la Red Chilena Entomológica de la Conservación (RECEC). Sin embargo, sólo el 2014, en el 11<sup>avo</sup> proceso de clasificación, se consideró a 34 especies de insectos, incluyendo escarabajos, polillas, abejas, plecópteros y saltamontes. Nueve de éstas fueron categorizadas en Peligro Crítico (CR), 16 En Peligro (EN), seis Vulnerables (VU), dos casi amenazadas (NT) o preocupación menor (LC) (Jerez *et al.*, 2015). Posteriormente, en el año 2016, una cantidad similar de insectos y arácnidos fueron postulados. El grupo de especialistas esta vez, consideró especies menos carismáticas, como Diptera (n=16), Blattaria (n=1), Hemiptera (n=1), Odonata (n=7), Bothriuridae (n=1) y Theraphosidae (n=4), así como también, otros siete Coleoptera, incluidos en la Ley de Caza, por su alta tasa de captura y exportación. El listado completo se encuentra disponible en [www.mma.gob.cl](http://www.mma.gob.cl).

En la actualidad, la información sobre invertebrados de los bosques costeros entre Valparaíso y Los Lagos es escasa y está publicada en revistas especializadas en conservación biológica de artrópodos o afines (Valdovinos *et al.*, 2009; Cerda *et al.*, 2015; Figueroa *et al.*, 2017; Russek *et al.*, 2017). Se suma a este desconocimiento que no existen planes específicos para su protección, por lo que se deduce que es difícil la tarea de cumplir con las metas Aichi 2011-2020 del plan estratégico para la diversidad biológica propuesto por la Organización de Naciones Unidas (ONU), sino se toman medidas rápidas para su recuperación.

### **14.3 Defaunación de invertebrados: las causas de la declinación**

Un porcentaje importante de taxónomos chilenos (e.g. entomólogos) más tradicionales, no están familiarizados con la disciplina de conservación biológica, la malinterpretan o si la apoyan, usan solamente ciertos parámetros (e.g. abundancia y no distribución como variable que determina el estado de conservación). Por lo tanto, podrían no seguir el protocolo propuesto por la UICN dando una interpretación antojadiza de los criterios, lo cual, a la larga, produce desconfianza recíproca del

quehacer del taxónomo o ecólogo. Esta falta de diálogo ha generado fuertes debates en ambos bandos en otras partes del planeta (Garnett y Christidis, 2017; Thomson *et al.*, 2018). Si esta interacción entre taxónomos y ecólogos fuera posible, la taxonomía y la conservación deberían ser aliados, tal como lo proponen Thomson *et al.* (2018). Esto puede tener fuertes implicancias en la conservación de invertebrados.

En la actualidad, las tendencias globales muestran que un 67% de las especies de insectos categorizados por UICN han disminuído en abundancia en los últimos años (Dirzo *et al.*, 2014). Otro ejemplo reciente, muestra que la biomasa de insectos voladores, en áreas protegidas en Alemania, ha disminuido hasta en un 82%, algo que podría ocurrir en otras partes del mundo (Hallman *et al.*, 2017). Casos más notables, muestran que especies exóticas, como la abeja melífera (*Apis mellifera*) y los abejorros producidos en fábricas (i.e. *Bombus terrestris*, *B. impatiens*) generan serios efectos negativos a corto y mediano plazo a los ensambles de abejas nativas por diseminación de enfermedades y competencia por el alimento (Smith-Ramírez *et al.*, 2014b; Mallinger *et al.*, 2017; Aizen *et al.*, 2018; Geldmann y González-Varo, 2018). Del mismo modo, los limnólogos chilenos han presenciado como los invertebrados acuáticos más sensibles (i.e. Plecoptera y Trichoptera) han ido desapareciendo de los otrora limpios cuerpos de agua y sus afluentes producto de la actividad humana. Muchas de las especies que vivían en ríos y lagos, se encuentran hoy en baja abundancia, restringidas y amenazadas (Pérez-Losada *et al.*, 2002; Figueroa *et al.*, 2003; Valdovinos, 2008; Rudolph, 2015; Santos *et al.*, 2017). Pese a que los factores que los afectan son diversos, existe un denominador en común que es la declinación de las poblaciones en el tiempo.

*Pérdida de hábitat.* La principal causa de la pérdida de poblaciones de invertebrados alrededor del mundo – incluida la extinción de especies – es la pérdida del hábitat (Cardoso *et al.*, 2010). En Chile, el 88,6% de las 156 especies de invertebrados categorizadas por el MMA hasta el 2017 son afectados por la pérdida de hábitat (Fig. 2). De este total, el 13% se ven afectados directamente por la actividad agrícola-forestal, uno de los usos de suelos más común, que ha llevado al reemplazo de los bosques costeros del centro-sur de Chile (Miranda *et al.*, 2017). Tal es el caso de la fragmentación de los bosques de la cordillera de



Nahuelbuta, producto del reemplazo del bosque nativo por monocultivos. Especies poco conocidas y de distribución restringida como el “ciervo volador de Nahuelbuta” (*Chiasognathus jousselini* Reiche, 1850) y los “borrachitos” como *Erichius franzae* (Weinreich, 1958) e *Hilophyllus penai* (Martínez, 1976) están cerca de desaparecer de continuar las actuales tasas de deforestación (Paulsen y Smith, 2010). Por otra parte, especies con aparente facilidad de movimiento pueden verse afectadas. El falso moscardón o mosca florícola naranja (*Aneriophora aureorufa*, Philippi, 1865; Fig. 3A) es una especie de díptero endémico de los bosques australes asociado a ulmo (*Eucrypha cordifolia* Cav., 1798) y peta (*Myrceugenia planipes*, (Hook. & Arn.) O. Berg, 1865) (Polidori *et al.*, 2014; Smith-Ramírez *et al.*, 2016). Esta especie, habita preferentemente en hábitats asociados a bosques maduros y corredores biológicos (Smith-Ramírez *et al.*, 2016; Smith-Ramírez *et al.*, en preparación). Un reciente modelo de nicho de este díptero reveló que la especie habría perdido más del 70% de su hábitat histórico, reduciendo su probabilidad de encuentro en el bosque costero maulino y en los bosques al norte de Temuco (Alaniz *et al.*, 2018).

Otra causa importante de pérdida de hábitat de especies que ocupan ríos, esteros o lagunas ha sido la actividad forestal, especialmente en el período 1970-1990 cuando se produjo un gran aumento de la superficie de plantaciones (Lara *et al.*, 2009; Little *et al.*, 2009). Esta pérdida se ha relacionado a una disminución significativa de los caudales de agua y cambios fisicoquímicos en los ríos producto del aumento en los sedimentos originados por la actividad forestal (Lara *et al.*, 2009; Little *et al.*, 2009; Correa-Araneda *et al.*, 2015). Por otro lado, la agricultura produce una constante entrada de contaminantes a los cursos de agua (Smith-Ramírez *et al.*, capítulo 22 en este libro). En el caso de los invertebrados clasificados como amenazados se menciona que la contaminación de los cuerpos de agua afecta al 21% de las especies (Fig. 2). Estas alteraciones han modificado la composición de los ensambles de invertebrados acuáticos (Cooper *et al.*, 2013; Correa-Araneda *et al.*, 2010; Correa-Araneda *et al.*, 2017a,b; Fierro *et al.*, 2012; Fierro *et al.*, 2017; Guevara *et al.*, 2017). Un ejemplo, es la declinación de la títula pintada (*Tanyderus pictus*) Philippi, 1865, especie recientemente categorizada como Vulnerable por el MMA. Actualmente, sólo se le encuentra en ríos de poca profundidad,

rodeados de bosque nativo, y con madera muerta sumergida (Lukashevish y Sherbakov, 2016); habiendo casi ha desaparecido de su distribución norte (i.e. Biobío), probablemente debido a las perturbaciones causadas por las plantaciones forestales (Barahona-Segovia *et al.*, 2018). Otro caso es el plecóptero *Nigroperla costalis* Illies, 1964 que en la actualidad se encuentra restringido a bosques nativos de la Región del Maule. La especie estaba presente en ríos hasta la Región del Biobío (Vera, 2014), pero hoy se encuentra seriamente afectada por plantaciones, dificultando la conectividad y recolonización de nuevos hábitats (Vera, 2014). Los impactos de las plantaciones sobre el caudal son sinérgicos con aquellos procesos productivos que consumen agua, como la actividad agrícola, las centrales hidroeléctricas, la extracción de áridos, la desecación de humedales y la “recuperación de suelos agrícolas” (Rudolph y Crandall, 2005; Jara *et al.*, 2006; Valdovinos, 2008; Rudolph, 2015).

*Incendios forestales.* Todos los años, los incendios forestales dan cuenta de un porcentaje de bosque quemado por actividades recreativas, piromanía, falta de mantención del tendido eléctrico, actividades agrícolas o forestales (CONAF, 2018; [www.conaf.cl/incendios-forestales/](http://www.conaf.cl/incendios-forestales/)). Debido a estos factores, la homogenización de la masa forestal ha sido sindicada como la principal responsable de los cambios en los regímenes de incendios forestales, así como en la intensidad, frecuencia y rápida diseminación de éstos (Pauchard *et al.*, 2008; Taylor *et al.*, 2017). Los incendios destruyeron en el verano 2017 más de 500 mil hectáreas, donde las superficies más afectadas fueron monocultivos forestales (54,7%) y bosques nativos (17,2%) (CONAF, 2017; Carvajal y Alaniz, en este libro). Estos eventos afectaron al 7,1 % de las especies de invertebrados actualmente clasificadas por el MMA (Fig. 2). Además, los incendios no sólo eliminan a los invertebrados nativos incapaces de escapar, sino que también destruyen el hábitat de innumerables especies. Dos casos extremos son el “pulgón de Sary” (*Neuquenaphis saryi*) Quednau & Remaudière 1994 y el “palote de Camousseight” (*Paraxeropsis camousseighti*) Vera, 2011 (Fuentes-Contreras *et al.*, 1997; Camousseight, 2005; Vera, 2011). Ambas especies presentan baja capacidad dispersiva y viven asociados a escasos remanentes de bosques de ruil (*Nothofagus alessandrii*) Espinosa, 1928 en la Región del Maule. En los recientes mega-incendios forestales, el

60% de las poblaciones de *N. alessandrii* fueron afectadas y un 28% tuvo daño severo, afectando su regeneración (Valencia *et al.*, 2018). Con este nivel de daño, todas las poblaciones de estos insectos y la fauna asociada exclusivamente a este bosque pudieron haber desaparecido.

Los incendios forestales afectarían además a diferentes ensamblajes de invertebrados que viven entre la hojarasca del bosque nativo o en el sotobosque de las plantaciones, cumpliendo funciones relevantes en la descomposición, regulación de las poblaciones y mantención de las cadenas tróficas del suelo (Bustamante-Sánchez *et al.*, 2004; Grez, 2005; Cerda *et al.*, 2015; Arnold *et al.*, 2017; Grez *et al.*, en este volumen). Aunque los efectos post-incendio en la biota de invertebrados no han sido estudiados en Chile, la tendencia mundial muestra que la riqueza y/o abundancia de escarabajos saproxílicos, cucarachas, colémbolos, grillos, hormigas y moscas disminuyen considerablemente (Driessen y Kirkpatrick, 2016; Heikkala *et al.*, 2016; Arnold *et al.*, 2017). La recolonización de la diversidad de invertebrados aumenta con la densidad de la cobertura vegetal durante la sucesión natural en un período prolongado de tiempo (Driessen y Kirkpatrick, 2016).

*Baja capacidad de dispersión.* Los bosques también albergan una gran cantidad de especies epigeas, poco estudiadas, cuya conservación debería ser prioritaria debido a su limitada capacidad de movimiento y sus funciones ecosistémicas. Por ejemplo, los Onychophora son gusanos predadores de origen jurásico (Murienne *et al.*, 2014; Segura, en este libro). Especies como *Paropisthopatus umbrinus* (Johow, 1911) y *Metaperipatus inae* Mayer, 2007 (Fig. 3B) se encuentran confinadas a pequeños fragmentos de bosques costeros de Chile propensos a incendios forestales (Mayer, 2007; Oliveira *et al.*, 2012). La diversidad de este grupo se encuentra subestimada en Chile y es probable que existan nuevas especies dada su movilidad limitada. Otro invertebrado escasamente conocido es el "liguay" (*Americobdella valdiviana* Philippi, 1872) una especie de sanguijuela nativa restringida a los bosques de la selva valdiviana que aún se conservan entre la región de Los Ríos y de Los Lagos (Ringuelet, 1985), pero que actualmente están siendo fragmentados a una tasa alarmante. Esta especie depreda sobre gusanos y también posee limitada vagilidad.



Figura 3. Invertebrados potencialmente amenazados presentes en los bosques costeros de Chile: (A) *Aneriophora aureorufa* (Foto: Rodrigo Barahona-Segovia); (B) *Metaparypates inae* (Foto: Bernardo Segura); (C) *Euathlus manicata* (Foto: Rodrigo Barahona-Segovia); (D) *Erichius franzae* (Foto: Vicente Valdés); (E) *Pycnosiphorus lessoni lessoni* (Foto: Rodrigo Barahona-Segovia) y (F) *Sclerostomulus nitidus* (Foto: Rodrigo Barahona-Segovia).

En el caso del pulgón *N. staryi* la fragmentación causada por las plantaciones generó una significativa estructuración genética (i.e. cantidad y distribución de las frecuencias alélicas en una población). En consecuencia, poblaciones que se encuentran aledañas a plantaciones mantienen una baja diversidad genética debido al bajo movimiento de individuos entre poblaciones

(Figueroa *et al.*, 2017). Si estas poblaciones fueron afectadas por los incendios forestales, es probable que la diversidad genética de *N. staryi* haya sufrido pérdidas importantes y aumento en la probabilidad de extinción. Otros grupos de alta diversidad en la Cordillera de la Costa como los opiliones e isópodos terrestres poseen una baja tasa de movimientos o rango de hogar muy acotados (obs. pers.), habitando principalmente el bosque nativo. La fragmentación de su hábitat podría generar efectos genéticos y demográficos importantes en animales con poca tolerancia a la desecación y alta temperatura producto del efecto de borde (Tuff *et al.*, 2016; Barahona-Segovia *et al.*, 2019a).

*Sobreexplotación.* Otra amenaza es la sobrecolecta de especies, descritas pobremente en la literatura científica, que afecta al 24% de las especies clasificadas (Fig. 2). Por ejemplo, las “arañas pollitos” (Aguilera y Montenegro, en este libro), algunas de ellas exclusivas de bosque, son constantemente colectadas para alimentar los mercados informales de mascotas exóticas, tanto en Chile como el extranjero (Iriarte *et al.*, 1997; ODEPA [www.odepa.cl/](http://www.odepa.cl/)). Debido a la extracción desproporcionada de ejemplares varias especies quedaron protegidas por la Ley de Caza (e.g. más de 301 mil ejemplares de Theraphosidae colectados entre 2013 y 2016; SAG, 2018, datos ley de transparencia) o el MMA (Fig. 3C). Situaciones similares presentan especies de escarabajos de bosque como los Lucanidae o Cerambycidae, altamente cotizados por los coleccionistas. Estos ejemplares son capturados y vendidos (vivos o muertos) a colecciones privadas o como mascotas, como por ejemplo el ciervo volante (*Chiasognathus grantii*) y “el charol” (*Streptocerus speciosus* Fairmaire, 1850) (Goka *et al.*, 2004). Algunas especies endémicas del género *Erichius* Maes, 1992 (Fig. 3D) y *Pycnosiphorus* Solier, 1851 (Fig. 3E) son comercializadas hasta el día de hoy en Japón con el nombre de *Samehadas* o piel de tiburón (Shiraiwa, 2004; <http://www.pteron-world.com>). Otro caso, son los insectos de los bosques higrófilos de la Cordillera de la Costa de la región de O’Higgins, en especial el “borrachito de Poqui” (*Sclerostomulus nitidus* Benesh, 1955 Fig. 3F), el cual se creía extinto (Paulsen, 2005). Luego de su redescubrimiento en el 2012, parte de la población fue sustraída por colectores, destruyendo el hábitat de la especie. Estos luego fueron vendidos por plataformas de internet como eBay (Barahona-Segovia *et al.*, manuscrito en preparación;

[https://www.ebay.com/itm/Lucanidae-sclerostomulus-nitidus-muy-rara-endemica-Lucanidae-de-Chile-/252215217651/?\\_ul=GT](https://www.ebay.com/itm/Lucanidae-sclerostomulus-nitidus-muy-rara-endemica-Lucanidae-de-Chile-/252215217651/?_ul=GT)).

Otros casos de comercialización de insectos se presentan en mercados informales difícil de rastrear en especies como *Cicindela nahuelbutae* Peña, 1957 (E. Flores, com. pers.; Fig. 4A). Recientemente, la distribución de esta especie fue ampliada a sitios fuera del Parque Nacional Nahuelbuta (Flores et al. 2018). Sin embargo, los autores mencionan que otras actividades antrópicas, como explotación de plantaciones forestales, extracción ilegal de leña, ganadería y tráfico motorizado podrían afectar su población (Flores et al., 2018). Por lo tanto, el mercado de invertebrados debe ser considerado una amenaza que actúa de manera sinérgica con otras causas (Vereecken 2018).

#### 14.4 Consecuencias de la defaunación en servicios ecosistémicos

*Descomposición de materia orgánica.* La pérdida de hábitats y la fragmentación de los bosques impacta los servicios ecosistémicos que los invertebrados proveen. Por ejemplo, Simonetti et al., (2003) y Meyer III et al., (2013) demostraron que los moluscos terrestres juegan un rol importante en la descomposición de la hojarasca muerta y la depredación de semillas, manteniendo el ciclado de nutrientes y la calidad del suelo. Por otro lado, los caracoles de árbol como *Plectostylus araucanus* Valdovinos & Stuardo, 1988 (Fig. 4B), el “caracol negro” *Macrocyclis peruviana* (Lamarck, 1822; Fig. 4C) y la “babosa” *Phyllocaulis gayi* (Fischer, 1871; Fig. 4D), suelen ser consumidores de líquenes, briofitas, detritus, hojas muertas y plantas. Sin embargo, la pérdida y fragmentación del hábitat afecta las condiciones fisiológicas causando estrés en las especies debido al aumento de temperatura (Barahona-Segovia et al., 2019b). Especies de limitada vagilidad y baja densidad como las mencionadas, podrían haberse extinguido localmente en varios puntos afectados por la fragmentación e incendios (Valdovinos et al., 2005; C. Smith-Ramírez com. pers.) con impactos en la provisión de servicios ecosistémicos.

*Polinización.* Las interacciones biológicas son esenciales para la mayoría de los ecosistemas. Sin embargo, la pérdida de algunos de los componentes biológicos requiere consideración en



Figura 4. Invertebrados potencialmente amenazados presentes en los bosques costeros de Chile: (A) *Cicindela nahuelbutae* (Foto: Edgardo Flores); (B) *Plectostylus araucanus* (Foto: Rodrigo Barahona-Segovia); (C) *Macrocyclus peruviana* (Foto: Edgardo Flores); (D) *Phyllocaulis gayi* (Foto: Edgardo Flores); (E) *Syrphus octomaculatus* (Foto: Edgardo Flores) y (F) *Bombus dahlbomii* (foto: César Muñoz).

planes de conservación (Dunn *et al.*, 2009; Valiente-Banuet *et al.*, 2014). Los polinizadores son uno de los principales grupos ecológicos amenazados. Los bosques nativos costeros poseen una gran riqueza de polinizadores (Lander *et al.*, 2009, Smith-Ramírez *et al.*, 2014b, Medel *et al.*, 2017) con funciones esenciales (Garibaldi *et al.*, 2013). Sin embargo, la pérdida del bosque y su fragmentación pueden causar disminución de la riqueza y abundancia de este grupo funcional (Steffan-Dewenter y Tscharrntke, 1997). El caso del Queule (*Gomortega keule*) es uno de los más destacados, ya que

este árbol se encuentra en Peligro de Extinción y se distribuye preferentemente en bosques costeros entre las regiones de Maule y Biobío (DS 151/2007 MINSEGPRES). En sistemas agrícolas no extensivos, así como en bosque nativo, esta especie florece y fructifica gracias a la presencia de especies de moscas florícolas de la familia Syrphidae. Estas moscas pueden transportar una importante carga de polen de queule. Por ejemplo, *Syrphus octomaculatus* Walker, 1837 (Fig. 4E) transporta, en promedio, 29 granos de polen a distancias de hasta 6 km, aunque en baja frecuencia en la medida que se aleja del árbol parental. Esta amplia dispersión de polen favorece el flujo génico entre árboles y la estructura metapoblacional del queule (Lander *et al.*, 2009; Lander *et al.*, 2010). Por otro lado, otras pequeñas moscas como los Lauxaniidae, mueven polen de avellano (*Gevuina avellana*), en una abundancia de casi 30 veces más alta que *S. octomaculatus* en el queule (Lander *et al.*, 2009), por lo que contribuirían de manera importante a la producción del fruto del avellano. La pérdida de polinizadores, quienes prestan servicios ambientales esenciales, puede tener efectos negativos en economías locales que dependen de estos frutos (Figuroa, 2010). Aunque la experiencia internacional señala que las especies de Syrphidae pueden vivir en ambientes perturbados (Souza *et al.*, 2014), éstas dependen de distintos recursos en diferentes estados del ciclo de vida y a diferente escala espacial (Moquet *et al.*, 2017) y la presencia de remanentes de bosques nativos es fundamental (Medeiros *et al.*, 2018). Las variables de paisaje y los recursos mencionados en el párrafo anterior no han sido incorporadas en los planes de conservación específicos para polinizadores de los bosques costeros.

*Regulación poblacional.* Los parásitos pueden ser una amenaza más a la biodiversidad. Sin embargo, diferentes estudios han demostrado que afectan los flujos de energía de sus hospedadores (Thomas *et al.*, 2009), y por ende su sobrevivencia y reproducción (Gorrell y Schulte-Hostedde, 2008; Schwanz, 2008; Robar *et al.*, 2010). En este sentido, los parásitos también pueden regular la densidad poblacional y la distribución de sus hospedadores (Thomas *et al.*, 2005), provisionando presas débiles a carnívoros (DeVault *et al.*, 2003) y estructurando las redes tróficas (Lafferty *et al.*, 2008). Desde un punto de vista de la conservación biológica, los parásitos apenas han sido incluidos en



listados oficiales de especies amenazadas (Mihalca *et al.*, 2011; Gerlach, 2014). Esto se debe a que los parásitos son considerados dañinos por las personas (Waudby *et al.*, 2008). Por lo general, los hospedadores suelen ser afectados por la fragmentación del hábitat, la cacería ilegal o enfermedades y sus efectos son más pronunciados en hospedadores amenazados por algún criterio previamente evaluado (Silva-Rodríguez *et al.*, 2010; Mihalca *et al.*, 2011). La fragmentación del hábitat puede alterar la interacción parásito-hospedador en la prevalencia, intensidad y dinámica poblacional de los parásitos, en especial de aquellos especialistas (Taylor y Merriam, 1996; Martinson y Fagan, 2014; Mihalca *et al.*, 2011).

El monito del monte (*Dromiciops gliroides* Thomas, 1894) es una de las pocas especies de marsupiales del cono sur de Sudamérica al cual se le ha asociado una especie exclusiva de garrapata, *Ixodes neuquenensis* Ringuelet, 1974 (Guglielmone *et al.*, 2004; Guglielmone *et al.*, 2011). Este marsupial es considerado especialista de bosque y se encuentra presente en bosques nativos y en plantaciones desde la región del Maule a Chiloé (Fontúrbel y Jiménez, 2011; Uribe *et al.*, 2017). Sin embargo, ya se ha explicado en este libro que muchas de las áreas de bosque que representan su actual distribución han sido intensamente modificadas o degradadas por lo cual las poblaciones de *D. gliroides* estarían disminuyendo. Así la especie ha sido clasificada como Casi Amenazada en Chile (DS 42/2011 MINSEGPRES; [www.mma.gob.cl/clasificacionespecies](http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies)) y En Peligro en Argentina (Guglielmone *et al.*, 2004). Por lo tanto, *I. neuquenensis* podría estar amenazado, ya que es un parásito especialista de hábitat (i.e. individuos de *D. gliroides*).

Otro ejemplo de interacción parásito-hospedador son los ectoparásitos del pudú (*Pudu puda* Gray, 1850), pequeño ciervo nativo del cono sur de Sudamérica (Jiménez, 2010, Silva-Rodríguez *et al.*, en este libro), especie clasificada como Vulnerable (DS 151/2007 MINSEGPRES). Tres de los parásitos de este cérvido son las garrapatas *Ixodes elegans* (Neumann, 1910) e *Ixodes taglei* (Kohls, 1969) y la mosca áptera de la familia Hippoboscidae, *Lipoptena pudui* (Peterson y Maa, 1970). *P. puda*, sufre diversas amenazas (Pavez-Fox y Estay, 2016; Silva-Rodríguez *et al.*, 2010; Silva-Rodríguez *et al.*, en este libro), lo cual incidiría en las poblaciones de sus parásitos. Estos ejemplos en las desconocidas

dinámicas poblacionales entre parásitos y sus hospedadores en Chile, reflejan vacíos en el conocimiento de la ecología de parásitos terrestres y su conservación, así como también en la necesidad de estudiar cómo se ven afectados por la pérdida de sus hábitats y hospedadores (ver Anexo 1).

## **14.6 Propuestas de conservación**

Diferentes propuestas de conservación pueden ser aplicadas a las especies de invertebrados amenazadas en los bosques costeros en Chile. La aplicación de una o más opciones podría tener resultados en la recuperación de poblaciones aplicando medidas tales como la restauración, la compensación, las listas rojas y el manejo adaptativo, por mencionar algunas. No obstante, nuestro país tiene un déficit importante en conocimiento básico necesario para desarrollar planes de conservación a corto o largo plazo. Por ejemplo, el conocimiento de taxonomía e historia natural de los invertebrados es insuficiente; las líneas bases de invertebrados suelen incluirse en líneas bases de proyectos privados, a lo que se agrega la falta de conocimientos básicos de ecología y distribución. Todos estos elementos son necesarios para generar cualquier plan de conservación (Cardoso *et al.*, 2011b). En esta sección se discuten dos macro propuestas de conservación a corto y largo plazo que permitirían mejorar la conservación de los invertebrados.

### **1.- Efectos del uso de suelo sobre la biodiversidad de invertebrados**

*Manejo de plantaciones forestales.* Existen especies de invertebrados nativos que han sido resilientes a la destrucción de su hábitat y reemplazo por especies arbóreas introducidas. Algunos polinizadores nativos, por ejemplo, persisten en plantaciones comerciales de 14-17 años de rotación de *Pinus* de la costa del Maule, que poseen sotobosque nativo, donde Valdovinos *et al.* (2009) encontraron sitios de nidificación de especies de abejas nativas como *Manuelia postica* (Spinola, 1851) y *Cadeguala occidentalis* (Haliday, 1836). Por otro lado, Sanzana *et al.* (2012) encontraron que algunas especies de Hymenoptera y Coleoptera son visitantes frecuentes de las flores de *Eucalyptus nitens* H. Deane & Maiden., pudiendo proporcionar conectividad y recursos complementarios que favorecen el movimiento de individuos a través del paisaje. Estos autores discuten la necesidad de incluir las

plantaciones en modelos de conservación a escala del paisaje para estos insectos (Valdovinos *et al.*, 2009). Sobre esta base, es posible pensar que las empresas podrían impulsar un manejo de plantaciones que favorezca el servicio de polinización, aunque faltan estudios que permitan evaluar efectos de la tala sobre estas poblaciones.

*Manejo de polinizadores exóticos.* Uno de los polinizadores nativos amenazados más llamativo es el “moscardón o abejorro colorado” (*Bombus dahlbomii* Guérin-Ménéville, 1835; Fig. 4F). Esta especie de abeja se distribuye entre las regiones de Coquimbo y Magallanes, encontrándose asociada a más de 80 especies de plantas nativas e introducidas (Montalva *et al.*, 2011). La introducción del abejorro europeo o de lengua corta (*Bombus terrestris*), y los parásitos exóticos que estos traen, han llevado a que la especie nativa haya disminuido y desaparecido del 85% de su territorio, incluyendo los bosques de la Cordillera de la Costa (Montalva, 2012; Smith-Ramírez *et al.*, 2014b). Esta situación podría afectar la composición de plantas nativas, así como en la provisión de frutos, tanto silvestres como comerciales (Aizen *et al.*, 2014, Sáez *et al.*, 2014; Bishop *et al.*, 2016; Sáez *et al.*, 2017; Aizen *et al.*, 2018). Una medida urgente para evitar las consecuencias negativas de esta esta plaga es que el estado chileno detenga las importaciones de esta especie exótica invasora (Aizen *et al.*, 2018; Smith-Ramírez *et al.*, 2018). Estrategias de conservación de polinizadores nativos, implementación de equipos interdisciplinarios de trabajo y responsabilidad social y empresarial son algunas medidas propuestas para mitigar los impactos negativos (Smith-Ramírez *et al.*, 2018)

*Manejo del efecto de borde.* La fragmentación de los bosques produce un aumento de la superficie de bordes de los fragmentos remanentes, los cuales quedan expuestos a variables ambientales más extremas (Tuff *et al.*, 2016; Barahona-Segovia *et al.*, 2019a). La temperatura y la humedad relativa cambian sustancialmente desde los bordes de bosque nativo hacia la matriz representada por tala rasa, plantaciones jóvenes o campos agrícolas (Tuff *et al.*, 2016). Los efectos a nivel fisiológico en invertebrados afectan su adecuación biológica, en especial en especialistas de bosque (Barahona-Segovia *et al.*, 2019b). Por ejemplo, los individuos pueden sufrir de estrés térmico que eleva su temperatura corporal como es el caso de *Ceroglossus chilensis*

(Barahona-Segovia *et al.*, 2019a). A largo plazo, este fenómeno podría comprometer la dinámica de las metapoblaciones (Tuff *et al.*, 2016). Una acción de manejo adecuado para mitigar estos efectos sería el aumentar la cobertura vegetal en los bordes, permitir la regeneración natural de arbustos para crear bordes “suaves” (i.e. con diferentes estratos vegetales) o crear fragmentos con menos superficie de contacto con la matriz (por ejemplo, fragmentos de forma circular), lo que disminuiría la temperatura del suelo y favorecería a la fisiología de invertebrados sensibles a la temperatura (Magura, 2002; Tuff *et al.*, 2016).

*Manejo de ganado.* El efecto de la intensidad de la carga de ganado, a menudo medida como número de animales por unidad de área, pueden disminuir la calidad de hábitat de artrópodos (Ma *et al.*, 2017). Por ejemplo, vacas o cerdos, suelen invadir los bosques por los bordes (efecto de la fragmentación), alterando la composición de plantas, causando compactación y cambios estructurales en el suelo y la hojarasca (Fleischner, 1994; Hobbs, 2001; González y Coscarón, 2005; Zamorano-Elgueta *et al.*, 2012). Cambios de la composición de invertebrados, como las tóxicas, saltamontes, saltahojas o caracoles puede alterar los servicios ecosistémicos (Boschi y Baur, 2007; Ma *et al.*, 2017; Yadamsurem *et al.*, 2015). En el caso de los camarones de río, las manadas de vacas pisotean y destruyen las madrigueras, mientras los pozos de agua son drenados por los campesinos para abastecer al ganado (Rudolph, 2015). Propuestas de manejo en este sentido, apuntan a disminuir el número de animales por hectárea y los días por año en que estos pastorean en diferentes tipos de paisajes (Scrimgeour y Kendall, 2003; Boschi y Baur, 2007; Ma *et al.*, 2017).

*Compensación y restauración ecológica.* Otras medidas se basan en conceptos de compensación y restauración ecológica. La primera es una medida de gestión del paisaje o hábitat que reduce los efectos negativos de una actividad productiva sobre la biodiversidad (Ranius *et al.*, 2014). La segunda es el proceso de devolver un hábitat o un ecosistema a una situación lo más cercana posible a la que existía antes de la perturbación que generó el estado de cambio (Sala *et al.*, 2000). Entre las medidas de compensación, está la mantención de madera muerta y la “tierra de hojas”, con efectos positivos en la diversidad de invertebrados saproxílicos e invertebrados de hojarasca (Ranius *et al.*, 2014). Estas medidas no se encuentran reguladas en nuestro país y

podrían reducir las amenazas. Otra medida, sería favorecer cambios en el uso humano de zonas aledañas a ríos y arroyos, reduciendo los impactos de las empresas forestales e industrias de celulosa que se concentran en la zona centro-sur de Chile, afectando la composición de los invertebrados acuáticos (Figuerola *et al.*, 2013; Rudolph, 2013; Cooper *et al.*, 2013; Correa-Araneda *et al.*, 2015; Correa-Araneda *et al.*, 2017; Fierro *et al.*, 2017; Guevara *et al.*, 2017). Se podría favorecer, por ejemplo, la restauración de la flora ribereña la cual beneficiaría a diversos taxa de invertebrados acuáticos (Villagrán-Mella *et al.*, 2006). Por otro lado, la pérdida de zonas ribereñas, humedales y quebradas disminuye la provisión de agua, lo cual disminuye la diversidad de invertebrados y generan percepción negativa por parte la comunidad local (Petersen *et al.*, 2004; Valdovinos, 2008; Mancilla *et al.*, 2009; Rojas *et al.*, 2013; Alfonso *et al.*, 2017). La restauración asistida de la vegetación nativa en áreas aledañas a cursos de agua aumentaría su provisión y los caudales de los arroyos incrementando la diversidad de invertebrados (Villagrán-Mella *et al.*, 2006; Valdovinos, 2008; Babin-Fenske y Anand, 2010). En este sentido, es urgente que el estado limite la expansión de ciertas actividades que van en desmedro de la diversidad y de los servicios ecosistémicos proporcionados por invertebrados, como la polinización y la degradación de materia orgánica. Por medio de instrumentos de gestión y valoración, como el ordenamiento territorial, la planificación del paisaje y valoración económica del servicio, se puede mantener zonas de relevancia ecológica para el desarrollo de dichas funciones.

*Conservación fuera de las áreas protegidas.* Las áreas protegidas actuales no aseguran la conservación de la biodiversidad del país, en especial en aquellas zonas de la Cordillera de la Costa, con una alta actividad antrópica, especialmente aquellos cercanos a centros urbanos (Armesto *et al.* 1998; Echeverría *et al.*, 2006; Miranda *et al.*, 2017). Por otra parte, una buena cantidad de remanentes de bosque nativo en manos de privados, tales como empresas forestales o predios agrícolas, podrían mantener una alta riqueza de invertebrados (Grez, 2005; Vergara *et al.*, 2006; Zamora-Manzur *et al.*, 2011). Estas dos aristas, reflejan dos avenidas distintas para un mismo problema: la falta de territorio para la protección del patrimonio natural. Por lo tanto, compatibilizar las actividades humanas con la mantención de la

biodiversidad en un sistema integrador del paisaje que incluyan áreas protegidas públicas y privadas, depende de la gestión del territorio y sus usos. Por ejemplo, el uso de pesticidas en cultivos disminuye la diversidad de polinizadores nativos que son importantes para la producción en sistemas agrícolas y naturales (Lander *et al.*, 2009, Garibaldi *et al.*, 2013; Smith-Ramírez *et al.*, 2014b). La prohibición del uso de compuestos químicos altamente tóxicos, concordante con políticas internacionales basadas en datos de campo, junto a una mayor fiscalización de la venta y uso de estos productos, podría mejorar la riqueza y abundancia de los polinizadores nativos a largo plazo. Otro ejemplo es el manejo del sotobosque, el cual puede promover una rápida colonización de artrópodos como Coleoptera en estados tempranos de la sucesión ecológica (Grez, 2005).

Pese a que el uso de terrenos no protegidos parece una alternativa viable para la conservación, el éxito de esta medida depende en gran parte del éxito de las propuestas anteriormente mencionadas. Sin la comprensión de la relevancia funcional de los invertebrados en el bienestar humano y la estabilidad de los ecosistemas, no será posible que las personas puedan protegerlos fuera de parques y reservas, o incluso dentro de estos (Cardoso *et al.*, 2011b).

## **2.- Propuestas sociobiológicas y políticas**

*Educación sobre invertebrados.* Los textos escolares y de lectura informal en Chile sobre fauna y flora que son accesibles al público tratan en su mayoría sobre especies exóticas por sobre las nativas (Celis-Diez *et al.*, 2016). Los invertebrados deberían ser incluidos tanto en los textos como en las aulas y su conocimiento debe ser reforzado cada cierto tiempo por medio de intervenciones de educación ambiental a largo plazo, con el objeto de que esta información tenga relevancia para los niños, como lo han propuesto Sánchez (2016) y Carrasco (2016). Por otro lado, la vinculación con el medio y la entrega de material informativo sobre el rol de los invertebrados en los ecosistemas, su diversidad e importancia económica deben ser difundidas por los medios, en seminarios abiertos a la comunidad, libros de fácil lectura, redes sociales y prensa. Los mecanismos para implementar estas acciones pueden ser variados. Por ejemplo, programas de intervención en aula ejecutados cada cierto tiempo por académicos

que conocen la biodiversidad y el rol de los invertebrados fomentarían actitudes positivas en las personas, lo que a su vez ayudaría a crear conciencia y mayor protección (Cardoso *et al.*, 2011b). Algunos ejemplos locales, han logrado visibilizar los roles ecológicos de insectos como cucarachas, abejorros y moscas, mejorando la percepción local (Fig. 5).

*Interacción ciencia-personas.* Dado al actual escenario de la globalización y desconexión de la sociedad con la naturaleza cercana, cobra una importancia fundamental la parataxonomía y la ciencia ciudadana desarrollada en plataformas especiales y redes sociales. La primera representa la interacción de la persona común y corriente con parataxónomos, término empleado para referirse a personas no especializadas académicamente, pero con gran conocimiento de historia natural y taxonomía (Janzen, 2004; Pearson *et al.*, 2011). Por otra parte, los taxónomos están participando más activamente en redes sociales y grupos interactivos, con los cuales, el ciudadano puede obtener más información basada en fotos o videos (Fig. 5). Algunos ejemplos de parataxonomía en invertebrados en Chile se muestran en la Tabla 1. Por otro lado, la ciencia ciudadana genera mayor interacción entre el voluntario, quien toma el dato y lo transfiere al científico, quién analiza la información. Así se produce una simbiosis, donde el científico informa de forma constante al voluntario generando una retroalimentación necesaria para que dichos voluntarios se mantengan motivados y empoderados. Por ejemplo, monitoreos de especies exóticas invasoras en Chile, como el abejorro europeo y la chinita arlequín (Grez *et al.*, 2016; Montalva *et al.*, 2017) brindan una sinopsis del estado de invasión de estas especies y sugieren barreras o métodos de control. La ciencia ciudadana ayuda a conocer mejor la distribución en especies escasas o poco carismáticas, vinculando directamente a la gente con proyectos científicos (Barahona-Segovia *et al.*, 2017; 2018). Algunos ejemplos exitosos de ciencia ciudadana aplicados a la conservación de invertebrados y la distribución de especies nativas y exóticas en Chile – algo básico para cualquier plan sistemático en conservación (Cardoso *et al.*, 2011a) – se entregan en la Tabla 2.

*Incorporación de especies a listados de conservación.* Las propuestas de conservación de invertebrados basadas en vertebrados, como especies paraguas, han fallado en establecer el beneficio de este método (Martín *et al.*, 2010; Schuldt y Assmann,

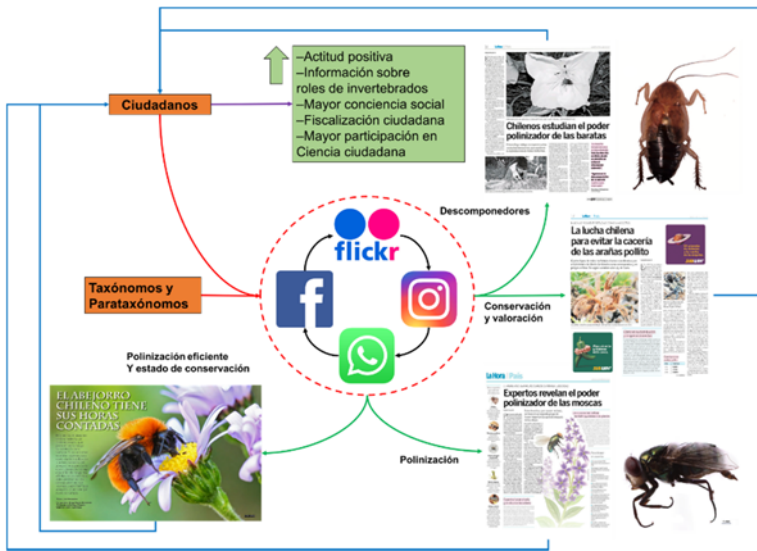


Figura 5. Modelo de interacción entre ciencia y ciudadanía. Esta interacción suele generar información sobre invertebrados contenida en medios de difusión (e.g. reportajes en diarios de circulación nacional). Si esto ocurre, la ciudadanía podría fomentar actitudes positivas a favor de los roles de invertebrados y su protección. Flechas rojas = ingreso de necesidad de información o de datos; flechas negras = circulación por las redes sociales; flechas verdes = generación de información en medios de comunicación; flechas azules = retroalimentación positiva desde los medios a los ciudadanos; flecha morada = resultado teórico de la interacción con incremento en actitudes positivas hacia invertebrados; círculo rojo de línea punteada = mundo de redes sociales. Reportajes de *Moluchia* por Constanza Schapheer (Molukia, pequeños guardianes del litoral; imagen de Villagra y Schapheer, 2016); reportaje de Theraphosidae por Milenko Aguilera y Rubén Montenegro (Tarántulas de Chile); reportaje de Moscas florícolas por Rodrigo Barahona-Segovia (Moscas Florícolas de Chile; imagen de Matías Barceló) y reportaje de *Bombus dalhbomii* por José Montalva (Salvemos nuestro abejorro; imagen de Chris Lukhaup). Reportajes de Natalia Hausser para el diario La Hora y José Montalva para Chile Indómito.



Tabla 1. Algunos ejemplos de grupos parataxonómicos en invertebrados de Chile en Facebook.

Nombres de grupos parataxonómicos	Grupo objetivo	Miembros	Link
Insectos de Chile - OFICIAL	Insectos y otros artrópodos	>20,000	<a href="https://www.facebook.com/groups/777914522238618/">https://www.facebook.com/groups/777914522238618/</a>
Comunidad Entomológica Chilena	Insectos y otros artrópodos	>9,400	<a href="https://www.facebook.com/groups/1566907606922926/">https://www.facebook.com/groups/1566907606922926/</a>
Insectos y Arácnidos de Chile	Insectos y otros artrópodos	>6,800	<a href="https://www.facebook.com/groups/192613724217649/?fref=ts">https://www.facebook.com/groups/192613724217649/?fref=ts</a>
Arañas de Chile	Arácnidos, Chilopodos y Diplopodos	>4,900	<a href="https://www.facebook.com/groups/112908968780171/?fref=ts">https://www.facebook.com/groups/112908968780171/?fref=ts</a>
Moluscos y otros invertebrados de Chile	Moluscos, crustáceos, Anélidos, etc	>2,400	<a href="https://www.facebook.com/groups/306186002888141/?fref=ts">https://www.facebook.com/groups/306186002888141/?fref=ts</a>
Mariposas y Polillas de Chile	Mariposas y polillas	>4,200	<a href="https://www.facebook.com/groups/171527544208/?fref=ts">https://www.facebook.com/groups/171527544208/?fref=ts</a>
Crianza de Hormigas de Chile y Latinoamérica	Hormigas	>1700	<a href="https://www.facebook.com/groups/552120051624404/">https://www.facebook.com/groups/552120051624404/</a>

2010). Esto se debe a que los análisis se basan en la correlación espacial entre la diversidad de vertebrados e invertebrados como una medida de apoyo económico a la conservación biológica (Schuldt y Assmann, 2010). Los resultados muestran que la correlación, por lo general, es débil, dada la disimilitud entre el área ocupada por vertebrados e invertebrados. Así, la protección de estos últimos debe basarse en sus propias características y amenazas (Schuldt y Assmann, 2010). Una alternativa para ganar atención para la conservación de invertebrados es usar el listado de especies en categorías de conservación. La valoración pública de invertebrados por medio de un listado nacional de especies amenazadas puede tener efectos positivos y vinculantes como su incorporación en las líneas bases de proyectos con impacto medioambiental o la Ley de Caza (Fig. 5). Por ejemplo, los camarones de río de los géneros *Parastacus* (Huxley, 1879) y *Virilastacus* Hobbs, 1991 (Rudolph, 2013; 2015; capítulo 2 en este libro) son capturados en grandes cantidades por la población local, sin entidades estatales que regulen las capturas y veda (e.g. Servicio Nacional de Pesca). Este vacío, se debe a que estas especies de camarones no son considerados recursos pesqueros dentro de

la Ley de Pesca y, por ende, quedan vulnerables ante extracciones no controladas. Además, estas especies poseen hábitats restringidos, frecuentemente perturbados y vulnerables a la contaminación (Rudolph y Crandall, 2005; Rudolph, 2013; 2015). Cambios en la fiscalización y consideración de invertebrados en las políticas de conservación del país deben ir de la mano con la capacitación de personal en el reconocimiento de las especies. Debe complementarse con una legislación adecuada y enfocada en los taxa, además de la gestión de recursos disponibles para estudios de ecología básica y aplicada. En el Anexo 1 se muestra un listado de 50 invertebrados de los bosques costeros que podrían estar amenazados y que quizás deberían ser incorporados a estas listas.

*Cambios políticos-administrativos.* En este sentido, es necesario hacer cumplir las exigencias de la Ley 19.300 para las actividades restringidas al artículo 10, de manera tal que el Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) garantice y obligue a los titulares de proyectos con posibles impactos ambientales a disponer que las líneas de base incluyan a los invertebrados (e.g. minería, urbanización, hidroeléctricas). En este sentido, las prospecciones y líneas base para proyectos con impacto medioambiental ejecutadas por consultoras privadas son esenciales para conocer los componentes faunísticos de las áreas impactadas. Actualmente los monitoreos estacionales son incompletos. Estas prospecciones deberían desarrollarse mediante monitoreos mensuales, dado a que muestreos en períodos estacionales o espaciados de tiempo, no reflejan la diversidad de invertebrados y no son comparables entre sí. Los proyectos que puedan generar algún daño potencial al medio ambiente deben ser revisados y fiscalizados por entidades estatales, como la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y el MMA, y unidades académicas cuyas observaciones deben ser vinculantes en caso de identificar potenciales daños a la biodiversidad de invertebrados. Las medidas de compensación y relocalización no debiesen ser aplicadas a invertebrados sin considerar y tener conocimiento de los requerimientos específicos de hábitat, ya que muchos de estos suelen ser especialistas (Valdovinos *et al.*, 2005; New, 2010). Sin embargo, de realizarse deben hacerse monitoreos del estado de las poblaciones en el tiempo producto de la intervención. Con el fin de promover la conservación biológica de zonas de alto valor ecológico, tanto el diseño urbano, las carreteras y sectores

Tabla 2. Proyectos de ciencia ciudadana activos en Chile con temáticas sobre invertebrados.

Proyecto ciencia ciudadana	Grupo objetivo	Miembros	Plataformas de reportes o difusión	Link
Chinita Arlequín	<i>Harmonia axyridis</i>	>1800	Página Web, Face, Twitter	<a href="http://www.chinita-arlequin.uchile.cl/">http://www.chinita-arlequin.uchile.cl/</a> , <a href="https://www.facebook.com/chinita.arlequin/?fref=ts">https://www.facebook.com/chinita.arlequin/?fref=ts</a>
Salvemos nuestro abejorro	<i>Bombus</i> spp.	>6900	Facebook, Flickr	<a href="https://www.facebook.com/groups/456701147797736/?fref=ts">https://www.facebook.com/groups/456701147797736/?fref=ts</a> , <a href="https://www.flickr.com/groups/dahlbomii/">https://www.flickr.com/groups/dahlbomii/</a>
Moscas Florícolas de Chile	Diptera	>4400	Facebook, Twitter	<a href="https://www.facebook.com/groups/774986852548819/">https://www.facebook.com/groups/774986852548819/</a>
Tarántulas de Chile	Theraphosidae	>870	Facebook	<a href="https://www.facebook.com/groups/276206972846798/">https://www.facebook.com/groups/276206972846798/</a>
Saltícidos de Chile	Salticidae	>950	Facebook	<a href="https://www.facebook.com/groups/179566192649946/">https://www.facebook.com/groups/179566192649946/</a>

productivos (incluyendo los campos agrícolas y la producción de paltas y ganadería, actualmente no sujetos al SEIA) el marco legal debería atender y considerar aspectos ecológicos, genéticos y evolutivos de la flora y fauna, incluyendo los invertebrados. Finalmente, la conservación de los invertebrados en los bosques de la Cordillera de la Costa, dependen de un compromiso triestamental: ciudadanos, científicos y estado. Cada parte tiene roles en la conservación de la diversidad de invertebrados y la mantención de sus servicios.

## Agradecimientos

Agradezco la formación profesional y consejos de los profesores Audrey Grez, Javier Simonetti, Francisco Bozinovic, Claudio Veloso y Patricio Camus; a mi madre y abuela; a Bernardo Segura, Edgardo Flores, César Muñoz y Vicente Valdés por el uso de sus fotografías; a los editores del libro por la invitación a participar de él y a los revisores del capítulo por ayudar a mejorarlo. Dedico este capítulo con cariño a: Andrea Riveros, Gabriela Tello, Sebastián Zaror, Cristián Villagra, Constanza Schapheer, Gretty Meza, Matías Barceló, Viviana Rada, Alberto Alaniz, Silvio Crespín, Silvia Campos, Rubén Hermosilla, Alice Hermosilla, Roxana Hermosilla, Fernanda Hermosilla, Jorge Zamorano, Paz Gatica, Elizabeth Gazzano, Violeta Romero, Romina Oberti & Carlos González y muchos tantos que han propiciado mi desarrollo profesional. Este capítulo está financiado por la beca doctorado nacional CONICYT 21160404.

Las referencias se encuentran al final del libro.

Anexo 1. Algunos invertebrados distribuidos en bosques costeros de Chile, con potenciales problemas de conservación de acuerdo con criterios IUCN (2012). La selección, bajo el principio precautorio, se ha basado en la mejor información disponible y algunas propuestas de la literatura. **A= Amenazas** 1. Pérdida de hábitat; 2. Fragmentación de hábitat; 3. Coleccionismo, explotación comercial, cacería o cualquier método que implique el desarrollo de efecto Allee antropogénico (Courchamp *et al.*, 2006); 4. Incendios forestales causados antropogénicamente; 5. Contaminación de cuerpos de agua; 6. Pérdida del mutualismo (planta-animal o parásito-hospedador); 7. Especies exóticas invasoras terrestres, acuáticas o ambas. **Criterio** A. Reducción del tamaño de la población; B. Distribución geográfica en la forma B1 (extensión de presencia), B2 (área de ocupación) o ambas. **Categoría** VU: Vulnerable; EN: En Peligro; CR: En Peligro Crítico. **P=Prioridad** A: Bosques nativos fragmentados alrededor de Concepción, Arauco, Nahuelbuta y Contulmo; B: Bosques nativos fragmentados de Cauquenes, Putú, Tregualemu, Chanco y Constitución; C: Bosques valdivianos costeros al sur de Temuco hasta Parque Nacional Alerce Costero; D: Bosques costeros fragmentados de la Región de Valparaíso o Cordillera de la Costa de la Región Metropolitana; E: Bosques valdivianos vulnerables al sur de la Unión, incluyendo Chiloé; NA: No aplica debido a que invertebrado está asociado a vertebrados que habitan en diferentes hábitats.

Orden	Distribución	A	Criterio/ Categoría	P	Ref.
Familia					
<i>Especie</i>					
<b>Acari</b>					
Ixodidae					
<i>Ixodes stilesi</i>	Maule-Los Lagos	1,2,3,4,6, 7	A/VU	NA	8
<i>Ixodes taglei</i>	Maule-Aysén	1,2,3,4,6, 7	A/VU	NA	10,1 4
<b>Bivalvia</b>					
Hyriidae					
<i>Diplodon chilensis</i>	Valparaíso-Los Lagos	1,2,5,7	B2/VU	A,B,C	28
<b>Coleoptera</b>					
Buprestidae					
<i>Pterobothris barrigai</i>	Biobío-Araucanía	1,2,3,4	B1,B2/EN	A	15
Carabidae					
<i>Cicindela nahuelbutae</i>	Biobío-Araucanía	1,2,3,4	B2/CR	A	7,19
Cerambycidae					
<i>Proholopterus laevigatus</i>	Los Ríos-Los Lagos	1,2,3,4	B1,B2/EN	C,E	6
Cleridae					
<i>Epiclines araucanus</i>	Biobío-Araucanía	1,2	B1,B2/EN	A	27
<i>Neopylus nahuelbutensis</i>	Biobío-Araucanía	1,2	B2/E	A	27
<i>Silviella pehuen</i>	Maule-Araucanía	1,2	B1,B2/EN	A	27
Elatерidae					
<i>Alyma contulmoensis</i>	Sólo Biobío	1,2	B1,B2/EN	A	4
<i>Alyma lawrelae</i>	Sólo Biobío	1,2	B1,B2/EN	A	4
<i>Alyma riesorum</i>	Sólo Biobío	1,2	B1,B2/EN	A	4
<i>Alyma shapiro</i>	Sólo Biobío	1,2	B1,B2/EN	A	4
<i>Alyma quiriquinaensis</i>	Sólo Biobío	1,2	B1,B2/CR	A	4‡
Erotylidae					
<i>Neoxestus nonguen</i>	Sólo Biobío	1,2,4	B2/EN	A	26
<i>Neoxestus norma</i>	Sólo Biobío	1,2,4	B1,B2/VU	A	26
<i>Xalpirta azureipennis</i>	Maule-Biobío	1,2,4	B1,B2/VU	A	26
Lucanidae					
<i>Hilophyllus penai</i>	Biobío-Araucanía	1,2,3,4	B1,B2/CR	A	18
<i>Pycnosiphorus lessoni lessoni</i>	Sólo Biobío	1,2,3,4	B1,B2/EN	A	18
<i>Pycnosiphorus lessoni ugartei</i>	Sólo Maule	1,2,3,4	B1,B2/CR	B	18
<i>Pycnosiphorus lessoni mandibularis</i>	Biobío-Araucanía	1,2,3,4	B1,B2/VU	A	18
<i>Erichius vittatus vittatus</i>	Sólo Biobío	1,2,3,4	B1,B2/EN	A	6,18
<i>Erichius vittatus magnificus</i>	Sólo Maule	1,2,3,4	B1-2/EN	B	6,18
Scarabaeidae					
<i>Arctodiu discolor</i>	Biobío-Araucanía	1,2	B2/EN	A	9
<i>Tessediorella meridionalis</i>	Maule-Biobío	1,2,4	B1,B2/EN	A, B	29

<b>Orden</b>	Distribución	A	Criterio/ Categoría	P	Ref.
<b>Familia</b>					
<i>Especie</i>					
<b>Decapoda</b>					
Parastacidae					
<i>Parastacus pugnax</i>	Valparaíso-Araucanía	1,2,3,5	A/VU	A,B	21
<i>Virilastacus jarai</i>	Sólo Biobío	1,2,3,5,7	B2/CR	A	22
<i>Virilastacus retamali</i>	Sólo Los Lagos	1,2,3,5,7	B1,B2/EN	C	22
<b>Diptera</b>					
Acroceridae					
<i>Archipialea chilensis</i>	Biobío-Araucanía	1,2,6	B1,B2/EN	A	24
Hippoboscidae					
<i>Lipoptena pudui</i>	Maule-Aysén	1,2,3,4,6, 7	A/VU	NA	10,1 4
Syrphidae					
<i>Aneriophora aureorufa</i>	Maule-Los Lagos	1,2, 6	B2/EN*	A,B	1
Tanyderidae					
<i>Tanyderus pictus</i>	Biobío-Los Lagos	1,2,5,7	B1,B2/VU	C	5‡
Tipulidae					
<i>Gynoplistia gloriosa</i>	Sólo Araucanía	1,2	B2/CR	A	2
<i>Molophilus ramphus</i>	Sólo Biobío	1,2,7	B2/CR	A	3
<i>Molophilus (Molophilus) nahuelbutanus</i>	Sólo Biobío	1,2,7	B2/CR	A	3,17
<b>Gastropoda</b>					
Acavidae					
<i>Macrocyclus peruvianus</i>	Valparaíso-Aysén	1,2,4	B2/EN	A,B,C,E	28
<b>Geophilomorpha</b>					
Geophilidae					
<i>Plateurytion metopias</i>	Sólo Los Ríos	1,2	B2/CR	C	20
<i>Plateurytion michaelseni</i>	Sólo Valparaíso	1,2	B2/CR	D	20
<i>Plateurytion zapallar</i>	Sólo Valparaíso	1,2	B2/CR	D	20
<b>Hymenoptera</b>					
Andrenidae					
<i>Liphanthus cerdai</i>	Sólo Araucanía	1,2	B2/EN	A	23
<b>Onychophora</b>					
Peripalopsidae					
<i>Paropistopathus umbrinus</i>	Sólo Valparaíso	1,2,3,4	B2/CR	D	16
<i>Metaperipatus inae</i>	Sólo Araucanía	1,2,3,4	B2/CR	A	13,1 6
<b>Opiliones</b>					
Gonyleptidae					
<i>Corralia depressa</i>	Biobío-Los Lagos	1,2,4	B1,B2/VU	A	11
<i>Fonckia contulmo</i>	Sólo Araucanía	1,2,4	A,B2/CR	A	25
Laniatores					
<i>Araucanobunus juberthiei</i>	Maule-Araucanía	1,2,4	B1,B2/VU	A	12
<b>Phasmatodea</b>					
Heteronemiidae					
<i>Paraxeropsis camousseighti</i>	Sólo Maule	1,2,4	B2/CR	B	31

Orden	Distribución	A	Criterio/ Categoría	P	Ref.
Familia					
<i>Especie</i>					
<b>Plecoptera</b>					
Glyptopterygidae					
<i>Teutoperla maulina</i>	Sólo Maule	1,2,5,7	B1,B2/EN	B	30
<b>Pulmonata</b>					
Bulimulidae					
<i>Plectostylus araucanus</i>	Biobío-Araucanía	1,2,4,7	B1,B2/EN	A	28
Veronicellidae					
<i>Phyllocaulis gayi</i>	Valparaíso-Aysén	1,2,4,7	B1,B2/EN	A,B,C,E	28
<b>Veneroida</b>					
Sphaeriidae					
<i>Pisidium chilense</i>	Biobío-Los Lagos	1,2,4,7	B1,B2/VU	A,C,E	28

\* Especie con problemas de conservación (EN) en los bosques costeros en su distribución norte que comprende la Región de Maule (Constitución) hasta la Región de La Araucanía (Cerro Ñielol, Temuco). Especie vulnerable al sur de Temuco.

‡ Actualmente clasificado por 14<sup>avo</sup> proceso de clasificación del Ministerio del Medio Ambiente.

Referencias: 1) Alaniz *et al.*, 2018; 2) Alexander, 1978a; 3) Alexander, 1978b; 4) Arias, 2004; 5) Barahona-Segovia *et al.*, 2018; 6) Barahona-Segovia, datos sin publicar; 7) Flores *et al.*, 2018; 8) González-Acuña y Guglielmone, 2005; 9) Hawkins, 2006; 10) Kohls, 1969; 11) Maury, 1992; 12) Maury, 1993; 13) Mayer, 2007; 14) Mihalca *et al.*, 2011; 15) Moore y Vidal, 2015; 16) Oliveira *et al.*, 2012; 17) Oosterbroek, 2009; 18) Paulsen, 2010; 19) Peña y Barria, 1973; 20) Pereira, 2017; 21) Rudolph y Crandall, 2007; 22) Rudolph, 2015; 23) Ruz y Vivallo, 2005; 24) Schlinger, 1973; 25) Silva *et al.*, 2013; 26) Skelley y Cekalovic, 2001; 27) Solervicens, 2005; 28) Valdovinos *et al.*, 2005; 29) Vaz-de-Mello y Halffter, 2006; 30) Vera, 2006; 31) Vera, 2011.