



**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA  
CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA**

**ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES**

**DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA Y CONSERVACIÓN DE LA  
NATURALEZA**

---

**PROSPECCIÓN FITOSANITARIA EN UN BOSQUE PURO DE  
CIPRÉS DE LA CORDILLERA (*Austrocedrus chilensis*) EN SAN  
GABRIEL, COMUNA DE SAN JOSÉ DE MAIPO, REGIÓN  
METROPOLITANA**

Memoria para optar al Título Profesional de  
Ingeniero Forestal

**VÍCTOR JORQUERA OLAVE**

Profesor Guía: Amanda I. Huerta Fuentes. Dra. Ingeniero Forestal

---

**Santiago, Chile**

**2012**



# UNIVERSIDAD DE CHILE

## FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

### ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES

#### DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA Y CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

---

### PROSPECCIÓN FITOSANITARIA EN UN BOSQUE PURO DE CIPRÉS DE LA CORDILLERA (*Austrocedrus chilensis*) EN SAN GABRIEL, COMUNA DE SAN JOSÉ DE MAIPO, REGIÓN METROPOLITANA

Memoria para optar al Título Profesional de  
Ingeniero Forestal

**VÍCTOR JORQUERA OLAVE**

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Dra. Amanda I. Huerta Fuentes		.....
Prof. Consejero Dr. Jaime E. Araya Clericus		.....
Prof. Consejero Sr. Julio Torres Cuadros		.....

## TABLA DE CONTENIDOS

	<b>Pág.</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. MATERIAL Y MÉTODO</b> .....	8
<b>2.1 ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	8
<b>2.2 MÉTODO</b> .....	11
2.2.1 Prospección de los principales problemas sanitarios y evaluación física de daños en <i>A. chilensis</i> .....	11
2.2.2.1 Síntomas generales de daño .....	11
2.2.2.2 Síntomas de daño en el follaje .....	12
2.2.2.3 Síntomas de daño en ramas.....	13
2.2.2.4 Síntomas de daño en el fuste.....	14
2.2.3 Detección e identificación de insectos.....	14
2.2.3.1 Detección de insectos.....	14
2.2.3.2 Identificación taxonómica.....	15
2.2.4 Procesamiento y análisis estadístico de la información.....	15
2.2.5 Propuestas preliminares de medidas silviculturales .....	16
<b>3.1 CARACTERIZACIÓN DE SÍNTOMAS Y DAÑOS</b> .....	17
3.1.2 Ramas .....	17
3.1.3 Follaje .....	21
3.1.4 Fuste.....	22
<b>3.2 EVALUACIÓN DE DAÑOS EN CONOS Y SEMILLAS</b> .....	23
3.2.1 Conos .....	23
3.2.2 Semillas.....	24
<b>3.3 COMPOSICIÓN DE INSECTOS ASOCIADOS A BOSQUES PUROS DE <i>A. chilensis</i></b> .....	26

<b>4. DISCUSIÓN.....</b>	<b>29</b>
<b>4.1 SOBRE LA CARACTERIZACIÓN DE SÍNTOMAS Y DAÑOS.....</b>	<b>29</b>
<b>4.2 SOBRE LA EVALUACIÓN DE CONOS Y SEMILLAS .....</b>	<b>31</b>
<b>4.3 SOBRE LOS INSECTOS ASOCIADOS AL BOSQUE DE <i>A. chilensis</i>.....</b>	<b>34</b>
<b>4.4 PROPUESTAS PRELIMINARES DE MEDIDAS SILVICULTURALES.....</b>	<b>35</b>
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>38</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>40</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>50</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1. Promedios de semillas maduras e inmaduras en conos sanos y dañados. ....	25
Cuadro 2. Porcentaje total de semillas maduras-sanas, maduras-dañadas e inmaduras. ....	25
Cuadro 3. Composición de insectos asociados a bosques puros de <i>A. chilensis</i> , método de captura, alimentación, origen y fechas de captura. ....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Distribución geográfica de <i>A. chilensis</i> en Chile.....	9
Figura 2. Imagen satelital con relieve del bosque de <i>A. chilensis</i> en San Gabriel .....	10
Figura 3. Patrones de defoliación de <i>A. chilensis</i> .....	13
Figura 4. División visual del árbol.....	13
Figura 5. Porcentajes promedio ( $\pm$ EE) de A: Síntomas generales presentes en los individuos, y B: Estado de vigor de los árboles.....	17
Figura 6. Porcentajes promedio ( $\pm$ EE) de presencia de agallas o tumores en los tercios de copa .....	19
Figura 7. Porcentajes promedio ( $\pm$ EE) de presencia de hinchazones en los tercios de copa .....	19
Figura 8. Porcentajes promedio ( $\pm$ EE) de presencia de nudos en los tercios de copa. ....	20
Figura 9. Porcentajes promedio ( $\pm$ EE) de presencia de escoba de bruja en los tercios de copa .....	20
Figura 10. Porcentajes promedio ( $\pm$ EE) de presencia de canchales en los tercios de copa ....	21
Figura 11. Porcentajes promedio ( $\pm$ EE) de A: Nivel de clorosis de los individuos, B: Nivel de defoliación de los árboles, C: Patrón de defoliación de los individuos, y D: Evidencia física presente en los árboles.....	22
Figura 12. Porcentajes promedio ( $\pm$ EE) de A: Síntomas y signos de daño presente en los árboles, B: Números de canchales presentes en los individuos.....	23
Figura 13. Porcentajes de conos maduros e inmaduros por estado de sanidad.....	24
Figura 14. Porcentajes promedio ( $\pm$ EE) de A: Números de perforaciones presentes en los conos, y B: Tipo de perforaciones en los conos.....	24

Figura 15. Porcentajes promedio ( $\pm$  EE) de A: Estado de madurez de semilla proveniente de conos sanos, y B: Tipo de semilla proveniente de conos dañados.....25

## RESUMEN

Este estudio entrega un registro de los principales problemas sanitarios, evaluación física del daño y sus principales agentes causales, de un bosque puro de ciprés de la cordillera, *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Serm. et Bizarri (Cupressaceae), en San Gabriel, Región Metropolitana; además de identificar la fauna entomológica asociada y entregar propuestas preliminares de medidas silviculturales. El área de estudio fue un bosque puro, ralo y de sitio xérico, bajo la influencia de diversos factores de origen natural y antrópico. Se evaluaron síntomas, signos y daños en la población natural de *A. chilensis*, mediante un muestreo de 50 árboles, bajo la metodología de líneas de muestreo de 10 árboles cada una, con 5 repeticiones, y una intensidad de 5 cada 1.000 árboles. Para la colecta e identificación de los insectos se utilizaron trampas entomológicas y se hicieron prospecciones al azar en enero y febrero de 2011. También se colectaron conos con distinta orientación en copas de árboles al azar a alturas variables, para el análisis de conos y semillas. En general, los árboles presentaron un buen estado de vigor y los síntomas generales más importantes fueron daño mecánico y espiralamiento. En las ramas el problema fitosanitario más importante fue la escoba de bruja, mientras que en el follaje fue una clorosis y defoliación leve, y en el fuste la presencia de canchales y resinación. Se registró 49% de consumo de las semillas maduras, probablemente por larvas de *Nanodacna austrocedrella* (Laundry & Adamski) (Lepidoptera: Agonoxenidae); además se identificó un total de 35 especies de insectos asociados a bosques puros de ciprés de la cordillera. Debido a que el principal problema del bosque en San Gabriel es la escasa regeneración, como medidas silviculturales se propone aumentar la presencia de especies arbustivas nativas, instalar o reparar cercos de los límites del predio, manejo arbustivo, y el control de la población del microlepidóptero que consume las semillas de *A. chilensis*.

**Palabras clave:** *Austrocedrus chilensis*, insectos, síntomas de daño, evaluación de daño.



## SUMMARY

This study provides a registry of the main plant health problems, with a physical evaluation of damage and their main causing agents, of a pure stand of Andean cypress *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Serm. *et* Bizarri (Cupressaceae), in San Gabriel, Metropolitan Region, central Chile. It also identifies the associated entomological fauna, and provides preliminary forest management proposals. The study area was a pure, sparse stand on a xeric site, under the influence of diverse natural and anthropogenic factors. Symptoms, signs, and damage were evaluated on the natural stand of *A. chilensis*, sampling 50 trees, with the methodology of sampling lines with 10 trees each, with 5 replicates, and an intensity of 5 every 1000 trees. Entomological traps were used to collect and identify the insects, in random surveys in January and February of 2011. Cones having diverse orientation were also collected randomly and at variable height on the canopies, for the analysis of cones and seeds. In general, the trees presented a good vigor condition, and the most important general symptoms were mechanical damage and spiraling. On the branches, the most important health problem was witches broom, while in the foliage, chlorosis and slight defoliation, and on the trunks cankers and resination. A 49% of the seeds were consumed, probably by larvae of *Nanodacna austrocedrella* (Laundry & Adamski) (Lepidoptera: Agonoxenidae); also, 35 species of insects associated to pure stands of the Andean cypress were identified. As the main problem of the forest at San Gabriel is the scarce regeneration, forestry management proposals are provided, consisting of an increase in native shrub species, to install or repair edge fences, shrub management, and population control of the microlepidopteran that consumes the seed of *A. chilensis*.

**Key words:** *Austrocedrus chilensis*, insects, damage symptoms, damage assessment.

## 1. INTRODUCCIÓN

El ciprés de la cordillera, *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Serm. *et* Bizarri (Cupressaceae), es una especie endémica de la región septentrional de los bosques andino-patagónicos y subantárticos del cono sur de América que se extienden principalmente sobre los faldeos de la Cordillera de Los Andes, en la región austral de Chile y Argentina (Rovere, 1999; Rodríguez, 2004).

*Austrocedrus chilensis*, una de las coníferas con más amplio rango de distribución latitudinal, es la única representante de su género, y en Chile conforma el tipo forestal Ciprés de la Cordillera, que cuenta en la Cordillera de los Andes con una distribución discontinua a lo largo de 1.210 km, desde el Cerro Tabaco hasta la Zona de Alto Palena (Rodríguez, 2004), presentándose mayoritariamente en poblaciones aisladas de densidad media, y formando en ocasiones bosques puros (Rodríguez, 2004; Donoso *et al.*, 2006).

En su ambiente natural, esta conífera nativa prefiere áreas montañosas, aprovechando las laderas rocosas de pendientes pronunciadas, en suelos derivados de cenizas volcánicas o directamente sobre escorias y lavas, donde tiende a formar pequeños bosquetes poco densos (Rodríguez, 2004). El ciprés de la cordillera es una especie de comportamiento poco definido ya que forma parte de variadas formaciones vegetales, asociándose a diversas especies que tienen por única relación su ubicación en ambientes andinos (Benoit, 1987; Rodríguez, 2004).

El tipo forestal Ciprés de la Cordillera, según el catastro de bosque nativo de 1999, ocupa una superficie de 44.662 ha, que corresponde a un 0,3% del total de bosque nativo existente en Chile. Cabe destacar que de la superficie total, en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) sólo están representadas 2.866 ha, *i.e.* un escaso 6,4% de este tipo forestal (CONAF *et al.*, 1999). En 2001 esta especie fue catalogada como vulnerable por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (UICN, 2001), mientras que en Chile, según la Comisión Nacional del Medioambiente (CONAMA), se encuentra en la categoría de conservación “Fuera de Peligro” (CONAMA, 2011).

*Austrocedrus chilensis* es un árbol siempreverde de hábito piramidal, con copa compacta, habitualmente limpio de ramas en las dos terceras partes de su longitud; su tronco fluctúa entre 1 y 2 m de diámetro y puede alcanzar hasta 25 m de altura. Posee ramas ascendentes densas con ramillas comprimidas amarillento-verdosas, con hojas pequeñas, persistentes, escumiformes, imbricadas, opuestas como escamas, las laterales de 2-3 mm de longitud, borde aquillado o agudo; mientras que las ventrales son triangulares, menores, usualmente con bandas blancas por el envés. El tronco presenta una corteza gruesa, áspera o rugosa, de color pardo en los árboles adultos y gris ceniciento en los jóvenes (Serra *et al.*, 1986; Rodríguez, 2004). Posee inflorescencia en conos, los masculinos solitarios y terminales, los femeninos ovoides, de 1 a 1,5 cm de longitud y 5 a 7 mm de ancho, compuestos de dos pares de escamas valvadas y opuestas, coriáceas y con una espina dorsal corta; el par inferior es más pequeño y estéril, mientras que el superior es fértil, con dos óvulos por escama; la floración transcurre entre octubre y noviembre (Rodríguez y Quezada, 1995).

Las semillas son dos por bráctea, amarillentas; cuentan con un ala membranácea unilateral obtusa, y maduran entre febrero y marzo (Rodríguez, 2004). Corresponde a un género monotípico formado por una sola especie. Se han reportado longevidades de 500 a 1300 años (CONAMA, 2010).

*Austrocedrus chilensis* es la conífera nativa de mayor distribución en Chile, y ocupa el límite septentrional de la distribución de coníferas en el país. Según Hechenleitner *et al.* (2005), esta especie representaría en Chile el 25% de su población total, ya que su distribución también abarca el sur de Argentina, donde es más abundante. En la Cordillera de la Costa se presenta de forma esporádica en subpoblaciones dispersas, desde la Región del Biobío (37°30'S) hasta la de Los Ríos (40°20'S), en un rango altitudinal de 100 a 500 msnm. Mientras tanto, en la Cordillera de los Andes se presenta en subpoblaciones disjuntas desde la Región de Valparaíso (32°39'S) a la de Los Lagos (43°38'S), desde los 250 a los 2.200 msnm (Rodríguez, 2004; Hechenleitner *et al.*, 2005).

Los bosques de *A. chilensis* representan un recurso económico importante, tanto por su madera de alta calidad y buena forma, como por su rol ambiental y paisajístico (Rodríguez, 2004). A pesar de su extensa distribución, en la actualidad el área de ocupación es muy reducida y se estima en 450 km<sup>2</sup>, por la importante disminución histórica a que ha sido sometida la especie, debido principalmente (en Chile central) a la explotación forestal, la acción del fuego y el pastoreo de ganado que afecta su regeneración (Hechenleitner *et al.* 2005; CONAMA, 2010).

*Austrocedrus chilensis* se desarrolla en un área de heterogeneidad ambiental alta, donde se mezclan procesos orográficos, glaciarios y volcánicos, donde cuenta con la capacidad de desarrollarse en suelos disímiles (La Manna, 2005). Puede colonizar suelos muy pobres como también establecerse en otros de mejor calidad, planos, arcillosos y pocos profundos, y se desarrolla incluso en terrenos de pendiente fuerte sobre sustrato rocoso, por lo que se le considera una especie rústica (Rodríguez *et al.*, 1983; Donoso, 1993; Rodríguez, 2004; CONAMA, 2010). Esta especie presenta un comportamiento ubicuo, puesto que participa de numerosas formaciones vegetales de carácter andino en un rango de 200 a 2000 msnm, desde estepas hasta bosques (Donoso, 1993). Sus poblaciones presentan un patrón discontinuo, especialmente en el extremo norte de su distribución latitudinal (Le Quesne, 1999). *A. chilensis* se desarrolla en cinco climas: Polar Alpino de Tundra, Mediterráneo Frío, Mediterráneo Temperado, Marino Húmedo Patagónico y Mediterráneo Marino. Los rangos de temperatura mínima tolerados por la especie son de -3,2 a 4,0°C, y máxima entre 6,0 y 30,8°C, con una media de 11,0°C. Las precipitaciones varían entre 323,8 y 2.555,2 mm anuales en el área de su distribución (Del Fierro y Pancel, 1998).

*Austrocedrus chilensis* es resistente a la sequía y a la acción del viento (si bien éste le causa deformaciones), y aunque en ocasiones se le encuentra creciendo bajo dosel de bosque caducifolio, su comportamiento habitual es el de una especie intolerante a la sombra (Donoso, 1993). Esta especie ocupa generalmente ambientes cordilleranos en la sección superior de las cuencas hidrográficas, donde existen afloramientos rocosos. A una altitud menor, es posible encontrar ocasionalmente ejemplares dispersos a través de las riberas

escarpadas de cursos fluviales. De igual forma, existen bosquetes remanentes de esta especie sobre suelos erosionados en el linde este del valle longitudinal (Le Quesne, 1999).

En la zona norte de su distribución, en la mayoría de los casos se establece en laderas con exposición sur, en valles abrigados en los aluvios rocosos de los cauces, ocupando ambientes xéricos sobre terrenos escarpados con sustrato rocoso (Serra, 1987; Villagrán *et al.*, 1998; Rodríguez, 2004), y entre los 900 a 1600 msnm, se asocia con especies del tipo forestal esclerófilo, como peumo, *Cryptocarya alba* (Molina) Looser, bollén, *Kageneckia oblonga* Ruiz *et Pav.*, litre, *Lithraea caustica* (Molina) Hook. *et Arn.*, y quillay, *Quillaja saponaria* Molina (Hechenleitner *et al.*, 2005). En Chile central es frecuente que forme rodales relativamente extensos en asociación con roble, *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. (CONAMA, 2010). En la Cordillera de la Costa, en ocasiones se asocia a otra conífera, el mañío de hojas largas, *Podocarpus salignus* D. Don (Hechenleitner *et al.*, 2005). También es habitual hallar esta especie en las orillas rocosas de cursos de agua, asociándose con lleuque, *Prumnopitys andina* (Poepp. *et Endl.*) de Laub. Generalmente, los rodales puros se encuentran en el límite altitudinal de la Cordillera de los Andes. Asimismo, en el extremo norte de su distribución latitudinal se encuentran poblaciones relictas de superficie reducida, aisladas entre sí, ubicadas en la frontera de un gradiente altitudinal de aridez (Le Quesne, 1999; CONAMA, 2010). *A. chilensis* conforma el Tipo Forestal Ciprés de la Cordillera cuando el rodal posee a lo menos 40 individuos/ha, siendo cada uno mayor a 2 m de altura (Donoso, 1993).

Veblen y Lorenz (1987) señalan que *A. chilensis* presenta una dinámica regenerativa cuando el dosel superior se abre debido a caída de árboles. En el caso de espacios abiertos de sitios mésicos, que han sido habilitados para la ganadería por medio del fuego, la especie cuenta con la capacidad de recolonizar masivamente. Una vez acontecida la regeneración en estos sitios, *A. chilensis* desarrolla el carácter de intolerante a la sombra, por lo que necesita perturbaciones exógenas para activar la regeneración en el bosque. Por otro lado, en poblaciones abiertas de zonas xéricas, la especie presenta una dinámica de regeneración intermitente, influenciada por la interacción de variables climáticas, fuego y pastoreo (Kitzberger, 1994; Veblen *et al.* 1995). En el caso particular de zonas xéricas, el establecimiento de las plántulas y su supervivencia posterior parece depender fuertemente de las condiciones climáticas, y para que se incentive la regeneración se requieren períodos prolongados donde prevalezcan condiciones frías y húmedas (de una década o más). Sin embargo, sólo se necesitan breves períodos de sequías severas (uno o dos años) para que el crecimiento cese y se produzca mortalidad en la población, la cual afecta incluso a árboles adultos (Villalba, 1995; Villalba y Veblen, 1997; Villalba y Veblen, 1998).

A nivel de micro-sitio, las especies arbustivas acompañantes parecen generar un efecto nodriza, favoreciendo la germinación y establecimiento de *A. chilensis*, puesto que los matorrales confieren protección frente al ramoneo del ganado y además aportan condiciones de sombra que contrarrestan la desecación, efecto que adquiere una connotación mayor en los períodos de sequía severa (Kitzberger, 1994; Veblen *et al.* 1995).

En lo concerniente al aspecto fitosanitario de *A. chilensis*, sus principales problemas de plantas parásitas vasculares son los siguientes:

- *Misodendrum gayanum* Van Tiegh. (Santalales: Misodendra), (Injerto). Pequeño arbusto ramificado hemiparasítico, con ramas nuevas amarillas, verdes o rojizas, cubiertas de verrugas (Godoy *et al.*, 2002).
- *Misodendrum punctulatum* Banks ex DC. (Santalales: Misodendraceae), (Payún). Subarbusto hemiparásito muy pequeño (10 a 30 cm), con ramillas delgadas y frágiles, verrugosas y punteadas, amarillentas que luego cambian a castaño rojizo. Suele producir daños serios si la infestación es masiva (Godoy *et al.*, 2002).

Los principales insectos perjudiciales son los siguientes:

- *Anthaxia concinna* (Mannerheim) (Coleoptera: Buprestidae). Insecto barrenador que se establece en madera muerta o enferma, en estado avanzado de pudrición (Havrylenko y Winterhalter, 1949). Es frecuente encontrarlo sobre *A. chilensis* en la parte interna de la corteza, entre cambium y floema, en individuos que se encuentran en las etapas finales del Mal del Ciprés (Rajchenberg y Gómez, 2005).
- *Chileulia stalactitis* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae). Al emerger los adultos a fines de verano u otoño, depositan sus huevos en la base de las hojas. Las larvas se establecen en el follaje, dentro y fuera del cono, y fruto (uniéndolos con telilla); destruyen las semillas al alimentarse y pupan en cualquiera de estos sitios (Rajchenberg y Gómez, 2005).
- *Cinara tujafilina* (Del Guercio) (Hemiptera: Aphidae). Áfido que puede formar colonias numerosas y densas. En primavera coloniza la corteza de ramas jóvenes, a menudo en su base o sobre los tejidos dañados; las colonias pueden también colonizar las raíces (Delfino y Binazzi, 2002).
- *Cinara cupressi* (Buckton) (Hemiptera: Aphidae). Áfido con gran capacidad de establecerse fuera de su rango natural de distribución, es considerado entre las 100 especies invasoras más dañinas del mundo (Baldini *et al.*, 2008). Afecta a la familia Cupressaceae, especialmente *A. chilensis*, en la que causa decoloración, defoliación y muerte, tanto por su alimentación como por efectos secundarios (Peña y Altmann, 2009).
- *Nanodacna austrocedrella* (Landry & Adamski) (Lepidoptera: Agonoxenidae). Microlepidóptero cuyas larvas infestan y consumen conos y semillas de *A. chilensis*. Los daños por este insecto se reportaron desde 1995 en Argentina pero fue identificado recién en 1997 por Gomez y Klasmer (Landry y Adamski, 2004) y descrito como nueva especie en 2004 por Landry y Adamski. Esta especie aún no se ha detectado en Chile, aunque se han observado daños en conos y frutos en poblaciones de *A. chilensis* que presentan características similares a las ocasionadas por este insecto (Becker, 2010).
- *Nyctelia* sp. (Coleoptera: Tenebrionidae). Individuos barrenadores, cuyos adultos producen el anillamiento de la planta al alimentarse a la altura del cuello

(Rajchenberg y Gómez, 2005). Kitzberger *et al.* (2000) reportaron este tipo de daño en plántulas recién germinadas, causando una mortalidad de hasta 100% en la regeneración.

- *Polycaon chilensis* (Erichson) (Coleoptera: Bostrichidae). Las larvas hacen galerías en la madera seca, las que quedan taponadas con aserrín y excremento. Las galerías no se distinguen desde el exterior, salvo que el daño sea sucesivo y la superficie quede con abundantes orificios. La madera dañada pierde propiedades mecánicas, hasta colapsar (Artigas, 1994).
- *Sericoides glacialis* (F.) (Coleoptera: Scarabaeidae). Las larvas de esta especie se alimentan de raíces. Presenta un ciclo de vida de 3 años. Se le considera dominante en los bosques de *A. chilensis* en Isla Victoria, Argentina (Rajchenberg y Gómez, 2005).

En un estudio de caracterización fitosanitaria de *A. chilensis* en Sierras de Bellavista, Región del Libertador Bernardo O'Higgins, Becker (2010) identificó un total de 31 especies de insectos asociados a dos poblaciones mixtas de *A. chilensis*, junto a pino insigne, *Pinus radiata* D. Don, y roble de Santiago, *Nothofagus macrocarpa* (A.DC.) F.M. Vázquez & R.A. Rodr., respectivamente (Anexo 1).

Los principales problemas de patógenos sobre *A. chilensis* son:

- *Phytophthora austrocedrae* (Greslebin). Es un patógeno primario para *A. chilensis*, y según la evidencia que existe a la fecha, es el causante del "mal del Ciprés" (Greslebin y Hansen, 2007). Afecta al cambium y floema de raíces y fustes, donde causa lesiones necróticas marrones bajo la corteza, que derivan en el deceso y pudrición de las raíces principales, y finalmente la muerte en pie del individuo (Greslebin y Hansen, 2007; Greslebin *et al.*, 2007). La sintomatología descrita para la enfermedad es exudación basal de resina, clorosis, disminución de crecimiento radial del árbol y defoliación (Greslebin y Hansen, 2009).
- Otros agentes patógenos y parasitoides, mencionados para *A. chilensis* son: *Mikrogenia alba* Oehrens et Peterson (Uredinales: Mikronegeriaceae; Roya blanca); *Seridium cardinale* (Wag.) Sutt *et* Gibs. (Xylares: Amphisphaeraceae); *Appendiculella austrocedri* Butin (Meliolales: Meloliaceae), *Lophodermium* sp. (Rhystismateles: Rhystismataceae), *Postia dissecta* (Lév.) Rajchenb. (Polyporales: Polyporaceae) y *Coniophora arida* (Fr.) P. Karst. (Boletales: Coniophoraceae (Peterson y Oehrens, 1978; Butin y Peredo, 1986; Rajchenberg y Gómez, 2005).

Con el fin de diagnosticar el estado sanitario de un bosque es preciso iniciar un programa de protección y se debe empezar con prospecciones en terreno. Estas actividades operacionales pueden ser terrestres, aéreas y/o mediante sensores remotos, y constituyen una herramienta de diagnóstico fundamental para el desarrollo operativo de los planes de manejo forestal. La elección del método de prospección depende de la posibilidad de diagnóstico de los agentes de daño, la importancia del daño sobre el recurso forestal, la superficie objetivo, la necesidad de información fidedigna, los tiempos pactados y la

capacidad de financiamiento. Durante esta etapa se incluye la detección fitosanitaria, actividad donde se descubren los daños de los individuos en una etapa dada de infestación, en un brote de plaga o un foco de daño, y se estima la cantidad de deterioro o pérdida que han generado los agentes causales. Las prospecciones terrestres contemplan la identificación del agente dañino, sus signos, síntomas de daño y la ubicación en el sector, rodal o individuo dentro del bosque (Cogollor, 2002).

Luego sigue la etapa de evaluación, donde el propósito es evaluar el impacto ecológico, económico y/o sociológico de los agentes de daño sobre los recursos forestales, para finalmente determinar la necesidad de control, si se tratase de una plaga (Coulson y Witter, 1990; Cogollor, 2002). Un manejo sanitario efectivo de los ecosistemas forestales depende de la detección temprana del agente de daño. En ocasiones, el conocimiento de que un determinado problema fitosanitario no presenta una amenaza fuerte evitará tratamientos caros e innecesarios. En caso contrario, la identificación de un problema de importancia, o reconocimiento de sintomatología de un tipo previamente desconocida, facilitará el manejo fitosanitario en una etapa temprana y evitará pérdidas significativas del patrimonio forestal (Boa, 2008).

De igual forma como sucede con otros fenómenos biológicos, el concepto de enfermedad en árboles no se puede definir ni delimitar fácilmente, puesto que en ocasiones no es posible diferenciar entre una planta sana (normal) y otra enferma (anormal) (Le Quesne, 2002). Las plantas presentan una enfermedad cuando una o varias de sus funciones se encuentran alteradas, ya sea por organismos patógenos o por condiciones específicas del medio ambiente. Lo anterior, partiendo de la premisa que una planta se encuentra sana o normal, cuando lleva a cabo sus funciones fisiológicas hasta donde le permite su potencial genético. Por lo tanto, una enfermedad es el mal funcionamiento de células y tejidos en la planta hospedante debido a que se encuentra sometida al efecto continuo de un organismo patógeno o factor ambiental, y que origina la aparición de síntomas (Agrios, 1996).

Los síntomas corresponden a los cambios histológicos evidentes producidos en la planta hospedante y que han sido originados por su reacción frente al agente que le causa enfermedad. Algunos ejemplos de síntomas son: pudriciones, canchales, manchas foliares, entre otros (Agrios, 1996). Por otro lado, "daño" se refiere a la expresión física de la perturbación provocada por el agente, ya sea éste de naturaleza biótica o abiótica, y puede referirse desde un individuo o partes de éste, hasta rodales y ecosistemas forestales completos (Le Quesne, 2002). El término "daño" se usa para interpretar el impacto del agente en cuestión mediante un sistema de escala de valores (Coulson y Witter, 1990).

Por su parte, el término "plaga" se refiere a una denominación antropocéntrica que se da al incremento poblacional de ciertos organismos cuando afectan de manera adversa valores ecológicos, económicos o sociales relacionados con los individuos y ecosistemas forestales, no teniendo asidero en los principios de la ecología (Coulson y Witter, 1990; Le Quesne, 2002). El impacto ecológico puede interpretarse de dos formas, considerando la primera, sólo la funcionalidad de los insectos en los árboles, comunidades vegetales y ecosistemas forestales; y la segunda las funciones de los insectos fitófagos y también los efectos producidos por la interacción con el hospedante, en un sistema de valorización. El impacto

económico se define como el efecto de los diversos agentes de daño en la plusvalía de la producción de bienes y servicios de los terrenos forestales. Por último, el impacto sociológico corresponde a los efectos de los insectos en los valores estéticos, morales y metafísicos relacionados con los ecosistemas forestales. Aunque es difícil expresar los impactos sociales cuantitativamente, éstos representan una categoría de impacto de importancia para muchos usuarios de los bosques (Coulson y Witter, 1990).

Es conveniente hacer la distinción entre plagas primarias y secundarias. Las primeras afectan primordial y principalmente la salud de un árbol. Las plagas secundarias tienen una injerencia menor en el individuo hospedante, y generalmente afectan árboles que han sido debilitados previamente por un factor negativo predisponente. En general, el impacto de las plagas sobre individuos o ecosistemas forestales aumenta por diversos factores que generan un debilitamiento del vigor de los árboles y por lo tanto, una disminución en la resistencia contra el organismo patógeno; *e.g.*, anegamiento, deficiencia de nutrientes, incendios, sequías (Boa, 2008).

A pesar de los conocimientos generales con que se cuenta sobre *A. chilensis* en la actualidad, hay escaso material con información detallada sobre plagas y enfermedades en diversos ambientes y conformaciones, siendo lo anterior no sólo para la especie en estudio sino para la generalidad de la flora nativa. Por ello resulta imperativo incrementar, mejorar y actualizar el conocimiento sobre las especies nativas que existen en el país, acción fundamental si se desea cumplir con la Estrategia Nacional de Biodiversidad declarada por el estado chileno, donde dos de sus ocho líneas estratégicas se refieren a "asegurar la preservación de especies y patrimonio genético" y "fortalecer y coordinar la investigación que permita mejorar el conocimiento sobre la conservación y uso sustentable de la biodiversidad", respectivamente (CONAMA, 2003). En relación a esto, se debe tener en cuenta la escasa superficie natural y aislamiento de los bosques de *A. chilensis* (especialmente en el límite norte de su distribución), su porcentaje exiguo de participación en el SNASPE, la presión antrópica constante que sufren y el hecho de tratarse de una especie endémica de Sudamérica y única en su género.

Dada la situación expuesta, y bajo los instrumentos de fomento respectivos, la presente memoria tiene por objetivo principal caracterizar el estado fitosanitario y fauna entomológica asociada de un bosque relicto puro de *A. chilensis*, ubicado en la localidad de San Gabriel, comuna de San José de Maipo, Región Metropolitana. Mientras que como objetivos específicos se plantean:

- Prospeccionar los principales problemas sanitarios que presenta *A. chilensis* en el sector de estudio y evaluar físicamente su intensidad de daño.
- Detectar e identificar la fauna entomológica asociada a formaciones puras de Ciprés de la Cordillera en el sector de estudio.



## 2. MATERIAL Y MÉTODO

### 2.1 ÁREA DE ESTUDIO

El sitio de estudio se ubicó en el sector Los Rodados, localidad de San Gabriel, comuna de San José de Maipo, perteneciente a la Región Metropolitana (Figura 1). Según la clasificación de Rivas-Martínez (2005), esta área corresponde al bioclima mediterráneo pluviestacional. El clima mediterráneo se identifica por una fuerte estacionalidad de ombroclima y termoclima durante el año, con precipitaciones invernales concentradas en el trimestre más frío. Mientras que en los meses estivales existe sequía, especialmente en el trimestre más cálido, y se presenta al menos en dos meses consecutivos (Rivas-Martínez, 1993; 2004).

En el clima mediterráneo se produce una fuerte variación en el sentido longitudinal, efecto relacionado con el biombo climático de las cordilleras, que determina un aumento importante de la precipitación en las laderas occidentales de las cordilleras y una disminución en las laderas de sotavento y en la Depresión Central. Del mismo modo, este efecto se observa en las temperaturas, que son más contrastadas en la Depresión Central y laderas orientales (Donoso, 1993).

La precipitación media anual varía desde 500 a 1.000 mm (registros de la estación pluviométrica San Gabriel, con registros hasta 2006), concentrados entre mayo y agosto; existiendo además un marcado período de aridez desde diciembre a marzo (Cabrera, 2008). La estación meteorológica Laguna Negra registró durante el periodo 2010/2011 una temperatura media promedio anual de 6°C, con una mínima y máxima promedio en invierno de -5,1 y 5,9°C, respectivamente; mientras que en verano se registró una temperatura promedio mínima de 5,9°C y una máxima de 15,3°C (DGA, 2011).

Según las unidades cartográficas establecidas por Luzio y Alcayaga (1992), el presente estudio se situó dentro de la agrupación de suelos de la Cordillera de Los Andes que se extiende entre las regiones de Valparaíso y La Araucanía. Esta agrupación comprende los órdenes Entisoles, Inceptisoles y Andisoles, con predominio del primero. Este tipo de suelos deriva de materiales volcánicos vítreos y de texturas gruesas. Específicamente, los suelos de la zona de estudio son esqueléticos, sobre afloramiento rocoso, típicos de la sección superior (o alta cordillera) de la cuenca del Maipo; no son favorables a la acumulación y transmisión de aguas subterráneas, y permiten una infiltración escasa a baja profundidad. Hay presencia de erosión sobre las laderas escarpadas, y arrastre de material rocoso hacia los lechos fluviales (MOP, 2004).

En base a información recabada en terreno, el sector de estudio presenta una pendiente promedio de 49%. Este bosque se encuentra a una altitud promedio de 1.600 msnm en una ladera de exposición sur. La densidad aproximada es de 60 árboles/ha, con un DAP promedio de 23,6 cm y una altura promedio de 3,4 m, existiendo numerosos ejemplares multifustales. Le Quesne (1999) señala que en el área donde se ubica el bosque puro de *A. chilensis* en San Gabriel se encuentran pendientes en un rango de 25-80%, una densidad

promedio de 43 árboles/ha, un DAP promedio de  $28,3 \pm 14,1$  cm, una altura media de  $4,0 \pm 1,5$  m y un área basal de  $4,6 \text{ m}^2/\text{ha}$ .

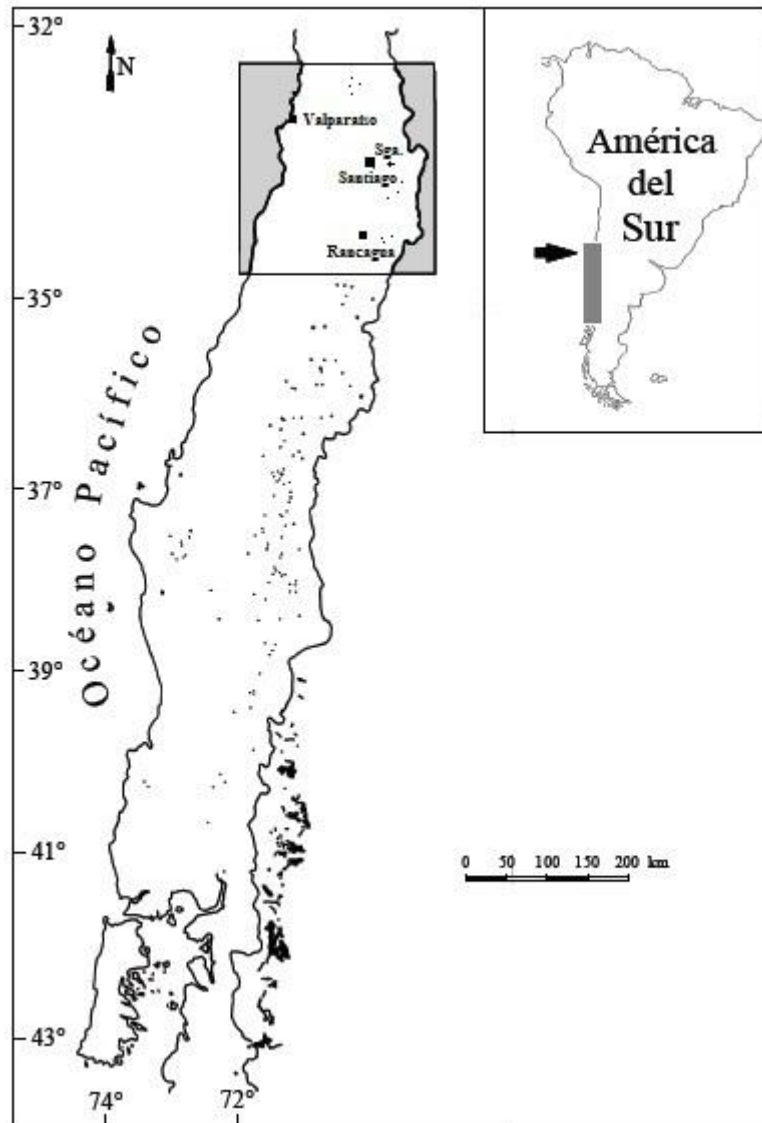


Figura 1. Distribución geográfica de *A. chilensis* en Chile. En la región mediterránea de Chile central se indica el sitio de estudio: Sga. (San Gabriel). Los sitios de presencia de la especie se señalan con puntos (Le Quesne, 1999).

Los árboles ocupan el límite altitudinal de la distribución arbórea y crecen dispersos sobre un escarpe rocoso, protegidos de la radiación solar directa por paredes verticales de granito orientadas hacia el sur (Figura 2), produciéndose esta situación en determinados sectores, lo que restringe el área disponible de asentamiento. Los individuos presentan una edad mínima promedio de  $210 \pm 145$  años, siendo un 36% monofustales, 16% bifustales y 48% multifustales. El bosque señala evidente intervención antrópica manifestada a través de tocones (debido a la cercanía a asentamientos urbanos y buenas vías de acceso), que se

puede considerarse de importancia debido al valor de área basal: 2,9 m<sup>2</sup>/ha, reafirma lo anterior el hecho que los patrones de crecimiento de los árboles muestran frecuentemente el impacto de cortas extractivas, fuegos y pastoreo de ganado. En San Gabriel los individuos crecen en un patrón espacial agrupado entre 12 y 21 m, mientras que a distancias mayores la distribución de los árboles se torna aleatoria. Existe además, una muy baja densidad de plántulas, característico de *A. chilensis* en sitios de distribución en su extremo norte, ubicándose éstas sobre fisuras del sustrato rocoso (Le Quesne, 1999). Por todas las condiciones señaladas, el bosque de San Gabriel se puede clasificar como de sitio xérico, y representa el extremo oriental de distribución de la especie en Sur América (Pastorino *et al.*, 2006).

Es de importancia mencionar que según el artículo 2 de la ley 20.283 "Ley sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal" (MINAGRI, 2008), la población de *A. chilensis* en San Gabriel puede ser clasificada como un bosque, ya que se comprobó en SIG, que posee una superficie de ocupación sobre 0,5 ha (con ancho mayor a 40 m), y una cobertura de copas superior al porcentaje establecido en dicha legislación.



Figura 2. Imagen satelital con relieve del bosque de *A. chilensis* en San Gabriel (Google Earth, 2010).

## **2.2 MÉTODO**

### **2.2.1 Prospección de los principales problemas sanitarios y evaluación física de daños en *A. chilensis***

La medición de parámetros se orientó hacia los principales problemas fitosanitarios detectados previamente en los ejemplares de *A. chilensis* del bosque relicto. En el terreno se siguió la metodología por conglomerados (Taucher, 1999), que traza líneas de muestreo, donde se realizan observaciones directas, mediciones y fotos de un total de 50 árboles, bajo una intensidad de 5 cada 1.000 individuos. La intensidad ocupada considera el tiempo requerido para hacer el muestreo y también el objetivo de abarcar la mayor cantidad de información acumulando el mínimo error (Becker, 2010). Las líneas de muestreo se efectuaron avanzando en dirección contraria a la pendiente, para que la información de la población en estudio fuese lo más fidedigna posible. La toma de datos se aplicó a muestras de 10 árboles por línea, efectuando 5 repeticiones, para el posterior análisis estadístico de los resultados.

El estado fitosanitario se caracterizó según el trabajo de Boa (2008) para la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la “Guía Ilustrada sobre el Estado de Salud de los Árboles”, que se usó para el reconocimiento e interpretación de síntomas y daños. En base a esta guía, a la memoria de Becker (2010) y otras referencias bibliográficas, se construyó un formulario de detección de signos, síntomas y daños (Anexo 2), el cual facilitó el registro de síntomas y daños que afectan a *A. chilensis*. Estos antecedentes se registraron durante enero y febrero de 2011.

### **2.2.2 Detección de síntomas y daños por hemisferio**

En el formulario (Anexo 2) se identificó cada individuo con un número, y además se tomó una fotografía con la misma información. Para cada individuo se registraron las coordenadas UTM, altitud (msnm), exposición y estado de desarrollo del árbol. En cada hemisferio de daño (ramas, follaje, y fuste), se registró la presencia de síntomas y daños generales, además de los específicos para cada agente causal. En algunos agentes se midió su grado o intensidad de incidencia sobre el árbol, y se establecieron patrones de defoliación, categorías y porcentajes de daño por hemisferio, para su evaluación física y/o biológica. En el apartado sobre evidencia física, se comprobó su presencia, y según fue necesario se aplicaron estimaciones numéricas que permitiesen medir la intensidad del agente sobre los hemisferios. Sobre lo anterior, se describieron aspectos generales del individuo, tales como malformaciones, deterioro, muerte regresiva y origen de daño, además de observaciones sobre el estado de vigor del ejemplar, entre otros.

#### **2.2.2.1 Síntomas generales de daño**

En el formulario se incluyeron síntomas que se pueden apreciar visualmente en el árbol a nivel general, como espiralamiento, efecto bandera, malformaciones, deterioro, muerte regresiva, daño mecánico, daño climático, daño por incendio y estado de vigor.

El estado de vigor se define como una apreciación general de la vitalidad de un individuo, y por lo tanto de su estado fitosanitario (Rajchenberg y Cwielong, 1993; Boa, 2008; Floria y Greslebin, 2009). En este estudio se definió el estado de vigor según un conjunto de variables que permiten indicar cualitativamente el desempeño fisiológico y desarrollo estructural del árbol, agrupadas en las siguientes categorías:

- Bueno: Presenta un desempeño fisiológico y apariencia normales.
- Malo: Presenta uno o más síntomas y/o signos de daños que afectan parcialmente su desempeño fisiológico y/o apariencia.
- Muy malo: Presenta uno o más síntomas y/o signos de daño que afectan completamente su desempeño fisiológico y apariencia.

#### 2.2.2.2 Síntomas de daño en el follaje

Las categorías para la caracterización cualitativa del nivel de clorosis (amarillamiento del follaje), se seleccionaron según el trabajo de Holmgren (2006) sobre *A. chilensis*, siendo las siguientes:

- Clorosis leve: Ramillas verde ceniciento y/o algunas ramillas amarillas.
- Clorosis fuerte: Ramillas amarillas y café en algunos sectores de la copa.
- Clorosis severa: Abundantes ramillas cafés en toda la copa.

Para la caracterización de defoliación se consideró la intensidad y el patrón de defoliación. El nivel de intensidad se estableció como un rango porcentual de defoliación, según el estudio sobre *A. chilensis* de Rajchenberg y Cwielong (1993), en cinco niveles, que corresponden a los rangos 0-10, 10-25, 25-60, 60-99 y 100%. Como patrones de defoliación sobre *A. chilensis* se usaron los tipos siguientes: A: Follaje completo; B: Defoliación proximal en ramas inferiores; C: Defoliación total en ramas inferiores; D: Defoliación proximal generalizada; E: Defoliación lateral; F: Defoliación total (Havrylenko *et al.*, 1989) (Figura 3).

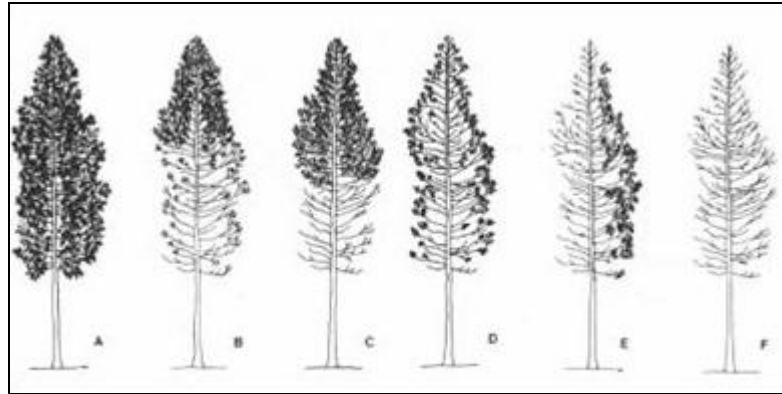


Figura 3. Patrones de defoliación de *A. chilensis* (Havrylenko *et al.*, 1989).

También se incluyeron los síntomas o signos posibles de encontrar en ejemplares de *A. chilensis* afectados por *Cinara* sp., como hormigas, mielecilla, fumagina, carpóforos y los mismos individuos de *Cinara* sp.

#### 2.2.2.3 Síntomas de daño en ramas

Para la descripción de los síntomas de daño en el hemisferio, se hizo una división visual estimada del árbol en tercios: basal (1/3), central (2/3) y apical (3/3) (Figura 4).

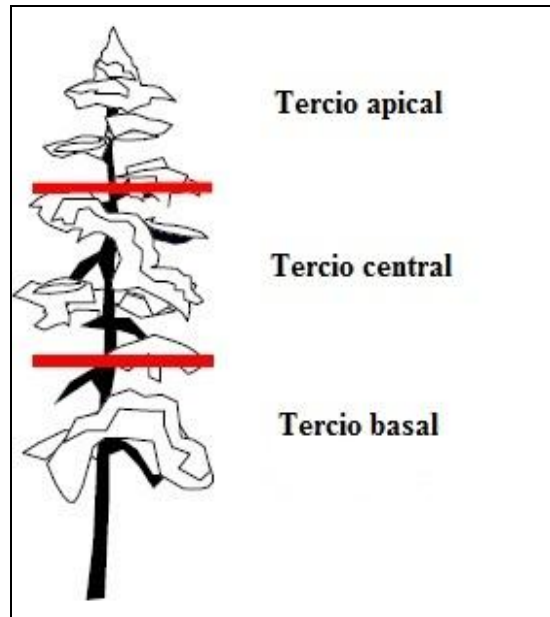


Figura 4. División visual del árbol.

Las agallas, tumores, hinchazones, nudos, escoba de bruja y canchales en las ramas se describieron mediante estimación visual, estableciéndose cuatro niveles de presencia o intensidad:

O: Síntoma ausente.

A: Síntoma afectando del 1 al 30% al tercio de la copa.

B: Síntoma afectando desde el 30 al 60% al tercio de la copa.

C: Síntoma afectando desde el 60 al 100% al tercio de la copa.

También para este hemisferio de daño se caracterizó la presencia de plantas trepadoras de la especie *Lardizabala biternata* R. et P., la que puede desarrollarse sobre *A. chilensis* (Baldini *et al.*, 2008).

#### 2.2.2.4 Síntomas de daño en el fuste

Para registrar los síntomas de daño que afectasen al fuste, posibles de detectar en terreno, se incluyó en el formulario la presencia de canchales, exudación basal de resina y pudrición central, y también de signos como orificios de salida (número, forma y diámetro), aserrín, hormigas, carpóforos, entre otros.

### 2.2.3 Detección e identificación de insectos

#### 2.2.3.1 Detección de insectos

Durante el verano de 2011 se colectaron artrópodos en prospecciones terrestres al azar, ya sea por detección visual y captura inmediata, o instalando trampas específicas destinadas a colectar diversos insectos, *i.e.*: voladores, nocturnos, del fuste, del follaje y de los conos.

- Fuste: Para la captura de insectos asociados al fuste de *A. chilensis* se usaron dos tipos de trampas instaladas alrededor del tronco, que tienen por objetivo identificar la presencia de insectos después de su emergencia. La primera trampa correspondió a una malla de tul doble, adherida con grapas al tronco, mientras que la segunda se confeccionó con cartón corrugado sujeto con alambre en sus extremos para evitar el escape de los insectos. Se instalaron (1/02/2011) 3 trampas de tul y 3 trampas de cartón corrugado en 6 árboles elegidos al azar, las que se retiraron después de 15 días.
- Follaje: Se usaron paraguas entomológicos y redes en 3 ejemplares de *A. chilensis* al azar (1/02/2011). Además se usó una trampa Malaise, que se instaló en un corredor natural del bosque (1/02/2011).
- Superficie de suelo: Se usaron 9 trampas de caída (pitfall) para colectar aquellos insectos que se desplazan sobre la superficie del suelo. Las trampas se confeccionaron con vasos plásticos de 750 mL, enterrados hasta quedar el borde superior a nivel del suelo. Cada trampa contenía en su interior una mezcla de alcohol al 40% más una solución de agua y detergente, con el fin de romper la tensión superficial del agua, evitar el escape de los individuos capturados y preservar la duración de las muestras. Sobre las trampas se instaló una cubierta de latón para impedir el ingreso de agua de

lluvia y además disminuir la evaporización. Las trampas se instalaron al azar (1/02/2011) bajo ejemplares de *A. chilensis* y se retiraron luego de 15 días.

- Conos: Se colectaron conos de la copa de distintos árboles dependiendo de su disponibilidad en las exposiciones norte, sur, este y oeste, a alturas variables con ayuda de una tijera telescópica. El material colectado se depositó en bolsas de malla y se llevó al Laboratorio de Entomología Forestal, del Departamento de Silvicultura y Conservación de la Naturaleza de la Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile, en Santiago, donde se evaluó su estado sanitario bajo lupa, a fin de detectar signos o daños causados por insectos. Luego de realizar la evaluación, se generaron las categorías de "Sanos", "Dañados" e "Inmaduros", el criterio para que un cono se encontrara dañado, fue que presentara al menos una perforación en sus brácteas o signos de mordeduras (Anexo 3, Fig. A1). Dentro de los conos dañados se establecieron nuevas clasificaciones según el número de perforaciones que presentase el cono y la forma de éstas, definiéndose el orificio como "Circular", "Elíptico" y "Rajadura" (Anexo 3, Fig. A2). Asimismo, por medio de herramientas de corte, se obtuvieron las semillas que se clasificaron como "Dañada totalmente", "Dañada parcialmente", "Sana" e "Inmadura". El daño a las semillas se caracterizó como parcial si el ala y parte del gametofito femenino y embrión se encontraban depredados, y total si es que ala, gametofito femenino y embrión se encontraban totalmente depredados (Anexo 3, Fig. A3).

#### 2.2.3.2 Identificación taxonómica

El material biológico obtenido se llevó al Laboratorio de Entomología Forestal, donde se conservó en frascos de plástico (según tipo de trampa), en una solución de alcohol al 40% para su posterior identificación taxonómica. Dicha identificación se realizó con lupa estereoscópica, utilizando claves de reconocimiento y comparación con ejemplares de colección del Museo de Entomología Forestal y del Museo Entomológico de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (UMCE).

#### 2.2.4 Procesamiento y análisis estadístico de la información

Los antecedentes obtenidos, una vez analizados o identificados, según correspondiese, se digitalizaron y procesaron utilizando el programa computacional Excel 2007, específicamente la herramienta estadística XLSTAT 2012.

Para el procesamiento estadístico de la información obtenida de los conos dañados, se tomaron muestras aleatorias de 6 conos, con 6 repeticiones. Mientras que para las clasificaciones de conos "Sanos" y "Dañados" se realizaron también muestras aleatorias de 5 conos cada una, con 5 repeticiones, con fin de procesar estadísticamente (para cada clasificación) la información obtenida de las semillas. Las diferencias en el tamaño de las muestras, se deben exclusivamente al número disponible de conos dentro de la clasificación dada.



A los valores obtenidos de los diferentes problemas fitosanitarios y las evaluaciones físicas se les realizó la Transformación Angular o de Bliss ( $\text{arc. sen } \sqrt{\%/100}$ ), que se efectúa para analizar datos de porcentaje que en su forma natural no poseen varianzas homogéneas. Luego, los valores se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA) y en el caso de existir diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) se llevó a cabo la prueba de rango múltiple de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ), para identificar tales diferencias entre los tratamientos (Steel y Torrie, 1985).

La información obtenida de los totales y porcentajes correspondientes, junto a su análisis estadístico, se presenta en figuras y cuadros; además de su respectivo análisis de resultados, que se realizó con el apoyo de bibliografía actualizada.

### **2.2.5 Propuestas preliminares de medidas silviculturales**

Adicionalmente a las actividades del proyecto de memoria original, en este documento se incluyen propuestas silvícolas para el sector del estudio, formuladas en base a la información obtenida e histórica disponible.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 CARACTERIZACIÓN DE SÍNTOMAS Y DAÑOS

El análisis estadístico de los síntomas y daños detectados indicó una diferencia significativa entre los árboles sanos y aquellos (96%) con algún síntoma o daño ( $F_{1,9}= 138,86$ ;  $P < 0,05$ ). El desgajado de síntomas y daños se presenta a continuación.

##### 3.1.1 Síntomas generales y estado de vigor

Entre los síntomas generales registrados en terreno se encontraron diferencias significativas entre los 37 árboles que los presentaron ( $F_{9,49}= 21,06$ ;  $P < 0,05$ ), con una mayor proporción de "Daño mecánico" y "Espiralamiento", (24,3 y 20%, respectivamente); diferentes al resto de las categorías, seguidos por "Daño no antrópico", "Malformaciones", "Daño antrópico" y "Tala" (18,2; 10,9; 8,3 y 8,3%, respectivamente), siendo a su vez diferentes significativamente del resto, para terminar con "Deterioro", "Muerte regresiva", "Efecto bandera" y "Daño climático", con las menores proporciones (4,5; 2,6; 2,3 y 0,7%, respectivamente) (Figura 5A).

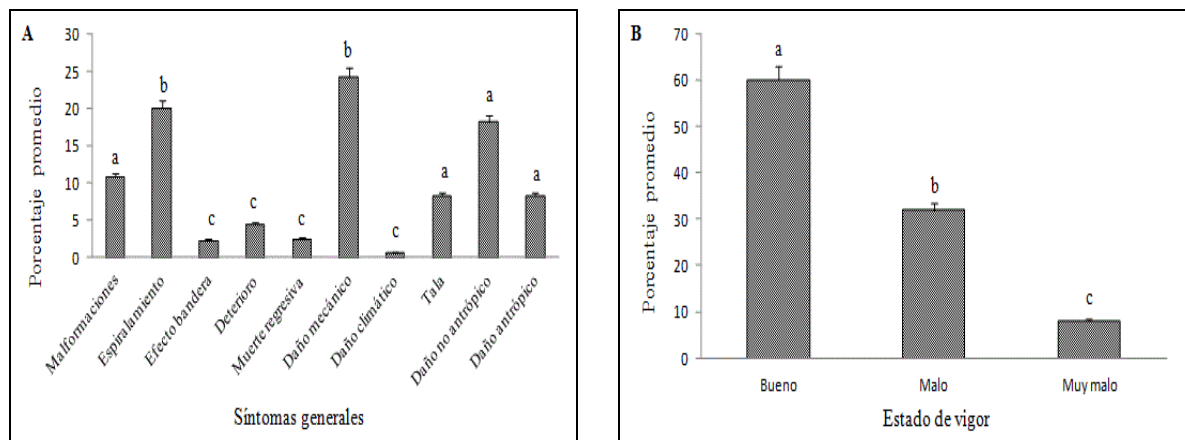


Figura 5. Porcentajes promedio ( $\pm$  EE) de A: Síntomas generales presentes en los individuos y B: Estado de vigor de los árboles. Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas entre las categorías, según test de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

En los árboles muestreados se encontraron diferencias significativas en el estado de vigor entre todas las categorías ( $F_{2,14}= 18,40$ ;  $P < 0,05$ ), con la mayor proporción en la categoría "Bueno", seguida por "Malo" y "Muy malo" (60, 32 y 8%, respectivamente) (Figura 5B).

##### 3.1.2 Ramas

La presencia de agallas o tumores en ramas, presentó diferencias significativas de intensidad en el primer tercio de copa ( $F_{3,19}= 266,71$ ;  $P < 0,05$ ) entre la primera intensidad de daño (0%) y las siguientes. En el segundo y tercer tercio de copa también hubo diferencias significativas entre la intensidad de daño "0%" y las restantes ( $F_{3,19}= 7921,00$ ;

$P < 0,05$ ). Hubo una mayor proporción de árboles en la categoría "Ausente" para todos los tercios de copa (98, 100 y 100%, tercio basal, medio y alto, respectivamente) (Figura 6). Esta situación se repitió en los ANDEVA para presencia de hinchazones (Figura 7) y nudos (Figura 8).

Para presencia de escoba de bruja, se encontró diferencias significativas en el primer tercio de la copa ( $F_{3,19} = 10,54$ ;  $P < 0,05$ ), con la intensidad de daño "0%" en mayor proporción (74%) y diferente a las restantes intensidades, seguida de "1-30", "30-60" y "60-100%" (14, 6 y 6%, respectivamente). La misma situación ocurrió para el segundo tercio ( $F_{3,19} = 9,85$ ;  $P < 0,05$ ), con la intensidad "0%" en mayor proporción (68%) y diferente a las restantes intensidades de daño, seguida de las intensidades "1-30", "30-60" y "60-100%" (18, 10 y 4%, respectivamente). En el tercer tercio de la copa también hubo diferencias significativas ( $F_{3,19} = 34,89$ ;  $P < 0,05$ ), con la mayor proporción en la intensidad "0%" (82%), seguida por "1-30%" (16%), las que fueron diferente entre sí y con el resto de intensidades de daño, para terminar con "60-100" y "30-60%" (2 y 0%, respectivamente). En presencia de escoba de bruja hubo una mayor distribución entre las intensidades de daño de los distintos tercios, aunque siempre fue mayor la proporción de árboles en la intensidad "0%" (Figura 9).

Se encontraron diferencias significativas en la presencia de canchales en las ramas en el primer tercio de copa ( $F_{3,19} = 112,08$ ;  $P < 0,05$ ), con la intensidad de daño "0%" en mayor proporción (92%), seguida por "1-30%" (8%), intensidades que fueron diferentes entre sí. En el segundo tercio, también la intensidad de daño "0%" se quedó con la mayor proporción (78%) y fue diferente al resto de intensidades de daño, seguida por "1-30%" (22%) ( $F_{3,19} = 75,65$ ;  $P < 0,05$ ). Asimismo, en el tercer tercio de la copa fue diferente al resto de intensidades y obtuvo la mayor proporción la intensidad de daño "0%" ( $F_{3,19} = 122,22$ ;  $P < 0,05$ ), para finalizar con "1-30%" (4%). Al igual que en los síntomas anteriores, la mayor proporción de árboles, para todos los tercios, se encontró en la intensidad de daño "0%" y dentro de esta intensidad se encontró diferencias significativas entre el segundo tercio de la copa, que tuvo la menor proporción (78%), y los tercios 1 y 3 ( $F_{2,14} = 7,11$ ;  $P < 0,05$ ). Finalmente, dentro de la intensidad "1-30%" se encontró diferencias significativas entre el segundo tercio de la copa, que esta vez fue el de mayor proporción (22%), y los demás tercios ( $F_{2,14} = 7,11$ ;  $P < 0,05$ ) (Figura 10).

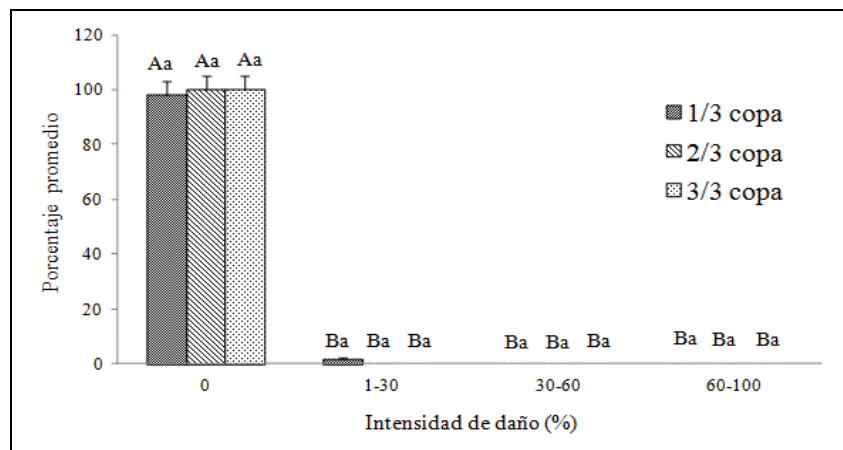


Figura 6. Porcentajes promedio ( $\pm$  EE) de presencia de agallas o tumores en los tercios de la copa. Letras minúsculas distintas en las columnas indican diferencias significativas dentro de una misma categoría de porcentaje de daños, mientras que letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre las categorías, para cada tercio de copa; según el test de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

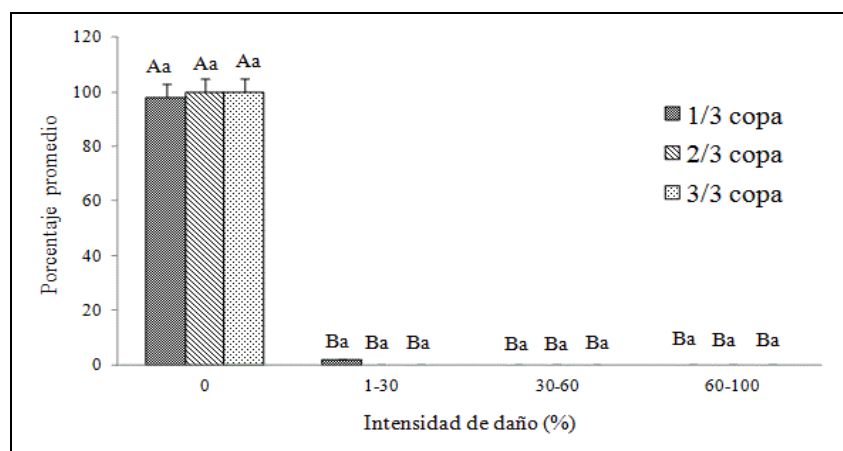


Figura 7. Porcentajes promedio ( $\pm$  EE) de presencia de hinchazones en los tercios de la copa. Letras minúsculas distintas en las columnas indican diferencias significativas dentro de una misma categoría de porcentaje de daños, mientras que letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre las categorías, para cada tercio de copa; según el test de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

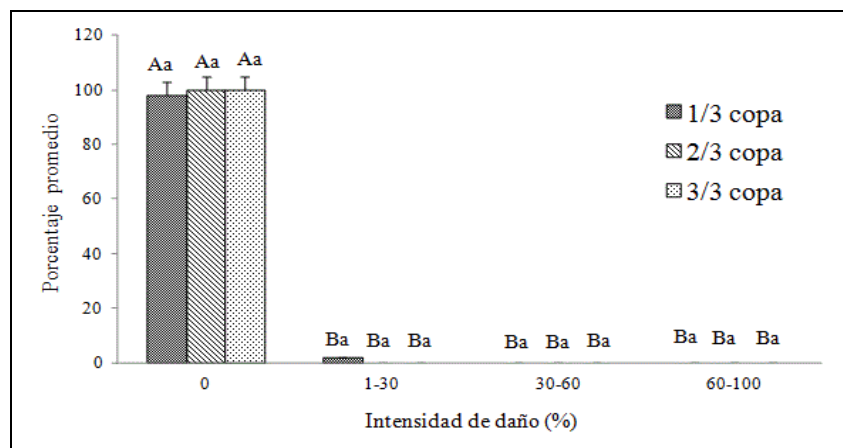


Figura 8. Porcentajes promedio ( $\pm$  EE) de presencia de nudos en los tercios de la copa. Letras minúsculas distintas en las columnas indican diferencias significativas dentro de una misma categoría de porcentaje de daños, mientras que letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre las categorías, para cada tercio de copa; según el test de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

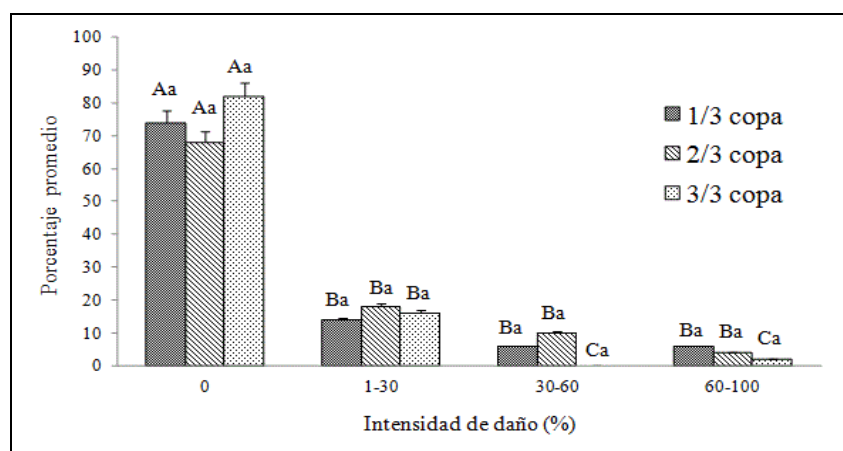


Figura 9. Porcentajes promedio ( $\pm$  EE) de presencia de escoba de bruja en los tercios de la copa. Letras minúsculas distintas en las columnas indican diferencias significativas dentro de una misma categoría de porcentaje de daños, mientras que letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre las categorías, para cada tercio de copa; según el test de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

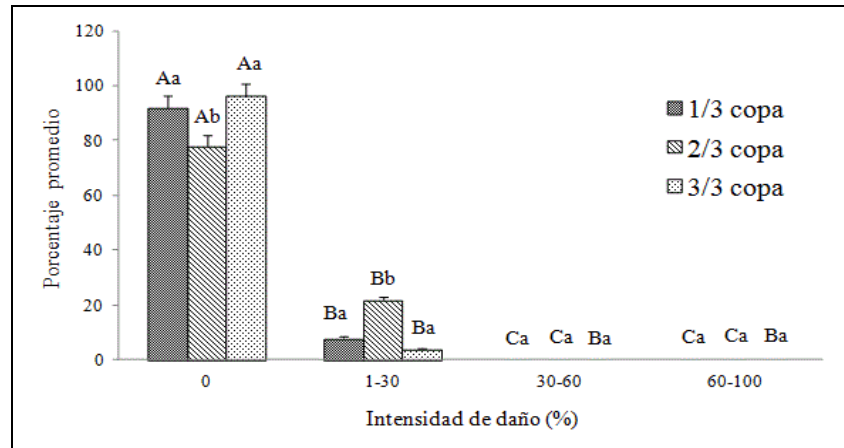


Figura 10. Porcentajes promedio ( $\pm$  EE) de presencia de canchros en los tercios de la copa. Letras minúsculas distintas en las columnas indican diferencias significativas dentro de una misma categoría de porcentaje de daños, mientras que letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre las categorías, para cada tercio de copa; según el test de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

### 3.1.3 Follaje

Se encontraron diferencias significativas en el nivel de clorosis que afecta al follaje de los individuos ( $F_{2,14} = 22,16$ ;  $P < 0,05$ ), donde obtuvo la mayor proporción la categoría “Leve”, seguida por “Fuerte” (74 y 26%, respectivamente), mientras que en la categoría “Severa” no existió proporción de árboles (Figura 11A).

En el nivel de defoliación del follaje de los árboles, también hubo diferencias significativas ( $F_{4,25} = 47,95$ ;  $P < 0,05$ ), la categoría "0-10%" fue diferente al resto y obtuvo la mayor proporción (64%), seguida por las categorías "10-25" y "25-60%" (26 y 10%, respectivamente), que fueron diferentes significativamente entre sí. En las siguientes categorías no hubo presencia de árboles (Figura 11B).

Se encontraron diferencias significativas entre las categorías de defoliación en el follaje de los individuos ( $F_{5,29} = 23,39$ ;  $P < 0,05$ ), con el patrón "A" diferente al resto y con la mayor proporción (56%), seguido por los patrones "B" y "C" (18 y 14%, respectivamente), diferentes significativamente del resto, para terminar con "D", "E" y "F" (6, 6 y 0%, respectivamente) (Figura 11C).

En los 27 árboles donde existió evidencia física en el follaje, se encontró diferencias significativas entre las categorías ( $F_{4,24} = 24,06$ ;  $P < 0,05$ ), con la presencia de "Fumagina" en mayor proporción seguida por la presencia de "Hormigas", categorías que fueron diferentes entre sí y con el resto (58,8 y 26,7%, respectivamente), para terminar con "Lianas", "Carpóforos" y "Cinara" (8,1; 6,4 y 0%, respectivamente) (Figura 11D).

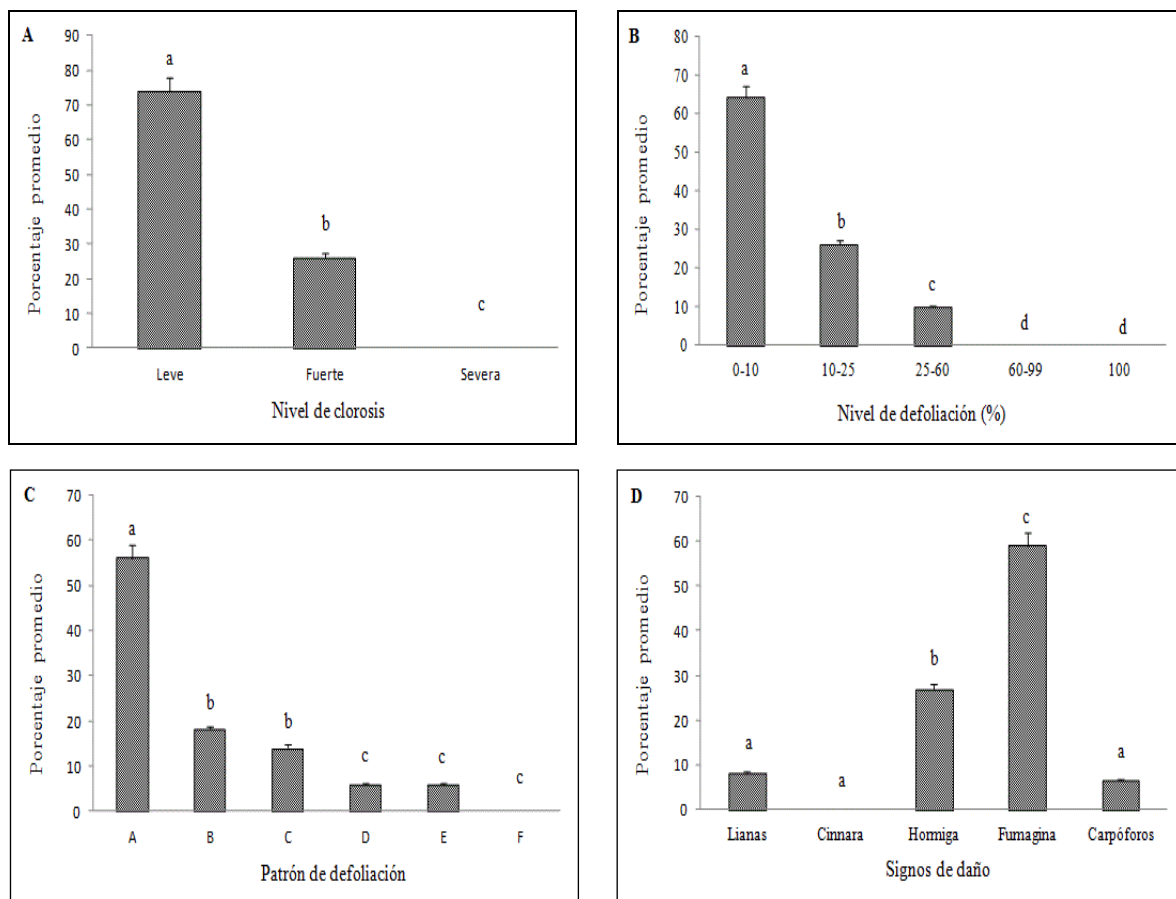


Figura 11. Porcentajes promedio ( $\pm$  EE) de presencia de: A: Nivel de clorosis de los individuos, correspondiendo los niveles a: Leve: Ramillas verde ceniciento y/o algunas ramillas amarillas; Fuerte: Ramillas amarillas y café en algunos sectores de la copa; Severa: Abundantes ramillas cafés en toda la copa. B: Nivel de defoliación de los árboles. C: Patrón de defoliación de los individuos, siendo los patrones los siguientes: A: follaje completo; B: defoliación proximal en ramas inferiores; C: defoliación total en ramas inferiores; D: defoliación proximal generalizada; E: defoliación lateral; F: defoliación total (Havrylenko *et al.*, 1989). D: Evidencia física presente en los árboles. Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas entre las categorías, según el test de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

### 3.1.4 Fuste

Se encontraron diferencias significativas entre las categorías de evidencia física en el fuste ( $F_{4,24} = 17,24$ ;  $P < 0,05$ ), dentro de los 33 árboles donde ésta existió, con la mayor proporción en la presencia de "Cancros", seguido de "Resina" (48,1 y 32,9%, respectivamente), que fueron diferentes entre sí y con el resto de categorías, seguidas por presencia de "Tumores", "Hormigas" y "Pudrición central" (8,1; 7,6 y 3,3%; para cada caso) (Figura 12A).

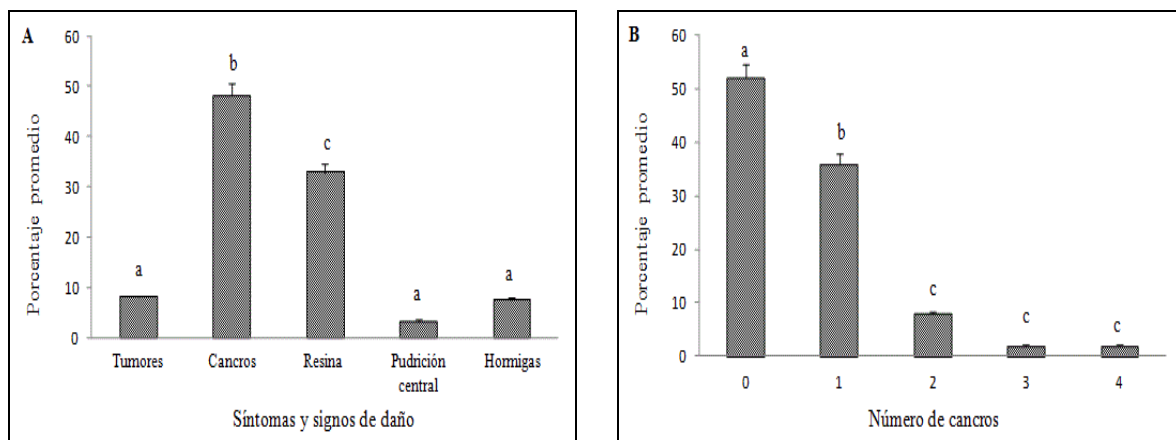


Figura 12. Porcentajes promedio ( $\pm$  EE) de presencia de: A: Síntomas y signos de daño presente en los árboles. B: Números de cancros presentes en los individuos. Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas entre las categorías, según el test de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

En el número de cancros presentes en el fuste de los árboles, también hubo diferencias significativas entre las categorías ( $F_{4,24} = 26,74$ ;  $P < 0,05$ ), con la mayor proporción en la categoría "0" cancro, seguida por "1" (52 y 36%, respectivamente), las que fueron diferentes entre sí y las categorías restantes, luego siguieron las categorías "2", "3" y "4" cancros (8, 2 y 2%, para cada caso) (Figura 12B).

### 3.2 EVALUACIÓN DE DAÑOS EN CONOS Y SEMILLAS

De los 20 árboles hembra muestreados se obtuvo 75 conos. Dentro de los conos dañados se encontraron 3 pupas de color marrón de iguales características y una larva envuelta en seda (Anexo 3, Fig. A4).

#### 3.2.1 Conos

Del total de conos recolectados un 50,7% se encontraron sanos, donde un 44% correspondió a conos maduros y un 6,7% a inmaduros. Por la otra parte, se registró un 49,3% de conos dañados, de los que fueron un 44% conos maduros y un 5,3% inmaduros (Figura 13).



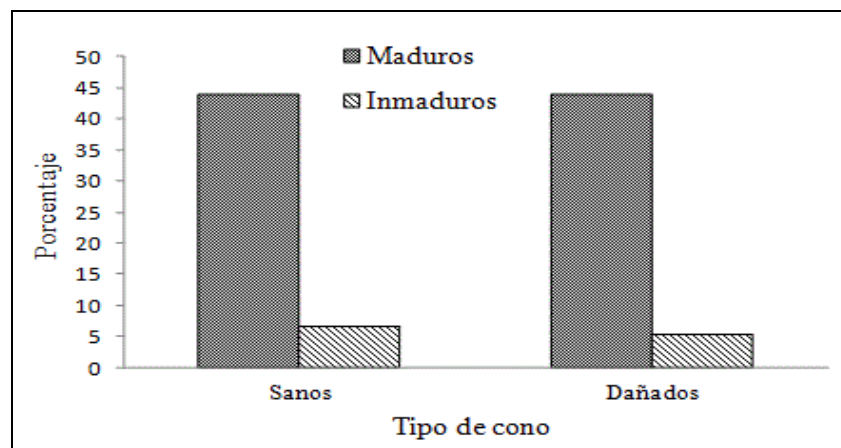


Figura 13. Porcentaje de conos maduros e inmaduros por estado de sanidad.

En los 37 conos dañados, se encontró diferencias significativas en el número de perforaciones que éstos presentaban ( $F_{1,11} = 30,03$ ;  $P < 0,05$ ), donde la mayor proporción la obtuvieron los conos con un orificio de perforación (73%) (Figura 14A). Al analizar el tipo de perforación presente en los conos dañados, también se encontraron diferencias significativas ( $F_{2,17} = 14,02$ ;  $P < 0,05$ ), específicamente entre la categoría "Circular" y las restantes, la cual obtuvo la mayor proporción (51,4%), seguida del tipo "Elíptica" y "Rajadura" (29,7 y 18,9%; respectivamente) (Figura 14B).

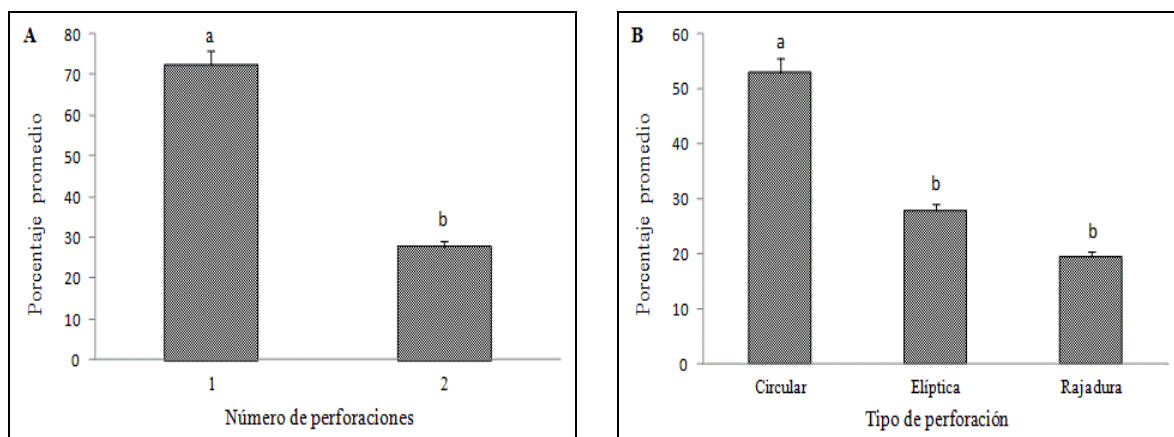


Figura 14. Porcentajes promedio ( $\pm$  EE) de presencia de: A: Números de perforaciones presentes en los conos. B: Tipo de perforaciones en los conos. Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas entre las categorías, según el test de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

### 3.2.2 Semillas

Del total de conos maduros, se obtuvo un número de semillas promedio de 2,4 maduras y 1,5 inmaduras por cono (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número promedio de semillas maduras e inmaduras en conos sanos y dañados.

N° Promedio semillas/Cono	Sanas	Dañadas	Total
Maduras	2,3	2,5	2,4
Inmaduras	1,8	1,3	1,5

Del total de conos sanos-maduros, se recolectaron 79 semillas, donde se encontró diferencias significativas respecto a su madurez ( $F_{1,9}= 14,53$ ;  $P < 0,05$ ), correspondiendo la mayor proporción a semillas maduras (75,2%) (Figura 15A).

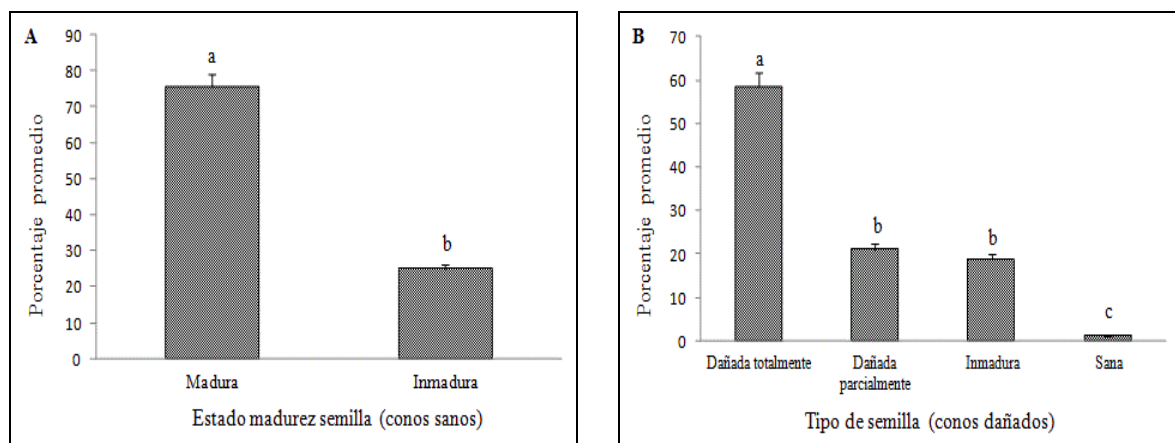


Figura 15. Porcentajes promedio ( $\pm$  EE) de presencia de: A: Estado de madurez de semilla proveniente de conos sanos. B: Tipo de semilla proveniente de conos dañados. Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas entre las categorías, según el test de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

A su vez, del total de conos dañados-maduros, se recolectaron 72 semillas, que presentaron diferencias significativas entre las categorías de daño ( $F_{3,19}= 39,50$ ;  $P < 0,05$ ). La mayor proporción la obtuvo el tipo "Dañada totalmente" (58,7%), que fue diferente a las siguientes categorías, seguido por "Dañada parcialmente" e "Inmadura" que fueron a su vez diferentes significativamente al resto (21,2 y 18,9%, respectivamente), para terminar con "Sanas" (1,3%) (Figura 12B). Dentro del total de semillas recolectadas, se obtuvo 39,1 y 37,7% de semillas sanas y dañadas, respectivamente, y un 23,2% de semillas inmaduras, mientras que tomando en cuenta sólo las semillas maduras hubo un 50,9% de semillas sanas y un 49,1% de semillas dañadas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentaje total de semillas maduras-sanas, maduras-dañadas e inmaduras.

Semillas	Maduras-sanas	Maduras-dañadas	Inmaduras	Total
Número	59,0	57,0	35,0	151
%	39,1	37,7	23,2	100
Número	59,0	57,0		116
%	50,9	49,1		100

### **3.3 COMPOSICIÓN DE INSECTOS ASOCIADOS A BOSQUES PUROS DE *A. chilensis***

De la colecta de insectos realizada durante las salidas a terreno y su posterior identificación, se obtuvo un total de 35 especies de insectos asociadas a bosques puros de *A. chilensis*, representadas en 10 órdenes y 29 familias. Los grupos de mayor representación en estos bosques fue el orden Coleoptera e Hymenoptera con 13 especies cada uno, luego Diptera con 4, continuando Blattaria y Orthoptera con 2 cada uno y finalmente Hemiptera con una especie. Es de importancia mencionar que este grupo de insectos corresponde a los identificados exitosamente y que guardan relación con el tema tratado, quedando individuos cuya identificación no fue posible debido a la complejidad de ésta, ejemplares dañados y/o falta de información. La composición de insectos se detalla en el Cuadro 3, mostrándose los órdenes y familias en orden alfabético.

Cuadro 3. Composición de insectos asociados a bosques puros de *A. chilensis*, método de captura, alimentación, origen y fecha de captura.

Órdenes	Subórdenes	Familias	Especies	Métodos de captura	Alimentación	Origen	Fechas de captura	
Blattaria	Blattodea	Blattellidae	<i>Blattella germanica</i> (Linnaeus, 1767)	TI	Polífago (1)	Exótica	15-02-2011	
		Blattidae	<i>Blatta</i> sp.	TI	Polífago (1)	Exótica	15-02-2011	
Coleoptera	Adephaga	Carabidae	<i>Callidula nigrofasciata</i> (Solier)	TL	Polífago (2)	Nativa	18-01-2011	
	Archostemata	Cupedidae	<i>Prolixocupes latreillei</i> (Solier, 1849)	TI	Detritívoro (3)	Nativa	15-02-2011	
	Polyphaga		Anthicidae	<i>Anthicus</i> sp.	TL	Detritívoro (26)	Nativa	20-02-2011
			Cleridae	<i>Exochonotus variipennis</i> (Spinola, 1849)	TL	Carnívoro (2, 25)	Nativa	20-02-2011
			Coccinellidae	<i>Adalia angulifera</i> (Mulsant, 1850)	TI	Carnívoro (2)	Nativa	15-02-2011
			Curculionidae	<i>Cylydrorhinus</i> sp.	TI	Fitófago (2, 25)	Nativa	15-02-2011
				<i>Strangaliodes mutuarius</i> (Kuschel, 1952)	TI	Fitófago (2)	Nativa	15-02-2011
			Mycteridae	<i>Loboglossa variipennis</i> (Solier, 1851)	TI	Fitófago (4)	Nativa	15-02-2011
			Oedemeridae	<i>Nephrosis sulcicollis</i> (Fairmaire et Germain, 1863)	TL	Polífago (5)	Nativa	1-02-2011
			Scarabaeidae	<i>Liogenys kuntzeni</i> (Moser, 1921)	TL	Fitófago (6)	Nativa	1-02-2011
			Tenebrionidae	<i>Arthroconus fuscus</i> (Solier, 1851)	TL	Detritívoro (7)	Nativa	1-02-2011
				<i>Aspidolobus</i> sp.	TI	Detritívoro (7)	Nativa	15-02-2011
	<i>Scotobius gayi</i> (Solier, 1838)	TI		Detritívoro (7)	Nativa	15-02-2011		
Diptera	Cyclorrhapha	Phoridae	<i>Phoridae</i> sp.	TL	s/i*	Nativa	1-02-2011	
	Brachycera	Calliphoridae	<i>Calliphoridae</i> sp.	TI	Detritívoro (8)	Nativa	15-02-2011	
		Sarcophagidae	<i>Sarcophagidae</i> sp.	TI	Polífago (9)	Nativa	15-02-2011	
		Tachinidae	<i>Spanipalpus australis</i> (Townsend, 1928)	TM	Polífago (10)	Nativa	20-02-2011	
Hemiptera	Auchenorrhyncha	Cicadellidae	<i>Aequcephalus</i> sp.	TL	Fitófago (11)	Nativa	1-02-2011	

Hymenoptera	Apocrita	Apidae	<i>Isepeolus luctuosus</i> (Spinola, 1851)	TM	Fitófago (12)	Nativa	20-02-2011
			<i>Centris nigerrima</i> (Spinola, 1851)	TM	Fitófago (13)	Nativa	20-02-2011
		Halictidae	<i>Corynura Chloris</i> (Spinola, 1851)	TM	Fitófago (14)	Nativa	20-02-2011
		Plumariidae	<i>Plumarius</i> sp.	TL	s/i*	Nativa	1-02-2011
		Pompilidae	<i>Sphictostethus flavipes</i>	TI	Carnívoro (15)	Nativa	15-02-2011
			<i>Pepsis</i> sp.	TI	Carnívoro (16)	Nativa	15-02-2011
		Sphecidae	<i>Trichostictia vulpina</i>	TM	Carnívoro (17)	Nativa	20-02-2011
		Thynnidae	<i>Pseudelaphroptera</i> sp.	TM	Polífago (18)	Nativa	20-02-2011
		Vespidae	<i>Polistes buyssoni</i> (Brèthes)	TM	Polífago (27, 28)	Exótica	20-02-2011
	<i>Vespula germanica</i> (Fabricius, 1973)		TI	Polífago (19)	Exótica	15-02-2011	
	Endopterygota	Formicidae	<i>Camponotus distinguendus</i> (Spinola, 1851)	TI	Polífago (20)	Nativa	15-02-2011
			<i>Conomyrma chilensis</i> (Spinola)	TI	Polífago (21)	Nativa	15-02-2011
			<i>Nothidris bicolor</i> (Ettershank, 1965)	TI	Polífago (22)	Nativa	15-02-2011
Orthoptera	Ensifera	Gryllidae	<i>Microgryllus pallipes</i> (Philippi, 1863)	TL	Polífago (23)	Nativa	20-02-2011
		Rhaphidophoridae	<i>Heteromallus spinifer</i> (Blanchard, 1851)	TI	Detritívoro (24)	Nativa	15-02-2011

Fuentes: (1) Jaramillo *et al.*, 2012; (2) Saiz *et al.*, 1989; (3) Hornschemeyer, 2011; (4) Jofré, 2008; (5) WCG, 2012; (6) Gutiérrez, 1951; (7) Doyen, 2012; (8) Pape, 2012; (9) Downes, 2012; (10) Wood, 2012; (11) Godoy, 2012; (12) Montalva, 2012a; (13) Montalva, 2012b; (14) Montalva, 2012c; (15) Cambra *et al.*, 2004; (16) Punzo, 1994; (17) Evans y O'Neill, 2007; (18) UCR, 2012; (19) Sarmiento y Carpenter, 2006; (20) Fernández, 2003a; (21) Cuezco, 2003; (22) Fernández, 2003b; (23) Biokids, 2012; (24) Rentz, 2012; (25) Peña, 2006; (26) Telnov, 2010. (27) Artigas, 1994; (28) Araya *et al.*, 1997. Método de captura: TI: Trampa de intercepción; TL: Trampa de luz; TM: Trampa Malaise. \*Sin información.

## 4. DISCUSIÓN

### 4.1 SOBRE LA CARACTERIZACIÓN DE SÍNTOMAS Y DAÑOS

En lo que refiere a síntomas generales el mayor impacto registrado en los bosques de *A. chilensis* fue por daño mecánico, siguiéndole en importancia el espiralamiento. Lo anterior probablemente se deba a la pobreza del sustrato en que reside y a la exposición constante del viento, que causa deformaciones en los individuos (Le Quesne, 1999). Arturi *et al.* (2001) en su estudio sobre regeneración de *A. chilensis*, evidenciaron los daños irreversibles que los árboles sufren por el efecto del viento y la acumulación de nieve, ambas condiciones frecuentes en San Gabriel. La gran mayoría de los árboles se encuentran con buen estado de vigor; situación similar a lo observado por Becker (2010), en su estudio sobre un bosque mixto de *A. chilensis* de distribución norte, específicamente en Sierras de Bellavista, San Fernando.

En las ramas de *A. chilensis*, aunque la gran mayoría se encontraban sanas, el mayor síntoma presente en el bosque fue la escoba de bruja, concentrándose el daño en el segundo tercio del árbol y con una intensidad de 1-30%. Este síntoma se entiende como un hipercrecimiento de los tejidos vegetales (hipertrofia), que genera ramas anormales que se ramifican intensamente, pudiendo esto ser resultado de una infección o ataque de plaga (Anexo 3, Fig. A5A) (Boa, 2008). Según Rajchenberg y Gomez (2005), los agentes formadores de agallas, deformaciones y alteraciones en el crecimiento de ramas, conos y follaje de *A. chilensis* en Argentina, corresponden a un ácaro de la familia Tarsonemidae (Clase: Arachnida, Acarina) y a la roya, *Mikrogenia alba* Oehrens & Peterson (Melampsoraceae, Uredinales, Basidiomycota). Dado que *M. alba* es una roya heteroica, que cambia necesariamente de hospedante durante su ciclo de vida a alguna especie de *Nothofagus* (en bosques asociados a *A. chilensis*) (Butin y Peredo, 1986), se puede descartar su intervención en el bosque puro de San Gabriel. Por tanto, probablemente la causa de la escoba de bruja presente en los árboles, sea el ácaro mencionado o algún otro hongo o insecto no identificado que actúa sobre rodales puros de la especie.

El síntoma más importante presente en el follaje fue una clorosis leve que afecta a la mayoría de los árboles, presentando un porcentaje menor de individuos una clorosis fuerte. La clorosis es el amarillamiento de los tejidos normalmente verdes, debido a la destrucción de la clorofila o la incapacidad de sintetizarla (Agrios, 1996) (Anexo 3, Fig. A6), las causas de la clorosis son diversas, pudiendo estar asociada a distintos factores, ya sean bióticos o abióticos (Ciampi, 2002). Se ha señalado a la clorosis como una sintomatología del ataque de *C. cupressi*, áfido que luego causa la defoliación y muerte en pie del individuo (Peña y Altmann, 2009), sin embargo en el bosque de San Gabriel no se encontró evidencia de este insecto. También se le señala como síntoma del ataque del hongo *P. austrocedrae* (enfermedad conocida como “Mal del ciprés”), que ocasiona la pérdida de vigor en el follaje y mortalidad que afecta a todas las clases diamétricas, ya sea en forma de árboles agregados o dispersos y que actualmente se extiende por toda el área de distribución de la especie en Argentina (La Manna *et al.*, 2008a; Amoroso y Larson, 2010). No obstante, no se encontró la presencia de este hongo en San Gabriel, probablemente debido a su elevada

pendiente en fase escarpada (<30%) y al sustrato rocoso que posee, ya que esta enfermedad se asocia a sitios con mal drenaje a escala tanto de micrositio como unidad de paisaje, con suelos de textura fina que se encuentran en fase plana (pendiente >5%) y ondulada (pendiente <5% y >30%, entremezcladas) (La Manna *et al.*, 2008b; La Manna y Matteucci, 2010). Por lo anterior, se presume que la causa más probable de la clorosis en San Gabriel, esté dada por factores abióticos *e.g.* las malas condiciones de micrositio, el efecto de la nieve, las sequías.

El problema de defoliación nivel 1 y 2 (0-10 y 10-25%, respectivamente), especialmente el nivel 1, fue lo que siguió en importancia a la clorosis en el follaje del bosque de *A. chilensis* (Anexo 3, Fig. A6). La defoliación es un síntoma que sigue a la clorosis y se define como una pérdida parcial o total del follaje que afecta al árbol, reduciendo, interfiriendo o eliminando sus procesos de fotosíntesis, transpiración y translocación de sustancias. Una defoliación leve tiene poco efecto sobre el árbol, sin embargo defoliaciones moderadas a severas pueden causar efectos directos sobre el valor de un ecosistema forestal, afectando el crecimiento, produciendo retraso en la regeneración, pérdida de vigor y mortalidad (Coulson y Witter, 1990; Becker, 2010). Los niveles de defoliación mostrados en San Gabriel, corresponden a intensidades leves cuyo efecto no es significativo en el bosque (Becker, 2010), mientras que los patrones de defoliación observados más frecuentemente, corresponden al tipo B y C (defoliación proximal en ramas inferiores y defoliación total en ramas inferiores, respectivamente) (Figura 3). Estos niveles y patrones de defoliación, de efectos no significativos para el bosque, ya habían sido documentados en bosques mixtos de *A. chilensis* por Grosfeld y Barthélémy (2002) (asociado a *N. obliqua*) y Becker (2010) (asociado a *N. macrocarpa* y *P. radiata*), y clasificados como un comportamiento normal de la especie frente a limitantes lumínicas, por lo que esta característica podría entenderse como de eficiencia energética; pudiendo además ser un factor influyente en la zona de estudio la acumulación de nieve sobre los 40 cm que se da en invierno, que puede bloquear y dañar las ramas inferiores de los individuos.

Finalizando con el follaje, el síntoma que siguió en importancia fue la fumagina con alrededor de un cuarto de los árboles afectados. Ésta corresponde a un crecimiento micelial superficial de color negro en la hoja o tallo del árbol, que forma una película o costra de apariencia ennegrecida, y se originan de las deyecciones de ciertos insectos (principalmente áfidos y escamas). Estos hongos se encuentran en todo tipo de plantas y generalmente su aparición no presenta problemas sobre el desarrollo normal del individuo, aunque indica la presencia de insectos, por lo que una gran presencia de este síntoma puede dar señal de problemas significativos que pudiesen estar causando áfidos o escamas (Agrios, 1996). Sin embargo, la presencia de fumagina en el bosque de *A. chilensis* fue leve, por lo que no sería precedente de algún daño significativo que pudiesen estar causando estos insectos.

En los fustes, el mayor síntoma presente corresponde a canchros (cerca de un tercio de los árboles se encuentran afectados por ellos), seguido por resinación. Los canchros se definen como áreas de necrosis localizadas en la corteza de ramas o troncos, o como enfermedades de la corteza y cambium. Los canchros son muy frecuentes en el bosque y pueden variar considerablemente de apariencia, algunos levantan bordes y producen cavidades, mientras que otros parecen agallas o nudos. Se pueden deber a agentes fungosos, bacterianos,

lesiones mecánicas por operaciones de cosecha o roce entre árboles, ataque de insectos, daño por otros animales como roedores o liebres; como también pueden tener un origen abiótico, ya sea por heladas o insolación (González y Opazo, 2002; Boa, 2008). Valdivieso *et al.* (1988) señala a *A. chilensis* como susceptible al ataque de *Seiridium cardinale* (Mol.) Sutt. *et* Gibs., responsable del cancro de la corteza del ciprés, mientras que Baldini *et al.* (2008) señala que este hongo causa grandes daños en la especie cuando es precedido del ataque de *C. cupressi*. Los síntomas de mayor importancia observados en los fustes, canchros y resinación, se relacionan estrechamente puesto que los primeros producen hinchazones, entendidas como la respuesta del árbol para cicatrizar la herida, consistente en un desarrollo acelerado del cambium que a su vez presenta alta resinación (Becker, 2010). Es de importancia mencionar que la mayor proporción de los fustes con canchros, presentaron sólo una herida, con una longitud promedio de 30 cm (Anexo 3, Fig. A5B).

La gran mayoría de los árboles en San Gabriel presentó algún síntoma o daño en alguno de sus hemisferios, sin embargo, los individuos en términos generales se encuentran sanos, puesto que los síntomas o daños se exhibieron en forma dispersa entre los árboles, por tanto en forma particular éstos presentaron un porcentaje minoritario dentro del bosque, estando la mayoría de los árboles en la intensidad o categoría más leve (o ausente) del síntoma o daño revisado.

Cabe destacar que en árboles longevos como *A. chilensis* los síntomas aéreos detectados en el presente, pueden ser una consecuencia del estrés sufrido años atrás, como también del estrés frecuente sobre los individuos, pudiendo incrementarse el nivel de síntomas observados a través del tiempo (El Mujtar *et al.*, 2011). Esto sugiere un factor de importancia en San Gabriel donde se ha determinado la ocurrencia histórica de sequías, incendios, cortas, pastoreo de ganado, vientos y nevazones, con los comprobados efectos que producen sobre el crecimiento de los árboles (Le Quesne, 1999; Arturi *et al.*, 2001).

#### **4.2 SOBRE LA EVALUACIÓN DE CONOS Y SEMILLAS**

En general en Chile no se han producido grandes pérdidas asociadas a la depredación de frutos, conos y semillas en bosque nativo, por lo que hasta la fecha el tema ha sido pobremente estudiado. No obstante, en la actualidad puede existir para la mayoría de las especies una cantidad viable de semillas para asegurar su regeneración, la disminución de árboles semilleros, como también el peligro potencial que presentan las poblaciones relictas como el bosque de San Gabriel, hacen imprescindible conocer los daños (y sus agentes causales) asociados a los órganos reproductivos y la regeneración, especialmente si se quieren iniciar acciones de recuperación, conservación o domesticación de especies nativas (Bustamante, 1996; Grandón, 1996; Becker, 2010).

Existe una gran cantidad de artrópodos asociados a los frutos de *A. chilensis*, sin embargo, la mayor causa de depredación de las semillas corresponde a larvas de lepidópteros que perforan el fruto y sus semillas (Rovere *et al.*, 2004). Gran parte de las semillas son atacadas, estando todavía en los conos, los insectos depositan en éstos sus huevos para que se alimenten de las semillas, antes que ocurra la maduración de los frutos y la consiguiente dispersión de semillas (Rovere y Sancholuz, 1991). En rodales de distribución norte de *A.*



*chilensis*, ya se había documentado el daño de insectos sobre frutos y semillas, Peñaloza *et al.* (s/f), sin publicar, citado por Bustamante (1996) señala que la depredación de semillas por microlepidópteros en Reserva Nacional Río Clarillo alcanza valores del 98%, correspondiendo a una situación crítica ya que en el sitio no se registra regeneración por semillas (Aravena *et al.*, 1994). Asimismo, Becker (2010) señala en su estudio en Sierras de Bellavista, que alrededor de 36% de las semillas de la especie fueron depredadas y estableció (mediante la crianza de larvas encontradas al interior de conos) que la mayoría del daño se debía a una especie de microlepidóptero que no pudo ser identificada. Mientras que Gómez y Klasmer (1997) registraron datos durante dos temporadas en bosques de la especie en Argentina, documentando un daño sobre el 50% en las semillas por causa de un microlepidóptero, por lo que señalan que este agente afecta la dispersión natural de *A. chilensis*.

La depredación de conos de *A. chilensis* en San Gabriel es muy importante, ya que cerca del 50% se encuentra dañado. La mayor proporción presentó sólo un orificio de perforación, siendo la mayoría de las veces de forma circular. Se podría afirmar que el insecto tiene una preferencia hacia los conos maduros, ya que hubo una menor proporción de conos dañados-inmaduros que de sanos-inmaduros. Sobre lo anterior, el promedio de producción de semillas maduras en conos maduros-dañados fue mayor que en los conos maduros-sanos, mientras que la producción de semillas inmaduras fue menor. Becker (2010) ya había documentado esta preferencia, señalando que el mayor ataque del insecto a los conos sucedía en la orientación donde éstos se encuentran más maduros, lo que coincidía con una mayor exposición al sol.

En este estudio se registró un 49% de daño sobre las semillas maduras. Es de importancia mencionar que en los conos dañados, el daño total y parcial a las semillas acumula un 80%, correspondiendo el porcentaje restante casi exclusivamente a semillas inmaduras, ya que un exiguo 1% de semillas se encontraron sanas. Estas cifras expresan el devastador ataque del microlepidóptero sobre los frutos, donde el insecto elige especialmente los conos de mejores características para la oviposición y éstos quedan completamente disfuncionales, ya que la depredación de semillas es virtualmente total, quedando finalmente un total de 39% de semillas viables para la regeneración, provenientes casi exclusivamente de conos sanos (descontando el 23% total de semillas inmaduras). Esto es realmente preocupante puesto que afecta el ciclo natural de regeneración tanto como la expansión hacia áreas adyacentes, especialmente en bosques xéricos como el de San Gabriel, donde la calidad de sitio es baja y el proceso de regeneración en sí es dificultoso y depende de muchas variables.

Las características del daño a las semillas de *A. chilensis* en el área de estudio, tales como: perforación producida por el ingreso de la larva en el cono, galerías dentro del cono, numerosas deyecciones, hilos de seda desde las ramas hacia el fuste, presencia de una o dos perforaciones de diferente tamaño en la testa de las semilla, son muy similares a las descritas para *N. austrocedrella* (Gomez y Klasmer, 1997; Rachenberg y Gomez, 2005), características comunes también observadas por Becker (2010) en Sierras de Bellavista. Sobre lo anterior, dentro de los conos se encontraron 3 pupas de color marrón de iguales características y una larva envuelta en seda (Anexo 3, Fig. A4), al comparar las

descripciones e ilustraciones de los estados de desarrollo de *N. austrocedrella* descritos por Gomez y Klasmer (1997) y Landry y Adamski (2004), y al consultar a expertos (comunicación personal con los Drs. Cecilia Gomez y Jean-François Landry) se llegó a la conclusión que el responsable del ataque a los conos y semillas en San Gabriel sea probablemente *N. austrocedrella* o un microlepidóptero de cercanas características.

Existe evidencia del daño de *N. austrocedrella* en Argentina desde 1995 con grandes cantidades de depredación de frutos y semillas en la provincia de Chubut y extensa área de infestación, sin embargo, no fue identificado y descrito su ciclo de vida hasta 1997 por Gomez y Klasmer (Landry y Adamski, 2004), siendo luego descrito como nueva especie por estos últimos autores. El ciclo biológico de esta especie es anual, teniendo una marcada sincronización de los estados de desarrollo del insecto con el ciclo fenológico de *A. chilensis*. La oviposición tiene lugar mayoritariamente en flores femeninas próximas a ser fecundadas, variando el número de huevos entre 1 y 15. En los primeros estados se encuentran varias larvas por cono, alimentándose de las alas de las semillas, luego, al alcanzar cierto desarrollo, las larvas del cuarto estadio penetran las semillas, depredando su contenido; es en estos momentos donde se inicia el verdadero daño sobre las semillas que dura hasta la maduración del fruto, registrándose sólo una larva por fruto para esta etapa, y probablemente una larva se alimente de varios conos durante su desarrollo. Las larvas del último estadio emigran hacia el fuste para empupar penetrando por las grietas de la corteza, lo que explica la presencia de hilos de seda entre ramas y fuste observados en los árboles hospedantes de este insecto. El desarrollo de la pupa es coincidente con el término de la fenofase de maduración de los frutos de *A. chilensis* y la consiguiente dispersión de las semillas, el desarrollo de la pupa es el estado hibernante y de mayor duración de la especie (mediados de marzo-comienzos de diciembre), empezando la emergencia de adultos hacia finales de noviembre hasta finales de diciembre (Gomez y Klasmer, 1997).

Se ha documentado que el establecimiento de plántulas en sectores despejados de laderas secas, donde *A. chilensis* forma bosques abiertos multietáneos, estaría limitado por el efecto desecante del viento y el impacto de grandes herbívoros (Veblen *et al.*, 1995, 1996). Sobre lo anterior, la depredación diferencial de semillas en bosques puros ralos, produce que éste sea el tipo forestal que presenta menor cantidad de semillas viables para la regeneración (Rovere y Sancholuz, 1991; Lucero, 1996). Lo anterior fue comprobado por Le Quesne (1999), puesto que al realizar su investigación encontró un nivel muy bajo de regeneración en San Gabriel (3 plántulas), situación que no ha variado hasta la fecha según lo comprobado por este estudio. El citado autor documentó además, que en sitios de extremo norte de distribución de *A. chilensis* (El Asiento, San Gabriel, Río Clarillo y Río de los Cipreses) hay una característica común de inexistencia o muy baja densidad de plántulas y considerando el antecedente del ataque devastador de una especie de microlepidóptero en Río Clarillo como también en Sierras de Bellavista (Becker, 2010), es probable que esta situación esté directamente relacionada a la depredación de insectos sobre las semillas de *A. chilensis*, existiendo la posibilidad que corresponda a la misma especie que ocasiona el daño en San Gabriel.

### 4.3 SOBRE LOS INSECTOS ASOCIADOS AL BOSQUE DE *A. chilensis*

Los insectos están ampliamente distribuidos e integrados en los distintos ecosistemas, cumpliendo un rol necesario y fundamental dentro de sus cadenas tróficas. Se encuentran frecuentemente en los árboles, donde la mayoría de ellos se alimentan de éstos de forma casual, no constituyendo plagas graves, siendo en ocasiones benéficos puesto que controlan enemigos naturales de los árboles, siendo en general fáciles de distinguir mediante observación directa. Los insectos pocas veces tienen un árbol hospedante específico (al contrario de muchos patógenos), y a menudo son acusados de ser la causa de mayores daños sobre los árboles de los que realmente son comprobables mediante evidencias biológicas. Los diversos órdenes de insectos se asocian a diferentes hábitos particulares de alimentación y cría sobre el árbol (Boa, 2008; Becker, 2010) y la mayoría de estos organismos que residen en el bosque no constituyen plagas o enfermedades epidémicas y los daños asociados son incidentales, acotados a periodos breves de tiempo (Manion, 1991; Le Quesne, 2002); esto se debe a que el medioambiente ejerce resistencia ambiental, pudiendo ésta corresponder a factores físicos o abióticos que incluyen clima y tiempo atmosférico (granizo, vientos, heladas, sequías, entre otros), factores nutricionales y fisiológicos de la planta (vigor, defensa metabólica) y factores biológicos (diversidad de masas mixtas, competencia, posición sociológica, parasitismo y depredación) (Le Quesne, 2002). Sin embargo, si una población de árboles se ve sometida a cambios en su sistema por causa de procesos naturales, o en la mayoría de los casos, por intervenciones antrópicas, el estado de vigor de los árboles puede disminuir junto a su resistencia natural a la infestación, lo que podría ocasionar que la densidad de hongos o insectos aumente más allá de los parámetros normales hasta convertirse en plaga y un problema para el bosque (Gara *et al.* 1980; Becker, 2010).

Hasta la fecha no se encontraban antecedentes bibliográficos en cuanto a la identificación de asociaciones entomológicas en bosques puros de *A. chilensis*, sólo existiendo el trabajo de Becker (2010) que identificó un total de 31 especies asociadas a bosque mixtos de *A. chilensis* junto a *N. macrocarpa* y *P. radiata*, en Sierras de Bellavista. En el bosque puro ralo de San Gabriel se identificó un total de 35 especies de insectos, correspondiendo la mayor proporción a los órdenes Coleoptera e Hymenoptera. Se tomó fotografías de algunos individuos identificados con ayuda de una lupa estereoscópica, las cuales se presentan en el Anexo 3, fig. A7.

Entre los insectos identificados, Jofré (2008) señala a la especie nativa fitófaga *Loboglossa variipennis* como consumidor de acículas de pino en Reserva Nacional Los Queules, por lo que es muy probable que se alimente de las hojas de *A. chilensis*, sin embargo no se identificó un daño de importancia en los individuos. Aunque la mayoría de las especies identificadas corresponden a insectos nativos, existieron las excepciones de *Blatella germanica*, *Blatta* sp., *Polistes buyssoni* y *Vespula germanica*; estos insectos tienen características comunes, tales como: ser muy generalistas o polívoros, ser considerados especies invasivas que generan plagas y estar asociados a centros urbanos (Artigas, 1994; Estay, 2001; PSU, 2007; Jaramillo *et al.*, 2012). Su presencia se explica debido a la cercanía del área del estudio con el poblado de San Gabriel, además del hecho que a los

pies de la ladera donde se encuentra el bosque de *A. chilensis*, existe un sector de camping, donde los desechos de los visitantes son una fuente de alimentación ideal para estas especies.

#### 4.4 PROPUESTAS PRELIMINARES DE MEDIDAS SILVICULTURALES

Numerosas especies forestales presentan capacidades de crecimiento y estructuras distintas en relación con las características edáficas de los suelos en que se establecen (La Manna *et al.*, 2006). En el caso de *A. chilensis*, aunque es una especie rústica, mejores condiciones de sitio se reflejan en valores mayores de crecimiento en volumen, biomasa y en alturas dominantes (Goya *et al.*, 1998). Estas diferencias también pueden estar relacionadas con la disponibilidad de agua durante la estación seca, coincidentemente el periodo de crecimiento de la especie, ya que se menciona la disponibilidad de agua como un factor limitante en el crecimiento y distribución de la especie (Veblen *et al.*, 1995; Goya *et al.*, 1998). En sitios xéricos, como el bosque de San Gabriel, la regeneración de *A. chilensis* es esporádica, formando bosquetes multietáneos, condicionada por el fuego (de baja intensidad), disposición espacial de árboles semilleros, condiciones de micrositio, presencia de arbustos y por variaciones climáticas entre los años (Kitzberger *et al.*, 2000; Rovere *et al.*, 2004; Gobbi, 2007); y siendo la regeneración el problema de mayor gravedad que presenta el bosque de San Gabriel, las medidas silviculturales debiesen apuntar a mejorar este fundamental aspecto.

Se ha comprobado que en sitios xéricos de menor cobertura arbórea, la mayor emergencia y establecimiento de plántulas está asociada a presencia de arbustos que generan microambientes, donde se reduce la radiación, la temperatura del suelo, la evapotranspiración y el desecamiento por viento. Posiblemente también, se produce un aumento de la cantidad de materia orgánica en el suelo, mejorando las condiciones de humedad, ya que la materia orgánica incrementa la retención de agua, y existe un efecto morigerador sobre las plántulas durante las bajas temperaturas invernales (Gobbi y Schlichter, 1998; Kitzberger *et al.*, 2000; Carabelli *et al.*, 2006; Gyenge *et al.*, 2007). Además, los arbustos pueden actuar como trampas de semillas, servir de protección contra el ganado y beneficiar a las plántulas por asociaciones micorrízicas preexistentes (Kitzberger, 1994). Por lo anterior, cualquier estrategia para recuperación de bosques de *A. chilensis* en áreas fragmentadas o intervenidas debería considerar la introducción de arbustos nativos, con fin de garantizar la permanencia de la especie y su expansión hacia áreas adyacentes (Carabelli *et al.*, 2006). Por lo que se deberían realizar intervenciones en pos de aumentar la presencia de especies arbustivas nativas en San Gabriel, para así mejorar las condiciones de micrositio para la regeneración. Algunas especies arbustivas asociadas al ciprés son: *Schinus montanus* (Phil.) Engler, *Berberis* sp., *Ribes magellanicum* Poir, *Fabiana imbricata* Ruiz & Pav. y *Rosa rubiginosa* L. (Rovere *et al.*, 2004; Letourneau, 2006), sin embargo se debiera dar preferencia a las especies que ya se encuentran asociadas a *A. chilensis* en el bosque de San Gabriel.

También, se ha documentado que el ganado afecta la regeneración de *A. chilensis*, impidiendo el crecimiento de las plántulas ya sea mediante ramoneo o aplastamiento (Loguercio *et al.* 1999). Si bien la especie es resistente al ramoneo, cuando éste es intenso

se produce la pérdida de la yema apical y proliferación de las yemas laterales, lo que reduce el crecimiento en altura y produce individuos deformes (Rovere *et al.*, 2004; Blackhall *et al.*, 2008; La Manna *et al.*, 2008c), existiendo antecedentes que el ramoneo de ganado en bosques xéricos produce inhibición de crecimiento en los individuos juveniles de hasta 1,5 m de altura (Schmaltz, 1992). Además el ganado se alimenta de los arbustos asociados a *A. chilensis*, lo que también es perjudicial ya que la remoción arbustiva afecta negativamente la regeneración, produciéndose mayores muertes de plántulas en los sitios donde los arbustos han sido removidos (especialmente en años con sequías severas), y no genera crecimiento en los juveniles (Carabelli *et al.*, 2006; Gobbi, 2007). Considerando lo anterior y el hecho que Le Quesne (1999) comprobó el impacto del ganado sobre el crecimiento de los árboles en el bosque de San Gabriel, una de las medidas silviculturales a implementar debiera ser la prohibición total del ganado en el área de estudio, levantando o reparando cercas en los límites del predio, bloqueando así el paso a los medianos y grandes herbívoros, y produciendo además una disminución de la intervención antrópica.

Los arbustos siempre ejercen un efecto facilitador sobre las plántulas durante su establecimiento y primeros estados de desarrollo (Letourneau, 2006); sin embargo Kitzberger *et al.* (2000), establecieron que en plantas de mayor tamaño (aproximadamente 30 cm) ejercen un efecto competitivo, suprimiendo el crecimiento en altura puesto que reducen la intensidad lumínica, afectando sobre diversos componentes que intervienen en la dinámica foliar de los renovales de *A. chilensis*, afectando también la longitud de los entrenudos tanto en el tallo principal como en los ejes de ramificación secundarios (Grosfeld y Barthélémy, 2002). Según lo comprobado por Letourneau (2006) en su modelo de crecimiento para renovales de la especie asociados a matorrales nodriza, un manejo de la masa arbustiva aumentaría el crecimiento de los renovales mediante el incremento de la intensidad lumínica, lograda por la remoción parcial de la vegetación. Dado que las plantas pequeñas son las más sombreadas, se debería evitar la remoción abrupta de arbustos, no obstante, un incremento ligero en la luz tendría efectos positivos sobre el crecimiento, por esto la liberación de plantas debiera ser un proceso de varias etapas, con tal de aclimatar gradualmente a las plantas a mayores niveles de luz y no provocar foto-inhibición en los individuos (Lichtenhaler y Burkart, 1999; Letourneau, 2006); considerando además que los efectos de la foto-inhibición son más marcados durante sequías severas (Epron, 1997), eventos bastantes probables en San Gabriel. Al realizar la remoción de arbustos de manera gradual, se amortiguan los efectos adversos de las condiciones climáticas, ya que estos siguen cumpliendo su función de protección a la vez que aumenta la tasa de crecimiento de las plantas, aunque podrían presentarse efectos negativos en años con condiciones de sequía (Rovere *et al.*, 2004; Letourneau, 2006).

Debido a que la reacción de las plantas varía según las condiciones climáticas, es menester considerar una coordinación entre el manejo arbustivo y las condiciones climáticas, ya que los arbustos facilitan el crecimiento de los renovales en años con estación de crecimiento seca, en cambio compiten con los renovales en años húmedos (Rovere *et al.*, 2004; Letourneau, 2006). Asimismo, al realizar la poda se tiene que tener en consideración la especie con la cual se trata, pues ésta podría responder de distintas formas a la poda, pudiendo tener la poda de liberación un efecto a corto plazo o más duradero (Letourneau, 2006).

Las características de San Gabriel: condiciones de sitio y clima, influencia antrópica, pastoreo de ganado, entre otras, lo hacen más exigente que otros sitios de establecimiento de *A. chilensis*. Por consiguiente es recomendable planear detalladamente las intervenciones arbustivas (teniendo en consideración la respuesta de la especie arbustiva a la poda), realizándolas en diversas etapas de manera no invasiva, de modo que los renovales se adapten positivamente al cambio de condiciones. Además, se debe siempre tener en cuenta las condiciones climáticas, ya que en una temporada de crecimiento seca es preferible no realizar ninguna intervención previamente planeada puesto que podría afectar negativamente la regeneración.

Finalmente, siendo de seguro la limitante actual más importante en el bosque de San Gabriel, es necesario continuar con la investigación para identificar con total exactitud a la especie que depreda los frutos y semillas de *A. chilensis*, ya que según la evidencia presentada, se ha convertido en un agente que compromete la continuidad de la especie y su expansión natural no sólo en el área de estudio sino en el común de las poblaciones de distribución norte en el país. Luego, se deberán realizar investigaciones a fin de encontrar el mejor y más seguro método de manejo para controlar la población del insecto en la zona de estudio, y así liberar la fuerte presión que existe actualmente sobre la producción de semillas viables de *A. chilensis*.

## 5. CONCLUSIONES

El bosque de *A. chilensis* de San Gabriel es puro, ralo y de sitio xérico, y se encuentra expuesto a diversos factores tanto naturales como de origen antrópico que afectan el desarrollo de sus individuos, tales como: nevadas, viento, sequías, incendios, ataque de organismos, cortas extractivas y pastoreo de ganado; estos factores producen un estrés (puntual o acumulado) que se expresa con diversos síntomas en las ramas, follaje y fuste de los árboles. No obstante, en general, el bosque se encuentra con un buen estado de vigor y aunque la mayoría de los árboles presentó alguna sintomatología en sus hemisferios de daño, al evaluarlas individualmente éstas fueron minoritarias en la población, y los árboles que las aquejaban se encontraban mayoritariamente en la categoría más leve del síntoma o daño en cuestión.

Se registró un importante ataque sobre los conos y semillas de *A. chilensis*, con un 48% de las semillas maduras depredadas por una especie de microlepidóptero, que mostró una preferencia hacia los conos de mejores características (mayor producción de semillas maduras), y donde el ataque de sus larvas a un fruto significa una segura disfuncionalidad reproductiva de éste. Este insecto afecta la normal regeneración del ciprés y su expansión hacia áreas adyacentes puesto que disminuye fuertemente la cantidad de semillas viables, lo que se asocia a la escasa regeneración presente en San Gabriel, siendo esta relación común a diversos sitios de distribución norte de la especie donde se ha documentado este tipo de ataque de microlepidópteros. Según las evidencias recolectadas en el área de estudio, este daño probablemente se deba a *N. austrocedrella*, polilla de reciente identificación que causa grandes daños sobre frutos y semillas de *A. chilensis* en Argentina, y que no ha sido detectada oficialmente en Chile.

Se identificó exitosamente un total de 35 especies de insectos asociados a bosques puros de ciprés de la cordillera, correspondiendo en su mayoría a especies nativas, donde se destaca la presencia de *L. variipennis* que posiblemente se alimente de las hojas de *A. chilensis*, no provocando un daño de importancia.

Como propuestas de medidas silviculturales, destinadas a aumentar la regeneración de *A. chilensis*, se plantean: el incremento en la cobertura de arbustos nativos, que facilitan el establecimiento y desarrollo de la regeneración; la instalación y reparación de cercas en los límites del predio para evitar el pastoreo de ganado, ya que afecta directa e indirectamente sobre la supervivencia y crecimiento de la regeneración, además que esta medida disminuye la posibilidad de daños antrópicos; el manejo de la masa arbustiva, con fin de mejorar el crecimiento de la regeneración ya establecida, debiendo ser realizado de forma gradual y teniendo en consideración la respuesta del arbusto a la poda y las condiciones climáticas al momento de la intervención; y por último, se recomienda continuar la investigación destinada a identificar con total seguridad al microlepidóptero causante del daño a frutos y semillas de *A. chilensis*, y también desarrollar un método seguro para controlar la población de este insecto.

Los bosques de *A. chilensis* sugieren un potencial importantísimo por los múltiples bienes y servicios que aportan, *e.g.* conservación biodiversidad, protección de cuencas, valor paisajístico, turístico, recreativo y maderable, siendo especialmente importante la población de San Gabriel ya que se trata de un bosque puro relictivo que se sitúa en el extremo norte de la distribución y que además corresponde al límite este de distribución de esta especie endémica del cono sur de América. Por lo anterior es que se hace necesario aumentar el conocimiento sobre la biología, ecología y la dinámica regenerativa de poblaciones puras y mixtas de ciprés de la cordillera, bajo las diversas condiciones de sitio e influencias antrópicas en que se encuentra en el país, con la finalidad de ser capaces de preservar la existencia de este valioso recurso a través del tiempo.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G.N. 1996. Fitopatología. Tercera edición. UTEHA, Noriega Editores. México. 838 p.
- Amoroso, M. and Larson, B. 2010. Can a natural experiment be used as a tool to design partial cutting regimes? The decline of *Austrocedrus chilensis* forests, an example. *Journal of Forest Research* 15: 38-45.
- Aravena, J.C.; Le Quesne, C.; Jiménez, H.; Hinojosa, L.F. y Peña, C. 1994. Estudio de un rodal de *Austrocedrus chilensis* en la R.N. Río Clarillo (Antecedentes preliminares). Documento interno CONAF. Región Metropolitana, Santiago.
- Araya, J.; Arretz, P.; Guerrero, M.A. y Lamborot, L. 1997. Observaciones de *Polistes buyssoni* (Brethes) (Hymenoptera: Vespidae), depredador de larvas de *Rachiplusia nu* (Guenee) (Lepidoptera: Noctuidae) en frejol en la Región Metropolitana, Chile. *Investigación Agrícola* 17(1-2): 19-23.
- Artigas, J. 1994. Entomología Económica. Insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario. Volumen II. Ediciones Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 943 p.
- Arturi, M; Ferrando, F.; Goya, J.; Yapura, P. y Frangi, J. 2001. Tendencias espaciales de la regeneración de *Austrocedrus chilensis* en relación con el dosel arbóreo. *Asociación Argentina de Ecología. Ecología Austral* 11: 31-38.
- Baldini, A.; Oltremari, J. y Homgren, A. 2008. Efecto de *Cinara cupressi* (Hemiptera: Aphididae) sobre el Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*) después de aplicar control químico. Santiago, Chile. *Ciencia e Investigación Agraria* 35(3): 341-350.
- Becker, C. 2010. Caracterización fitosanitaria del Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Serm. et Bizz.) en Sierras de Bellavista, San Fernando, Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Memoria Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 63 p.
- Benoit, I. 1987. El ciprés de la cordillera. *Chile Forestal* 146: 16-17.
- Biokids. 2012. Crickets, Gryllidae. University of Michigan. Rev. 06 de septiembre de 2012 en: <http://www.biokids.umich.edu/critters/Gryllidae/>
- Blackhall, M.; Raffaele, E. and Veblen, T. 2008. Cattle affect early post-fire regeneration in a *Nothofagus dombeyi*-*Austrocedrus chilensis* mixed forest in northern Patagonia, Argentina. *Biological Conservation* 141: 2251-2261.

- Boa, E. 2008. Guía ilustrada sobre el estado de salud de los árboles. Reconocimiento e interpretación de síntomas y daños. FAO, El Salvador. 49 p.
- Bustamante, R. 1996. Depredación de semillas en bosques templados de Chile. *En: Monografías. Ecología de los bosques nativos de Chile.* Editorial Universitaria. Santiago, Chile. pp. 265-278.
- Butin, H. y Peredo, H. 1986. Hongos parásitos en coníferas de América del Sur con especial referencia a Chile. Ediciones J. Cramer. Berlín, Alemania. 100 p.
- Cabrera, C. 2008. Análisis de las escorrentías mensuales y anuales de la cuenca del Maipo y la potencial influencia glacial en la producción de agua. Memoria Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Talca. Talca, Chile. 114 p.
- Cambra, T.; Quintero, D. y Miranda, R. 2004. Presas, comportamiento de anidación y nuevos registros de distribución en pompílidos neotropicales (Hymenoptera: Pompilidae). *Tecnociencia* 6(1): 95-109.
- Carabelli, F.; Orellana, I.; Jaramillo, M. and Gómez, M. 2006. Modification of the flora composition in edges of fragmented *Austrocedrus chilensis* forest in patagonia. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 15(1): 42-49.
- Ciampi, L. 2002. Introducción a la patología vegetal. Editorial Nuova Firenze. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 231 p.
- Cogollor, G. 2002. Control. *En: Baldini, A. y Pancel, L. (Eds.). Agentes de daño en el bosque nativo.* Editorial Universitaria. Santiago, Chile. pp. 373-407.
- CONAF, CONAMA y BIRF (Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento). 1999. Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile, informe nacional con variables ambientales. Santiago, Chile. 89 p.
- CONAMA. 2003. Estrategia Nacional de Biodiversidad. 21 p. Rev. 14 de abril de 2011 en: [http://www.conama.cl/biodiversidad/1313/articles-48802\\_ENB\\_PrimerInforme.pdf](http://www.conama.cl/biodiversidad/1313/articles-48802_ENB_PrimerInforme.pdf)
- CONAMA. 2010. Ficha de especie clasificada: *Austrocedrus chilensis*. Secretaría Técnica del Comité de Clasificación de Especies. 11 p.
- CONAMA. 2011. Clasificación de especies. Listado de especies clasificadas en 1º, 2º, 3º y 4º proceso. Rev. 15 de abril de 2011 en: <http://www.conama.cl/clasificacionespecies/index2.htm>
- Coulson, R.N. y Witter, J.A. 1990. Entomología forestal, ecología y control. Editorial Limusa S.A. México. 751 p.

- Cuezzo, F. 2003. Subfamilia Dolichoderinae. *En*: Fernández, F. (Ed.). Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Impresiones Acta Nocturna. Bogotá, Colombia. pp. 291-297.
- Del Fierro, P. y Pancel, L. 1998. Experiencia silvicultural del bosque nativo de Chile. Recopilación de antecedentes para 57 especies arbóreas y evaluación de prácticas silvicultuales. GTZ - CONAF. Publicaciones Lo Castillo S.A. Santiago, Chile. 420 p.
- Delfino, M. y Binazzi, A. 2002. Áfidos de coníferas en la Argentina (Hemiptera: Aphididae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 61(34): 27-36.
- DGA (Dirección General de Aguas). 2011. Datos de humedad y temperatura del aire de la estación meteorológica Laguna Negra. Rev. 08 de mayo de 2011 en: <http://dgasatel.moptt.cl/index1.asp>
- Donoso, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina. Ed. Universitaria, Santiago, Chile. 484 p.
- Donoso, C.; Escobar, B.; Pastorino M.; Gallo, L. y Aguayo, J. 2006. Autoecología de las especies. Coníferas chilenas (Gimnospermas). *En*: Donoso, C. (Ed.), Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina, Autoecología. Marisa Cuneo Ediciones. Valdivia, Chile. pp. 54-67.
- Downes, W. 2012. Familia Sarcophagidae. Instituto Nacional de Biodiversidad, Costa Rica. Rev. 05 sept. 2012 en: <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto82.html>
- Doyen, J.T. 2012. Familia Tenebrionidae. Instituto Nacional de Biodiversidad, Costa Rica. Rev. 05 sep. 2012 en: <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto7.html>
- El Mujtar, V.A.; Andenmatten, E.; Perdomo, M.H.; Letourneau, F.; Grau, O. y Gallo, L.A. 2011. Temporal progression trends of cypress mortality at permanent plots in a National forest reserve of *Austrocedrus chilensis* (Patagonia, Argentina). *Forest Systems* 20(2): 209-217.
- Epron, D. 1997. Effects of drought on photosynthesis and on the thermotolerance of photosystem II in seedlings of cedar (*Cedrus atlantica* and *C. libani*). *Journal of Experimental Botany* 48(315): 1835-1841.
- Estay, P. 2001. Avispa chaqueta amarilla, *Vespula germanica* F. INIA CRI, La Platina. Santiago, Chile. 32 p.
- Evans, H. and O'Neill, K. 2007. The Sand Wasps: Natural History and Behavior. Harvard University Press. 360 p.
- Fernández, F. 2003a. Subfamilia Formicinae. *En*: Fernández, F. (Ed.). Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Impresiones Acta Nocturna. Bogotá, Colombia. pp. 299-306.

- Fernández, F. 2003b. Subfamilia Myrmicinae. *En*: Fernández, F. (Ed.). Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Impresiones Acta Nocturna. Bogotá, Colombia. pp. 307-330.
- Floria, M. y Greslebin, A. 2009. "Mal del Ciprés" disease: analysis of the association between aerial symptoms and vitality of trees. *En*: Goheen, E.M.; Frankel, S.J., tech. coords. 2009. Proceedings of the fourth meeting of the International Union of Forest Research Organizations (IUFRO) Working Party S07.02.09, Phytophthoras in forests and natural ecosystems. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-XXX. Albany, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. 11 p.
- Gara, R.; Cerda, L. y Donoso, M. 1980. Manual de entomología forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 61 p.
- Gobbi, M. 2007. Condiciones de micrositio para juveniles de *Austrocedrus chilensis* y respuesta a intervenciones extractivas. *Bosque* 28(1): 50-56.
- Gobbi, M. and Schlichter, T. 1998. Survival of *Austrocedrus chilensis* seedlings in relation to microsite conditions and forest thinning. *Forest Ecology and Management* 111: 137-146.
- Godoy, C. 2012. Familia Cicadellidae. Instituto Nacional de Biodiversidad, Costa Rica. Rev. 05 sept. 2012 *en*: <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto104.html>
- Godoy, R.; Ramírez, C. y Puentes, O. 2002. Plantas parásitas vasculares de Chile. *En*: Baldini, A. y Pancel, L. (Eds.). Agentes de daño del bosque nativo. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. pp. 53-88.
- Gomez, C. y Klasmer, P. 1997. Ciclo biológico de un microlepidóptero que ataca los frutos y semillas del ciprés de la cordillera [*Austrocedrus chilensis* (D. Don) Fl. et Bout.]. *Bosque* 18(1): 31-37.
- González, G. y Opazo, A. 2002. Enfermedades fungosas y otras. *En*: Baldini, A. y Pancel, L. (Eds.). Agentes de daño en el bosque nativo. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. pp. 89-135.
- Goya, J.; Yapura, P.; Ferrando, J.; Barrera, M. y Arturi, M. 1998. Crecimiento individual y de rodales de *Austrocedrus chilensis* en el Bolsón, Río Negro, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 103(2): 149-155.
- Grandón, F. 1996. Análisis del estado fitosanitario de los *Nothofagus* de Chile, desde el punto de vista entomológico. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 92 p.

- Greslebin, A. and Hansen, E. 2009. The decline of *Austrocedrus* forests in Patagonia (Mal del Ciprés): Another *Phytophthora*-caused forest disease. In: *Phytophthoras* in forests and natural ecosystems. Proceedings of the fourth meeting of the International Union of Forest Research Organizations (IUFRO) Working Party S07.02.09. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-221. Monterey, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. pp. 64-73.
- Greslebin, A. y Hansen, E. 2007. La causa del "Mal del Ciprés". Ficha técnica. Patagonia Forestal 13(1): 5-8.
- Greslebin, A.; Hansen, E. and Sutton, W. 2007. *Phytophthora austrocedrae* sp. nov., a new species associated with *Austrocedrus chilensis* mortality in Patagonia (Argentina). Mycological Research 3: 308-318.
- Grosfeld, J. y Barthélémy, D. 2002. Análisis de la variabilidad morfológica y arquitectural de *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Serm et Bizzarri, *Fitzroya cupresoides* (Molina) I. M. Johnst., *Pilgerodendrum uviferum* (D. Don) Florin y *Cupressus sempervirens* L. (Cupressaceae). Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Biológicas de la Universidad del Comahue. Bariloche, Argentina.
- Gutiérrez, R. 1951. El género *Liogenys* en Chile. Revista Chilena de Entomología 1: 129-145.
- Gyenge, J.; Fernández, M.E. and Schlichter, T. 2007. Influence of radiation and drought on gas exchange of *Austrocedrus chilensis* seedlings. Bosque 28(3): 220-255.
- Havrylenko, D. y Winterhalter, J. 1949. Insectos del Parque Nacional Nahuel Huapi. Administración General de Parques Nacionales y Turismo. Argentina. 53 p.
- Havrylenko, M.; Rosso, P. y Fontenla, S. 1989. *Austrocedrus chilensis*: Contribución al estudio de su mortalidad en Argentina. Bosque 10(1): 29-36.
- Hechenleitner, E.; Gardner, M.; Thomas, P.; Echeverría, C., Escobar, B.; Brownless, P. y Martínez, C. 2005. Plantas amenazadas del Centro-Sur de Chile. Universidad Austral de Chile. Real Jardín Botánico de Edimburgo. 187 p.
- Holmgren, A. 2006. Evaluación del efecto de *Cinara cupressi* (Bruckton) (Hemiptera, Aphididae) post control químico, sobre *Austrocedrus chilensis* (D. Don). Memoria Ing. Forestal. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 65 p.
- Hornschemeyer, T. 2011. Cupedidae. Tree of Life web project. Rev. 05 sept. 2012 en: <http://tolweb.org/Cupedidae/8999>

- Jaramillo, G.I.; Córdoba, H.; Armbrrecht, I. y Suárez, M. 2012. Revista de alergia, asma e inmunología. Biología de las cucarachas: agentes sensibilizantes. Rev. 05 sept. 2012 en: [http://www.encolombia.com/articulos\\_alergia8-1.htm](http://www.encolombia.com/articulos_alergia8-1.htm)
- Jofré, M.L. 2008. Variabilidad temporal en la composición, abundancia y riqueza de coleópteros voladores asociados a fragmentos de diferente tamaño de bosque maulino y plantaciones de pino aledañas. Memoria Ing. en Recursos Renovables. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 66 p.
- Kitzberger, T. 1994. Fire regime variation along a northern Patagonian forest-steppe gradient: stand and landscape response. PhD Thesis. Department of Geography, University of Colorado, Boulder. 203p.
- Kitzberger, T.; Steinaker, D. and Veblen, T. 2000. Effects of climatic variability on facilitation of tree establishment in northern Patagonia. *Ecology* 81(7): 1914-1924.
- La Manna, L. 2005. Caracterización de los suelos bajo bosque de *Austrocedrus chilensis* a través de un gradiente climático y topográfico en Chubut, Argentina. *Bosque* 26 (2): 137-156.
- La Manna, L. y Matteucci, S. 2010. Estructura del paisaje de bosques de *Austrocedrus chilensis* con síntomas de defoliación y mortalidad ubicados en distintos tipos de suelos. *Asociación Argentina de Ecología de Paisajes. RASADEP* 1: 77-82.
- La Manna, L.; Bava, J.; Collantes, M. y Rajchenberg, M. 2006. Características estructurales de los bosques de *Austrocedrus chilensis* afectados por "mal del ciprés" en Patagonia, Argentina. *Bosque* 27(2): 135-145.
- La Manna, L; Carabelli, F.; Gómez, M. y Matteucci, S. 2008a. Disposición espacial de parches de *Austrocedrus chilensis* con síntomas de defoliación y mortalidad en el valle 16 de Octubre (Chubut, Argentina). *Bosque* 29(1): 23-32.
- La Manna, L; Matteucci, S. and Kitzberger, T. 2008b. Abiotic factors related to the incidence of the *Austrocedrus chilensis* disease syndrome at a landscape scale. *Forest Ecology and Management* 256: 1087-1095.
- La Manna, L.; Collantes, M.; Bava, J. and Rajchenberg, M. 2008c. Seedling recruitment of *Austrocedrus chilensis* in relation to cattle use, microsite environment and forest disease. *Ecología Austral* 18: 27-41.
- Landry, J.F. and Adamski, D. 2004. A new species of *Nanodacna* Clarke (Lepidoptera: Elachistidae: Agonoxeninae) feeding on the seeds of *Austrocedrus chilensis* (Cupressaceae) in Andean Argentina. *Journal of the Lepidopterists' Society* 58(2): 100-113.

- Le Quesne, C. 1999. Dendrocronología de *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Ser. *et Bizz.* (Cupressaceae) en el límite norte de su distribución, Chile. Tesis doctoral. Universidad de Oviedo, Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. Oviedo, España. 100 p.
- Le Quesne, C. 2002. Bioecología del bosque nativo chileno. *En: Baldini, A. y Pancel, L. (Eds). Agentes de daño del bosque nativo.* Editorial Universitaria. Santiago, Chile. pp. 19-44.
- Letourneau, F. 2006. Estudio de las relaciones positivas y negativas sobre el crecimiento de *Austrocedrus chilensis* durante una etapa inicial de desarrollo, en un matorral sucesional méxico. Tesis doctoral. Universidad Nacional del Comahue. 182 p.
- Lichtenthaler, H. and Burkart, S. 1999. Photosynthesis and high light stress. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 25(3-4): 3-16.
- Loguercio, G.; Burschel, P. y Rey, M. 1999. El bosque de ciprés de la cordillera: su conservación y uso. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico. Esquel, Argentina. Folleto de divulgación N° 14. 21 p.
- Lucero, M. 1996. Regeneración temprana del bosque de ciprés de la cordillera. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional del Comahue. 46 p.
- Luzio, W. y Alcayaga, S. 1992. Mapa de asociaciones de grandes grupos de suelos de Chile. *Agricultura Técnica* 52(4): 347-353.
- Manion, P.D. 1991. *Tree Disease Concepts.* Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New York, USA.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura). Ley N° 20.283 sobre recuperación de bosque nativo y fomento forestal. Santiago, Chile, julio de 2008. 19 p.
- Montalva, J. 2012a. *Isepeolus luctuosus*. Abejas de Chile. Rev. 05 sept. 2012 en: <http://abejasdechile.blogspot.com/2012/04/isepeolus-luctuosus.html>
- Montalva, J. 2012b. *Centris nigerrima*. Abejas de Chile. Rev. 05 sept. 2012 en: <http://abejasdechile.blogspot.com/2012/04/centris-nigerrima.html>
- Montalva, J. 2012c. *Corynura chloris*. Abejas de Chile. Rev. 06 sept. 2012 en: <http://abejasdechile.blogspot.com/2012/05/corynura-chloris.html>
- MOP (Ministerio de Obras Públicas). 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, cuenca del río Maipo. DGA. CADE-IDEPE, Consultores en Ingeniería. 201 p.
- Pape, T. 2012. Familia Calliphoridae. Instituto Nacional de Biodiversidad, Costa Rica. Rev. 05 sept. 2012 en: <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto374.html>

- Pastorino, M.; Fariña, M.; Bran, D. y Gallo, L. 2006. Extremos geográficos de la distribución natural de *Austrocedrus chilensis* (Cupressaceae). Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 41(3-4): 307-311.
- Peña, L. 2006. Introducción al estudio de los insectos de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 253 p.
- Peña, M. y Altmann, S. 2009. Reconocimiento del efecto de *Cinara cupressi* (Hemiptera: Aphididae) en el estado sanitario de *Austrocedrus chilensis* mediante imágenes multispectrales. Bosque 30(3): 151-158.
- Peterson, R. y Oehrens, E. 1978. *Mikronegeria alba* (Uredinales). Mycologia 70: 321-331.
- PSU (Penn State University). 2007. German Cockroaches. College of Agricultural Sciences, Entomology. Rev. 10 nov. 2012 en: <http://ento.psu.edu/extension/factsheets/es/es-german-cockroaches>
- Punzo, F. 1994. The biology of spider wasp, *Pepsis thisbe* (Hymenoptera: Pompilidae) from Trans Pecos, Texas I. Adult morphometrics, larval development and the ontogeny of larval feeding partners. Psyche 101: 229-241.
- Rajchenberg, M. y Ciewlong, P. 1993. El mal del ciprés (*Austrocedrus chilensis*): su relación con las pudriciones radiculares y el sitio. Annales CIEFAP 1: 96-108.
- Rajchenberg, M. y Gómez, C. 2005. Enfermedades y plagas en *Austrocedrus chilensis*. ECOCIPRÉS Primera Reunión sobre Ecología, Conservación y Uso de los Bosques de Ciprés de la Cordillera, 28-30 abril 2005. Esquel, Argentina. p. 35-39.
- Rentz, C.F. 2012. Familia Rhaphidophoridae. Instituto Nacional de Biodiversidad, Costa Rica. Rev. 05 sept. 2012 en: <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto236.html>
- Rivas-Martínez, S. 1993. Clasificación bioclimática de la tierra. Folia Botánica Matritensis 10: 1-23.
- Rivas-Martínez, S. 2004. Global bioclimatics. Phytosociological Research Center, Madrid. Rev. 12 mayo 2011 en: [http://www.globalbioclimatics.org/book/bioc/global\\_bioclimatics\\_0.htm](http://www.globalbioclimatics.org/book/bioc/global_bioclimatics_0.htm)
- Rivas-Martínez, S. 2005. Avances en geobotánica. Phytosociological Research Center, Madrid. 128 p.
- Rodríguez, R. 2004. Monografía. Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*). Especie con problemas de conservación en Chile. Endesa. Santiago, Chile. 71 p.
- Rodríguez, R. y Quezada, M. 1995. Gymnospermae. En: Marticorena, C. y Rodríguez, R. (Eds.). Flora de Chile Volumen 1. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. pp. 310-337.



- Rodríguez, R.; Matthei, O. y Quezada, M. 1983. Flora arbórea de Chile. Ed. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Rovere, A. 1999. Condiciones ambientales de la regeneración del ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*). *Bosque* 21(1): 57-64.
- Rovere, A. y Sancholuz, L. 1991. Relación entre lluvia, banco de semillas y regeneración del ciprés de la cordillera, *Austrocedrus chilensis*. XVI Reunión Argentina de Ecología. Rosario, Argentina.
- Rovere, A; Gobbi, M. y Relva, M. 2004. Regeneración de *Austrocedrus chilensis*. En: Arturi, M.; Frangi, J. y Goya, J. (Eds.). Ecología y manejo de los bosques en Argentina. Editorial de la Universidad de la Plata. pp. 1-16.
- Saiz, F.; Solervicens, J. y Ojeda, P. 1989. Coleópteros del Parque Nacional La Campana y Chile central. Universidad Católica de Valparaíso. Ediciones universitarias de Valparaíso. Valparaíso, Chile. 124 p.
- Sarmiento, C. y Carpenter, J. 2006. Familia Vespidae. En: Fernández, F. y Sharkey, M. (Eds.). Introducción a los Hymenopteras de la región Neotropical. Editorial Guadalupe Ltda. Bogotá, Colombia. pp. 539-556.
- Schmaltz, J. 1992. La reconquista de la estepa por el bosque de ciprés. Descripción de un caso estudiado. Primer informe. Publicación técnica 11. CIEFAP, Esquel. 7 p.
- Serra, M.T. 1987. Dendrología de coníferas y otras gimnospermas. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza. Apuntes Docentes N° 2. 176 p.
- Serra, M.T.; Gajardo, R. y Cabello, A. 1986. Programa de Protección y Recuperación de la Flora Nativa de Chile. Ficha Técnica de Especies Amenazadas. Especies Vulnerables. Programa de Protección y Recuperación de la Flora de Chile. CONAF. Santiago, Chile. 236 p.
- Steel, R. y Torrie, J. 1985. Bioestadística: Principios y procedimientos. Editorial Mc-Graw Hill. Bogotá, Colombia. 622 p.
- Taucher, E. 1999. Bioestadística. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 310 p.
- Telnov, D. 2010. Ant-like flowers beetles (Coleoptera: Anthicidae) of the UK, Ireland and channel isles. *The British Journal of Entomology and Natural History* 23: 99-120.
- UCR (University of California, Riverside). 2012. Hymenoptera, Thynnidae (Vespoidea). Faculty Support. Rev. 06 sept. 2012 en: <http://www.faculty.ucr.edu/~legnerref/identify/thynnid.htm>

- UICN. 2001. Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. 33 p.
- Valdivieso, J.; Luisi, N. y Bravo, T. 1988. Susceptibilidad de las cupresáceas presentes en Chile hacia *Seiridium cardinale*, agente causal del cancro de la corteza del ciprés. Bosque 9(1): 9-15.
- Veblen, T. y Lorenz, D. 1987. Post-fire stand development of *Austrocedrus-Nothofagus* forests in Patagonia. Vegetatio 73: 113-126.
- Veblen, T.T.; Kitzberger, T.; Burns, B.R y Rebertus, A.J. 1996. Perturbaciones y dinámica de regeneración en bosques andinos del sur de Chile y Argentina. En: Armesto, J.J.; Villagran, C. y Arroyo, M. (Eds.). Ecología de los bosques nativos de Chile. Santiago, Chile. Editorial Universitaria. pp. 169-198.
- Veblen, T.T.; Burns, B.R.; Kitzberger, T.; Lara, A. and Villalba, R. 1995. The ecology of the conifers of southern South America. En: Enright, N. and Hill, R.S. (Eds.). Ecology of southern conifers. Melbourne Univ. Press., Australia. pp. 120-155.
- Villagrán, C.; Le Quesne, C.; Aravena, J.C.; Jiménez, H. e Hinojosa, L.F. 1998. El rol de los cambios de clima del cuaternario superior en la distribución actual de la vegetación de Chile central-sur. Bamberger Geographische Schriften 15: 227-242.
- Villalba, R. 1995. Climatic influences on forest dynamics along the forest-steppe ecotone in northern Patagonia. PhD dissertation. Department of Geography, University of Colorado, Boulder.
- Villalba, R. and Veblen, T.T. 1997. Regional patterns of tree population age structures in northern Patagonia: climatic and disturbance influences. Journal of Ecology 85: 113-124.
- Villalba, R. and Veblen, T.T. 1998. Influences of large-scale climatic variability on episodic tree mortality in northern Patagonia. Ecology 79: 2.624-2.640.
- WCR (Website of the Watford Coleoptera Group). 2012. Oedemeridae. Rev. 05 sept. 2012 en: <http://www.thewcg.org.uk/pages/oedemeridae.htm>
- Wood, D.M. 2012. Familia Tachinidae. Instituto Nacional de Biodiversidad, Costa Rica. Rev. 05 sept. 2012 en: <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto199.html>

## 7. ANEXOS

### ANEXO 1

#### 1.1 Insectos asociados a bosques de *A. chilensis-P. insigne* y *A. chilensis-N. macrocarpa*.

Cuadro 3. Composición de insectos asociados a *A. chilensis-P. insigne* y *A. chilensis-N. macrocarpa* según Becker (2010).

Órdenes	Subórdenes	Familias	Especies	
Orthoptera		Tettigonidae	<i>Polycleptis inermis</i> (Karsh, 1891)	
Hemiptera	Heteroptera	Miridae	<i>Phytocoris</i> sp.	
		Coreidae	<i>Leptoglossus chilensis</i> (Spinola, 1852)	
	Auchenorrhyncha	Aphididae	<i>Cinara cupressi</i> (Buckton)	
		Cicadidae	<i>Tibicens crassimargo</i> (Spinola)	
			<i>Tettigades chilensis</i> (Amyot & Serville)	
		Dictyopharidae	<i>Dyctiophora</i> sp.	
Coleoptera		Scarabaeidae	<i>Brachysternus prasinus</i> (Guérin-Meneville, 1831)	
			<i>Hylamorpha elegans</i> (Burmeister, 1844)	
			<i>Oryctomorpha laevipennis</i> (Germain, 1855)	
			<i>Sericoides</i> sp. 1	
			<i>Sericoides</i> sp. 2	
			<i>Sericoides</i> sp. 3	
			Scirtidae	<i>Cyphon</i> sp.
		Buprestidae	<i>Conognatha (Pithiscus) viridiventris sagittaria</i> (Fairmaire, 1856)	
			<i>Cylindrophora maulica</i> (Molina, 1782)	
			<i>Dactylozodes (Nelsonzodes) rouleti confusa</i> (Fairmaire & Germain, 1858)	
			<i>Ectinogonia (Ectinogonia) buqueti</i> (Spinola, 1837)	
			<i>Tyndaris planata</i> (Laporte & Gory, 1835)	
		Coccinellidae	<i>Adalia angulifera</i> (Mulsant, 1850)	

		Carabidae	<i>Calosoma vagans</i> (Dejean, 1831)
			<i>Cnemalobus</i> sp.
		Tenebrionidae	<i>Nyctopetus tenebrioides tenebrioides</i> (Guérin-Ménéville, 1830)
			<i>Nyctopetus tenebriodes rubripes</i> (Phillipi, 1864)
			<i>Nycterinus substriatus</i> (Solier, 1848)
			<i>Penaus penai</i> (Freude, 1968)
		Meloidae	<i>Tetraonyx septenguttata</i> (Curtis, 1844)
		Chrysomelidae	<i>Mylassa crassicollis</i> (Blanchard, 1851)
			<i>Psathyrocerus</i> sp.
Lepidoptera	Rhopalocera	Nymphalidae	<i>Elina montroli</i> (Festhame)
Hymenoptera		Chrysidae	<i>Chrysis</i> sp.

## ANEXO 2

### 2.1 Formulario de detección de signos, síntomas y daños para poblaciones naturales de Ciprés de la Cordillera.

Árbol N°	Ptos GPS:	X:	Y:	Altura:	m.s.n.m.	Expo:
<b>RAMAS</b>						
Presencia de lianas ( <i>L. biternata</i> )				Obs:		
Presencia:		ramas 1/3	ramas 2/3	ramas 3/3		
a. Agallas o Tumores				0: Ausente		
b. Hinchazones				A: 1-30%		
c. Nudos				B: 30-60%		
d. Escoba de bruja				C: 60-100%		
e. Cancro						
<b>FOLLAJE</b>						
<b>Clorosis</b>		Leve	Fuerte	Severa		
<b>Defoliación</b>		1	2	3	4	5
Nivel de defoliación		(0-10)%	(10-25)%	(25-60)%	(60-99)%	100%
Patrón de defoliación		A	B	C	D	E
<b>Evidencia Física</b>		N° por ramilla basal:				
Presencia de Cinara						
Presencia de hormigas						
Presencia de mielecilla						
Presencia de fumagina						
Presencia de carpóforos						
Otros:						
<b>FUSTE</b>						
Presencia de tumores		N°				
Presencia de cancro						
Exudación de resina						
Pudrición central		(extracción de tarugo)				
<b>Evidencia Física</b>		Forma:		Diám. (cm)		
Presencia de:		N°	Circular	Ovalada	eje menor:	eje mayor:
a. Orificios de salida						
b. Aserrín						
c. Hormigas						
d. Carpóforos						
e. Otros:						
<b>Síntomas generales</b>		Epiralamiento	Efecto Bandera		Daño:	
Malformaciones					Mecánico	
Deterioro					Climático	
Muerte regresiva						
Daño por incendio						
Estado de Vigor:						
Observaciones:						

**ANEXO 3: FOTOS**



Figura A1. Cono maduro sano (A), cono inmaduro (B y C) y cono dañado (D).

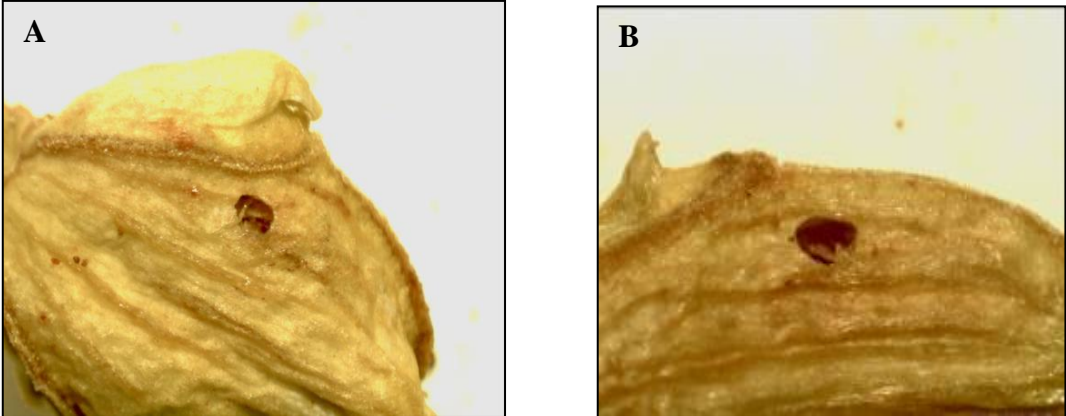




Figura A2. Perforación circular (A y B), perforación elíptica (C y D) y rajadura (E y F).



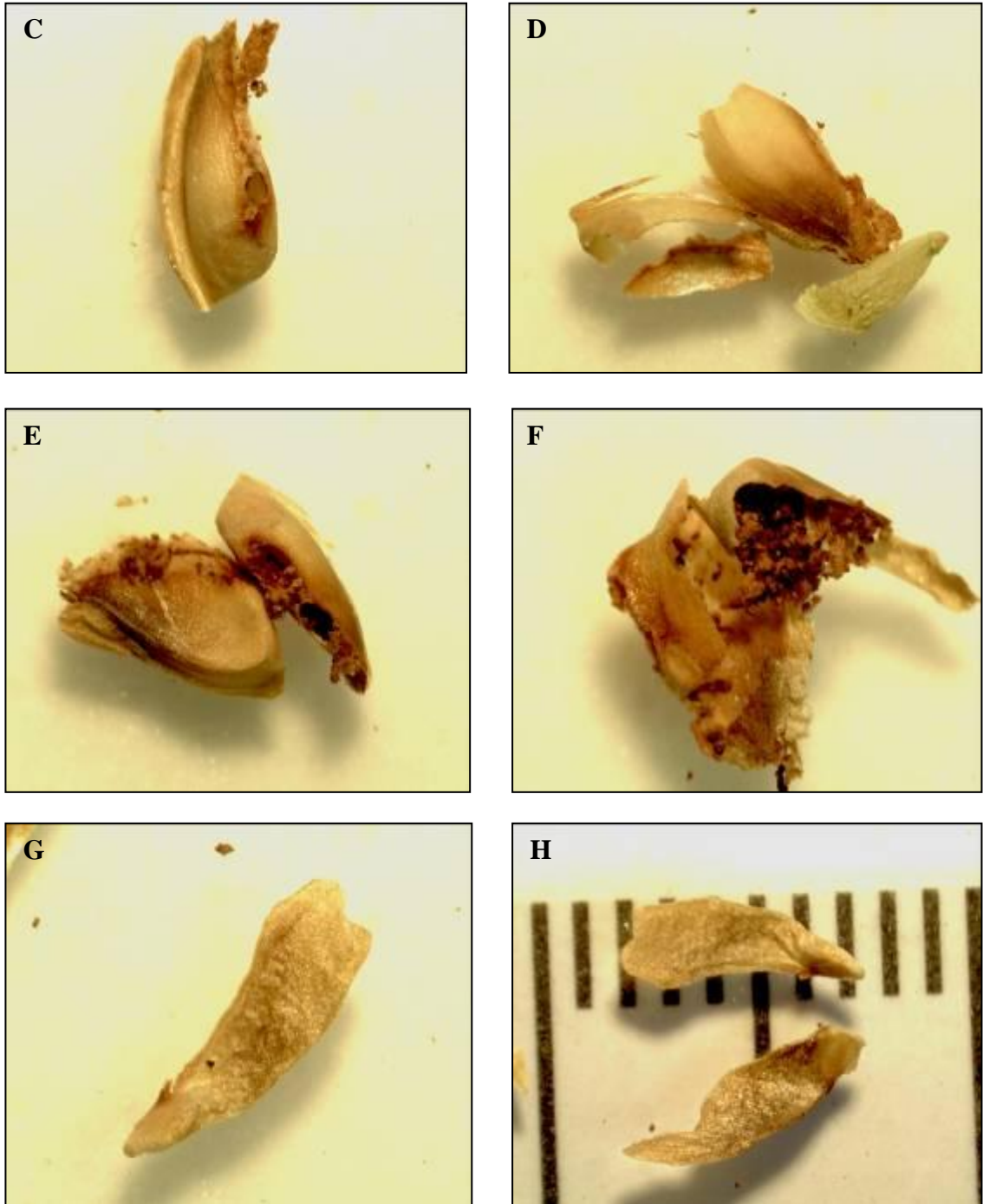


Figura A3. Semilla sana (A y B), semilla parcialmente dañada (C y D\*), semilla totalmente dañada (E y F\*) y semilla inmadura (G y H). \*En estos casos, las semillas fueron abiertas para comprobar la cantidad de daño.



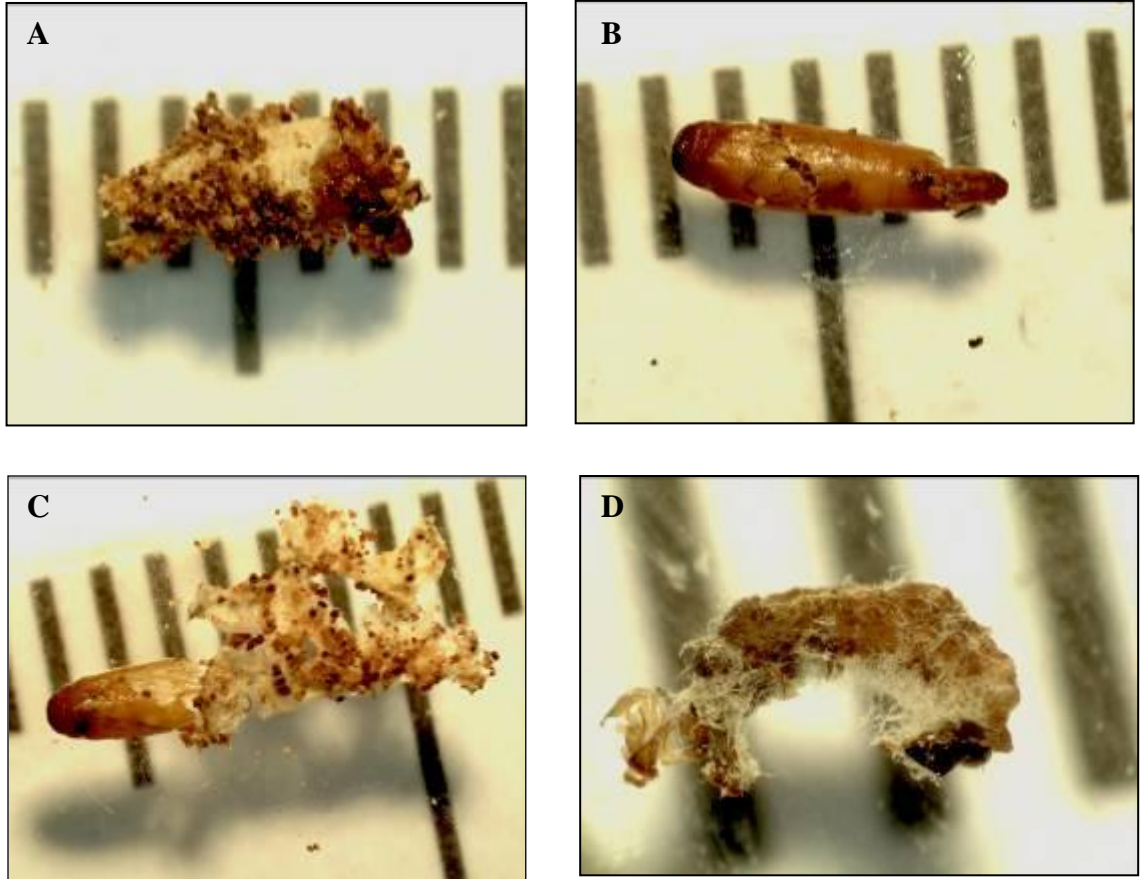


Figura A4. Pupa marrón (A, B y C) y larva cubierta en seda (D).



Figura A5. Escoba de bruja sobre follaje (A) y cancro sobre el fuste (B) en *A. chilensis*.



Figura A6. Clorosis y defoliación en ramas inferiores de *A. chilensis* en San Gabriel.







Figura A7. *Anthicus* sp. (A), *Arthroconus fuscus* (B), *Blattella germanica* (C), *Callidula nigrofasciata* (D), *Camponotus distinguendus* (E), *Conomyrma chilensis* (F), *Exochonotus varipennis* (G), *Nephrosis sulcicollis* (H), *Nothidris bicolor* (I), *Plumarius* sp. (J) y *Scotobius gayi* (K).





Figura A8. Sector de estudio, Los Rodados, San Gabriel (A, B, y C).