



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

COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN UN ÁREA
AFECTADA POR LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN CHAITÉN LUEGO
DE OCHO AÑOS, REGIÓN DE LOS LAGOS, CHILE

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniera Forestal

SOFIA JULIETA ACUÑA BÄCHLER

Profesores Guías: Sr. Álvaro Promis Baeza, Ingeniero Forestal,
Doctor en Recursos Naturales

Santiago, Chile

2018

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

COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN UN ÁREA
AFECTADA POR LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN CHAITÉN LUEGO
DE OCHO AÑOS, REGIÓN DE LOS LAGOS, CHILE

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniera Forestal

SOFIA JULIETA ACUÑA BÄCHLER

| Calificaciones: | Nota | Firma |
|--|------|-------|
| Prof. Guía Sr. Álvaro Promis Baeza | 7,0 | |
| Prof. Consejero Sr. Juan Pablo Fuentes Espóz | 7,0 | |
| Prof. Consejero Sr. Nicolás García Berguecio | 7,0 | |

A mis padres...

Quienes siempre me han impulsado al encuentro con el sí mismo.

AGRADECIMIENTOS

Este documento representa la culminación de una fase en mi viaje, en el cual las relaciones forjadas, fugaces o permanentes, han implicado una gran transformación.

En este entramado de relaciones muchas personas han influido en la materialización de este documento, aquí menciono sólo a algunas, pero también agradezco a los no mencionados.

En primer lugar agradecer a Álvaro Promis, sin su apoyo esto no hubiese sido posible. Le agradezco por generar críticas constructivas e instancias de aprendizaje que han permitido mejorar y sacar lo mejor de mí.

A Ursula Partarrieu por ser la persona que impulsó este proyecto, puente comunicador con la administración de la Fundación Pumalín y colaboradora durante el proceso de toma de datos en terreno.

El apoyo otorgado durante la campaña a terreno por parte de Ingrid Espinoza, José Suárez y la Fundación Pumalín.

Juan Pablo Fuentes y Nicolás García, profesores consejeros, que me dieron facilidades para el proceso de análisis de datos y sus observaciones.

A quienes entre otras cosas, completaron lindo momentos en el transcurso por la universidad: Luchito, Fran, Ale, Miguel, Tati, Jorge, Iván, Cami, Raúl, Feño y Diego.

Las amigas encontradas: Mari y Vane, por los almuerzos y la buena compañía.

Por su apoyo y consejo en el desarrollo de este documento, por tener oídos y ojos cuando lo requería y porque en eso encontré a una mujer excepcional, a Sofía Olivares.

A Esire, quien ha sido mi copiloto en este viaje: Agradezco las risas, las lágrimas, las noches eternas entre conversaciones y estudios. Porque nos demostramos permanentemente que somos capaces de mucho más, porque cuando una tropezaba ahí estaba la otra tendiendo la mano... Por los cambios, porque ninguna imaginó que en ese encuentro del primer pantanillos se manifestaría una compañera de vida.

Tomás, porque con su apoyo pude saltar importantes vallas en el proceso universitario, por ser un espejo del que tanto aprendí...

Las amigas de vida, Isidora Vial, Sofía Mardones, Isidora Vicencio, Gabi Jaque, Dani Sepúlveda...

A Jorge Cepeda, Jorge Bravo, Sergio y Francisco Riquelme, por influir directamente en este documento.

A mis padres Javier y Liliana, mis hermanas Paz y Daniela, por soportarme en los momentos de estrés y malgenio, por escucharme, siempre alentarme, ser luz en mi camino, sin ustedes nada sería.

A mis sobrinos Pedro y Luisa que iluminan mi vida.

A Javier Alejandro.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 Disturbios | 2 |
| 1.1.1 Erupciones volcánicas | 3 |
| 1.1.2 Erupción del Volcán Chaitén | 4 |
| 1.1.3 Respuesta ecológica a erupciones volcánicas | 4 |
| 1.2 Bosque siempreverde | 6 |
| 1.2.1 Aspectos sucesionales del Bosque Siempreverde | 7 |
| 1.3 Comunidades y Rasgos Funcionales | 8 |
| 1.4 Objetivos | 9 |
| 1.4.1 Objetivo general | 9 |
| 1.4.2 Objetivos específicos..... | 9 |
| 2. MATERIAL Y MÉTODO..... | 10 |
| 2.1 Área de estudio..... | 10 |
| 2.2 Método | 11 |
| 2.2.1 Levantamiento de información..... | 11 |
| 2.2.2 Caracterización florística..... | 12 |
| 2.2.3 Análisis de suelos | 12 |
| 2.2.4 Construcción de base de datos..... | 13 |
| 2.2.5 Análisis de clasificación..... | 13 |
| 2.2.6 Análisis florístico | 14 |
| 2.2.7 Valor de Importancia..... | 15 |
| 2.2.8 Análisis estadístico | 15 |
| 2.2.9 Análisis de ordenación | 15 |
| 2.2.10 Análisis de la cuarta esquina | 16 |
| 3. RESULTADOS | 17 |
| 3.1 Análisis de Clasificación y de Especies Indicadoras (ISA) | 17 |
| 3.2 Parámetros Ecológicos..... | 21 |
| 3.3 Análisis de ordenación NMS | 24 |
| 3.4 Análisis de la cuarta esquina..... | 27 |
| 3.4.1 Interacción entre rasgos funcionales y grupos..... | 27 |
| 3.4.2 Interacción entre rasgos funcionales y ambiente..... | 27 |
| 4. DISCUSIÓN | 30 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.1 | Riqueza y composición de la flora vascular..... | 30 |
| 4.2 | Asociaciones vegetales identificadas | 31 |
| 4.3 | Patrones en la composición florística en relación a variables ambientales y rasgos funcionales de las especies..... | 32 |
| 4.3.1 | Diferencia de rasgos funcionales entre asociaciones..... | 32 |
| 4.3.2 | Influencia del ambiente sobre Rasgos Funcionales..... | 33 |
| 5. | CONCLUSIÓN..... | 36 |
| 6. | BIBLIOGRAFÍA | 38 |
| 7. | ANEXO | 45 |
| 8. | APÉNDICE..... | 51 |

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1:** A) Imagen de la explosión lateral tomada el 31 de julio de 2008, desde el lado este. Contiene detalles de la escena. Tomada por SERNAGEOMIN (2008a). B) Imagen de la explosión lateral tomada en un vuelo realizado el 18 de febrero de 2011, desde el lado norte. Tomada por Ursula Partarrieu..... 5
- Figura 2:** Imagen del área de estudio en el Volcán Chaitén. El área en rojo corresponde a la zona afectada por una explosión lateral, en donde en un sector se distribuyeron puntos de muestreo para el estudio..... 10
- Figura 3:** Dendrograma de Análisis de agrupación bidireccional (TWCA). Se identifican dos grandes grupos de parcelas y las relaciones entre especies..... 19
- Figura 4:** Fotografías de asociaciones vegetales encontradas en el área de afectación de la explosión lateral ocurrida en la erupción del volcán Chaitén. A) Herbazal de *Conyza sumatrensis*. B) Bosque inicial Siempreverde con *Nothofagus pdombeyi* y *Gaultheria phillyreifolia*..... 20
- Figura 5:** Diagrama de Venn, se observan el número de especies para cada grupo y número de especies compartidas. El herbazal de *C. sumatrensis* posee 10 especies exclusivas y el bosque inicial Siempreverde posee 20 especies, entre ambos comparten 34 especies..... 21
- Figura 6:** Distribución de la riqueza según su forma de vida y origen para ambas situaciones. Asterisco (*) sobre columnas presentan diferencias significativas entre situaciones (U Mann-Whithney con $p < 0,05$). En que Hp = Hierba perenne; Ha = Hierba anual; A = Árbol; ar = Arbusto; sa = subarbusto; L = Liana; Ep= Enredadera perenne; Adv =Adventicia; Nat = Nativo; End = Endémica..... 23
- Figura 7:** Distribución de la abundancia según forma de vida y origen para ambas situaciones. Asterisco (*) sobre columnas presentan diferencias significativas entre situaciones (U Mann-Whithney con $p < 0,05$)..... 23
- Figura 8:** Distribución de la Diversidad de Simpson según forma de vida y origen para ambas situaciones. Asterisco (*) sobre columnas presentan diferencias significativas entre situaciones (U Mann-Whithney con $p < 0,05$). En que Hp = Hierba perenne; Ha = Hierba anual; A = Árbol; ar =Arbusto; sa = subarbusto; L = Liana; Adv =Adventicia; Nat = Nativo; End = Endémica..... 24
- Figura 9:** Análisis de Ordenación de Escalamiento Multidimensional No Métrico (NMS): Distribución de las parcelas de las comunidades. En que Eje 1 explica la influencia de las variables ambientales en la distribución espacial entre los grupos. El eje 2 explica la variación interna de las parcelas de ambos grupos..... 25
- Figura 10:** Análisis de la cuarta esquina (FCA). Interacciones significativas con $p < 0,01$. Negro: interacciones positivas; Gris: interacciones negativas; Blanco: interacciones no relevantes..... 29

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1: Especies Indicadoras para cada grupo y su respectiva forma de vida (Dufrêne y Legendre, con $p < 0,05$) | 17 |
| Cuadro 2: Análisis de especies indicadoras extendido para cada asociación vegetal identificada..... | 18 |
| Cuadro 3: Forma de vida del total de las especies..... | 21 |
| Cuadro 4: Origen geográfico del total de las especies..... | 22 |
| Cuadro 5: Valores de riqueza, diversidad y abundancia de especies para la situación general, y para cada grupo. Valores acompañados por asterisco (*) presentan diferencias significativas entre las situaciones (U Mann-Whithney con $p < 0,05$). | 22 |
| Figura 6: Distribución de la riqueza según su forma de vida y origen para ambas situaciones. Asterisco (*) sobre columnas presentan diferencias significativas entre situaciones (U Mann-Whithney con $p < 0,05$). En que Hp = Hierba perenne; Ha = Hierba anual; A = Árbol; ar = Arbusto; sa = subarbusto; L = Liana; Ep= Enredadera perenne; Adv =Adventicia; Nat = Nativo; End = Endémica. | 23 |
| Figura 7: Distribución de la abundancia según forma de vida y origen para ambas situaciones. Asterisco (*) sobre columnas presentan diferencias significativas entre situaciones (U Mann-Whithney con $p < 0,05$). | 23 |
| Cuadro 6: Correlación de variables según ejes de ordenación, muestra las variables más representativas según su valor: “r” es la correlación de Pearson y “r ² ” es el coeficiente de determinación de la variable respecto del eje. También se expresa el coeficiente de determinación para la correlación entre la ordenación de distancias y las distancias en el espacio original (Sorensen Bray-Curtis). | 26 |
| Cuadro 7: Valores de variables ambientales que describen varianza en la composición de especies. Todos los valores presentan diferencias significativas (U Mann-Whithney $p < 0,05$). Valores marcados con asterisco (*) son los que explican a determinado grupo. | 26 |
| Cuadro 8: Resultados del análisis de la cuarta esquina (FCA). En la tabla se muestran interacciones significativas según grupo (Bonferroni con $p < 0,05$). Valores marcados con asterisco (*) presentan diferencias significativas. | 27 |

RESUMEN

Los disturbios son eventos discretos que afectan distintos niveles de organización biológica, generando cambios en las características de los procesos ecosistémicos. Las erupciones volcánicas son un evento sorpresivo que incide en la estructura y composición de bosques, generalmente con efectos de recuperación a largo plazo. Las erupciones pueden presentar distintos grados de afectación, generando un mosaico complejo en la estructura del paisaje.

El presente estudio tiene por objetivo profundizar en la dinámica de sucesión en un área afectada por una explosión lateral ocurrida hace ocho años durante la erupción del volcán Chaitén. La vegetación presente en la zona de explosión fue estudiada para caracterizar la sucesión temprana. La vegetación fue muestreada mediante una red de 40 parcelas (6 x 6 m) en el verano de 2016. Se realizaron análisis de clasificación y asociación para evaluar el desarrollo de asociaciones vegetales y la influencia de distintas variables ambientales en su distribución. Cambios en rasgos funcionales de las especies fueron explicados mediante el análisis de la cuarta esquina.

Después de ocho años de la erupción del volcán Chaitén se encontraron 64 especies de flora vascular, de las cuales el 42% corresponde a hierba perenne, 20% a especies arbustivas y 19% a especies arbóreas. La composición de especies permitió identificar dos asociaciones vegetales, una determinada por *Conyza sumatrensis* y la otra por las especies *Nothofagus dombeyi* y *Gaultheria phillyreifolia*.

Se demostró que tanto el herbazal de *Conyza sumatrensis* como el bosque inicial siempreverde con *Nothofagus dombeyi* y *Gaultheria phillyreifolia* se encuentran influenciados por variables ambientales. La primera asociación se encuentra en zonas más cercanas al cráter del volcán y asociado a suelo desnudo mientras que el segundo es influenciado positivamente por el aumento de la cobertura vegetal. El análisis de rasgos funcionales reafirma la importancia de las especies herbáceas en el área de estudio, lo que permite inferir el proceso sucesional en que se encuentra y el aumento de la complejidad del sistema. Factores ambientales influyen en diferencias de expresión en rasgos funcionales para el bosque inicial.

Las relaciones encontradas permiten distinguir características ecosistémicas de procesos sucesionales iniciales. El herbazal se caracteriza como una asociación de vegetación inicial, mientras que el bosque que se estaría desarrollando presenta mayor complejidad en su organización en el desarrollo de relaciones ecológicas, tales como el mutualismo expresado en la relación planta-animal.

Palabras clave: Dinámica de bosques, sucesión forestal, bosque siempreverde, disturbios volcánicos, rasgos funcionales.

ABSTRACT

Disturbances are discreet events that affect different levels of biologic organization, generating changes in ecosystemic processes. Volcanic eruptions are unexpected events that affect the structure and composition of forests, and its recovery is usually a long term process. The eruptions can present different affectation degrees, generating a complex mosaic at the landscape structure.

This study aims to deepen into succession dynamics after eight years since the eruption of Chaitén volcano, in an area affected by a lateral blast. The vegetation occurring in the blast zone was surveyed to characterize the early succession stages. Floor vegetation was sampled in a network of 40 plots (6 x 6 m) during summer 2016. Classification and ordination analysis of the plots were carried out to explore developing vegetation associations and the influence of different environmental variables in their distribution. Changes in species traits were also explained using the fourth-corner analysis.

Eight years after the eruption of Chaitén's volcano, 64 vascular plant species were found, of which 42% corresponded to herbaceous perennials, 20% to shrubs species and 19% to trees species. The composition of species allowed to identify two plant associations, one determined by *Conyza sumatrensis* and the other by *Nothofagus dombeyi* and *Gaultheria phillyreifolia*.

It's been demonstrated that both, the herbazal of *Conyza sumatrensis* as well as the initial evergreen forest with *Nothofagus dombeyi* and *Gaultheria phillyreifolia* are influenced by environmental variables. The first association was located in zones of higher altitude within the blast zone and influenced by bare soil, while the second association is related with the increase in plant cover. Functional traits analysis confirms the importance of herbaceous species at the study area, which allows to infer the current successional process and the increase of the complexity in the system. Environmental factors influence different trait expressions for the initial forest.

The relationships discovered allow to distinguish ecosystemic characteristics within initial sucesional processes. The herbazal is characterized as an initial plant association, while the developing forest presents a higher organization complexity at the development of ecological relationships, such as the mutualism expressed between plant-animal interactions.

Keywords: forest dynamics, forest succession, tipo forestal sempiverde, volcanic disturbances, functional traits.

1. INTRODUCCIÓN

Los disturbios afectan los distintos niveles de organización biológica, influyendo sobre la composición de especies, estructura y dinámica de los bosques a través de sus efectos directos (White y Jentsch, 2001; González *et al.*, 2014). En algunos casos, la ocurrencia de disturbios puede afectar de manera sorpresiva (González *et al.*, 2014), como ocurre con las erupciones volcánicas.

La erupción volcánica es un proceso que ocurre sobre la corteza terrestre mediante una explosión o emanación de materia sólida, gaseosa o líquida. Los impactos que ésta ocasiona a los ecosistemas se caracterizan por ser de recuperación a largo plazo, afectando particularmente la estructura y composición de bosques (González *et al.*, 2014). Una erupción, dependiendo del tipo y ubicación de la misma, puede involucrar una serie de procesos volcánicos e hídricos, tales como flujos de lava, avalancha de escombros, nubes de cenizas y/o tefra entre otros (Del Moral y Grishin, 1999; Swanson y Major, 2005).

Los disturbios asociados a erupciones son similares a los generados por otros tipos de disturbios, tales como los incendios. Como resultado de los tipos de mecanismos y de disturbios de una erupción volcánica, se pueden encontrar zonas de distintos grados de afectación, en las cuales incluso en áreas de gran deterioro es común encontrar legado biológico (permanencia de patrones existentes previos al disturbio), clave en la determinación de la rapidez y el patrón de desarrollo post erupción, generando zonas estructuralmente distintas en el paisaje (Franklin, 2005; Swanson *et al.*, 2013; González *et al.*, 2014).

Dentro de los procesos de una erupción, uno poco usual es la explosión lateral, que ocurre debido a que el agua contenida bajo el suelo aumenta su temperatura provocando una fuerte presión de vapor y su posterior explosión, la que proyecta una nube de cenizas, piroclastos y vapor a altas temperaturas pudiendo llegar incluso más allá de los 300°C; las explosiones laterales pueden remover completamente el bosque adyacente al cráter y voltear, quemar y chamuscar el bosque a medida que se aleja de la zona de explosión (Swanson *et al.*, 2013; González *et al.*, 2014).

Derivado de las erupciones se genera un mosaico complejo en la estructura del paisaje. Estas erupciones han cumplido un rol fundamental en la dinámica de los bosques del territorio chileno durante los últimos 500 años. Sin embargo, los estudios desarrollados para entender el efecto de este tipo de disturbios en la vegetación son escasos en el país (González *et al.*, 2014).

El tipo forestal Siempreverde está conformado por una gran gama de especies que se presentan a lo largo de un gradiente muy variado. Las diferencias que presenta tanto en composición, como en cobertura y dominancia de especies, posiblemente podrían determinar cambios en distintos componentes que presenten correlación con la diversidad (Donoso, 1995; Saldaña, 2013). Por otra parte, es importante recalcar que las evidencias del

vínculo entre la riqueza de especies y la diversidad funcional son escasas para bosques templados de América del Sur (Saldaña, 2013).

En situaciones de gran similitud a las ocurridas en el volcán Chaitén, se ha observado, que luego de una erupción de determinada magnitud, existen diversas respuestas de rebrote en especies arbóreas debido al impacto de la tefra sobre el dosel o que la sobrevivencia de la regeneración es incierta debido a la deficiencia de nutrientes en la ceniza, entre otros procesos (Franklin, 2005; Swanson *et al.*, 2013; González *et al.*, 2014; Videla, 2014). Por otra parte, hay zonas que permanecen en las primeras fases de sucesión o incluso sin respuesta luego de 25 años de una erupción y, a su vez, se han encontrado áreas que presentan un desarrollo acelerado de la cubierta forestal, evidenciando que, en un comienzo, emergen diversos puntos de colonización, los cuales se extenderían hasta converger en uno solo (Dale *et al.*, 2005; Franklin, 2005).

La erupción del volcán Chaitén ocurrida en mayo de 2008, en la Región de Los Lagos, ha sido mundialmente caracterizada por la gran magnitud e impacto que ocasionó tanto nacional como internacionalmente (Major y Lara, 2013). La explosión de este volcán generó 1 km³ de tefra y 0,8 km³ de lava riolítica con alto contenido de sílice (Major y Lara, 2013), provocando una serie de procesos geofísicos que afectaron directamente a la vegetación mediante distintos mecanismos de acción como enterramiento, abrasión, fuerza de impacto y carga de tefra sobre las copas de los árboles (Swanson *et al.*, 2013).

Teniendo presente que, mediante diversos análisis realizados, se han podido determinar relaciones florísticas, y con el fin de aportar a la investigación nacional respecto de ésta área de conocimiento, el presente estudio pretende profundizar en la dinámica de sucesión que ocurre al analizar y caracterizar la flora vascular presente en una superficie afectada hace ocho años por la explosión lateral durante la explosión del volcán Chaitén, mediante la interpretación de diversas asociaciones vegetales que podrían existir, en función de patrones ambientales y rasgos funcionales de especies de flora vascular.

1.1 Disturbios

Un disturbio es un evento discreto que cambia las características de los procesos ecosistémicos. La acción de un disturbio causa la desviación de la dinámica natural de un ecosistema (White y Jentsch, 2001). A modo general, los disturbios se definen como ubicuos, inherentes e inevitables, afectando a todos los niveles de la organización biológica y son la principal causa de la heterogeneidad espacial en los ecosistemas. Se expresan de diversas formas, como incendios, erupciones, vientos, inundaciones, intervenciones humanas y la acción de patógenos entre otros, afectando así la composición, estructura y función de los ecosistemas mediante la muerte de la vegetación y organismos existentes en el área afectada, el cambio de las condiciones de sitio, la composición de especies y la diversidad funcional (White y Jentsch, 2001).

1.1.1 Erupciones volcánicas

Las erupciones volcánicas son el mayor disturbio natural, presentando variadas y complejas consecuencias, se crean nuevas superficies mediante la acción de distintos mecanismos como flujos de lava y piroclastos, tefra, flujo de escombros, lahares y avalanchas (Del Moral y Grishin, 1999). Las erupciones volcánicas son tan intensas que el desarrollo del ecosistema generalmente debe comenzar sobre un sustrato abiótico y, a la vez, son tan infrecuentes que el término “régimen” es inapropiado (Del Moral y Grishin, 1999). La escala de estos eventos varía en gran medida según la naturaleza del material arrojado (lava, rocas piroclásticas, lahares y flujo de escombros), y su magnitud se puede describir según la intensidad (superficie afectada) y su severidad en el impacto biótico que ésta ocasiona (Del Moral y Grishin, 1999).

La magnitud de la lava y los flujos piroclásticos son de tal severidad que la sobrevivencia de los individuos presentes en el área afectada es casi nula y presenta lenta regeneración. Para el caso de lahares y flujos de escombros, la sobrevivencia también es escasa, sin embargo, a lo largo de sus límites algunos organismos pueden sobrevivir (Del Moral y Grishin, 1999).

La composición química del magma condiciona en mayor o menor medida sus parámetros físico-químicos, por lo tanto su comportamiento durante una erupción (Rodríguez *et al.*, 2006). Un magma básico posee contenidos de óxido de silicio (SiO_2) entre 45-52%, baja viscosidad (resistencia que una sustancia ofrece al flujo) y escasa solubilidad de gases (principalmente vapor de agua) (Rodríguez *et al.*, 2006). De esta forma se produce una erupción del tipo efusiva, surgiendo a la superficie en forma de emisión de lava fluida que puede abarcar grandes superficies, ya que la separación de la porción gaseosa del líquido magmático ocurre fácilmente (Rodríguez *et al.*, 2006).

Una erupción explosiva está dada por un magma más bien ácido con contenidos de SiO_2 mayores a 63%, elevada viscosidad y altos contenidos de gases disueltos (Rodríguez *et al.*, 2006). Los gases generan presiones en el magma provocando erupciones altamente explosivas, donde el magma surge fragmentado en inmensas columnas de gases y piroclastos (Rodríguez *et al.*, 2006). Si un magma ácido degasificado desencadena una erupción efusiva, surge en forma de domos y escaso recorrido (Rodríguez *et al.*, 2006).

Según el Índice de Explosividad Volcánica (IEV) -estimador de la intensidad de una erupción volcánica- una erupción Pliniana es una erupción de alto nivel explosivo y alta magnitud, caracterizada por magmas de gran viscosidad, contenido gaseoso y altas temperaturas, que alcanza columnas eruptivas sobre los 20 km de altura (SERNAGEOMIN, 2016a).

La explosión lateral es un proceso poco común que corresponde a una erupción dirigida a un flanco del volcán. Esta ocurre cuando el agua subterránea en interacción con el magma es calentada, generando fuertes presiones debido al vapor de agua, que termina resultando en una explosión que eyecta una nube de cenizas y piroclastos con temperaturas de hasta

300 °C (Swanson *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2006; González *et al.*, 2014; SERNAGEOMIN, 2016a).

1.1.2 Erupción del Volcán Chaitén

El volcán Chaitén entró en proceso eruptivo de tipo pliniano en mayo de 2008. Esta erupción consistió en varias explosiones en el período de una semana aproximadamente (Duhart *et al.*, 2009; Major y Lara, 2013; Pallister *et al.*, 2013). La erupción presentó columnas de cenizas que alcanzaron hasta los 20 km de altura (Duhart *et al.*, 2009; Pallister *et al.*, 2013). Un tipo de actividad volcánica importante ocurrida en el proceso eruptivo fue la explosión lateral, que derribó bosques: eliminando y volteando árboles, además de quemar copas de árboles que quedaron erguidos (SERNAGEOMIN, 2008b; Duhart *et al.*, 2009; Pallister *et al.*, 2013; Swanson *et al.*, 2013).

Otros procesos geofísicos producidos por la erupción incluyeron la caída de material grueso (grava), fino (limo y arena) y tefra, generación de un lahar de 1 a 2 m de profundidad y flujos piroclásticos (Swanson *et al.*, 2013). Estos procesos afectaron a la vegetación mediante diversos mecanismos, tales como el enterramiento, calentamiento, abrasión, fuerza de impacto y carga de tefra sobre copa de los árboles, generando gradientes de disturbios en el paisaje (Swanson *et al.*, 2013) (Figura 1 y Anexo I).

1.1.3 Respuesta ecológica a erupciones volcánicas

Debido al amplio rango de distribución, la diversidad geográfica, variaciones en magnitud y la variedad de respuestas junto a la falta de definición de patrones globales, el volcanismo no se encuentra asociado a ningún tipo de vegetación (Del Moral y Grishin, 1999). Luego de una erupción, dependiendo del agente de disturbio y su intensidad, la respuesta ecológica será de sucesión primaria o secundaria (Antos y Zobel, 2005; Dale *et al.*, 2005). Es a partir del legado biológico que se distingue el tipo de sucesión, ya que éste es factor fundamental de la última, constituyendo el inicio de recuperación y aumento de diversidad de un ecosistema (González *et al.*, 2014). El legado biológico es representado por la persistencia de patrones que se encontraban previos a la ocurrencia del disturbio, incluye a individuos sobrevivientes, propágulos, estructuras vegetativas, legado muerto como árboles muertos en pie, troncos caídos, restos de animales y legado físico-químico como suelo remanente, afloramientos rocosos y características como pH, materia orgánica y nutrientes, entre otros (Dale *et al.*, 2005; González *et al.*, 2014).

El área primaria, o donde se inicia una sucesión, es dada cuando se produce una completa transformación del sitio debido a un disturbio y no hay presencia de legado biológico, comenzando el desarrollo del ecosistema en un sustrato abiótico (Donoso, 1995; Del Moral y Grishin, 1999; González *et al.*, 2014).

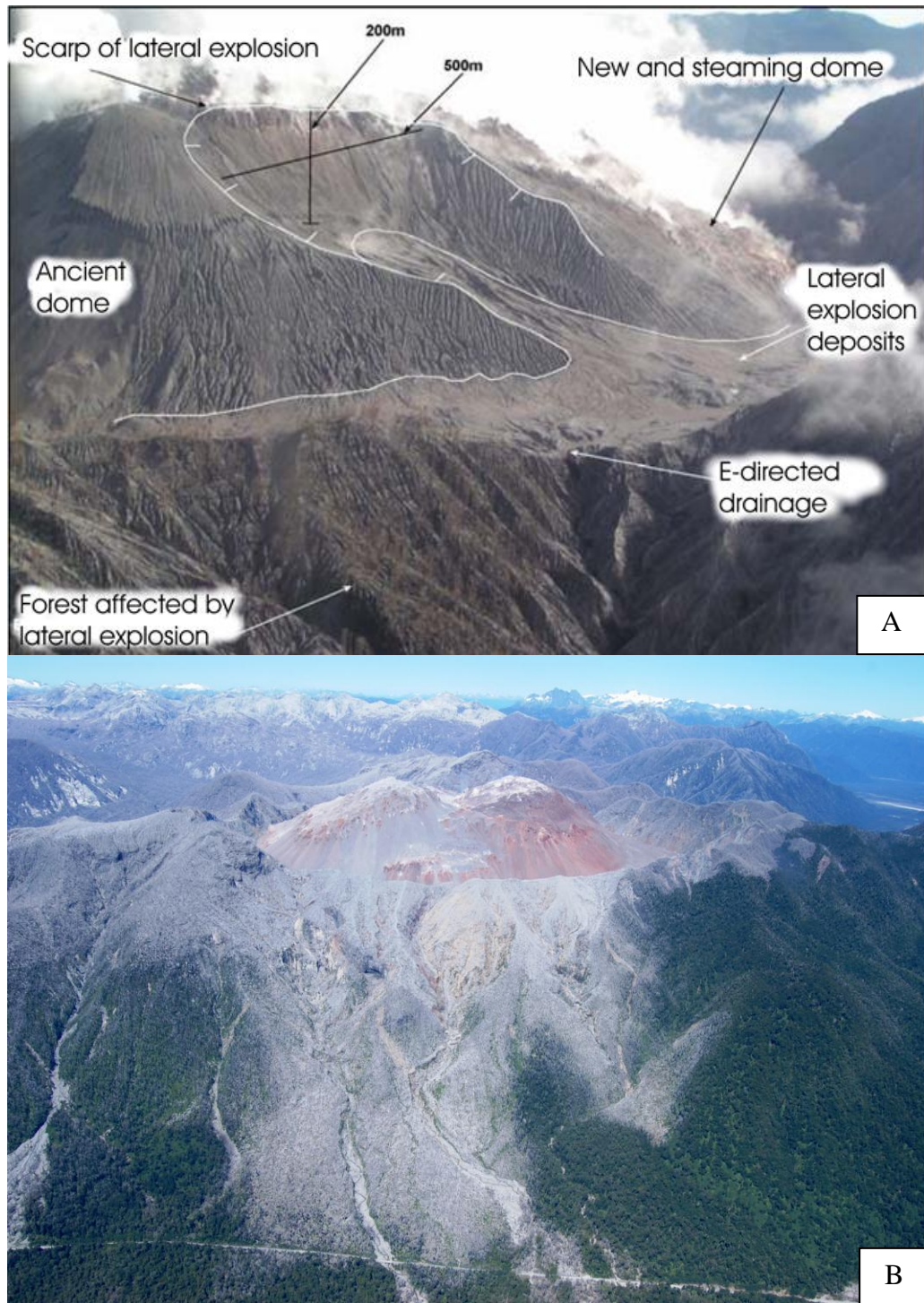


Figura 1: A) Imagen de la explosión lateral tomada el 31 de julio de 2008, desde el lado este. Contiene detalles de la escena. Tomada por SERNAGEOMIN (2008a). B) Imagen de la explosión lateral tomada en un vuelo realizado el 18 de febrero de 2011, desde el lado norte. Tomada por Ursula Partarrieu.

Por otra parte, la sucesión secundaria ocurre cuando el disturbio no altera el potencial global del sitio, sin generar grandes impactos a las características físicas como el suelo, ni al legado biológico, permitiendo que las condiciones conduzcan al sitio a situaciones similares que se encontraban previas al disturbio (White y Jentsch, 2001; González *et al.*, 2014). A nivel de paisaje se podrían dar ambas sucesiones, generando un mosaico complejo en la estructura del paisaje, por otra parte, la velocidad y el patrón de desarrollo del ecosistema variarán en función del legado biológico encontrado en refugios como lo son, por ejemplo, los árboles caídos (Antos y Zobel, 2005; Dale *et al.*, 2005; González *et al.*, 2014).

Segura (1999), en su análisis a los volcanes Llaima, Lonquimay y Villarrica, encontró que la proporción tanto de especies fijadoras de nitrógeno como de especies intolerantes a la sombra que son reclutadas en los distintos estados de la sucesión primaria se encuentran en mayor cantidad, tendencia que disminuye según avanza el estado de la sucesión. También encontró que la riqueza de especies arbóreas aumenta conforme la sucesión va avanzando, generándose relevo florístico y presentando en los estados intermedios la diversidad máxima posible. Los líquenes son capaces de sobrevivir en depósitos de material piroclástico si se presentan barreras que puedan prevenir el impacto abrasivo, como lo es la posición vertical de troncos, otorgando de esta forma las cualidades ecológicas (fijación de nitrógeno, formación de suelo) al nuevo sitio y el reclutamiento de nuevas especies (Egler, 1954; Nelson y Wheeler, 2016).

1.2 Bosque siempreverde

El bosque templado siempreverde tiene ocurrencia esencialmente en áreas con inviernos lluviosos y libres de heladas. La vegetación suele ser dominada por especies leñosas perennes en donde también se pueden encontrar coníferas, generando estratos arbóreos mixtos con un sotobosque bien desarrollado y rico en especies. La diversidad de estos bosques en Chile tiende a decrecer hacia el sur y en la medida que aumenta la altitud (Ovington, 1983; Veblen *et al.*, 1983).

En Chile, ese tipo de bosque es denominado legalmente como el tipo forestal siempreverde, el cual se constituye por una gama de comunidades caracterizadas por presentar un número variable de especies perennifolias latifoliadas, asociadas a condiciones de alta humedad y bajas temperaturas (Donoso, 1995). Su extensión va desde los 40°30' hasta los 47° Sur aproximadamente bajo los 1.000 m.s.n.m de la cordillera de los Andes y desde los 38°30' hasta los 47° Sur en la cordillera de la Costa (Donoso, 1995). La amplia distribución del tipo forestal es un indicador de resistencia a la variación del clima y los distintos tipos de sustratos: ñadis, trumao, material volcánico, materia orgánica y depósitos glaciares (Donoso, 1989; Donoso, 1995).

Las variaciones ambientales determinan al tipo forestal Siempreverde una diversidad florística representada por más de 21 especies que se mezclan en distintas proporciones y combinaciones que responden al gradiente medioambiental latitudinal, lo que otorga una gran complejidad que se ve acentuada al mezclarse con otros tipos forestales. Dentro de las

principales especies arbóreas que componen al bosque templado siempreverde se encuentran *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst., *Nothofagus nítida* (Phil.) Krasser, *Nothofagus betuloides* (Mirb.) Oerst., *Eucryphia cordifolia* Cav., *Weinmannia trichosperma* Cav., *Laureliopsis philippiana* (Looser) Schodde, *Drimys winteri* J.R. Forst. & G. Forst. var. *winteri*, *Aextoxicon punctatum* Ruiz & Pav., *Persea lingue* (Ruiz & Pav.) Nees, las que también se pueden asociar con coníferas como *Saxegothaea conspicua* Lindl. y *Podocarpus nubigenus* Lindl., e incluso con *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch o *Fitzroya cupressoides* (Molina) I.M. Johnst., cambiando estas dos últimas especies el carácter legal del tipo forestal a tipo forestal Araucaria y a tipo forestal Alerce respectivamente. Además se presenta un dosel arbustivo rico en especies, gran presencia de trepadoras y epífitas, y pobre en cuanto a herbáceas (Veblen *et al.*, 1983; Donoso, 1989; Donoso, 1995).

1.2.1 Aspectos sucesionales del Bosque Siempreverde

La variabilidad del tipo forestal Siempreverde es representada, además, por diversos regímenes de perturbación a los que se ve afectado, los que dan origen a procesos sucesionales y a mecanismos de regeneración (Veblen *et al.*, 1983; Donoso, 2015). En la zona de la cordillera de los Andes, las perturbaciones naturales pueden ser deslizamientos de tierra, erupciones volcánicas, tormentas de vientos y caídas de árboles, entre otros (González *et al.*, 2014; Donoso, 2015).

Los mecanismos de regeneración son tan variables como las especies que componen al tipo forestal, por otra parte el tipo de perturbación, la ubicación y el sustrato del área afectada, dependen del continuo de respuestas a las distintas escalas de disturbios, percibidas en un esquema cinético de la dinámica de la vegetación (Veblen *et al.*, 1979; Donoso, 1989).

Cuando se inicia un proceso sucesional, este estará determinado por la flora presente o cercana, características del área perturbada, características ecológicas de las especies de la flora y posibilidades de acceso por parte de las especies al área alterada (ligadas a su ecología, azar y tiempo transcurrido) (Donoso, 1995; Donoso, 2015).

Si en el área perturbada queda expuesto suelo mineral, se ven favorecidas especies con bajos requerimientos nutricionales, resistencia a la sequía y a temperaturas extremas. Por ejemplo, en zonas de morrenas glaciares bien drenadas, la etapa de colonización está determinada por la presencia inicial de *Gunnera magellanica* Lam. y especies fijadoras de nitrógeno, para dar paso a especies de la estrata arbustiva, en conjunto con individuos arbóreos no tolerantes como *Nothofagus nitida*, *Nothofagus betuloides* y *Nothofagus antarctica* (G. Forst.) Oerst., este proceso podría tardar 75 años (Donoso, 1989; Donoso, 1995; Donoso, 2015).

En zonas húmedas y de menor altitud de la cordillera de los Andes se produce invasión inicial de herbáceas, helechos o especies del género *Chusquea*, lentificando el establecimiento de especies arbóreas, posterior a esto aparecen especies de la estrata arbustiva en conjunto con especies arbóreas intolerantes y semitolerantes como *Nothofagus*

dombeyi, *Drimys winteri* y *Weinmannia trichosperma*, para posteriormente ser colonizado por especies arbóreas de mayor tolerancia como *Laureliopsis philippiana* y *Aextoxicon punctatum*, entre otras. Si ha quedado legado biológico como tocones y raíces, suele producirse rebrote de muchas especies, cualquiera sea su tolerancia (Donoso 1989; Donoso, 2015).

Cuando las primeras etapas sucesionales son dominadas por *Drimys winteri*, *Nothofagus dombeyi*, *Nothofagus nitida* ó *Nothofagus betuloides*, se constituye un bosque coetáneo, que gradualmente va desarrollando características ambientales que impiden su propio establecimiento. En la medida que estos bosques pasan de juveniles a ser bosques adultos ó viejos, la regeneración de especies intolerantes disminuye en gran medida.

Veblen (1979) describe el caso de un bosque con individuos de *Nothofagus obliqua* y *Eucryphia cordifolia* que se encuentran 10 m sobre un dosel dominante de *Aextoxicon punctatum*, *Laurelia sempervirens* (Ruiz & Pav.) Tul. y *Persea lingue*, en que las últimas especies (con mayor tolerancia a la sombra) presentan regeneración bajo el dosel o en pequeños claros, mientras que *E. cordifolia* requiere de claros y *N. obliqua* depende de la destrucción parcial o completa de individuos maduros (Donoso 1989).

Cualquiera sea el proceso sucesional que ocurra, salvo que continúe ocurriendo la perturbación, estos bosques en equilibrio dinámico estarán constituidos por especies emergentes de gran tamaño, cuya presencia se mantendrá según su capacidad de establecimiento y competencia, y por especies normalmente tolerantes a la sombra que ocupen diferentes doseles, pudiendo llegar a un estado de clímax clásico, a un bosque de tolerantes que se autorreemplaza (Donoso, 2015)

1.3 Comunidades y Rasgos Funcionales

La diversidad funcional es expresada por las plantas mediante la forma de vida, morfología, fenología, tipo de reproducción, fruto, duración del ciclo de vida, entre otros. Estos caracteres pueden explicar patrones de comportamiento ecológico como la presencia de especies, la habilidad competitiva, la respuesta a perturbaciones y la influencia biológica de comunidades en el funcionamiento de los ecosistemas (Gutiérrez, 2013; Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2013; Sabatini *et al.*, 2014; Orlandi *et al.*, 2015).

El concepto de funcionalidad se comprende como una actividad llevada a cabo con el fin de cumplir un propósito, esta puede ser reconocida como caracteres funcionales a nivel de individuo y como grupo funcional a nivel de conjunto (Garnier *et al.*, 2016). Se entiende al grupo funcional como un conjunto de plantas que poseen caracteres funcionales similares, y que responden de manera semejante frente a los diversos estímulos ambientales (Lavorel *et al.*, 2007; Gutiérrez, 2013)

Considerando que un ecosistema se compone por grupos funcionales, la diversidad funcional de un ecosistema se refiere a la velocidad o dinámica temporal de uno o más procesos del mismo, tales como: la producción primaria, producción de biomasa y

captación, pérdida o concentración de nutrientes (Tilman, 2001). La diversidad funcional se entiende como el valor de todas las especies y los rasgos orgánicos que influyen en el funcionamiento del ecosistema (Tilman, 2001).

Los rasgos funcionales de las plantas relacionados a perturbaciones son tan diversos como la naturaleza de cada perturbación, y cada carácter suele estar relacionado con las respuestas frente a las perturbaciones (Díaz *et al.*, 2007; Lavorel *et al.*, 2007). Las plantas deben garantizar durante su desarrollo la disponibilidad de recursos suficiente para su sobrevivencia, asegurando su establecimiento y estabilidad en el tiempo mediante la reproducción (Lavorel *et al.*, 2007).

Al considerar las variaciones genotípicas y fenotípicas de cada especie, junto a la variabilidad que compone un ecosistema, es que se podría comprender las diferencias estratégicas ecológicas de las plantas según los gradientes ambientales del ecosistema estudiado (Tilman, 2001; Saldaña y Lusk, 2003; Saldaña, 2013).

Saldaña (2013) encontró que distintos grupos funcionales analizados para ensambles de especies del tipo forestal Siempreverde presentaban redundancia de especies con características funcionales similares (ya fueran fisiológicas, morfológicas y/o fenológicas), lo que da para suponer que la pérdida de una o más especies dentro de un grupo puede ser funcionalmente compensada por otra especie funcionalmente similar.

De esta forma se podría evidenciar que los rasgos funcionales de las plantas pueden variar o no respecto de las comunidades que se desarrollen en determinado sitio según las condiciones ambientales que se presenten, y de la existencia o no de un legado biológico que influya en el desarrollo de las agrupaciones vegetales actuales.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar la composición y diversidad de especies de flora vascular en un área afectada por una explosión lateral durante la erupción del volcán Chaitén, a ocho años de su ocurrencia.

1.4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la riqueza, diversidad y composición de la flora vascular.
- Identificar y describir asociaciones vegetales presentes.
- Analizar la existencia de patrones en la composición florística en relación a las variables ambientales y rasgos funcionales de las especies de plantas vasculares.

2. MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Área de estudio

El volcán Chaitén se encuentra en el Santuario de la Naturaleza Parque Pumalín, ubicado en la Provincia de Palena, Región de Los Lagos. El volcán posee un diámetro basal de 5 km y una altitud máxima que alcanza los 950 m.s.n.m, siendo catalogado como relativamente pequeño (Major y Lara, 2015; SERNAGEOMIN, 2016b).

El volcán entró en proceso eruptivo los primeros días de mayo de 2008. La erupción en un principio consistió en una etapa explosiva, que generó columnas de cenizas de más de 20 km de altura. El 8 de mayo comenzó una etapa efusiva, la que involucró movimientos telúricos de largos períodos y baja frecuencia, que finalizó el 12 de mayo (Major y Lara, 2013).

El área de estudio corresponde a la zona que abarca una explosión lateral del volcán Chaitén, de aproximadamente 290,5 hectáreas (Figura 2).

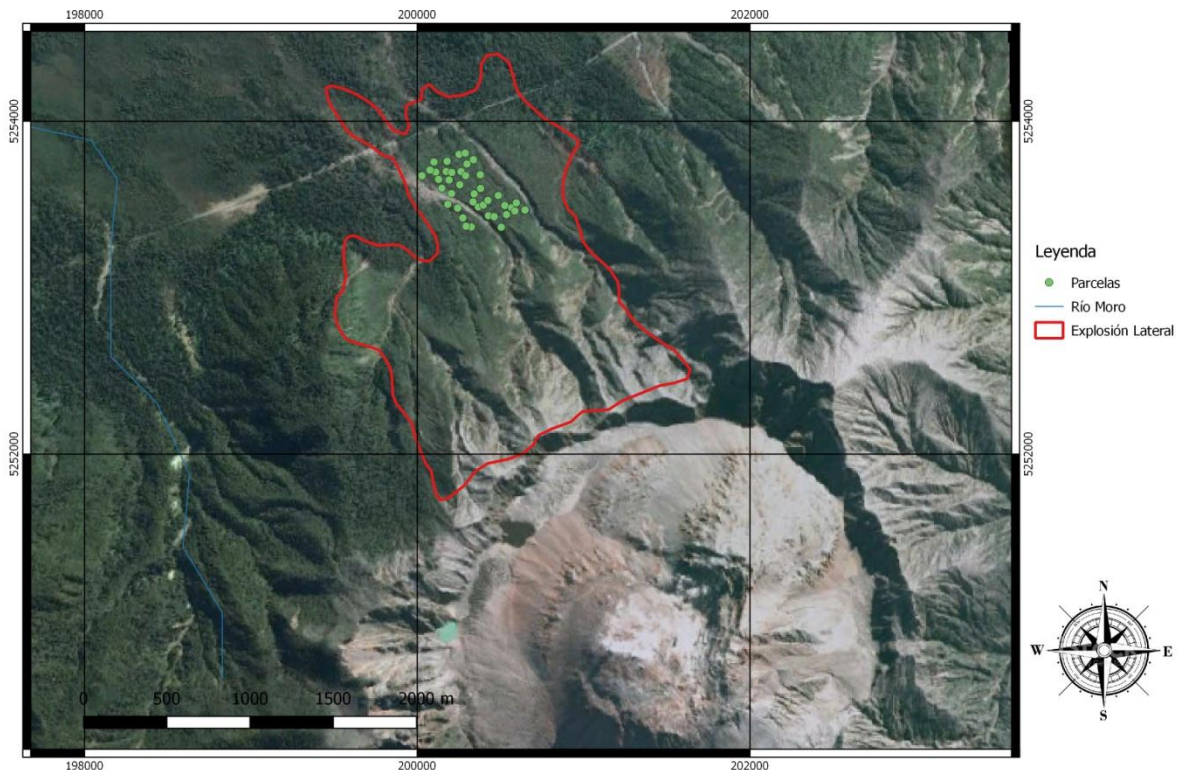


Figura 2: Imagen del área de estudio en el Volcán Chaitén. El área en rojo corresponde a la zona afectada por una explosión lateral, en donde en un sector se distribuyeron puntos de muestreo para el estudio.

Según la clasificación de zonas agroclimáticas establecida por INIA (1989), el clima del área de estudio corresponde a Marino Húmedo Patagónico. De acuerdo al sistema de clasificación Köeppen, la zona se categoriza como Templado Húmedo Intermedio (Cfb) (Silva, 2014). Ambas clasificaciones se basan en que las precipitaciones superan los 2.000 mm anuales, existiendo precipitaciones incluso en los meses de temporada de verano y posee temperaturas del aire promedio de 10°C (DMC, 2008).

El área de explosión lateral comprende dos pisos vegetacionales descritos por Luebert y Plissock (2006): Bosque Siempreverde templado interior de *Nothofagus nitida* y *Podocarpus nubigena*, que se ubica en zonas de menor pendiente, en suelos de ñadis y laderas altas de la región y Bosque Siempreverde templado interior de *Nothofagus betuloides* y *Desfontainia spinosa*, ubicado en zonas de mayor altitud y pendiente, en la vertiente occidental de los Andes entre los 100 y 1.000 m.s.n.m. y en su distribución sur descendiendo hasta el nivel del mar.

Según el Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile, el área de explosión lateral afectó a bosques del Tipo Forestal Siempreverde, dominado por *Nothofagus nitida*, al Tipo Forestal Lengua y, al Tipo Forestal Coihue de Magallanes (CONAF *et al.*, 1999).

El área que comprende las zonas de muestreo corresponde sólo donde hubo bosques adultos del Tipo Forestal Siempreverde, del subtipo Coihue de Chiloé (CONAF *et al.*, 1999).

2.2 Método

2.2.1 Levantamiento de información

La construcción de la base de datos para la caracterización florística se elaboró a partir de datos colectados entre fines de febrero y comienzos de marzo de 2016.

Para la toma de datos se realizó un muestreo a 40 de 50 parcelas que se establecieron durante marzo del año 2012, fecha en que se realizó la primera evaluación de la composición florística. La superficie de muestreo de cada parcela fue de 36 m² (6 x 6 m), determinada según el método de área mínima. Este método corresponde a la superficie de estudio requerida para obtener un registro completo de especies existentes (Steubing *et al.*, 2002).

En cada parcela se individualizaron todas las especies de flora vascular presentes. Para cada especie se registró la abundancia según la escala de Braun-Blanquet (Anexo II). Se colectaron las especies de flora vascular y las muestras herborizadas fueron llevadas al Herbario EIF de la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile, para su determinación taxonómica.

Para cada parcela de muestreo florístico se estimaron las siguientes variables ambientales: exposición, altitud, pendiente, forma de la pendiente, tipo de sustrato, pedregosidad

superficial, grado y tipo de erosión, entre otras (Anexo III). Se registró el tamaño de piedras y rocas según rangos (piroclastos en este caso) de acuerdo a van de Brurght *et al.* (2012) (Anexo IV). Además, de cada parcela se extrajo una muestra compuesta de suelo, para lo que se procedió a retirar la primera capa de material orgánico. Esta muestra de suelo se compone de muestras colectadas en cada una de las esquinas y del centro de la parcela, a no más de 15 cm de profundidad.

Finalmente se realizó una estimación de cobertura (%) para cada forma de vida de planta presente (arbóreo, arbustivo y herbáceo), de acuerdo a la altura (0-0,5 m; 0,5-1 m; 1-2 m; 2-4 m; 4-8 m), sustrato de crecimiento (suelo, raíces, hojarasca y briófitas), y zonas sin vegetación (troncos, raíces, hojarasca, suelo y briófitas). Se tomó en consideración la presencia de troncos en tres grados de descomposición y su respectiva cobertura (Anexo V). Para la determinación del grado de descomposición de la madera se utilizó un cuchillo, en que si éste no penetraba sería grado 1, si penetraba menos de 2 cm sería grado 2 y si penetraba más de 2 cm sería grado 3 (Promis *et al.*, 2012).

2.2.2 Caracterización florística

La determinación taxonómica de las muestras vegetales colectadas contó con el apoyo del profesor Nicolás García en el Herbario EIF. La caracterización de las especies y su origen fitogeográfico se determinó según el Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Zuloaga *et al.*, 2008). Por otra parte, la clasificación de órdenes de las especies fue determinado según Angiosperm Phylogeny Website (APG IV) (Stevens, 2015).

El estado de conservación de las especies fue determinado a partir del listado reportado por el Ministerio del Medio Ambiente según el Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres (RCE) (MMA, 2014).

Se consultó bibliografía científica para la caracterización de los siguientes rasgos funcionales de cada especie identificada: Elemento fitogeográfico, Hábito, Sexualidad, Tipo de reproducción, Modo de polinización, Tipo de Diáspora, Modo dispersión, Presencia espinas, Toxicidad, Tipo de hoja, Forma de hoja, Margen de hoja, Cubierta de hoja, Consistencia de hoja, Filotaxis, Altura máxima (m) y Tolerancia lumínica (Apéndice I y Anexo VI) (Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2013; Sabatini *et al.*, 2014).

2.2.3 Análisis de suelos

Mediante métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile, se determinó la textura, pH, porcentaje de carbono orgánico (C) de las muestras compuestas de suelo (Zadzawka *et al.*, 2008). El análisis de las muestras de suelo se realizó en el Laboratorio de Ecología de Suelos del Departamento de Silvicultura y Conservación de la Naturaleza de la

Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile.

2.2.4 Construcción de base de datos

Fueron generadas tres matrices a partir de los datos obtenidos:

- Matriz L elaborada en función de la abundancia de especies, para cada parcela de muestreo, la cual se estimó según el grado de cobertura de cada especie presente en las parcelas. Corresponde a $L (n \times p)$, en que se describen los grados de cobertura de “ p ” especies en “ n ” parcelas: (40 x 65).
- Matriz R corresponde a variables ambientales y coberturas de hábito, altura, sustrato de crecimiento y áreas sin vegetación para cada parcela. Representada como $R (n \times m)$, en que un eje corresponde a “ m ” variables ambientales en “ n ” parcelas: (40 x 36).
- Matriz Q elaborada a partir de los rasgos funcionales de cada especie presente en el área de estudio. Representada como $Q (p \times s)$, en que un eje corresponde a “ p ” especies y el otro a “ s ” rasgos funcionales para cada especie: (65 x 21).

2.2.5 Análisis de clasificación

El análisis de clasificación o de conglomerados identifica y clasifica grupos o asociaciones de plantas en base a las especies presentes y su abundancia en cada parcela (McCune y Grace, 2002). Para este análisis se requiere trabajar con la matriz L, la cual posee los valores de abundancia expresados en escala ordinal descritos en el Anexo II.

Se realizó un análisis de valores atípicos u *outlier* con el método de medición de distancia Sorensen (Bray-Curtis), el cual permite verificar existencia de anomalías en la base de datos, tanto para parcelas como para especies. De esta forma es posible asegurar que ningún valor indebido o extremo influya en los resultados (McCune y Grace, 2002). Para utilizar el total de información recolectada se decidió trabajar con la raíz de los valores de abundancia, de esta forma fueron eliminadas importancias excesivas que alteraban los resultados, teniendo como resultado la no existencia de *outliers* en la base de datos (Glavac, 1996).

Se generó un análisis de agrupación bidireccional (TWCA; acrónimo de *Two-way cluster analysis*), que consiste en un análisis de cluster simultáneo a filas y columnas definiendo grupos basados en la similitud. El análisis combina los dos sets de cluster en un mismo gráfico o histograma. Para este caso, el TWCA permite graficar la relación entre puntos individuales de parcelas y especies, por lo que es posible observar la similitud entre los mismos. La medida de distancia utilizada para el análisis fue Sorensen (Bray-Curtis), y el método de enlace de los grupos fue Flexible Beta (beta = -0,25) (McCune y Grace, 2002).

De esta forma, y en función de la similitud entre parcelas, fue posible definir asociaciones de especies de plantas vasculares.

Posteriormente se llevó a cabo un Análisis de Especies Indicadoras (ISA; acrónimo de *Indicator Species Analysis*), el que define las especies de mayor relevancia según su presencia y abundancia en cada grupo. El análisis se realizó mediante respuesta cuantitativa o binaria de Dufrene y Legendre y con el test aleatorio (McCune y Grace, 2002). Cada grupo debe tener al menos una especie indicadora, por lo que si algún grupo no presentaba especies indicadoras la distribución de grupos era desechada y se debe considerar otra agrupación hasta que cada grupo tuviese al menos una especie indicadora.

Se verificó si existen o no diferencias significativas entre grupos (composiciones de especies en las comunidades identificadas), para ello se realizó un análisis de Procedimiento de Permutación de Respuesta Múltiple (MRPP; acrónimo de *Multi-Response Permutation Procedure*), el que permite probar la hipótesis de que no existe diferencia entre grupos mediante valores de p y A (McCune y Mefford 1999).

Se utilizó el análisis de especies indicadoras extendido para orientar el nombre de las asociaciones. Este análisis otorga un valor indicador en función del grado de especificidad de las especies para cada grupo (De Cáceres y Legendre, 2009; De Cáceres *et al.*, 2010).

2.2.6 Análisis florístico

Para cada comunidad fueron calculados los siguientes parámetros ecológicos:

Riqueza: entendida como el número total de especies de flora vascular presente en cada parcela. La riqueza de la comunidad corresponde al promedio de riqueza en cada parcela (Baumgärtner, 2005).

Abundancia: considerada como la sumatoria de la cobertura de cada especie en cada parcela, la abundancia de la comunidad corresponde al promedio de abundancias (Steubing *et al.*, 2002; Baumgärtner, 2005; Hauenstein *et al.*, 2009).

Diversidad: se calculó mediante el Índice de Simpson, que representa la probabilidad que dos individuos tomados al azar dentro de un hábitat sean de la misma especie (Simpson, 1949 citado por Baumgärtner, 2005).

Para el cálculo de cada parámetro, fueron considerados el origen de las especies y su forma de vida.

2.2.7 Valor de Importancia

El valor de importancia de las especies (VI) fue calculado como la abundancia relativa de cada especie respecto a la abundancia total del área de estudio, más la frecuencia relativa de cada especie respecto a la frecuencia total (Hauenstein *et al.*, 2009). El VI fue calculado para cada especie y asociación vegetal.

2.2.8 Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico a las variables de riqueza, abundancia y diversidad de las especies de flora vascular. Se analizó la normalidad mediante la prueba de Shapiro – Wilk y la homocedasticidad mediante el test de Levene. Dichas pruebas fueron realizadas considerando origen y forma de vida.

Para evaluar si existen o no diferencias significativas entre grupos, a cada parámetro ecológico se le realizaron pruebas. Las variables resultaron ser no paramétricas, ya que no se cumplieron los supuestos de normalidad para ningún caso, por lo que se les realizó la prueba de U Mann-Withney.

Todas las pruebas fueron realizadas con un nivel de confianza del 95%.

2.2.9 Análisis de ordenación

Para definir la influencia de componentes biofísicos en las asociaciones vegetales identificadas, se utilizó el método de ordenación correspondiente a Escalamiento Multidimensional No Métrico (NMS; acrónimo de *Nonmetric Multidimensional Scaling*). Las ventajas de este análisis son que no asume relación lineal entre variables, tiende a linearizar la relación de las distancias entre especies y variables ambientales en el espacio, y permite el uso de cualquier distancia o relativización (McCune y Grace, 2002; Kent, 2012).

La ordenación fue llevada a cabo utilizando la distancia de Sonrensen (Bray-Curtis), con 250 configuraciones aleatorias y considerando tres ejes, en que se escoge el mejor resultado a partir de la solución más estable con el estrés más bajo comparado con las pruebas aleatorias, además de evaluar las curvas otorgadas en los gráficos de estrés versus dimensiones y de estrés versus iteraciones (Clarke, 1993; McCune y Grace, 2002; Kent, 2012).

Los resultados del análisis de ordenación multivariado indican que el estrés de la base de datos es efectivamente menor que las pruebas aleatorias, esta información se puede verificar en los Apéndices II, III y IV, en que, obteniendo un valor de estrés dentro del

rango [10-20], se acepta la solución otorgada (Clarke, 1993; McCune y Grace, 2002; Kent, 2012).

2.2.10 Análisis de la cuarta esquina

Para justificar la presencia de ciertas asociaciones o grupos de plantas en función de las variables ambientales, y si éstas tienen o no relación con las características de los rasgos funcionales de cada especie, se llevó a cabo el análisis de la cuarta esquina.

El análisis de la cuarta esquina (Fourth-Corner analysis) enlaza rasgos funcionales según variables ambientales. Combina las matrices R, Q y L en una sola matriz, mediante procedimientos estadísticos y de permutación para evaluar la significancia de las asociaciones vegetales, propone una ordenación de las tres tablas asignando valorizaciones a las especies, variables y rasgos funcionales según los ejes (Dolédec *et al.*, 1996; Legendre *et al.*, 1997, Dray *et al.*, 2014).

Para el análisis se utilizó el modelo aleatorio combinado, con p ajustado mediante el test de Bonferroni, se utilizaron significancias con $p < 0,05$ y $p < 0,01$ (Legendre *et al.*, 1997; Dray *et al.*, 2014).

Todos los análisis estadísticos multivariados (Análisis de Clasificación, ISA, MRPP y Análisis de Ordenación) fueron realizados con el software PC-ORD versión 7.0 (McCune y Grace, 2002; Kent, 2012).

3. RESULTADOS

3.1 Análisis de Clasificación y de Especies Indicadoras (ISA)

Según el análisis de cluster se logró identificar dos grupos ó asociaciones de especies de 20 parcelas cada uno (Figura 3). El Análisis Indicador de Especies (ISA) demostró que las especies de mayor importancia según presencia y abundancia son cuatro para el primer grupo, representadas principalmente por herbáceas, mientras que el segundo grupo es representado por nueve especies, cuya forma de vida son principalmente árboles y arbustos (Cuadro 1). La información fue reforzada mediante el análisis MRPP (con $p = 0,000$ y $A = 0,0703$) que indica que sí existen diferencias significativas entre grupos, las cuales no son azarosas.

El análisis de especies indicadoras extendido, revela que la primera asociación presenta a *Conyza sumatrensis* (Retz.) E. Walker como única especie indicadora. La segunda asociación presentó tres especies con altos valores indicadores: *Nothofagus dombeyi*, *Gaultheria phillyreifolia* (Pers.) Sleumer y *Mitraria coccinea* Cav. (Cuadro 2).

Por lo que se identifica la existencia de al menos dos comunidades en el área de estudio. La primera corresponde a un herbazal de *Conyza sumatrensis* y la segunda a un bosque inicial Siempreverde con *Nothofagus dombeyi* y *Gaultheria phillyreifolia* (Figura 4).

Cuadro 1: Especies Indicadoras para cada grupo y su respectiva forma de vida (Dufrière y Legendre, con $p < 0,05$)

| Grupo | Especie | Forma de Vida | Valor de Importancia | P |
|--|----------------------------------|---------------|----------------------|--------|
| Herbazal de <i>Conyza sumatrensis</i> | <i>Baccharis patagonica</i> | Arbustiva | 55,7 | 0,027 |
| | <i>Conyza sumatrensis</i> | Herbácea | 55,8 | 0,002 |
| | <i>Epilobium puberulum</i> | Herbácea | 55,9 | 0,046 |
| | <i>Polypogon australis</i> | Herbácea | 55,2 | 0,008 |
| Bosque inicial Siempreverde con <i>Nothofagus dombeyi</i> y <i>Gaultheria phillyreifolia</i> | <i>Nothofagus dombeyi</i> | Arbórea | 70,6 | 0,0002 |
| | <i>Eucryphia cordifolia</i> | Arbórea | 64,6 | 0,0006 |
| | <i>Amomyrtus luma</i> | Arbórea | 62,9 | 0,0006 |
| | <i>Caldcluvia paniculata</i> | Arbustiva | 69,3 | 0,0002 |
| | <i>Fuchsia magellanica</i> | Arbustiva | 65,9 | 0,0004 |
| | <i>Ribes magellanicum</i> | Arbustiva | 46,7 | 0,0344 |
| | <i>Gaultheria phillyreifolia</i> | Arbustiva | 35 | 0,008 |
| | <i>Blechnum cordatum</i> | Subarbusto | 56,1 | 0,0364 |
| <i>Mitraria coccinea</i> | Subarbusto | 29,7 | 0,0376 | |

Cuadro 2: Análisis de especies indicadoras extendido para cada asociación vegetal identificada.

| Asociación | Especie | Valor indicador | <i>P</i> |
|--|----------------------------------|-----------------|----------|
| Herbazal de <i>Conyza sumatrensis</i> | <i>Conyza sumatrensis</i> | 0,747 | 0,005 |
| Bosque inicial Siempreverde con <i>Nothofagus dombeyi</i> y <i>Gaultheria phillyreifolia</i> | <i>Nothofagus dombeyi</i> | 0,84 | 0,005 |
| | <i>Gaultheria phillyreifolia</i> | 0,592 | 0,015 |
| | <i>Mitraria coccínea</i> | 0,545 | 0,045 |

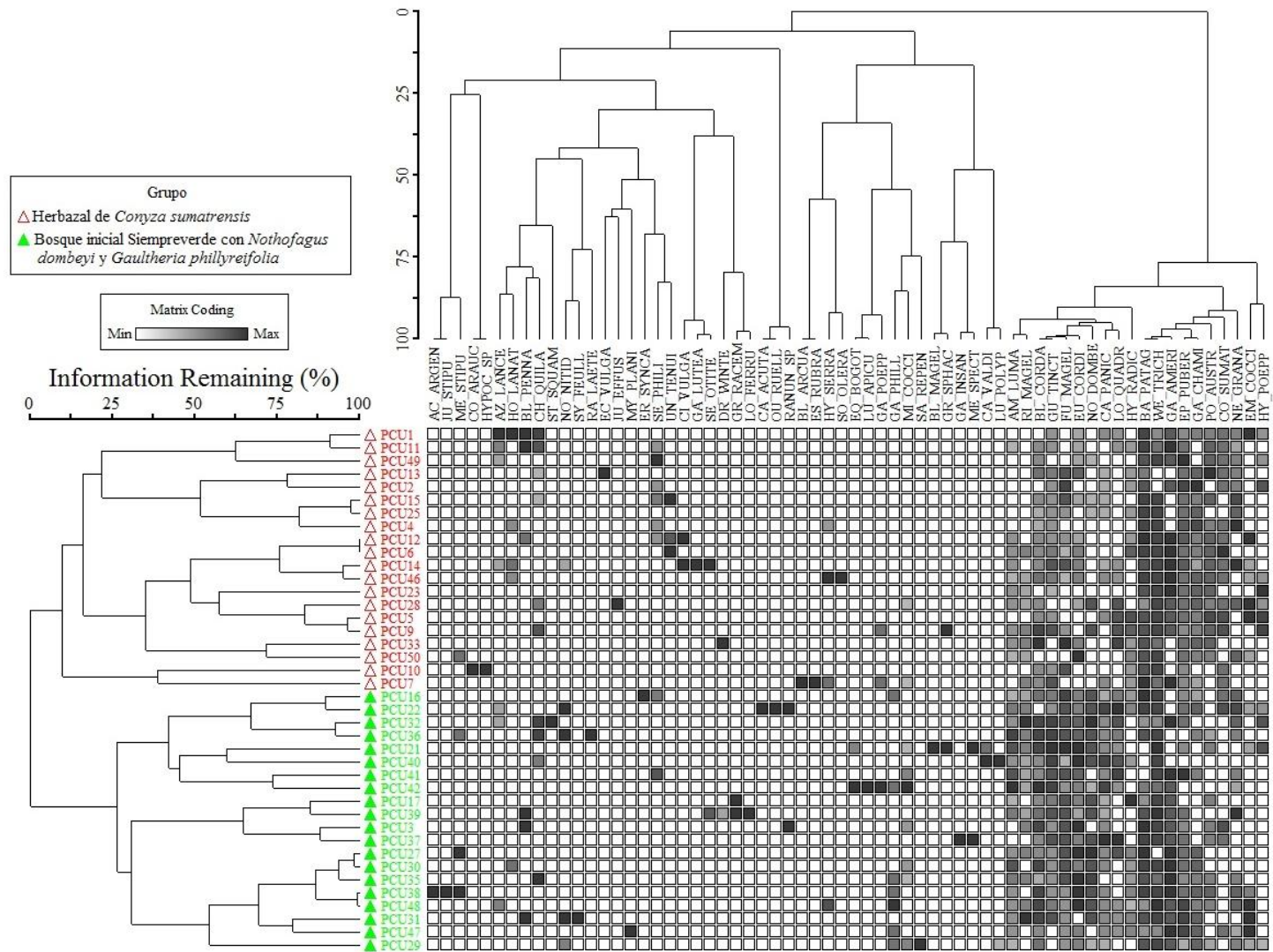


Figura 3: Dendrograma de Análisis de agrupación bidireccional (TWCA). Se identifican dos grandes grupos de parcelas y las relaciones entre especies.



Figura 4: Fotografías de asociaciones vegetales encontradas en el área de afectación de la explosión lateral ocurrida en la erupción del volcán Chaitén. A) Herbazal de *Conyza sumatrensis*. B) Bosque inicial Siempreverde con *Nothofagus pdombeyi* y *Gaultheria phillyreifolia*.

3.2 Parámetros Ecológicos

En las parcelas evaluadas se encontraron 26 ordenes taxonómicos, los más representados son Asterales con 15,6%, Poales con 14%, Polypodiales con 11% y Myrtales con 9%. Las familias que más destacan por presencia corresponden a Asteraceae, Blechnaceae, Myrtaceae y Poaceae (Apéndice V).

Se encontraron 64 especies de flora vascular, de las cuales 44 se hallan presentes en el herbazal de *Conyza sumatrensis* y 54 en el bosque inicial siempreverde, teniendo 34 especies en común (Figura 5 y Apéndice V).

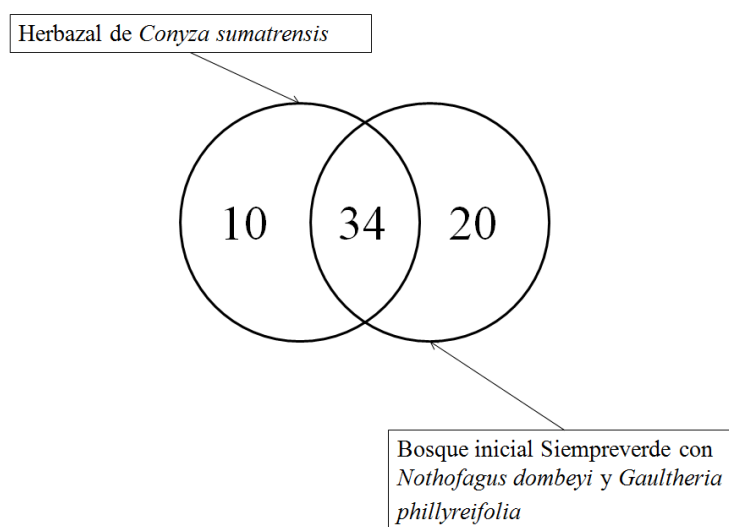


Figura 5: Diagrama de Venn, se observan el número de especies para cada grupo y número de especies compartidas. El herbazal de *C. sumatrensis* posee 10 especies exclusivas y el bosque inicial Siempreverde posee 20 especies, entre ambos comparten 34 especies.

A modo general la forma de vida más representada es hierba perenne con 27 especies (42,2%), luego arbusto con 13 especies (20,3%) y arbóreo con 12 especies (18,7%) (Cuadro 3).

Cuadro 3: Forma de vida del total de las especies.

| Forma de vida | Nº | Porcentaje (%) |
|--------------------|-----------|----------------|
| Árbol | 12 | 18,7 |
| Arbusto | 13 | 20,3 |
| Enredadera perenne | 1 | 1,6 |
| Hierba anual | 5 | 7,8 |
| Hierba perenne | 27 | 42,2 |
| Liana | 1 | 1,6 |
| Subarbusto Perenne | 5 | 7,8 |
| Total | 64 | 100 |

Del total de la muestra, el 76,0% de las especies son de origen Nativo, luego las Endémicas de Chile están representadas por el 12,5% de las especies, el 7,8% por especies adventicias. De dos especies colectadas no se tiene información suficiente, ya que sólo se pudieron determinar hasta el nivel de género. Las especies adventicias, se encuentran en su mayoría (66,6%) en el herbazal, el porcentaje restante se encuentra presente en ambas formaciones (Cuadro 4).

Cuadro 4: Origen geográfico del total de las especies.

| | N° | Porcentaje (%) |
|-------------------|----|----------------|
| Nativa | 49 | 76,6 |
| Endémica de Chile | 8 | 12,5 |
| Adventicia | 5 | 7,8 |
| Sin información | 2 | 3,1 |
| Total | 64 | 100 |

Respecto de los parámetros ecológicos, ambos grupos presentan diferencias significativas en los tres parámetros evaluados. El bosque inicial siempreverde presenta estadísticamente una mayor riqueza de especies, abundancia y diversidad de especies respecto del herbazal (Cuadro 5).

Cuadro 5: Valores de riqueza, diversidad y abundancia de especies para la situación general, y para cada grupo. Valores acompañados por asterisco (*) presentan diferencias significativas entre las situaciones (U Mann-Whitney con $p < 0,05$).

| | Parámetro | Herbazal de <i>Conyza sumatrensis</i> | Bosque inicial Siempreverde |
|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| Riqueza de flora vascular | Especies promedio por parcela | 15* | 18* |
| | Rango | 10 – 22 | 13 – 22 |
| Abundancia de flora vascular (%) | Promedio de cobertura de especies (%) | 75,8* | 100* |
| | Rango | 44,5 – 100 | 45,0 – 100 |
| Diversidad de flora vascular | Promedio índice de Simpson | 0,375* | 0,472* |
| | Rango | 0,00 - 0,948 | 0,00 - 0,944 |

En cuanto a riqueza, el herbazal de *Conyza sumatrensis* presenta estadísticamente mayor cantidad de lianas, hierbas perenne y anuales. Por otra parte el bosque inicial siempreverde presenta estadísticamente mayor cantidad de especies nativas y de las formas de vida arbórea, arbustiva, subarbustiva y enredadera (Figura 6 y Apéndice VI).

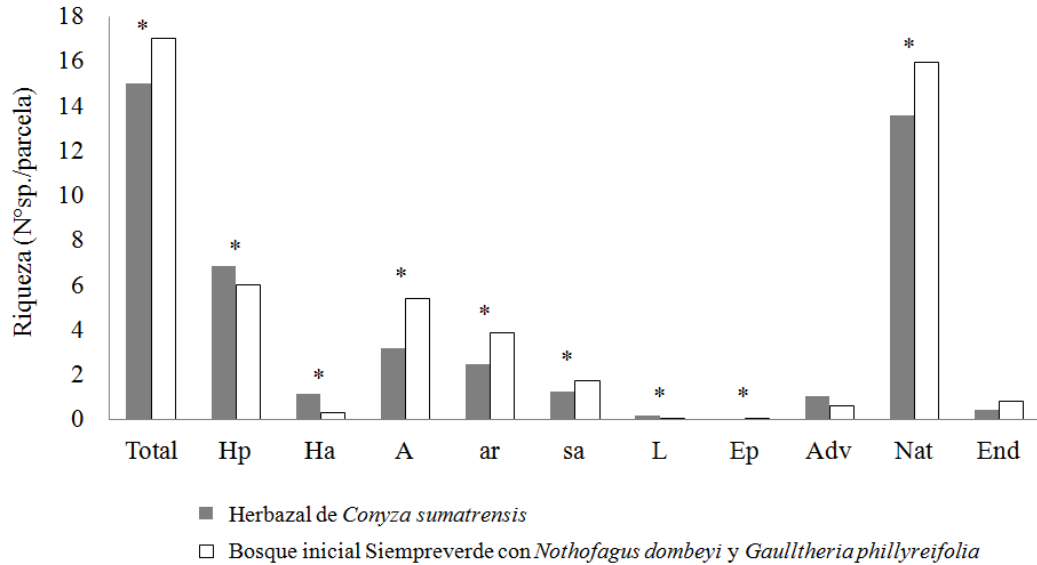


Figura 6: Distribución de la riqueza según su forma de vida y origen para ambas situaciones. Asterisco (*) sobre columnas presentan diferencias significativas entre situaciones (U Mann-Whithney con $p < 0,05$). En que Hp = Hierba perenne; Ha = Hierba anual; A = Árbol; ar = Arbusto; sa = subarbusto; L = Liana; Ep = Enredadera perenne; Adv = Adventicia; Nat = Nativo; End = Endémica.

Respecto a la abundancia, el herbazal de *Conyza sumatrensis* presenta estadísticamente mayor cobertura de adventicias y de hierbas anuales. El bosque inicial siempreverde presenta estadísticamente mayor cobertura en especies nativas, arbóreas, subarbusto y de enredaderas (Figura 7 y Apéndice VII).

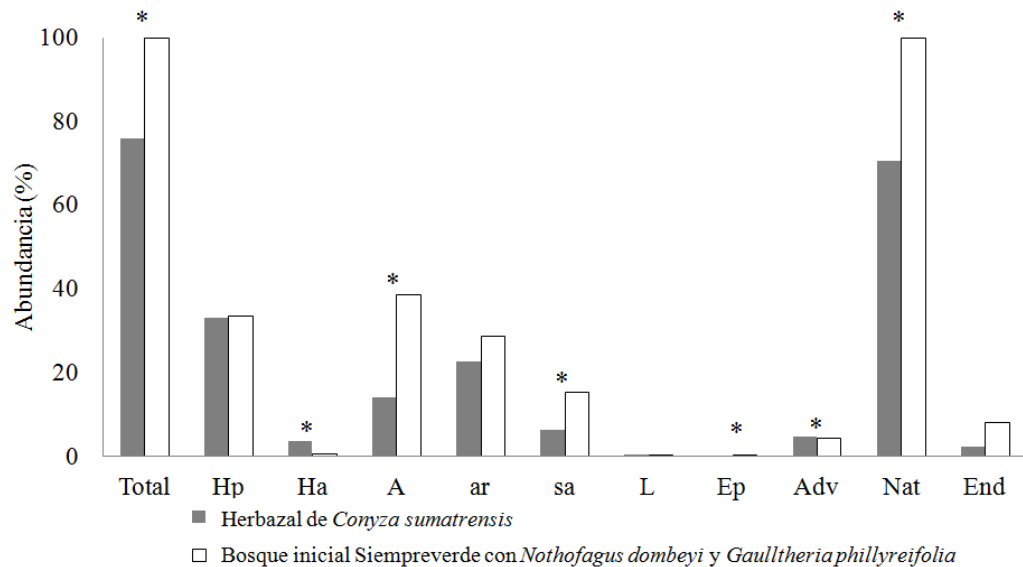


Figura 7: Distribución de la abundancia según forma de vida y origen para ambas situaciones. Asterisco (*) sobre columnas presentan diferencias significativas entre situaciones (U Mann-Whithney con $p < 0,05$). En que Hp = Hierba perenne; Ha = Hierba anual; A = Árbol; ar = Arbusto; sa = subarbusto; L = Liana; Ep = Enredadera perenne; Adv = Adventicia; Nat = Nativo; End = Endémica.

Finalmente respecto a la diversidad, el herbazal de *Conyza sumatrensis*: presenta estadísticamente mayor diversidad en hierbas anuales y el bosque inicial siempreverde presenta estadísticamente mayor diversidad en las especies arbustivas, subarbustivas y de origen nativo (Figura 8 y Apéndice VIII).

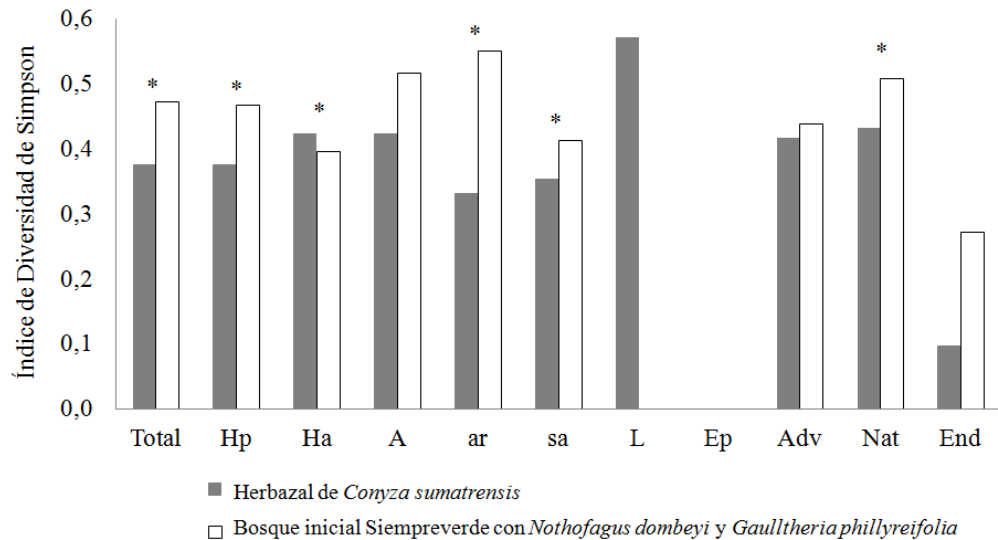


Figura 8: Distribución de la Diversidad de Simpson según forma de vida y origen para ambas situaciones. Asterisco (*) sobre columnas presentan diferencias significativas entre situaciones (U Mann-Whitney con $p < 0,05$). En que Hp = Hierba perenne; Ha = Hierba anual; A = Árbol; ar = Arbusto; sa = subarbusto; L = Liana; Adv = Adventicia; Nat = Nativo; End = Endémica.

A modo general, las especies que obtuvieron mayores valores de importancia corresponden a *Baccharis patagónica* Hook. & Arn., *Fuchsia magellanica* Lam. y *Weinmannia trichosperma*. En cuanto a asociaciones, *B. patagónica* y *W. trichosperma* son comunes para ambos casos, diferenciándose éstos con *Epilobium puberulum* Hook. & Arn. para el caso del Herbazal de *Conyza sumatrensis* y *Nothofagus dombeyi* para el caso del Bosque inicial Siempreverde (Apéndice IX).

3.3 Análisis de ordenación NMS

El análisis de ordenación multivariado realizado para evaluar la influencia de factores ambientales en ambas comunidades, muestra una solución de tres dimensiones (3 ejes) que describe el 76,5% de la varianza en la composición de especies según las condiciones ambientales (Figura 9 y Cuadro 6).

El eje 1 revela la influencia de las variables ambientales. El herbazal de *C. sumatrensis* es explicado por las variables altitud y suelo desnudo, mientras que el bosque inicial Siempreverde es explicado por coberturas vegetales y porque las especies de flora vascular crecen principalmente en sustrato suelo.

Las formaciones del herbazal de *Conyza sumatrensis* principalmente se encuentran influenciadas por estar en zonas de mayor altitud y pueden llegar a tener el 40% de la superficie sin vegetación. Cabe destacar que el factor de altitud podría ser un indicador del gradiente del área de afectación de la explosión lateral, en que a mayor altitud hay más cercanía a la explosión lateral y por lo tanto existiría mayor intensidad de afectación del flujo piroclástico, una menor altitud indica el alejamiento al perímetro de la explosión, por ende una disminución en la afectación del flujo piroclástico a la vegetación (Apéndice X).

El bosque inicial Siempreverde presenta en promedio sobre el 50% del suelo cubierto por vegetación, llegando en algunos casos a ser cubiertas el 100% de su superficie. Por otra parte, en promedio, casi el 60% de las especies tiene como sustrato de crecimiento el suelo, llegando en algunos casos al 90% (Cuadro 7).

El eje 2 explica la variación interna de las parcelas, en donde se puede observar que el bosque inicial Siempreverde presenta mayor heterogeneidad interna que el herbazal de *Conyza sumatrensis*.

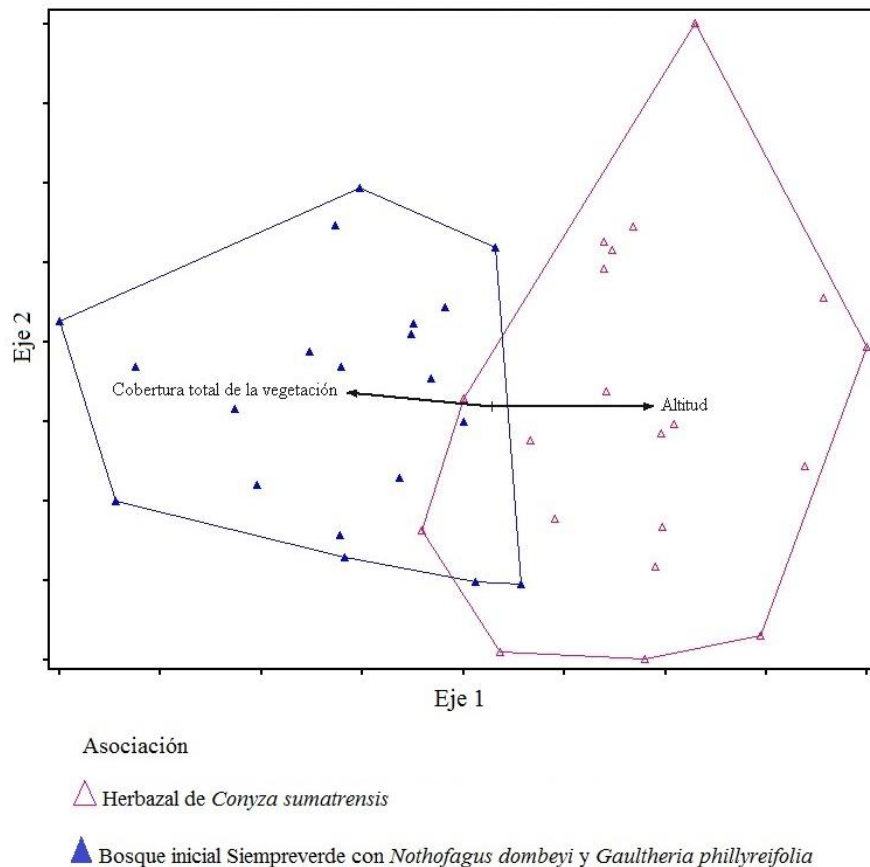


Figura 9: Análisis de Ordenación de Escalamiento Multidimensional No Métrico (NMS): Distribución de las parcelas de las comunidades. En que Eje 1 explica la influencia de las variables ambientales en la distribución espacial entre los grupos. El eje 2 explica la variación interna de las parcelas de ambos grupos.

Cuadro 6: Correlación de variables según ejes de ordenación, muestra las variables más representativas según su valor: “r” es la correlación de Pearson y “r²” es el coeficiente de determinación de la variable respecto del eje. También se expresa el coeficiente de determinación para la correlación entre la ordenación de distancias y las distancias en el espacio original (Sorensen Bray-Curtis).

| | Grupo | Eje 1 | | Eje 2 | | Eje 3 | | |
|--------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|-------|
| | | R | r ² | r | r ² | r | r ² | |
| Variable ambiental | Altitud | Herbazal de <i>Conyza sumatrensis</i> | 0,631 | 0,398 | -0,013 | 0,046 | 0,26 | 0,001 |
| | Suelo desnudo | | 0,522 | 0,272 | -0,112 | 0,011 | -0,248 | 0,002 |
| | Cobertura total de la vegetación | | -0,599 | 0,359 | 0,19 | 0,009 | 0,112 | 0,015 |
| | Cobertura de helechos | | -0,402 | 0,162 | -0,348 | 0,030 | -0,018 | 0,026 |
| | Cobertura veg. Entre 0,5-1 metros | Bosque inicial Siempreverde | -0,464 | 0,215 | 0,227 | 0,002 | 0,092 | 0,009 |
| | Cobertura veg. Entre 1-2 metros | | -0,521 | 0,272 | -0,161 | 0,000 | 0,067 | 0,001 |
| | Sustrato de crecimiento: Suelo | | -0,468 | 0,219 | 0,112 | 0,078 | 0,14 | 0,062 |
| | Coeficiente de determinación | | | 0,463 | | 0,168 | | 0,134 |
| | % de la varianza explicada acumulada | | | 46,3 | | 63,1 | | 76,5 |

Cuadro 7: Valores de variables ambientales que describen varianza en la composición de especies. Todos los valores presentan diferencias significativas (U Mann-Whitney p<0,05). Valores marcados con asterisco (*) son los que explican a determinado grupo.

| | | Herbazal de <i>Conyza sumatrensis</i> | Bosque inicial Siempreverde con <i>Nothofagus dombeyi</i> y <i>Gaultheria phillyreifolia</i> |
|---------------------------------------|----------|---------------------------------------|--|
| Altitud (m.s.n.m.) | Promedio | 200* | 175 |
| | Mediana | 202 | 168,5 |
| | Rango | 166-230 | 151-220 |
| Suelo desnudo (% cobertura) | Promedio | 12* | 4,7 |
| | Rango | 0-40 | 0-20 |
| Cobertura total de la vegetación (%) | Promedio | 60 | 77,5* |
| | Rango | 30-100 | 30-100 |
| Cobertura de helechos (%) | Promedio | 8,9 | 14,75* |
| | Rango | 0-30 | 5-30 |
| Cobertura veg. Entre 0,5-1 metros (%) | Promedio | 51 | 64,75* |
| | Rango | 20-100 | 20-100 |
| Cobertura veg. Entre 1-2 metros (%) | Promedio | 42,25 | 58,25* |
| | Rango | 0-60 | 15-100 |
| Sustrato de crecimiento – Suelo (%) | Promedio | 35,7 | 59,25* |
| | Rango | 5-100 | 0-90 |

3.4 Análisis de la cuarta esquina

3.4.1 Interacción entre rasgos funcionales y grupos

De 178 combinaciones entre rasgos funcionales y grupos vegetales, seis interacciones presentaron valores significativos en cuanto a la variación de dichos rasgos (Cuadro 8).

Las formas de vida de hierba y árbol, consistencia de hoja coriácea y rígida, y altura de la vegetación en los rangos de bajo y alto, se presentan significativas ($p < 0,05$) para el bosque inicial siempreverde. El herbazal no presenta rasgos funcionales significativos.

Cuadro 8: Resultados del análisis de la cuarta esquina (FCA). En la tabla se muestran interacciones significativas según grupo (Bonferroni con $p < 0,05$). Valores marcados con asterisco (*) presentan diferencias significativas.

| Rasgo funcional | | Herbazal de <i>Conyza sumatrensis</i> | | Bosque inicial Siempreverde con <i>N. dombeyi</i> y <i>G. phillyreifolia</i> | |
|----------------------|----------------|---------------------------------------|------|--|--------|
| | | X ² | p | X ² | P |
| Forma de vida | Hierba perenne | 215,4643 | 0,47 | 177, 225 | 0,047* |
| | Árbol | 99,7491 | 0,34 | 192,8964 | 0,013* |
| Consistencia de hoja | Coriácea | 302,7357 | 0,26 | 440,1853 | 0,014* |
| | Rígida | 54,7554 | 0,23 | 32,5187 | 0,029* |
| Altura máxima | Bajo | 296,2232 | 0,38 | 245,1396 | 0,023* |
| | Alto | 114,817 | 0,25 | 202,491 | 0,013* |

3.4.2 Interacción entre rasgos funcionales y ambiente

De 2.295 interacciones, 148 fueron encontradas significativas. Debido a que no se pueden explicar todas las interacciones, se decidió utilizar aquellas que presentaron significancia con $p < 0,01$ (Figura 10), y las que teniendo valor de $p < 0,05$ fueron consideradas explicables (Apéndice XI).

En la medida que la altitud aumenta se genera influencia negativa para el rasgo funcional de árbol. Las hierbas bianuales (*Cirsium vulgare* (Cavi) Ten. y *Echium vulgare* L. var Vulgare) tienen interacciones positivas en la medida que aumenta la pedregosidad superficial. Las hierbas perennes (principalmente Asterales, Poales y Polypodiales) presentan interacción negativa con el aumento de cobertura de especies que crecen directamente sobre el suelo. Además, se destaca que las hierbas anuales y perennes tienen influencia positiva en la medida que aumenta la altitud ($p < 0,05$).

En cuanto a diásporas, el rasgo de baya (principalmente Myrtales) se ve influenciado positivamente en la medida que aumenta la cobertura total de la vegetación (entre los 0,5-4 metros de altura) ($p < 0,01$ y $p < 0,05$). El rasgo de aquenio (principalmente género *Nothofagus* y orden Asterales) presenta influencia positiva cuando aumenta la superficie sin vegetación con predominancia de briófitas. El rasgo de nuez (*Holcus lanatus* L., *E. vulgare* y *C. vulgare*,) se influencia negativamente en la medida que aumenta la cobertura total de la vegetación. El rasgo de espora (Pteridophyta) se influencia positivamente en la medida que aumenta la cobertura entre los 1-2 m de altura.

El modo de dispersión de endozoocoría (especialmente Apiales, Ericales y Myrtales) se influencia positivamente con la cobertura de la vegetación entre los 2 - 4 m de altura. Por otra parte las especies zoófilas (que son polinizadas por animales) (*Griselinia racemosa* (Phil.) Taub., *Raukaua laetervirens* (Gay) Frodin, *Mitraria coccinea*, *Escallonia rubra* (Ruiz & Pav.) y *Ranunculus sp.*) tienen interacción positiva con la presencia de troncos (como superficie sin vegetación, y grado de descomposición 1 y 3) ($p < 0,05$).

La consistencia de hoja membranosa (principalmente Asterales) está influenciada negativamente por la cobertura de la vegetación entre los 0,5 – 2 metros ($p < 0,01$ y $p < 0,05$) y el aumento de cobertura de especies que crecen sobre el suelo. Las hojas de consistencia coriácea (se destacan los órdenes Apiales, Ericales, Fagales, Lamiales, Myrtales, Oxidales, Polypodiales y Proteales) está influenciada positivamente por la cobertura de helechos ($p < 0,01$), el aumento de vegetación entre los 0,5-2 metros de altura, e influida negativamente en la medida que aumenta la altitud ($p < 0,05$).

En cuanto a la altura máxima que pueden llegar a tener las especies, el rango de altura media tiene influencia negativa en el caso de superficie sin vegetación con suelo descubierto. El rango de altura bajo (resaltan Asterales y Poales) se encuentra influenciado positivamente en la medida que aumenta la altitud y la superficie sin vegetación (con suelo descubierto y con briofitas), en cambio se ven perjudicadas en la medida que aumenta la cobertura de la vegetación.

En la categoría de tolerancia lumínica, el rasgo heliófoba facultativa tiene influencia positiva en la medida que aumenta la cobertura de vegetación entre los 1-2 metros.

| | Hábito | Diáspora | Modo de dispersión | Forma de hoja | Consistencia de hoja | Altura máxima | Tolerancia lumínica |
|---|-----------------------|----------|--------------------|---------------|----------------------|---------------|---------------------|
| Altitud | | | | | | | |
| Pendiente | | | | | | | |
| Pedregosidad superficial | | | | | | | |
| Cobertura total de la vegetación | | | | | | | |
| Cobertura Helechos | | | | | | | |
| Cobertura de 0,5 - 1 metros | | | | | | | |
| Cobertura de 1 - 2 metros | | | | | | | |
| Cobertura de 2 - 4 metros | | | | | | | |
| Sustrato de crecimiento – Suelo | | | | | | | |
| Superficie Sin vegetación | | | | | | | |
| Superficie Sin vegetación - Suelo descubierto | | | | | | | |
| Superficie Sin vegetación – Briófitas | | | | | | | |
| | Árbol Perenne | | | | | | |
| | Hierba Anual | | | | | | |
| | Hierba Bianual | | | | | | |
| | Hierba Perenne | | | | | | |
| | Liana Perenne | | | | | | |
| | Aquenio | | | | | | |
| | Baya | | | | | | |
| | Espora | | | | | | |
| | Nuez | | | | | | |
| | Endozoocoria | | | | | | |
| | Triangular | | | | | | |
| | Coriácea | | | | | | |
| | Membranosa | | | | | | |
| | Medio | | | | | | |
| | Bajo | | | | | | |
| | Heliófoba facultativa | | | | | | |

Figura 10: Análisis de la cuarta esquina (FCA). Interacciones significativas con $p < 0,01$. Negro: interacciones positivas; Gris: interacciones negativas; Blanco: interacciones no relevantes.

4. DISCUSIÓN

4.1 Riqueza y composición de la flora vascular.

En un área afectada hace ocho años por la explosión lateral ocurrida en el volcán Chaitén, se expresan, mediante la composición de especies vasculares, dos fases iniciales de sucesión. Se evidencian zonas donde hay predominancia de especies con mayor tolerancia a la baja disponibilidad de recursos, y por otra parte zonas donde debido al legado biológico, han rebrotado y/o regenerado especies luego de ocurrida la erupción, expresando dos momentos sucesionales que podrían ser parte de un continuo de relevo florístico, en que las especies que colonizan un área expresan su dominancia en el hábitat en distintos momentos a través del tiempo debido a las diferencias de cada una (Anexo VII) (Egler, 1954; González *et al.*, 2014; Lara *et al.*, 2015).

En la zona estudiada fueron encontradas 65 especies, de las cuales el 50% corresponde a herbáceas, el 28% a arbustivas (de hábito arbusto y subarbusto) y el 19% a especies arbóreas, además de otras formas de vida (enredadera y liana), que en términos de porcentajes tienen menor importancia (Apéndice VI). La abundancia permite observar que las especies correspondientes a herbáceas y arbustivas se encuentran en un nivel similar de cobertura con valores superiores a 35%, siguiendo las especies arbóreas con 26% de cobertura (Apéndice VII). Las especies que presentan mayor valor en cuanto al índice de diversidad son las arbustivas, de valor inferior pero similar se encuentran las especies arbóreas, las especies herbáceas presentan los valores inferiores de diversidad (Apéndice VIII).

Las observaciones realizadas mediante los parámetros ecológicos expresan que se ha permitido el establecimiento tanto de herbáceas como de arbustivas mediante los distintos mecanismos de regeneración, y que las especies arbóreas comienzan a colonizar el área paulatinamente. Esta situación se encuentra descrita en el modelo sucesional de composición florística inicial propuesto por Egler (1954), quien afirma que gran parte de las especies que están presente o colonizan un área expresan su dominancia en distintos momentos a través del tiempo debido de las diferencias de cada una. Dicho esto, se podría inferir que las especies herbáceas, que colonizaron inicialmente el área, de a poco comienzan a declinar, disminuyendo con ello la probabilidad de ser encontradas y dando espacio a especies de mayor tamaño y con distintos atributos y tolerancias como los son las especies arbustivas y arbóreas (Anexo VII) (Egler, 1954; Veblen *et al.*, 1979; Lara *et al.*, 2015).

Al comparar la situación estudiada con la información disponible respecto de los mecanismos de sucesión que presenta el tipo forestal siempreverde, se encuentra que el proceso sucesional podría estar siendo determinado por presencia de legado biológico y flora presente en lugares aledaños, en que las especies que se están desarrollando corresponden a dicho tipo forestal. En zonas más apartadas del perímetro de la explosión, y que posiblemente presentaron un menor flujo piroclástico, existe en su mayoría legado

biológico, en que se observa una sucesión influida por especies correspondientes al tipo forestal siempreverde. Por otro lado, en zonas cercanas al perímetro de la explosión lateral, y por lo tanto, donde no quedó legado disponible debido a un mayor impacto del flujo piroclástico, hay predominancia de herbáceas o especies intolerantes a la sombra, llevándose a cabo probablemente un proceso semejante al de iniciación primaria (Donoso, 1995; White y Jentsch, 2001; González *et al.*, 2014; Donoso, 2015).

4.2 Asociaciones vegetales identificadas

En el presente estudio se determinó la existencia de dos comunidades o asociaciones vegetales, las cuales retratan un instante en el proceso dinámico de sucesión. La primera asociación corresponde a un “Herbazal de *Conyza sumatrensis*” y la segunda a un “Bosque inicial Siempreverde con *Nothofagus dombeyi* y *Gaultheria phillyreifolia*”.

Ambas formaciones presentan diferencias significativas en cuanto a los parámetros ecológicos evaluados. La formación de bosque inicial Siempreverde, a modo general, presenta valores más elevados en los tres parámetros ecológicos (riqueza, abundancia y diversidad), además mayor riqueza y cobertura de especies arbóreas y arbustivas. El herbazal de *Conyza sumatrensis* presenta mayor riqueza de hierbas (perenne y anual). El herbazal se compone por 44 especies, de las cuales 34 son comunes para ambas formaciones a las que se agregan 20 especies para el bosque inicial. Este patrón se condice con el modelo sucesional de Egler (1954), donde se observa disponibilidad de especies, y que, según el estado sucesional en el que se encuentre (y por lo tanto cambios en disponibilidad de recursos), las especies variarían su expresión y/o se agregarán al área (Anexo VII).

La explosión lateral ocurrida en el volcán Chaitén arrancó árboles desde el suelo en zonas aledañas al cráter y los volteó ladera abajo del volcán, generando un mosaico vegetacional que se ve expresado en las formaciones encontradas. Los análisis indicaron que la diferencia entre las asociaciones está, en parte, influenciada por la distancia al cráter y el suelo descubierto. Existe una tendencia dominante por parte de las herbáceas a medida que aumenta la altitud y se acercan al cráter (Flores, 2006; Swanson *et al.*, 2013).

La sucesión varía por la habilitación de recursos y de especies colonizadoras, en la medida que se desarrolla la cobertura de árboles o arbustos, algunas especies pioneras muestran declinación, mientras que la riqueza y complejidad estructural de las comunidades aumenta generando distintas interacciones (Donoso, 1989; Dale *et al.*, 2005; Del Moral *et al.*, 2005; Lara *et al.*, 2015). La variable ambiental de cobertura de la vegetación muestra influencia en los cambios entre comunidades, ya que en la medida que aumenta la cobertura se influye positivamente al bosque inicial.

Las erupciones volcánicas explosivas generan un mosaico complejo de gran variación, en que a pesar de la intensidad del disturbio es posible encontrar legado biológico. Otras investigaciones indican que especies vegetales han sobrevivido debido al legado biológico, tanto por la regeneración vegetativa como por micrositios que han servido de protección.

Por otra parte, si en el área perturbada no ha quedado legado biológico, se verá colonizada por especies con bajos requerimientos nutricionales, con altas tolerancias a restricción hídrica y a variaciones en la temperatura (Donoso, 1995; Swanson *et al.*, 2013; González *et al.*, 2014; Donoso, 2015). Dicho esto, las asociaciones encontradas tienen ambas características. El herbazal presenta especies indicadoras que se han caracterizado por ser pioneras de ambientes perturbados, con atributos que les otorgan rápida y exitosa colonización de zonas abiertas (Ramírez *et al.*, 1980; Correa, 1998a; Correa, 1998b; Correa, 1998c; Ohtsuka, 1999; Díaz *et al.*, 2005; Díaz y Armesto, 2007; Hao *et al.*, 2009; Steckel y Gwathmey, 2009; Marochio *et al.*, 2017). Por otra parte, en el bosque inicial hay mayor variedad de especies, encontrándose distintas formas de vida, tolerancias a la sombra y requerimientos nutricionales (Troncoso *et al.*, 1980; Donoso, 1989; Bustamante *et al.*, 2011; Riedemann *et al.*, 2014).

Se puede inferir que la situación actual, correspondiente a una formación de bosque inicial y a una formación de herbazal se asemeja al ejemplo de Oliver y Larson (1996), que describe el desarrollo de un bosque adyacente a un claro, en que en la medida que dicho bosque se desarrolla da paso al desarrollo de un ecotono, donde las especies del borde, tanto arbóreas como herbáceas, comparten espacio hasta que este termina siendo ocupado en su totalidad por árboles debido a que existe espacio y fuente de propágulos disponibles (Anexo VIII). Sin embargo, el espacio que podría ser ocupado por especies arbóreas actualmente está siendo ocupado por *Baccharis patagonica*, especie arbustiva que inhibe la colonización de pioneros arbóreos presentes en el área de estudio como *Nothofagus dombeyi*, *Embotrium coccineum*, *Drymis winteri*, *Weinmania trychosperma*, debido al alto porcentaje de cobertura que presenta (Papic, 2000; Bustamante *et al.*, 2011). En función de lo expuesto, se podría suponer un escenario de restricción en cuanto al establecimiento de individuos arbóreos en la zona colonizada por *Baccharis*, sin embargo, pequeños cambios en la cobertura arbustiva y la disponibilidad de luz podrían permitir el establecimiento de individuos arbóreos, ya sean de intolerancia o tolerancia media a la sombra o tolerantes como *Nothofagus nitida*, *Eucryphia cordifolia*, *Podocarpus nubigena*, *Lomatia ferruginea* (Cav.) R. Br., *Luma apiculata* (DC.) Burret, entre otras. Por ende, dependiendo de las condiciones que se vayan generando es que el herbazal podría seguir en su estado actual o podría dar espacio a una formación boscosa, ya sea en poco tiempo como la formación de bosque inicial o dentro de 75 años o más (Donoso, 1995; Díaz y Armesto, 2007; Bustamante *et al.*, 2011).

4.3 Patrones en la composición florística en relación a variables ambientales y rasgos funcionales de las especies

4.3.1 Diferencia de rasgos funcionales entre asociaciones.

Las especies pueden ser agrupadas según rasgos comunes que responden al ambiente o a efectos sobre procesos en el ecosistema, en que variaciones en el ambiente generan cambios en la composición, riqueza e interacciones posibles. Los rasgos funcionales permiten la comprensión de la relación entre cambios ambientales, composición comunitaria y procesos

ecosistémicos (Lavorel y Garnier, 2002; Garnier *et al.*, 2016). En el presente estudio se evidenció que en la medida que varía la composición de especies entre asociaciones, también varían los rasgos funcionales predominantes, llegando a determinar atributos representativos para el estado sucesional que cada una representa.

El bosque inicial fue caracterizado por rasgos funcionales relacionados a dos estratas presentes que son propias de dicha formación: herbácea y arbórea (Ramírez *et al.*, 2004). El herbazal no presentó rasgos funcionales significativos que permitan dar algún tipo de explicación que englobe dicha formación.

Al existir predominio de rasgos funcionales que se relacionan con la estrata herbácea, se infiere que dicha forma de vida tiene importancia en la formación del bosque inicial. Las especies herbáceas se relacionan con procesos de colonización debido a la liberación de recursos, dicha interacción sugiere que la situación aún se encuentra en un estadio temprano de sucesión, ya que el bosque siempreverde en estados sucesionales más avanzados disminuye la importancia de herbáceas al comparar su presencia con las otras formas de vida presentes (Egler, 1954; Ramírez *et al.*, 1980; Donoso, 1989; Donoso, 1995; Díaz *et al.*, 2005; González *et al.*, 2014; Donoso, 2015; Lara *et al.*, 2015).

Por otra parte, la forma de vida arbórea es una reiteración del estado sucesional del bosque inicial, indicando que este presenta especies indicadoras de distintas tolerancias a la radiación solar: por un lado especies arbóreas intolerantes a la sombra como *Nothofagus dombeyi* y *Eucryphia cordifolia* e intolerantes emergentes como *Amomyrtus luma*, que ha colonizado el área (Donoso, 1995; Donoso, 2015; Lara *et al.*, 2015).

En el bosque inicial se destacan la consistencia de hoja coriácea y rígida, ambas caracterizadas por ser gruesas, opacas y con capacidades funcionales relacionadas a la resistencia, y adaptación a déficit de agua y nutrientes. En el estudio, la consistencia rígida está relacionada únicamente con especies herbáceas, mientras que la consistencia coriácea se relaciona a otras formas de vida (liana, enredadera, hierba, arbusto, árbol). La diferenciación entre rasgos radica en que la consistencia rígida no es flexible, mientras que la consistencia coriácea además presenta mayor longevidad (Faundez y Monroi, 1992; Edwards *et al.*, 2000; Castillo, 2003).

4.3.2 Influencia del ambiente sobre Rasgos Funcionales

Los resultados obtenidos en el presente estudio, indican correlación entre distintos rasgos funcionales y características ambientales relacionadas a las respuestas frente a la perturbación, por lo que es posible inferir procesos ecosistémicos en función de estos y definir agrupación de rasgos funcionales para cada comunidad (Díaz *et al.*, 2007; Lavorel *et al.*, 2007; Saldaña, 2013). Dentro de los rasgos funcionales relacionados con variables ambientales, se pudo encontrar ciertas inclinaciones a procesos sucesionales que se encuentran en desarrollo.

El rasgo de hierba perenne presenta influencia positiva a mayor altitud, y por lo tanto mayor cercanía al perímetro de la explosión, e influencia negativa en la medida que aumenta la cobertura de la vegetación. Por otra parte, el rango de altura “bajo” y rasgo de diáspora relacionado a dicha forma de vida (nuez y aquenio) también se influencia negativamente en la medida que aumenta la cobertura de la vegetación y de manera positiva cuando aumenta la superficie sin vegetación. Dichos rasgos muestran mayor tolerancia al estrés ambiental y a la ausencia de recursos, otorgando características que permiten su establecimiento en estados más tempranos de la sucesión (capacidad competitiva, fecundidad e intervalos de tiempo ocurridos entre disturbios) como lo son las herbáceas (Egler, 1985; Donoso 1989; Donoso, 1995; Cornelissen *et al.*, 2003).

El rasgo de forma de vida arbórea se influencia negativamente en la medida que aumenta la altitud. La consistencia de hoja coriácea se relaciona de la misma manera con la altitud, además de estar influenciada positivamente por la cobertura de la vegetación. Los rasgos mencionados tienen relación con las especies perennes dentro del área estudiada, indicando que los individuos que componen al bosque inicial presentan características que sugieren mayor adaptación a déficit de agua y nutrientes (Edwards *et al.*, 2000; Castillo, 2003).

Especies de los órdenes Apiales, Myrtales y Ericales presentan correlación con los rasgos funcionales de baya y de endozoocoría, los que se encuentran influenciados positivamente con el aumento de la cobertura de la vegetación. La presencia de dispersión biótica genera disminución en la mortalidad de plántulas y el aprovechamiento de hábitats menos competitivos, por otra parte, ésta puede jugar un rol de gran importancia en la restauración pasiva de bosques. Ambos rasgos funcionales sugieren el establecimiento de sistemas de mayor complejidad debido al aumento de relaciones en la formación a la que pertenecen, expresando una relación mutualista vegetación-animal (Smith-Ramirez *et al.*, 1998; Aize, *et al.*, 2002; Altamirano *et al.*, 2012; Hernández *et al.*, 2012; Revilla y Encinas, 2015).

Abarcando una fracción de las especies pertenecientes a la formación del bosque inicial, el rasgo zoófilo presenta interacción positiva con la presencia de troncos. Dicha característica ambiental constituye un tipo de estructura clave para refugio o reproducción de fauna mediante la utilización de cavidades presentes en el tronco o en su defecto en la construcción de cavidades (Carmona *et al.*, 2010; Celis *et al.*, 2011; Altamirano *et al.*, 2012). Este patrón podría sugerir que la presencia de hábitats disponibles para la nidificación de aves afecta positivamente en la colonización de especies con dichos requerimientos.

El rasgo funcional de espora (estrictamente relacionada con helechos) se encuentra influenciado positivamente en la medida que aumenta la cobertura de la vegetación. Las esporas están asociadas a una distribución que sugiere altos patrones de precipitación, factor considerado como limitante para el ciclo de vida de las mismas, por ende existe estrecha relación con la permanencia de una formación boscosa (Ponce *et al.*, 2002; San Martín *et al.*, 2008; Parra *et al.*, 2015).

Las relaciones encontradas entre rasgos funcionales y ambiente permiten entrever las características ecosistémicas que presenta cada agrupación. El herbazal tiene estrecha

relación con zonas de mayor altitud y superficie sin vegetación, caracterizándolo como invasor inicial en la medida que se acerca al perímetro de la explosión lateral. Por otro lado, el bosque inicial presenta mayor complejidad en su organización, debido a las diversas tolerancias de especies que lo componen y a relaciones que involucran especies vegetales con fauna, dejando entrever el desarrollo de nuevos mecanismos de regeneración (Veblen *et al.*, 1983; Donoso 1989; Donoso 1995; Donoso, 2015; Aize, *et al.*, 2002; Flores, 2006; Altamirano *et al.*, 2012; Hernández *et al.*, 2012; Swanson *et al.*, 2013; Revilla y Encinas, 2015).

5. CONCLUSIÓN

A ocho años de la erupción del volcán Chaitén, en el área afectada por la explosión lateral, fue posible identificar dos asociaciones vegetales, las cuales representan dos instantes dentro del proceso de sucesión inicial, permitiendo entrever el desarrollo de un mosaico en la estructura del paisaje. Además, se logró apreciar que ambas formaciones vegetales así como la expresión de sus rasgos funcionales se encuentran influenciados por patrones ambientales que las estimulan.

De las 64 especies encontradas, las de mayor importancia a modo general son *Baccharis patagonica*, *Weinmannia trichosperma*, *Fuchsia magellanica*, *Gunnera tinctoria*, *Blechnum cordatum*, *Nothofagus dombeyi* y *Epilobium puberulum*, las que en su mayoría han sido caracterizadas como especies colonizadoras. En cuanto a las formaciones encontradas, se observó que el herbazal de *Conyza sumatrensis* se compone principalmente por especies pioneras de ambientes perturbados, presentando un comportamiento que se asemeja a una fase de sucesión primaria. El bosque siempreverde inicial con *Nothofagus dombeyi* y *Gaultheria phyllireifolia* se encuentra compuesto principalmente por especies pioneras del tipo forestal siempreverde, muchas de ellas presentan la capacidad de regenerar vegetativamente, permitiendo suponer que se vio influenciado por la presencia de legado biológico (i.e. restos leñosos de raíces y troncos parcialmente quemados y/o sepeultados) y, por lo tanto, su comportamiento se asemeja al de una sucesión secundaria.

El herbazal, en cuanto a hierbas anuales, presenta los valores más altos de riqueza, abundancia y diversidad, se encuentra influido positivamente en la medida que se acerca al perímetro de la explosión lateral y por áreas de suelo desnudo, en sectores de mayor proximidad al cráter del volcán, donde no quedó legado biológico disponible. En esta asociación se presenta abundantemente *B. patagonica*, que podría llegar a inhibir la colonización de especies arbóreas pioneras, como las presentes en el bosque inicial. Seguramente una disminución en la cobertura de *B. patagonica* podría permitir el establecimiento de individuos arbóreos intolerantes o de tolerancia media a la sombra. Dependiendo de las condiciones que se vayan generando, el área comprendida por el herbazal podría mantenerse en dicho estado o podría dar espacio a una formación boscosa. Dicho proceso se podría dar tanto en el corto plazo como al largo plazo.

Por otra parte, el bosque siempreverde inicial posee valores más altos de riqueza, abundancia y diversidad en especies de forma de vida arbórea, arbustiva y subarbustiva, se encuentra en zonas de menor altitud, donde se prevé que hubo depósito de legado biológico luego de la explosión lateral y está influenciado positivamente por el aumento de la cobertura de la vegetación. Se observa que las herbáceas presentes en el bosque inicial comienzan a declinar, disminuyendo con ello la probabilidad de ser encontradas y dando espacio a especies de mayor tamaño y con distintos atributos y tolerancias, como lo son las especies arbustivas y arbóreas.

Por otra parte, la relación entre rasgos funcionales y características ambientales permiten observar inclinaciones a procesos sucesionales. Se reitera que las hierbas perennes se ven positivamente influenciadas a mayor cercanía del cráter, demostrando que dicha forma de

vida presenta tolerancia a la falta de recursos. Mientras que la forma de vida arbórea y la consistencia coriácea de las hojas se influyen positivamente con el aumento de la cobertura de la vegetación, lo que se presenta a menor altitud.

En la medida que aumenta la cobertura de vegetación se observa que el rasgo funcional de espora (exclusivo de los helechos) se influye positivamente, siendo este un factor limitante para el ciclo de vida de estas plantas. Con la misma característica ambiental se observan relaciones positivas entre rasgos de baya y endozoocoría, siendo esta última un factor importante en la restauración pasiva de bosques, ambos rasgos funcionales expresan relación mutualista (vegetación-animal), sugiriendo el aumento de la complejidad en el sistema debido al aumento de relaciones en la formación vegetal.

Otra relación que destaca respecto de la interacción rasgo funcional – ambiente es referente a zonas con legado biológico, en que especies con rasgo zoófilo son afectadas positivamente por la presencia de troncos, siendo esta última una estructura clave en el hábitat de algunas especies animales, sugiriendo que la colonización de especies vegetales con requerimientos zoófilos se ve afectada positivamente.

Adicionalmente, la cantidad de especies nativas y endémicas (76,6% y 12,5% respectivamente), le otorga actualmente al territorio una baja susceptibilidad a ser invadido por especies exóticas, esto se ve expresado en la cantidad de especies adventicias (7,8%) y a sus valores de importancia, los cuales no son significativos. Sin embargo, los ecosistemas no son estables en el tiempo, especialmente los que se encuentran en estados tempranos de sucesión. Es por esto que no se descarta que alteraciones posteriores en el ambiente pudieran dar pie a cambios en cuanto a la composición.

El desarrollo de dos formaciones vegetales a ocho años de la erupción del volcán Chaitén, que son influenciadas por las características ambientales y se expresan mediante rasgos funcionales de las especies y sus relaciones con el entorno, son la descripción de un instante. Se podría decir que la asociación de bosque inicial siempreverde continuará su desarrollo como formación boscosa en el tiempo, por otra parte, no se puede aseverar que interacciones irán dominando las formaciones que se encuentran a mayor altitud así como áreas no incluidas en el estudio. Para el mayor entendimiento en la dinámica de la sucesión de la vegetación luego de este tipo de disturbios, sería pertinente continuar con un seguimiento de dicha superficie que ha sido afectada por la explosión lateral, de esta forma se podría evidenciar en términos prácticos cuales son las interacciones que ocurren durante el proceso de colonización de un área afectada por dicho disturbio.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aizen, M., Vázquez, D., y Smith, C. 2002. Historia natural y conservación de los mutualismos planta-animal del bosque templado de Sudamérica austral. *Revista Chilena de Historia Natural* 75 (1):79-91
- Altamirano, T., Ibarra, J., Hernández, F., Rojas, I., Laker, J, y Bonacic, C. 2012. Hábitos de nidificación de las Aves del Bosque templado andino de Chile. Fondo de protección Ambiental, Ministerio del Medio Ambiente. Serie Fauna Australis, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. 113 p.
- Antos, J. y Zobel, D. 2005. Plant Responses in Forests of the Tephra-Fall Zone. (Eds.) Dale, V., Swanson, F., Crisafull, C. *Ecological Responses to the 1980 Eruption of mount St. Helens.* (Ed.) Springer. Nueva York, Estados Unidos. pp 47-58.
- Baumgärtner, S. 2005. Measuring the diversity of what? And for what purpose? A conceptual comparison of ecological and economic biodiversity indices. Department of Economics, University of Heidelberg, Germany.
- Bustamante, M; Armesto, J., y Halpern, C., 2011. Biotic and abiotic controls on tree colonization in three early successional communities of Chiloé Island, Chile. *Journal of Ecology* 99: 288-299
- Carmona, M., Aravena, J., Bustamante, M., Celis, J., Charrier, A., Díaz, I., Díaz, M., Gaxiola, A., Gutiérrez, A., Hernández, C., Ippi, S., Jaña, R., Jara, P., Jiménez, J., Manushevich, D., Necochea, P., Nuñez, M., Papic, C., Pérez, C., Pérez, F., Reid, S., Rojas, L., Salgado, B., Smith, C., Troncoso, A., Vásquez, R., Willson, M., Rozzi, R., y Armesto, J. 2010. Estación biológica senda Darwin: Investigación ecológica de largo plazo en la interfase ciencia-sociedad. *Revista Chilena de Historia Natural.* pp 113-142.
- Castillo, H., 2003. Introducción a la fitogeografía. Biblioteca Virtual Universal. (En línea) < <http://www.biblioteca.org.ar/libros/8912.pdf> > [Consulta: 20 de diciembre 2017]
- Celis, J., Ippi, S., Charrier, A., y Garín, C. 2011. Fauna de los bosques templados de Chile. Guía de campo de los vertebrados terrestres. Ed- Corporación Chilena de la Madera, Concepción, Chile.
- Clarke, K.R., 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian journal of Ecology* 18: 177-143.
- Cornelisse, J., Lavvarel, S., Garnier, E., Díaz, S., Buchmann, N, Gurvich, D., Reich, P., Steege, H., Morgen, H., van der Heijden, M., Pausas, J., y Poorter, H. 2003. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany.* pp 335-380.
- Correa, M. 1998 (a). Flora Patagónica, Parte III. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Buenos Aires Argentina. 563 p.
- Correa, M. 1998 (b). Flora Patagónica, Parte V. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Buenos Aires Argentina. 381 p.
- Correa, M. 1998 (c). Flora Patagónica, Parte VII. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Buenos Aires Argentina. 431 p.
- Corporación Nacional Forestal (CONAF), Corporación Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF), Universidad Austral de Chile (UACH), Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC) y Universidad Católica de Temuco (UCT). 1999. Catastro y Evaluación de

- recursos vegetacionales nativos de Chile. Informe nacional con Variables Ambientales. Santiago, Chile. 89 p.
- Dale, V., Swanson, F. y Crisafulli, C. 2005. Disturbance, Survival, and Succession: Understanding Ecological Responses to the 1980 Eruption of Mount St. Helens. Dale, V., Swanson, F., Crisafulli, C. (Eds.). *Ecological Responses to the 1980 Eruption of Mount St. Helens*. (Ed.) Springer. Nueva York, Estados Unidos. pp. 3-11
- De Cáceres, M. y Legendre, P. 2009. Associations between species and groups of sites: indices and statistical interference. *Ecology* 90 (1): 3566-3574.
- De Cáceres, M., Legendre, P. y Moretti, M. 2010. Improving indicator species analysis by combining groups of sites. *Oikos* 119: 1674-1684.
- Del Moral, R., Wood, D., y Titus, J., 2005. Proximity, Microsites, and Biotic Interactions During Early Succession. Dale, V., Swanson, F., Crisafulli, C. (Eds.). *Ecological Responses to the 1980 Eruption of Mount St. Helens*. (Ed.) Springer. Nueva York, Estados Unidos. pp. 93-110
- Del Moral, R. y Grishin, S. 1999. Volcanic Disturbances and Ecosystem Recovery. *Ecosystems of Disturbed Ground*. En: Walker, R.L. (Ed.). *Ecosystems of Disturbed Ground*. Centre for Ecosystem Studies, Edith Cowan University, Joondalup, Australia. pp. 137-160.
- Díaz, M., Larraín, J., y Zegers, G., 2005. Guía para el conocimiento de la flora de turberas y pomponales de la Isla Grande de Chiloé. Fundación Senda Darwin. 38 p.
- Díaz, M., y Armesto, J., 2007. Limitantes físicos y bióticos de la regeneración arbórea en matorrales sucesionales de la Isla Grande de Chiloé, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 80: 13-26
- Díaz, S., Lavoerl, S., McIntyre, S., Falczuk, V., Casanoves, F., Milchunas, DG., Skarpe, C., Rusch, G., Sternber, M., Noyeir, I., Landsberg, J., Zhang, W., Clark, H. y Campbell, BD. 2007. Plant trait responses to grazing – a global synthesis. *Global Change Biology* 13: 313 – 341.
- Dirección Meteorológica de Chile (DMC). 2008. Climatología Sinóptica para el Sur de Chile. 45-50.
- Donoso, C. 1995. Bosques Templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. Tercera edición. Ed. Universitaria. Santiago, Chile. 483 p.
- Donoso, C., 1989. Antecedentes básicos para la silvicultura del tipo forestal siempreverde. *Revista Bosque*. (10) pp 37-53.
- Donoso, C. 2015. Estructura y dinámica de los Bosques del Cono Sur de América. Ed. Universidad Mayor. Santiago, Chile. 406 p.
- Dolédec, S., Chessel, D., ter Braak, C. y Champely, S. 1996. Matching species traits to environmental variables: a new three-table ordination method. *Environmental and Ecological Statistics* 3: 143–166.
- Dray, S., Choler, P., Dolédec, S., Peres-Neto, P., Thuiller, W., Pavoine, S. y ter Braak, C. 2014. Combining the fourth-corner and the RLQ methods for assessing trait responses to environmental variation. *Ecology* 95: 14-21
- Duhart, P., Moreno, H., Basualto, D., Mella, M. y Muñoz, J., 2009. Erupción del volcán Chaitén: productos, impactos y colapso parcial de domos del 19 de febrero de 2009. En XII Congreso Geológico Chileno. Santiago, Chile. (En línea)

- <http://biblioserver.sernageomin.cl/opac/DataFiles/12993_v2_S7_012.pdf>
[Consulta: 30 Junio 2016]
- Edwards, C., Read, J. y Sansón, G., 2000. Characterising sclerophylly: some mechanical properties of leaves from heat and forest. *Oecologia* v. 123 : 158-167.
- Egler, F. 1954. Vegetation science concepts I: Initial floristic composition, a factor in old-field vegetation development. *Vegetatio* 4: 412-417
- Faundez y Monroi, 1992. "Publicación Docente N°3: Morfología Vegetal". Universidad de Chile, Facultad de ciencias Agrarias y Forestales.
- Flores, L. 2006. Aspectos sobre la flora del bosque magallánico caducifolio en la zona centro sur de sur de su distribución natural. *Chloris Chilensis* Año 9: N° 1. URL: <http://www.chorischile.cl>
- Franklin, J. 2005. Foreword. Ecological Responses to the 1980 Eruption of mount St. Helens. Dale, V., Swanson, F. y Crisafull, C. (Eds.). Ecological Responses to the 1980 Eruption of mount St. Helens. (Ed.) Springer. Nueva York, Estados Unidos. pp.v-vii
- Garnier, E., Navas, M. y Grigulis, K. 2016. Plant Functional Diversity. Organism traits, community structure, and ecosystem properties. (Ed.) Oxford University Press. Reino Unido.
- Glavac, V. 1996. Vegetationsökologie: Grundfragen, Aufgaben, Methoden. Ed. G. Fischer. Stuttgart, Alemania. pp 137-138
- González, M., Amoroso, M., Lara, A., Veblen, T., Donoso, C., Kitzberger, T., Mundo, I., Holz, A., Casteller., Paritsis, J., Munoz, A., Suárez, M. y Promis, A. 2014. Ecología de Disturbios y su Influencia en los Bosques Templados de Chile y Argentina. Donoso, C., Lara, A., González, M. (Eds.). Ecología Forestal, Bases para el manejo sustentable y conservación de los Bosques Nativos de Chile. Valdivia, Chile. pp 415-502.
- Gutiérrez, A. 2013. Estructura y funcionamiento de las comunidades vegetales de la alta montaña mediterránea en el sistema centra: Perspectivas frente a cambio global. Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia. Departamento de Biología Vegetal II. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España. 153 p.
- Hao, J., Qiang, S., Liu, Q., Cao, F., 2009. Reproductive traits associated with invasiveness in *Conyza sumatrensis*. *Journal of Systematics and Evolution*. 47 (3): 245-254.
- Hauenstein, E., Muñoz-Pedreros, A., Yáñez, J., Sánchez, P., Möller, P., Guíñez, B. y Gil, C. 2009. Flora y vegetación de la Reserva Nacional Lago Peñuelas, Reserva de la Biósfera, Región de Valparaíso, Chile. *Bosque* 30(3): 159-179
- Hernández, I., Rojas, O., López, F., Puebla, F., Díaz, C. 2012. Dispersión de semillas por aves en un paisaje de bosque mosófilo en el centro de Veracruz, México: su papel en la restauración pasiva. *Revista Chilena de Historia Natural*. 85 (1): 89-100.
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). 1989. Mapa agroclimático de Chile. Novoa R, Villaseca C, (Eds.) Santiago de Chile. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 221p.
- Kent, M. 2012. Vegetation description and data analysis: a practical approach. 2nd Edition, John Wiley & Sons, Chichester, Sussex del Oeste, Reino Unido.
- Lara, A., Amoroso, M., Bannister, J., Donoso, C., González, M., Vargas R., Smith-Ramírez, C., Arellano, G., Gutiérrez, A. 2015. Ecología Forestal. Bases para el Manejo Sustentable y Conservación de los Bosques Nativos de Chile, Primera

- Edición, Capítulo 11, Ed. Ediciones Uach, Eds. Claudio Donoso, Mauro E. González, Antonio Lara. pp 323-410
- Lavorel, S., y Garnier, E. 2002. Predicting changes in community composition and ecosystem function from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology* 16 (5): 545-556.
- Lavorel, S., Díaz, S., Cornelissen, JHC., Garnier, E., Harrison, S., McIntyre, S., Pausas, J., Pérez-Harguindeguy, N., Roument, C. y Urcelay, C. 2007. Plant Functional Types: Are We Getting Any Closer to the Holy Grail?. En: Canadell, J., Pataki, D., Pitelka, L. (Eds.). *Terrestrial Ecosystems in a Changing World*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. pp 149-160
- Legendre, P., Galzin, R. y Harmelin-Vivien, M. 1997. Relating behavior to habitat: solutions to the fourth-corner problem. *Ecology* 78(2): 547-562.
- Leps, J. y Silmuer, P. 2003. *Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Luebert, F. y Pliscoff, P. 2006. *Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile*. Ed. Universitaria. Santiago, Chile. 316 p.
- Major, J. y Lara, L. 2013. Overview of Chaitén Volcano, Chile, and its 2008-2009 eruption. *Andean Geology* 40: 196-215.
- Marochio, C., Ruiz, M., Kagueyama, H., Mangolim, C., de Oliveira Junior, R., Silva, M., 2017. Genetic admixture in species of *Conyza* (Asteraceae) as revealed by microsatellite markers. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 39(4): 437-445.
- McCune, B. y M. J. Mefford. 1999. *Multivariate analysis on the PC-ORD system*. Version 4. MjM Software, Gleneden Beach, OR.
- McCune, B. y Grace, J. 2002. *Analysis of Ecological Communities*. MjM Software Design. Oregon, Estados Unidos. 300 p.
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA). 2014. *Especies: Clasificación según estado de conservación*. (En línea) <<http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/listado-especies-nativas-segun-estado-2014.htm>> (Consulta: 20 de Marzo 2017)
- Moreno, C. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. Ed. Programa Iberoamerica de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe, UNESCO (ORCYT-UNESCO), Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA). Zaragoza, España.
- Nelson, P. y Wheeler, T. 2016. Persistence of epiphytic lichens along a tephra-depth gradient produced by the 2011 Puyehue-Cordón Caulle eruption in Parque Nacional Puyehue, Chile. *Bosque* 37(1): 97-105.
- Novoa, R., Villaseca, S., Del Canto, P., Rouanet, J., Sierra, C. y Del Pozo, A. 1989. *Mapa Bioclimático de Chile*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. 221 p.
- Ohtsuka, T., 1999. Early stages of secondary succession on abandoned cropland in north-east Borneo Island. *Ecological Research*. (14) pp 281-290.
- Oliver, C. y Larson, B. 1996. *Forest Stand Dynamics*. Chapter Four: Disturbances and Stand Development. Update edition. McGraw-Hill Inc. Nueva York. Estados Unidos.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). 2011. *Análisis de riesgos de desastres en Chile*. VII Plan de Acción DIPECHO en Sudamérica 2011-2012. UNESCO, Chile. Santiago, Chile. 118 p.

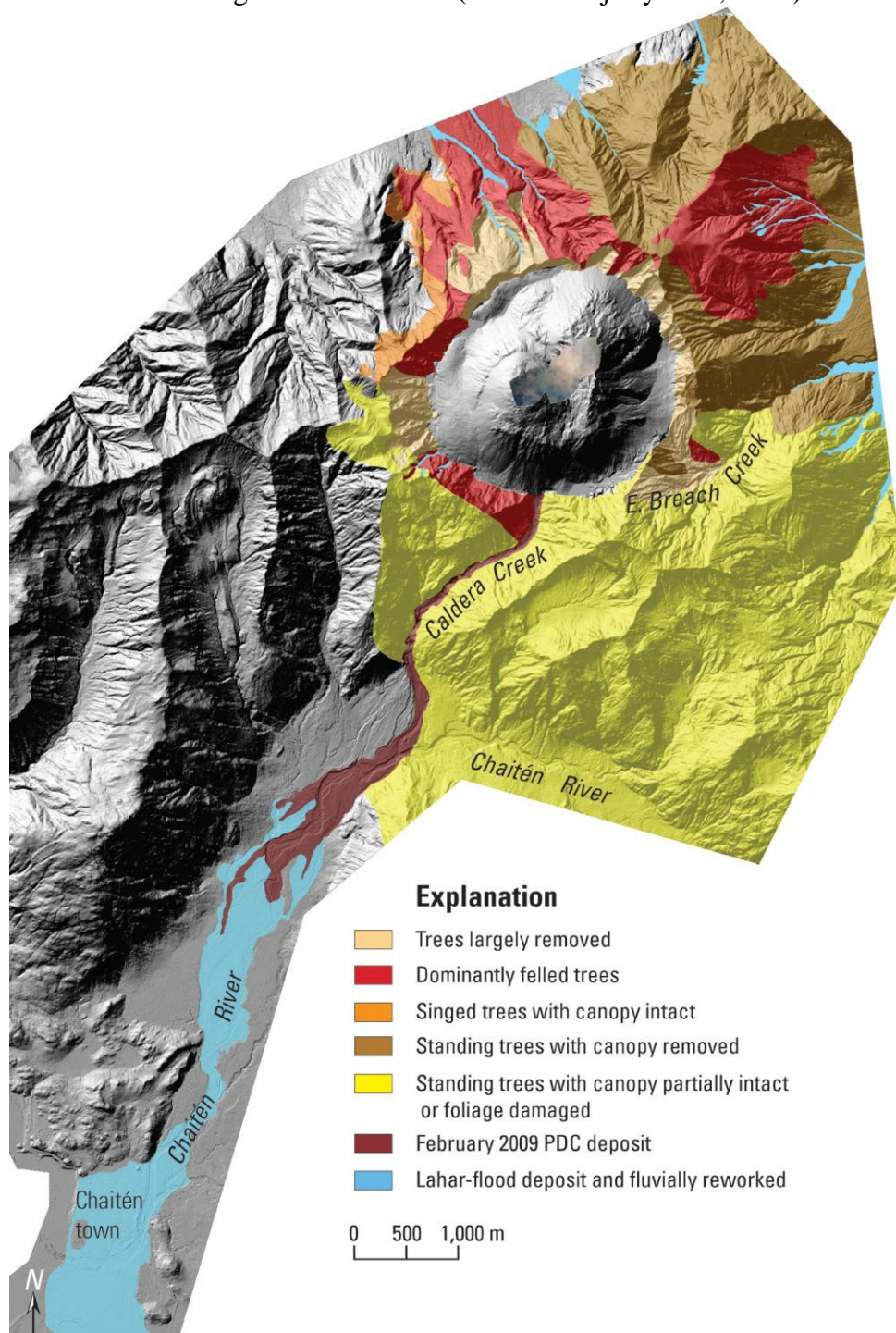
- Orlandi, L., Vinicius, M. y Menezes, D. 2015. Functional diversity: an overview of its history and applicability. *Natureza & Conservação* 13: 112-116.
- Ovington, J. 1983. Temperate broad-leaved evergreen forests. Ovington, J. (Ed.) *Ecosystems of the world*. Goodall, D. (Ed). Elsevier, Amsterdam. Oxford, New York. pp 1-4.
- Pallister, J., Diefenbach, A., Burton, W., Munoz, J., Griswold, J., Lara, L., Lowentern, J. y Valenzuela, C., 2013. The chaitén rhyolite lava dome: Eruption sequence, lava,dome volumes, rapid effusion, rate and source of the rhyolite magma. *Andean geology* 40 (2): 277-294.
- Papic, C. 2000. Regeneración de plántulas arbóreas sobre material leñoso en descomposición en un bosque sucesional de Chiloé, Chile. Tesis de Magister. Universidad de Chile, Santiago.
- Parra, M., Rodríguez, R., Cavieres, L., Muñoz-Tapia, L., y Atala, C. 2015. Latitudinal patterns in Pteridophyte distribution of Continental Chile. *Gayana Botánica* Vol.72 (1):47-57.
- Pérez-Harguindeguy, H., Díaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P., Bret-Harte, M.S., Cornwell, W. K., Craine, J.M., Gurvich, D.E., Urcelay, C., Veneklaas, E.J., Reich, P.B., Poorter, L., Wright, I.J., Ray, P., Enrico, L., Pausas, J.G., de Vos, A.C., Buchmann, N., Funes, G., Quétier, F., Hodgson, J.G., Thompson, K., Morgan, H.D., ter Steege, H., van der Heijden, M.G.A., Sack, L., Blonder, B., Poschlod, P., Vairetti, M.V., Conti, G., Staver, A.C., Aquino, S. y Cornelissen, J.H.C. 2013. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 61:167-234
- Ponce, M., Mehlreter, K., y de la Sota, E. 2002. Análisis biogeográfico de la diversidad pteridofítica en Argentina y Chile continental. *Revista chilena de historia natural* 75 (4):703-717
- Promis, A., Gärtner, A., Reif, A. y Cruz, G. 2012. Effects of Canopy gaps on forest floor vascular and non-vascular plant species composition and diversity in an uneven-aged *Nothofagus betuloides* forest in Tierra del Fuego, Chile. *Community Ecology* 13(2): 145-154
- Ramírez, C., Romero, M., y Riveros, M. 1980. Lista de Cormofitos Palustres de la Región Valdiviana. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural* (37):153-177
- Ramírez, C., San Martín, C., San Martín, J. y Villaseñor, R. 2004. Comparación fitosociológica de los bosques de Belloto (*Beilschmiedia, Lauraceae*) en Chile central. *Bosque*, 25 (1):69-85.
- Revilla, T., y Encinas, F., 2015. Ecología y Evolución de la Endozoocoria. *Acta Biologica (Venezuela)*. Vol. 35 (2):187-215
- Riedemann, P., Aldunate, G., y Teiller, S. 2014. Arbustos nativos de la zona centro-sur de Chile. *Guía de Campo*. Ed. Corporación Chilena de la Madera, Concepción Chile. 308 p.
- Rodríguez, E., Perez-Torrado, F., Carracedo, J. y Guillou, H. 2006. Petrografía y geoquímica del edificio volcánico Teide-Pico Viejo y las dorsales noreste y noroeste de Tenerife. *Geología de Terreno volcánicos (GEOVOL)*. Ministerio de medio Ambiente, Organismo Autónomo Parques Nacionales (Eds.). Los Volcanes del Parque Nacional del Teide. El Teide, Pico Viejo y las dorsales activas de Tenerife. *Naturaleza y parques nacionales. Serie técnica*. pp. 129-186

- Sabatini, F.M., Burton, J.I., Scheller, R.M., Amatangelo, K.L. y Mladenoff, D.J. 2014. Functional diversity of ground-layer plant communities in old-growth and managed northern hardwood forests. *Applied Vegetation Science* 17: 398-407
- Saldaña, A. 2013. Relación entre riqueza de especies y diversidad funcional de atributos foliares en dos ensamblajes de especies siempreverdes de un bosque templado lluvioso. *Gayana Botanica* 70(2):177-187
- Saldaña, A. y Lusk, C. 2003. Influencia de las especies del dosel en la disponibilidad de recursos y regeneración avanzada en un bosque templado lluvioso del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 76 (4): 639 – 650
- San Martín, J., Espinosa, A., Zanetti, S., Hausenstein, E., Ojeda, N., y Arriagada, C. 2008. Composición y estructura de la vegetación epífita vascular en un bosque primario de Olivillo (*Aextoxicom punctatum* R. et P.) en el Sur de Chile. *Ecología Austral* 18 (1): 1-11.
- Segura, A. 1999. Sucesión vegetal en depósitos volcánicos del sur Chile: Una aproximación experimental a dos escalas espaciales. Tesis Doctorado en Ciencias Biológicas, Mención Ecología. Departamento de Ecología, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 173 p.
- Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). 2008a. Erupción del volcán Chaitén. Cuadrigésimo Quinto Informe Técnico, 31 de julio al 01 de agosto. 4 pp.
- Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). 2008b. Evaluación Preliminar de los Peligros Geológicos en la ciudad de Chaitén, Provincia de Palena, Región de Los Lagos.
- Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). 2016a. Glosario de términos volcanológicos y sismológicos. (En línea) < <http://www.sernageomin.cl/detalle-noticia.php?iIdNoticia=209>> [Consulta: 30 de Junio 2016]
- Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). 2016b. Red de vigilancia volcánica: Chaitén. (En línea) <<http://www.sernageomin.cl/volcan.php?iId=9>> [Consulta: 18 de Junio 2016]
- Silva, F., 2014. Ecorregiones de Aysén. Caracterización y Propiedades de los Suelos de la Patagonia Occidental (Aysén). Hepp, C. y Stolpe, M. (Eds.). Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Coyhaique, Chile. Boletín N° 298. 35 p.
- Simpson, E. 1949. Measurement of diversity. *Nature* (163): 688.
- Smith-Ramírez, C., Armesto, J., y Figueroa, J. 1998. Flowering, fruiting and seed germination in Chilean rainforest myrtaceae: ecological and phylogenetic constraints. *Plant Ecology*. 136: 119-131.
- Steckel, L., Gwathmey, O., 2009. Glyphosate-Resistant Horseweed (*Conyza Canadensis*) Growth, Seed Production, and Interferences in Cotton. *Weed Science* 57(3): 346-350.
- Steubing, L., Godoy, R. y Alberdi, M. 2002. Factores Bióticos. Métodos de ecología vegetal. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.
- Stevens, P., 2015. Angiosperm Phylogeny Website. Versión Abril 2015. Universidad de Missouri, St Louis y Missouri Botanical Garden. (En línea) <<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>>
- Swanson, F. y Major, J. 2005. Physical Events, Environments, and Geological-Ecological Interactions at Mount St. Helens: March 1980-2004. Dale, V., Swanson, F., Crisafulli, C. (Eds.). *Ecological Responses to the 1980 Eruption of Mount St.*

- Helens. Ed. Springer Science + Bussines Media, Inc. Nueva York, Estados Unidos. pp. 27-44
- Swanson, F., Crisafulli, C. y Yamaguchi, D. 2005. Geological and ecological setting of Mount St. Helen before May 18, 1980. Dale, V., Swanson, F., Crisafull, C. (Eds.). Ecological Responses to the 1980 Eruption of Mount St. Helens. (Ed.) Springer. Nueva York, Estados Unidos. pp. 13-26
- Swanson, F., Jones, J. y Crisafulli, C., Lara, A. 2013. Effects of volcanic and hydrologic processes on forest vegetation: Chaitén Volcano, Chile. *Andean Geology* 40: 359-391.
- Tilman, D. 2001. Functional Diversity. Levin, S (Ed.). *Encyclopedia of Biodiversity* 3. Ed. Academic Press, Nueva York, Estados Unidos. St. Paul.
- Troncoso, A., Villagrán, C., y Muñoz, M., 1980. Una nueva hipótesis acerca del origen y edad del bosque de Fray Jorge (Coquimbo, Chile). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural* (37):117-152.
- Van Der Burghl, L., Stoffel, M. y Bigler, C. 2012. Analysis and modelling of tree succession on a recent rockslide deposit. *Plant Ecology* 213: 35-46.
- Veblen, T., Ashton, D. y Schlegel, F., Tree regeneration strategies in a lowland Nothofagus- dominated forest in south-central Chile. *Journal of Biogeography* 6: 329-340.
- Veblen, T., Schlegel, F., y Oltremari, J. 1983. Temperate broad-leaved evergreen forests of south america. Ovington, J. (Ed.) *Ecosystems of the world*. Goodall, D. (Ed.) Elsevier, Amsterdam. Oxfor, New York. pp 5-30.
- Videla, E. 2014. Análisis del establecimiento de las plantas de regeneración arbórea inicial respecto al efecto de los micrositios y el legado biológico en un sitio perturbado por la erupción del volcán Chaitén. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 53 p.
- White, PS. y Jentsch, A. 2001. The search for generality in studies of disturbance and ecosystem dynamics. *Progress in Botany* 62: 399-450.
- Zadzawka, A., Carrasco, M.A., Grez, R., Mora, M., Flores, H., Neaman, A., 2006. Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. Revisión 2006. Santiago de Chile 2006. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Zuloaga, F., Morrone, O. y Belgrano, M., 2008. Catálogo de Las Plantas Vasculares Del Cono Sur: (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay).

7. ANEXO

I. Fotointerpretación de zonas de daños forestales en el Volcán Chaitén superpuesta sobre un modelo digital de elevación. (Fuente: Major y Lara, 2013).



II. Escala de coberturas modificada de Braun-Blanquet utilizada para el muestreo florístico, de plantas que se encuentran en la zona de explosión lateral del Volcán Chaitén (Fuente: Steubing *et al.*, 2002)

| Código | Nr Individuos o Tallos | Cobertura de la Especie (%) | Escala Ordinal |
|----------------|------------------------|-----------------------------|----------------|
| - | 0 | - | 0 |
| R | 1 | < 5 % | 1 |
| + | 2 – 5 | < 5 % | 2 |
| 1 | 5 – 50 | < 5 % | 3 |
| 2m | > 50 | < 5 % | 4 |
| 2 ^a | “x” individuos | 5 – 15 % | 5 |
| 2b | “x” individuos | 15 – 25 % | 6 |
| 3 | “x” individuos | 25 – 50 % | 7 |
| 4 | “x” individuos | 50 – 75 % | 8 |
| 5 | “x” individuos | 75 – 100 % | 9 |

III. Código básico de Información Ecológica OIKOS. (Fuente: Steubing *et al.*, 2002)

| | | | |
|----------------|----------------------|------------------------------|------------------------|
| Altitud (msnm) | Exposición | Pendiente (%) | Cobertura vegetal (%) |
| 01 0-99 | 01 Plano | 01 0-1 | 01 <1 |
| 02 100-199 | 02 NO | 02 1-4 | 02 1-5 |
| 03 200-299 | 03 N | 03 4-9 | 03 5-25 |
| 04 300-399 | 04 NE | 04 9-16 | 04 25-50 |
| 05 400-499 | 05 O | 05 16-25 | 05 50-75 |
| 06 500-599 | 06 SO | 06 25-36 | 06 75-100 |
| 07 600-699 | 07 SE | 07 36-49 | |
| 08 700-799 | 08 S | 08 49-64 | Grado de erosión |
| 09 800-899 | 09 E | 09 64-81 | 01 No aparente |
| 10 900-999 | 10 Indefinida | 10 81-100 | 02 Ligera |
| 11 1000-1099 | | | 03 Moderada |
| 12 1100-1199 | | | 04 Fuerte |
| 13 1200-1299 | Posición topográfica | Forma de la pendiente | |
| 14 1300-1399 | 01 Cumbre escarpada | 01 Muy cóncava | |
| 15 1400-1499 | 02 Ladera escarpada | 02 Cóncava | Tipo de erosión |
| 16 1500-1599 | 03 Cumbre redondeada | 03 Plana | 01 No aparente |
| 17 1600-1699 | 04 Altos de ladera | 04 Convexa | 02 Hidrica por lámina |
| 18 1700-1799 | 05 Medios de ladera | 05 Muy convexa | 03 Hidrica por surco |
| 19 1800-1899 | 06 Bajos de ladera | | 04 Hidrica por cárcava |
| 20 1900-1999 | 07 Descanso | Pedregosidad superficial (%) | 05 Eólica |
| | 08 Plano | 01 Sin piedras | 06 Rodados |
| | 09 Depresión abierta | 02 1-5 | 07 Deslizamientos |
| | 10 Fondo de quebrada | 03 5-25 | |
| | 11 Depresión cerrada | 04 25-50 | Causal de erosión |
| Geoforma | | 05 50-75 | 01 Geológica |
| 01 Terraza | | 06 75-100 | 02 Antrópica |
| 02 Llanura | Tipo de sustrato | | |
| 03 Valle | 01 Terroso | Drenaje natural | Textura del sustrato |
| 04 Cerro | 02 Pedregoso | 01 Excelente | 01 Arenoso |
| 05 Lomaje | 03 Rocoso | 02 Bueno | 02 Areno – franco |
| 06 Cono | 04 Arenoso | 03 Moderado | 03 Areno – limoso |
| 07 Piedemonte | 05 Orgánico | 04 Malo | 04 Franco - arenoso |
| 08 Plano | 06 Acuoso | 05 Muy malo | 05 Franco |
| | 07 Arcilloso | | 06 Limoso |
| | 08 Salino | | 07 Arcilloso |
| | | | 08 Orgánico |

IV. Clasificación del tamaño de piedras o piroclastos encontrados en la parcela (Fuente: van der Burght *et al.*, 2012)

| Código | Clase | Características |
|--------|---------|---|
| 3 | Grande | Más de la mitad de piroclastos y piedras en la parcela con diámetro mayor a 100 cm |
| 2 | Mediana | Más de la mitad de piroclastos y piedras en la parcela con diámetro entre 30 y 100 cm |
| 1 | Pequeña | Más de la mitad de piroclastos y piedras en la parcela con diámetro menor a 30 cm |
| 0 | Fina | Ceniza muy fina |

V. Grados de pudrición de troncos (Fuente: Promis *et al.*, 2012).

| Código | Clase | Características |
|--------|----------------------|---|
| 3 | Muy podrida | Cuchillo penetra > 2cm. |
| 2 | Medianamente podrida | Cuchillo penetra al menos 2 cm |
| 1 | Poco podrida | Cuchillo no penetra o penetra sólo unos mm. |

VI. Bibliografía utilizada para la elaboración de la base de datos de rasgos funcionales.

Klemow, K., Clements, D, Threadgill, P. y Cavers, P. 2002. The biology of Canadian wedds. 116. *Echium vulgare* L. Canadian Journal of Plant Science. 82 (1): 235 248

Cabral, E. 2010. Guía de Consultas Botánica II. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura (UNNE): HAMAMELIDAE-Nothofagaceae.

Chileflora, 2006. Equisetum bogotense. (En línea) <<http://www.chileflora.com/Florachilena/FloraSpanish/HighResPages/SH0574.htm>>

Chileflora, 2007. Myrceugenia planipes. (En línea) <<http://www.chileflora.com/Florachilena/FloraSpanish/HighResPages/SH0798.htm>>

Correa, M. 1988. Flora Patagónica. Parte I. Dicotyledones dialipétalas (Oxalidaceae a Cornaceae)

Correa, M. 1988. Flora Patagónica. Parte II. Dicotyledones dialipétalas (Oxalidaceae a Cornaceae)

Correa, M. 1988. Flora Patagónica. Parte III. Dicotyledones dialipétalas (Oxalidaceae a Cornaceae)

Correa, M. 1988. Flora Patagónica. Parte IVa. Dicotyledones dialipétalas (Oxalidaceae a Cornaceae)

Correa, M. 1988. Flora Patagónica. Parte IVb. Dicotyledones dialipétalas (Oxalidaceae a Cornaceae)

Correa, M. 1988. Flora Patagónica, parte V. Dicotyledones dialipétalas (Oxalidaceae a Cornaceae)

Correa, M. 1988. Flora Patagónica, parte VI. Dicotyledones dialipétalas (Oxalidaceae a Cornaceae)

Correa, M. 1988. Flora Patagónica, parte VII. Dicotyledones dialipétalas (Oxalidaceae a Cornaceae)

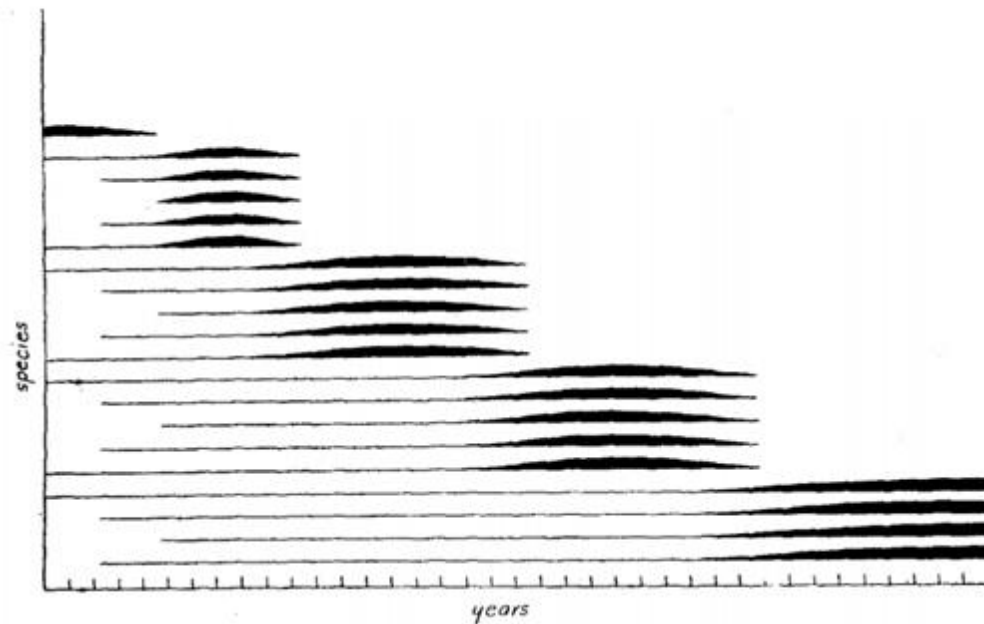
Donoso, 2006. Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y argentina: Autoecología. Ed. Donoso, C. Valdivia. 678 p.

Donoso, C. 1998. Los bosques templados de chile y argentina. Variación, estructura y dinámica. Santiago, Chile. 485 p.

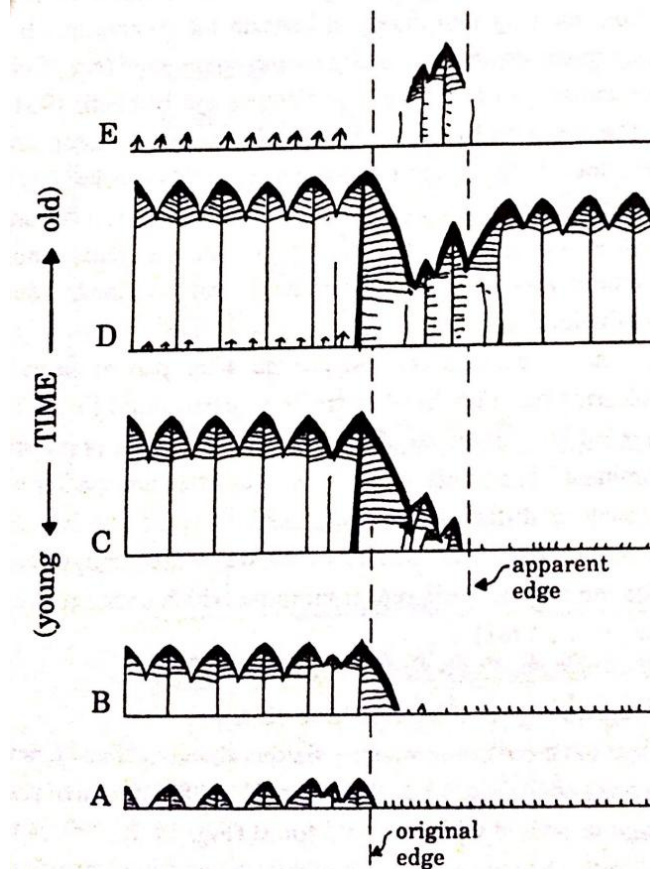
- Dzendoletas, M., Havrylenko, M, y Crivelli E. 2003. Fenología de plantas en Puerto Blest, Parque Nacional Nahuel Huapi, Patagonia Argentina. *Ecología*. 17. 87-98.
- Fuentes, N., Sánchez, P., Pauchard, a., Urrutia, J., Cavieres, L., Marticorena, A., 2014. Plantas invasoras del centro-sur de Chile: Una guía de campo.
- Fuentes, N., Sánchez, P., Pauchard, A., Urrutia, J., Cavieres, L. y Marticorena, A. 2014. Plantas invasoras del Centro-Sur de Chile: Una Guía de Campo
- García, N., y C. Ormazábal. 2008. Árboles Nativos de Chile. Enersis S.A. Santiago, Chile. 196 p.
- Gunckel, H. 1984. Helechos de Chile. Ediciones Universidad de Chile.
- Hoffmann, A. 2005. Flora silvestre de Chile Zona araucana. Árboles, arbustos y enredaderas leñosas.
- Fundación RA Philippi de Estudios Naturales. Sin año. *Greigia sphacelata*. (En línea) <<http://fundacionphilippi.cl/catalogo/greigia-sphacelata>>
- Teillier, S., Macaya-Berti, J., Bonnemaïson, C. y Marticorena, A. 2013. Contribución al conocimiento de la flora vascular de la Reserva Biológica Huilo Huilo, Región de Los Ríos, Chile. *Gayana. Botánica*, 70(2), 195-235.
- Hauenstein, E., Peña, F., Bertrán, C., Tapia, J., Vargas, L. y Urrutia, O. 2014. Composición florística y evaluación de la degradación del bosque pantanoso costero de temu-pitra en la Región de La Araucanía, Chile. *Gayana. Botánica*, 71(1), 43-57
- Infor, 2012. Recursos genéticos forestales de Chile. (En línea) <<http://biblioteca.infor.cl/DataFiles/30804.pdf>>
- Marticorena y Rodriguez, 2003. Flora de Chile, Vol. 1 Pteridophyta-Gymnospermae. Universidad de concepción. Concepción, Chile.
- Marticorena y Rodriguez, 2003. Flora de Chile, Vol. 2 (2) Berberdaceae-betulaceae. Universidad de concepción. Concepción, Chile.
- Marticorena, A., Alarcón, D., Abello, L., Atala, C. 2010. Guía de campo: Plantas trepadoras, epífitas y parásitas Nativas de Chile.
- Marticorena, A., y Cavieres, L., 2000. *Acaena magellanica* (Lam.) Vahl (Rosaceae). *Gayana. Botánica*, 57(1), 107-113. (En línea) <<https://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432000000100011>>
- Ministerio de Salud (Minsal) 2010. Medicamentos Herbáceos Tradicionales. (En línea) <<http://www.minsal.cl/sites/default/files/files/Libro%20MHT%202010.pdf>>.
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA). 2012. ficha tecnica: *Megalastrum spectabile*
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA). 2012. ficha tecnica: *Sticherus squamulosus*
- Moore, D. 1983. Flora of Tierra del Fuego. Anthony Nelson, England, Missouri Botanical Garden, EEUU.
- Muñoz, C., 1966. Sinopsis de la flora chilena. Claves para la identificación de familias y géneros. Ed. Universidad de Chile.
- Muñoz, M. 1980 Flora del Parque Nacional Puyehue
- Murcia, C. 2002. Ecología de la polinización. Ecología y conservación de bosques neotropicales. Guariguata y Kattan (compiladores). Libro Universitario Regional. Costa rica. pp. 493-530.
- Pardo, O., Pizarro, J., 2013. Chile: plantas alimentarias prehispánicas.
- Pillon, Yohan; Lucas, Eve; Johansen, Jennifer B.; Sakishima, Tomoko; Hall, Brian; Geib, Scott M.; Stacy, Elizabeth A., 2015. An Expanded *Metrosideros* (Myrtaceae) to Include *Carpolepis* and *Tepualia* Based on Nuclear Genes. *Systematic Botany*. 40(3). pp. 782-790
- Pujana, R., Burrieza, H. y Castro, M. 2008. Wood anatomy of *Ribes magellanicum* (Grossulariaceae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 43(1-2), 61-65.
- Quiroz, C., Pauchard, A., Marticorena, A. y Cavieres, L. 2009. Manual de plantas invasoras del centro-sur de Chile. Laboratorio de invasiones biológicas. Instituto de Ecología y Biodiversidad. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción.

- Riedemann, M., Teillier, S. y Aldunate, G. 2014. Arbustos Nativos Ornamentales del Centro Sur de Chile.
- Rodriguez, R., Alarcón, D. y Espejo, J. 2009. Guía de campo: helechos nativos del centro y sur de Chile.
- Rosas, M., Espinosa, M., Acuña, E., y Sáez, K. 2004. Variación interanual en producción de semillas de algunas especies arbóreas en cordillera pelada, centro-sur de Chile. *Gayana Botánica*, 61(1), 32-41
- Serra y Lueber, 2001. Apuntes para botánica aplicada. Universidad de Chile.
- Sistema de Información de Biodiversidad (SIB). Cortaderia araucana (En línea) <https://www.sib.gov.ar/ficha/PLANTAE*cortaderia*araucana>
- Sistema de Información de Biodiversidad (SIB). Echium vulgare. (En línea) <https://www.sib.gov.ar/ficha/PLANTAE*echium*vulgare>
- Teillier, S. y Escobar, F. 2013. Revisión del género Gaultheria L. (Ericaceae) en Chile. *Gayana Botánica*. 70. 136-153.
- Novoa, P., Espejo, J., Alarcon, D., Cisternas, M., y Comínguez, E. 2015. Guía de Campo de las Orquídeas Chilenas.
- Urban, 1934. Botánica de las plantas endémicas de Chile. *Revista Chile de historia natural*. XXXVIII pp 67-69
- Villagrán, C., Armesto, J y Leiva, R. 1986. Recolonización postglacial de Chiloé insular: Evidencias basadas en la distribución geográfica y los modos de dispersión de la flora.
- Wheeler, 1996. First report of *Uncinia macrolepis* and *U. tenuis* (Cyperaceae) in Colombia and new Colombian sites for *U. paludosa*. (En línea) <<http://www.jstor.org/stable/23313235>>
- Will, B. y Zizka, G. 1999. A review of the genus *Greigia* Regel (Bromeliaceae) in Chile. *Harvard Papers in Botany*. pp 225-240.
- Zuloaga, F., Morrone, O. y Belgrano, M. 2008. Catálogo de Las Plantas Vasculares Del Cono Sur: (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay).

VII. Modelo sucesional de Composición Florística Inicial. (Fuente: Egler, 1954)



VIII. Desarrollo de un bosque adyacente a un claro (se asume un pastizal que existe en los tiempos A, B y C). (A) Árboles en crecimiento y eventual cierre de dosel. (B) Los individuos de borde mantienen la copa entera hacia el borde, creciendo más y suprimiendo inmediatamente a árboles contemporáneos. Los árboles del borde producen sombra, litera y competencia entre raíces, lo que reduce el crecimiento del pastizal en el claro adyacente. (C) Especies arbóreas y herbáceas germinan en un espacio fluctuante de crecimiento generado por árboles de borde. Nuevos árboles se desarrollan con copa entera hacia fuera y crean un nuevo borde aparente. (D) Los árboles maduros de la izquierda desarrollan fase de reiniciación y regeneración avanzada de sotobosque. Los árboles han crecido en el campo de la izquierda. Los árboles originales y aparentes del borde mantienen su vieja forma. Nuevos aparentes árboles de borde tal vez no crecen vigorosamente en altura debido a la competencia con los árboles de borde original. Los nuevos individuos de la derecha crecen rápidamente. (E) Luego de una tala rasa o algún disturbio, los árboles pequeños a lo largo del aparente borde permanecen debido a que son pequeños como para cortarse o voltearse. La regeneración avanzada hacia la izquierda fue liberada. Individuos residuales de borde, así como las diferencias vegetación de sotobosque y los mecanismos de regeneración de los arboles resultantes, provocan que el borde sea visible por una o más generaciones luego de su creación. (Fuente: Oliver y Larson, 1996)



8. APÉNDICE

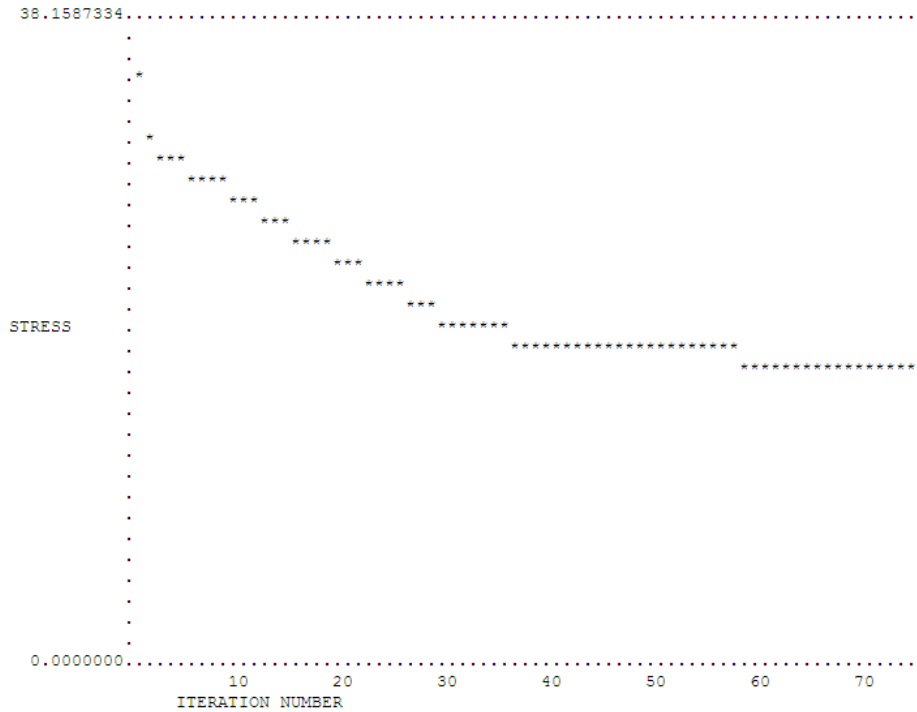
I. Tabla que detalla rasgos funcionales utilizados en el estudio.

| | | | | | |
|------------------------------------|--------------------------------|---------|---------------------------------|-------------------------|------------|
| Forma de Vida | Árbol | | Ciclo de Vida | Anual | |
| | Arbusto | | | Bianual | |
| | Enredadera | | | Perenne | |
| | Hierba | | Origen geográfico: Chile | Adventicia | |
| | Liana | | | Endémica | |
| | Subarbusto | | | Nativa | |
| Origen geográfico: Cono Sur | Adventicia | | Elemento fitogeográfico | Americano | |
| | Cosmopolita | | | Chile Argentina | |
| | Endémica | | | Cosmopolita | |
| | Nativa | | | No se tiene información | |
| | Naturalizada | | | Subantártico | |
| | No se tiene información | | | Valdiviano | |
| Reproducción | Sexual | | Sexualidad | Dioico | |
| | Principalmente sexual | | | Hermafrodita | |
| | Igualmente sexual y vegetativa | | | Monoico | |
| | Principalmente Vegetativa | | | Polígama | |
| Polinización | Anemófila | | Diáspora | Aquenio | |
| | Entomófila | | | Baya | |
| | Ornitofilia | | | Cápsula | |
| | Zoófila | | | Cariópside | |
| Modo dispersión | Anemocoria | | | Drupa | |
| | Endozoocoria | | | Espora | |
| | Epizoocoria | | | Folículo | |
| | Hidrocoria | | | Nuez | |
| | Múltiple | | Cilíndrica | | |
| Tipo de hoja | Compuesta | | Forma de hoja | Elíptica | |
| | Simple | | | Escuamiforme | |
| Margen de hoja | Aserrado | | | Espatulada | |
| | Ciliado | | | Lanceolada | |
| | Dentado | | | Linear | |
| | Entero | | | Lobulada | |
| | Lobulado | | | Oblanceolada | |
| | Obtuso | | | Oblonga | |
| | Serrado | | | Ovada | |
| Cubierta de hoja | Glabra | | | Ovalada | |
| | Glabrescente | | | Reniforme | |
| | Pubescente | | | Romboidal | |
| Consistencia de hoja | Carnosa | | | Filotaxis | Triangular |
| | Cartácea | | | | Alterna |
| | Coriácea | | Basal | | |
| | Foliosa | | Opuesta | | |
| | Membranosa | | Roseta | | |
| | Papirácea | | Verticilada | | |
| | Rígida | | Heliófoba obligada | | |
| Altura máxima (m) | Alto | [8-53[| Tolerancia lumínica | Heliófoba facultativa | |
| | Medio | [1-8[| | Generalista | |
| | Bajo | [0.1-1[| | Heliófila facultativa | |
| | | | | Heliófila obligada | |

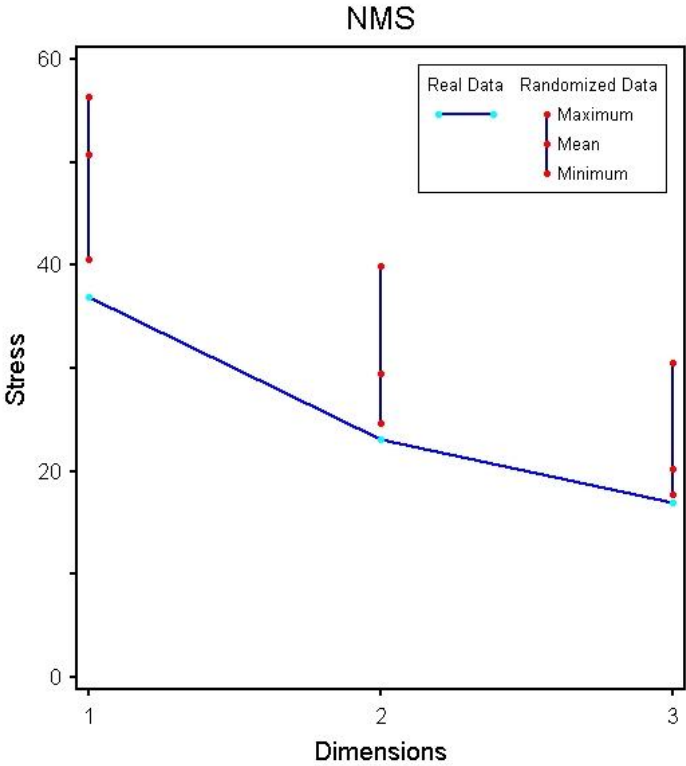
II. Estrés en relación a la dimensionalidad (número de ejes) comparando 250 configuraciones aleatorias. El valor p es la proporción de las corridas aleatorias con estrés menor o igual al estrés observado.

| Axes | Stress in real data | | | Stress in randomized data | | | P |
|------|---------------------|--------|---------|---------------------------|--------|---------|-------|
| | Minimum | Mean | Maximum | Minimum | Mean | Maximum | |
| 1 | 36,902 | 50,938 | 56,278 | 35,535 | 51,018 | 56,282 | 0,006 |
| 2 | 23,042 | 24,839 | 39,895 | 24,273 | 29,39 | 39,888 | 0,002 |
| 3 | 16,992 | 17,468 | 19,376 | 17,831 | 20,204 | 23,421 | 0,002 |

III. Gráfico de estrés versus número de iteraciones. Este gráfico permite verificar que la curva se estabiliza a bajo nivel. La menor inestabilidad cerca de las últimas iteraciones indicaría que se requiere realizar mayor cantidad de iteraciones, para este caso no fue necesario.



IV. Gráfico de estrés versus dimensiones, muestra el estrés como función de la dimensionalidad del gradiente del modelo. En donde sí existe correlación, ya que las curvas del dato observado son menores que la de los datos aleatorios (MaCunne y Grace, 2002).



V. Listado de especies de plantas vasculares registradas en las parcelas. (Hábito: A=Árbol; ar=Arbusto; HA=Hierba anual; H*=Hierba, no se pudo especificar ciclo de vida; HP=Hierba perenne; Ep=Epífita perenne; Lp=Liana perenne. (Estado de Conservación. LC=Preocupación menor; SC = Sin categoría.) (Origen: A = Adventicia; N = Nativa; E = Endémica de Chile.) (Presencia: se refiere a especies comunes y exclusivas para cada grupo en que B = Especies exclusivas de la formación de Bosque inicial Siempreverde; H = Especies exclusivas del herbazal de *Conyza sumatrensis*; A = especies presentes en ambas formaciones.)

| Orden | Familia | Nombre científico | Hábito | Conservación Nacional | Origen geográfico (Chile) | Presencia |
|----------------|----------------|---|--------|-----------------------|---------------------------|-----------|
| Apiales | Araliaceae | <i>Raukaua laetevirens</i> (Gay) Frodin | A | SC | N | B |
| | Griselinaceae | <i>Griselinia racemosa</i> (Phil.) Taub. | Ar | SC | N | B |
| Asparagales | Orchidaceae | <i>Gavilea lutea</i> (Pers.) M.N. Correa | Hp | SC | N | H |
| Asterales | Asteraceae | <i>Baccharis patagónica</i> Hook. & Arn. | Ar | SC | N | A |
| | | <i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten. | Hb | SC | A | H |
| | | <i>Conyza sumatrensis</i> (Retz.) E. Walker var. <i>sumatrensis</i> | Ha | SC | N | A |
| | | <i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd. | Ha | SC | N | A |
| | | <i>Gamochaeta chamissonis</i> (DC.) Cabrera | Hp | SC | N | A |
| | | <i>Hypochaeris radicata</i> L. | Hp | SC | A | A |
| | | <i>Hypochaeris</i> sp. | Hp | SC | - | H |
| | | <i>Senecio otites</i> Kunze ex DC. | Hp | SC | N | A |
| | | <i>Senecio philippi</i> Sch. Bip. ex Wedd. | Hp | SC | N | A |
| | | <i>Sonchus oleraceus</i> L. | Ha | SC | A | H |
| Boraginales | Boraginaceae | <i>Echium vulgare</i> L. var. <i>Vulgare</i> | Ha | SC | A | H |
| Canellales | Winteraceae | <i>Drimys winteri</i> J.R. Forst. & G. Forst. var. <i>winteri</i> | A | SC | N | A |
| Caryophyllales | Phytolaccaceae | <i>Ercilla syncarpellata</i> Nowicke | Ep | SC | E | A |
| Cornales | Hydrangeaceae | <i>Hydrangea serratifolia</i> (Hook. & Arn.) F. Phil. | Lp | SC | N | A |
| Cyatheales | Dicksoniaceae | <i>Lophosoria quadripinnata</i> (J.F. Gmel.) C. Chr. | Ar | LC | N | A |

| | | | | | | |
|---------------|------------------|--|----|----|---|---|
| Equisetales | Equisetaceae | <i>Equisetum bogotense</i> Kunth | Hp | SC | N | B |
| Ericales | Ericaceae | <i>Gaultheria insana</i> (Molina) D.J. Middleton | Ar | SC | N | B |
| | | <i>Gaultheria phillyreifolia</i> (Pers.) Sleumer | Ar | SC | N | B |
| | | <i>Gaultheria poeppigii</i> DC. | Ar | SC | N | A |
| Escalloniales | Escalloniaceae | <i>Escallonia rubra</i> (Ruiz & Pav.) | Ar | SC | N | H |
| Fagales | Nothofagaceae | <i>Nothofagus dombeyi</i> (Mirb.) Oerst. | A | SC | N | A |
| | | <i>Nothofagus nítida</i> (Phil.) Krasser | A | SC | E | A |
| Gentianales | Rubiaceae | <i>Nertera granadensis</i> (Mutis ex L.f.) Druce | Hp | SC | N | A |
| Gleicheniales | Gleicheniaceae | <i>Sticherus squamulosus</i> (Desv.) Nakai | Hp | LC | E | B |
| Gunnerales | Gunneraceae | <i>Gunnera tinctoria</i> (Molina) Mirb. var. tinctoria | Hp | SC | N | A |
| Lamiales | Bignoniaceae | <i>Campsidium valdivianum</i> (Phil.) Skotts. b. | Ar | SC | N | B |
| | Gesneriaceae | <i>Mitraria coccínea</i> Cav. | Ar | SC | N | A |
| | | <i>Sarmienta scandens</i> (J.D. Brandis ex Molina) Pers. | Ar | SC | E | B |
| | Plantaginaceae | <i>Ourisia ruelloides</i> (L.f.) Kuntze | Hp | SC | N | B |
| Liliales | Alstroemeriaceae | <i>Luzuriaga polyphylla</i> (Hook.) J.F. Macbr. | Ar | SC | E | B |
| Malpighiales | Salicaceae | <i>Azara lanceolata</i> Hook. f. | Ar | SC | N | A |
| Myrtales | Myrtaceae | <i>Amomyrtus luma</i> (Molina) D. Legrand & Kausel | A | SC | N | A |
| | | <i>Luma apiculata</i> (DC.) Burret | A | SC | N | B |
| | | <i>Metrosideros stipularis</i> (Hook. & Arn.) Hook. f. | Ar | SC | N | A |
| | | <i>Myrceugenia planipes</i> (Hook. & Arn.) O. Berg | Ar | SC | N | B |
| | Onagraceae | <i>Epilobium puberulum</i> Hook. & Arn. | Hp | SC | N | A |
| | | <i>Fuchsia magellanica</i> Lam. | Ar | SC | N | A |
| Oxidales | Cunoniaceae | <i>Caldcluvia paniculata</i> (Cav.) D. Don | A | SC | N | A |
| | | <i>Eucryphia cordifolia</i> Cav. | A | SC | N | A |
| | | <i>Weinmannia trychosperma</i> Cav. | A | SC | N | A |

| | | | | | | |
|------------------------------------|---|--|----|----|---|---|
| Poales | Bromeliaceae | <i>Greigia sphacelata</i> (Ruiz & Pav.) Regel | Hp | SC | E | A |
| | Cyperaceae | <i>Carex acutata</i> Boott | Hp | SC | N | B |
| | | <i>Uncinia tenuis</i> Poepp. ex Kunth | H* | SC | N | H |
| | Juncaceae | <i>Juncus effusus</i> L. | Hp | SC | N | H |
| | | <i>Juncus stipulatus</i> Nees & Meyen | Hp | SC | N | B |
| | Poaceae | <i>Chusquea quila</i> Kunth | Hp | SC | E | A |
| | | <i>Cortaderia araucana</i> Stapf | Hp | SC | N | H |
| | | <i>Holcus lanatus</i> L. | Hp | SC | A | A |
| <i>Polypogon australis</i> Brongn. | | Hp | SC | N | A | |
| Polypodiales | Blechnaceae | <i>Blechnum arcuatum</i> J. Remy ex Gay | Hp | LC | N | H |
| | | <i>Blechnum cordatum</i> (Desv.) Hieron. | Ar | LC | N | A |
| | | <i>Blechnum magellanicum</i> (Desv.) Mett. | Ar | LC | N | B |
| | | <i>Blechnum penna-marina</i> (Poir.) Kuhn | Hp | SC | N | A |
| | Dennstaedtiaceae | <i>Hypolepis poeppigii</i> (Kunze) R. Rodr. | Hp | LC | N | A |
| | | <i>Megalastrum spectabile</i> (Kaulf.) A.R. Sm. & R.C. Moran | Hp | LC | E | B |
| Polypodiaceae | <i>Synammia feuillei</i> (Bertero) Copel. var. feuillei | Hp | SC | N | B | |
| Proteales | Proteaceae | <i>Embothrium coccineum</i> J.R. Forst. & G. Forst. | A | SC | N | A |
| | | <i>Lomatia ferruginia</i> (Cav.) R. Br. | A | SC | N | B |
| Ranunculales | Ranunculaceae | <i>Ranunculus</i> sp. | H* | SC | - | B |
| Rosales | Rosaceae | <i>Acaena argentea</i> Ruiz & Pav. | Hp | SC | N | B |
| Saxifragales | Grossulariaceae | <i>Ribes magellanicum</i> Poir. ssp. magellanicum | Ar | SC | N | A |

VI. Valores de Riqueza de especies de flora vascular total, según forma de vida y según origen, para ambos grupos. Los valores que presentan diferencias significativas ($p < 0,05$) poseen asterisco (*) (prueba de U Mann-Whitney con $p < 0,05$). H: Herbazal de *Conyza sumatrensis*; B.I.: Bosque inicial Siempreverde con *Nothofagus dombeyi* y *Gaultheria phillyreifolia*.

| Parámetro | | General | H | B.I. |
|---|-------------------------------------|---------|---------|---------|
| Riqueza de flora vascular | N° de especies promedio por parcela | 16 | 15* | 17* |
| | Rango | 10 – 22 | 10 - 22 | 13 – 22 |
| Riqueza de especies según forma de vida, Hierba perenne | N° de especies promedio por parcela | 7,3 | 6,9* | 6* |
| | Rango | 4 – 10 | 4 - 9 | 3 - 9 |
| Riqueza de especies según forma de vida, Hierba anual | N° de especies promedio por parcela | 0,725 | 1,2* | 0,3* |
| | Rango | 0 – 3 | 0 – 3 | 0 – 1 |
| Riqueza de especies según forma de vida, Arbórea | N° de especies promedio por parcela | 4,2 | 3,2* | 5,4* |
| | Rango | 1 – 7 | 1 – 6 | 3 – 7 |
| Riqueza de especies según forma de vida, Arbustiva | N° de especies promedio por parcela | 3,2 | 2,5* | 3,9* |
| | Rango | 1 – 6 | 1 – 5 | 3 – 6 |
| Riqueza de especies según forma de vida, Subarbusto | N° de especies promedio por parcela | 1,5 | 1,3* | 1,8* |
| | Rango | 0 – 3 | 1 – 3 | 1 – 2 |
| Riqueza de especies según forma de vida, Liana | N° de especies promedio por parcela | 0,1 | 0,2* | 0,1* |
| | Rango | 0 – 1 | 0 – 1 | 0 – 1 |
| Riqueza de especies según forma de vida, Enredadera perenne | N° de especies promedio por parcela | 0 | 0* | 0,1* |
| | Rango | 0 – 1 | - | 0 – 1 |
| Riqueza de especies según Origen, Adventicia | N° de especies promedio por parcela | 0,8 | 1 | 0,6 |
| | Rango | 0 – 2 | 0 – 2 | 0 – 2 |
| Riqueza de especies según Origen, Nativa | N° de especies promedio por parcela | 14,8 | 13,6* | 16* |
| | Rango | 8 – 20 | 8 - 19 | 11 – 20 |
| Riqueza de especies según Origen, Endémica de Chile | N° de especies promedio por parcela | 0,6 | 0,4 | 0,8 |
| | Rango | 0 – 3 | 0 - 2 | 0 – 3 |

VII. Valores de Abundancia de especies de flora vascular total, según forma de vida y según origen para ambos grupos. Los valores que presentan diferencias significativas ($p < 0,05$) poseen asterisco (*) (prueba de U Mann-Whitney, con $p < 0,05$). H: Herbazal de *Conyza sumatrensis*; B.I.: Bosque inicial Siempreverde con *Nothofagus dombeyi* y *Gaultheria phillyreifolia*.

| | Parámetro | General | H | B.I. |
|--|---------------------------------------|------------|------------|------------|
| Abundancia de flora vascular (%) | Promedio de cobertura de especies (%) | 84,7 | 75,8* | 100* |
| | Rango | 44,5 - 100 | 44,5 - 100 | 45 - 100 |
| Abundancia de especies según forma de vida, Hierba perenne (%) | Promedio de cobertura de especies (%) | 33,4 | 33,1 | 33,7 |
| | Rango | 9 - 97,5 | 10 - 97,5 | 9 - 85,5 |
| Abundancia de especies según forma de vida, Hierba anual (%) | Promedio de cobertura de especies (%) | 2,2 | 3,6* | 0,8* |
| | Rango | 0 - 22,5 | 0 - 22,5 | 0 - 2,5 |
| Abundancia de especies según forma de vida, Arbórea (%) | Promedio de cobertura de especies (%) | 26,3 | 14,0* | 38,5* |
| | Rango | 0,5 - 57,5 | 0,5 - 33 | 17 - 57,5 |
| Abundancia de especies según forma de vida, Arbustiva (%) | Promedio de cobertura de especies (%) | 25,7 | 22,7 | 28,8 |
| | Rango | 3,5 - 71 | 3,5 - 51 | 3,5 - 71 |
| Abundancia de especies según forma de vida, Subarbusto (%) | Promedio de cobertura de especies (%) | 10,7 | 6,2* | 15,3* |
| | Rango | 0 - 50 | 0 - 40 | 0,5 - 50 |
| Abundancia de especies según forma de vida, Liana (%) | Promedio de cobertura de especies (%) | 0,1 | 0,3 | 0,1 |
| | Rango | 0 - 2,5 | 0 - 2,5 | 0 - 2,5 |
| Abundancia de especies según forma de vida, Enredadera perenne (%) | Promedio de cobertura de especies (%) | 0,1 | 0,0* | 0,1* |
| | Rango | 0 - 2,5 | - | 0 - 2,5 |
| Abundancia de especies según Origen, Adventicia (%) | Promedio de cobertura de especies (%) | 4,6 | 4,8* | 4,4* |
| | Rango | 0 - 62,5 | 0 - 20 | 0 - 62,5 |
| Abundancia de especies según Origen, Nativa (%) | Promedio de cobertura de especies (%) | 76,6 | 70,6* | 100* |
| | Rango | 36,5 - 100 | 40,5 - 100 | 41,5 - 100 |
| Abundancia de especies según Origen, Endémica de Chile (%) | Promedio de cobertura de especies (%) | 5,2 | 2,2 | 8,1 |
| | Rango | 0 - 40 | 0 - 20 | 0 - 40 |

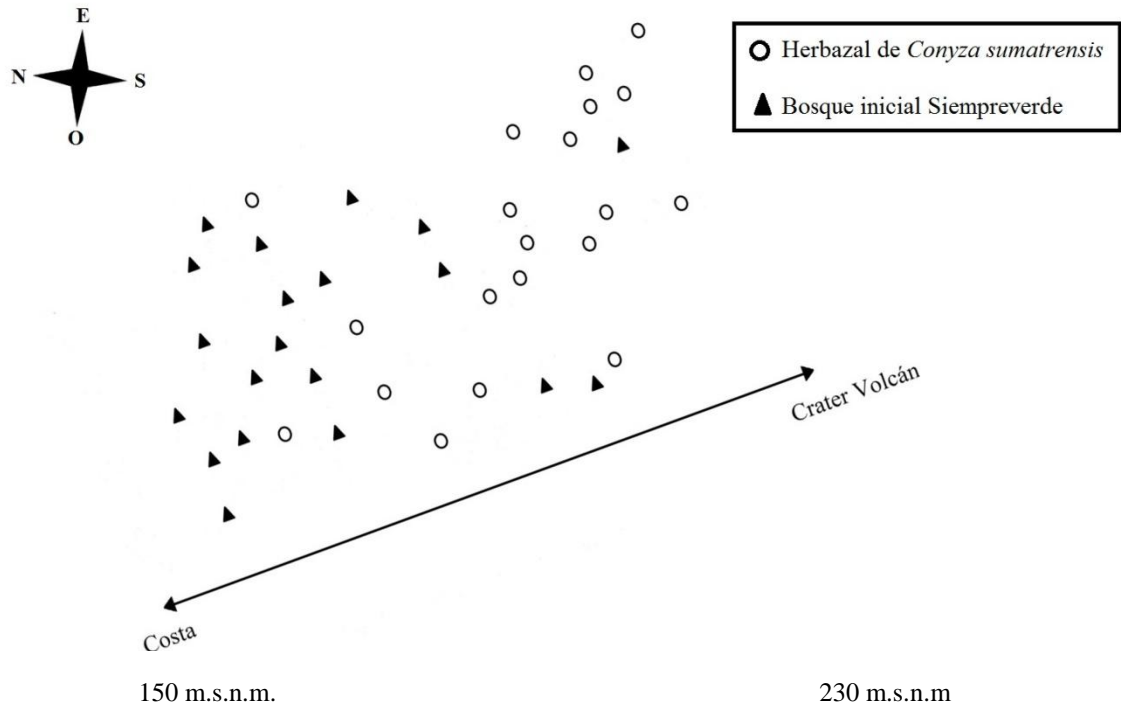
VIII. Valores de Diversidad de Simpson general, según forma de vida y según origen para ambos grupos. Los valores que presentan diferencias significativas ($p < 0,05$) poseen un asterisco (*) (prueba de U Mann-Whitney con $p < 0,05$). H: Herbazal de *Conyza sumatrensis*; B.I.: Bosque inicial Siempreverde con *Nothofagus dombeyi* y *Gaultheria phillyreifolia*.

| | Parámetro | General | H | B.I. |
|--|----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Diversidad de flora vascular | promedio índice de Simpson | 0,508 | 0,375* | 0,472* |
| | Rango | 0 - 0,972 | 0 - 0,948 | 0 - 0,944 |
| Diversidad de especies según forma de vida, Hierba perenne | promedio índice de Simpson | 0,488 | 0,375* | 0,468* |
| | Rango | 0 - 0,969 | 0 - 0,945 | 0 - 0,934 |
| Diversidad de especies según forma de vida, Hierba anual | promedio índice de Simpson | 0,441 | 0,423* | 0,396* |
| | Rango | 0 - 0,947 | 0 - 0,929 | 0 - 0,792 |
| Diversidad de especies según forma de vida, Arbórea | promedio índice de Simpson | 0,559 | 0,424 | 0,516 |
| | Rango | 0 - 0,971 | 0 - 0,942 | 0 - 0,944 |
| Diversidad de especies según forma de vida, Arbustiva | promedio índice de Simpson | 0,584 | 0,331* | 0,55* |
| | Rango | 0 - 0,971 | 0 - 0,948 | 0 - 0,94 |
| Diversidad de especies según forma de vida, Subarbusto | promedio índice de Simpson | 0,425 | 0,354* | 0,412* |
| | Rango | 0 - 0,964 | 0 - 0,92 | 0 - 0,938 |
| Diversidad de especies según Origen, Adventicia | promedio índice de Simpson | 0,440 | 0,417 | 0,439 |
| | Rango | 0 - 0,944 | 0 - 0,896 | 0 - 0,877 |
| Diversidad de especies según Origen, Nativa | promedio índice de Simpson | 0,55 | 0,431* | 0,509* |
| | Rango | 0 - 0,972 | 0 - 0,948 | 0 - 0,944 |
| Diversidad de especies según Origen, Endémica de Chile | promedio índice de Simpson | 0,356 | 0,0978 | 0,272 |
| | Rango | 0 - 0,877 | 0 - 0,780 | 0 - 0,731 |

IX. Valor de Importancia (VI) para cada especie, analizado con el total de la muestra, y para cada asociación vegetal identificada. H: Herbazal de *Conyza sumatrensis*; B.I.: Bosque inicial Siempreverde con *Nothofagus dombeyi* y *Gaultheria phillyreifolia*.

| Especie | Total | H | B,I | Especie | Total | H | B.I. |
|---------------------------------|-------|------|------|----------------------------------|-------|-----|------|
| <i>Baccharis patagonica</i> | 22,4 | 31,4 | 22,9 | <i>Metrosideros stipularis</i> | 0,8 | 7,0 | 6,9 |
| <i>Weinmannia trichosperma</i> | 15,7 | 21,4 | 20,3 | <i>Uncinia tenuis</i> | 0,7 | 8,1 | 5,7 |
| <i>Fuchsia magellanica</i> | 13,3 | 16,5 | 20,3 | <i>Drimis winteri</i> | 0,6 | 7,6 | 6 |
| <i>Gunnera tinctoria</i> | 12,3 | 15,5 | 19,5 | <i>Gaultheria phillyreifolia</i> | 0,6 | 7,4 | 6,1 |
| <i>Blechnum cordatum</i> | 10,8 | 15,5 | 17,1 | <i>Megalastrum spectabile</i> | 0,5 | 6,7 | 6,5 |
| <i>Nothofagus dombeyi</i> | 10,4 | 9,6 | 21 | <i>Sarmienta repens</i> | 0,5 | 7,1 | 6,1 |
| <i>Epilobium puberulum</i> | 10,1 | 17,7 | 14,1 | <i>Escallonia rubra</i> | 0,5 | 7,6 | 5,7 |
| <i>Lophosoria quadripinnata</i> | 9,2 | 12,8 | 16,3 | <i>Campsidium valdivianum</i> | 0,4 | 6,7 | 6,5 |
| <i>Eucryphia cordifolia</i> | 8,4 | 12,2 | 15,9 | <i>Cirsium vulgare</i> | 0,3 | 7,4 | 5,7 |
| <i>Amomyrtus luma</i> | 8,2 | 11,1 | 16,4 | <i>Griselinia racemosa</i> | 0,3 | 6,7 | 6,4 |
| <i>Hypochaeris radicata</i> | 7,9 | 14,3 | 13 | <i>Greigia sphacelata</i> | 0,3 | 7 | 6 |
| <i>Caldcluvia paniculata</i> | 7 | 10,4 | 15 | <i>Raukaua laetevirens</i> | 0,3 | 6,7 | 6,4 |
| <i>Gamochaeta chamissonis</i> | 6,7 | 15 | 10,5 | <i>Acaena argentea</i> | 0,2 | 6,7 | 6,1 |
| <i>Gamochaeta americana</i> | 6,4 | 12,9 | 11,8 | <i>Blechnum arcuatum</i> | 0,2 | 7 | 5,7 |
| <i>Polypogon australis</i> | 5,8 | 14,8 | 9,2 | <i>Blechnum magellanicum</i> | 0,2 | 6,7 | 6,1 |
| <i>Nertera granadensis</i> | 5,7 | 12,7 | 10,8 | <i>Carex acutata</i> | 0,2 | 6,7 | 6,1 |
| <i>Hypolepis poeppigii</i> | 5,4 | 15 | 8 | <i>Echium vulgare</i> | 0,2 | 7,1 | 5,7 |
| <i>Chusquea quila</i> | 5,2 | 11,2 | 10,7 | <i>Ercilla syncarpellata</i> | 0,2 | 6,7 | 6,1 |
| <i>Ranunculus sp,</i> | 4,9 | 10 | 11,8 | <i>Gaultheria insana</i> | 0,2 | 6,7 | 6,1 |
| <i>Conyza sumatrensis</i> | 4,6 | 13,9 | 7,8 | <i>Hypochaeris sp,</i> | 0,2 | 7,1 | 5,7 |
| <i>Embothrium coccineum</i> | 4,4 | 11,4 | 9,4 | <i>Juncus stipulatus</i> | 0,2 | 6,7 | 6,1 |
| <i>Mitraria coccinea</i> | 3,6 | 7,4 | 11,3 | <i>Luma apiculata</i> | 0,2 | 6,7 | 6,1 |
| <i>Senecio otites</i> | 3,1 | 11,6 | 6,9 | <i>Ourisia ruelloides</i> | 0,2 | 6,7 | 6,1 |
| <i>Cortaderia araucana</i> | 2,7 | 12,1 | 5,7 | <i>Polypodium feullei</i> | 0,2 | 6,7 | 6,1 |
| <i>Equisetum bogotense</i> | 2,2 | 6,7 | 9,4 | <i>Senecio philippi</i> | 0,2 | 7,1 | 5,7 |
| <i>Nothofagus nitida</i> | 1,7 | 7, | 8,4 | <i>Sonchus oleraceus</i> | 0,2 | 6,7 | 6,1 |
| <i>Holcus lanatus</i> | 1,7 | 9,6 | 6,1 | <i>Sticherus squamulosus</i> | 0,2 | 6,7 | 6,1 |
| <i>Azara lanceolata</i> | 1,6 | 8,8 | 6,8 | <i>Gavilea lutea</i> | 0,2 | 7 | 5,7 |
| <i>Luzuriaga polyphylla</i> | 1,4 | 6,7 | 8,1 | <i>Juncus effusus</i> | 0,2 | 7 | 5,7 |
| <i>Blechnum penna-marina</i> | 1,3 | 8 | 7 | <i>Lomatia ferruginea</i> | 0,2 | 6,7 | 6 |
| <i>Gaultheria myrtilloides</i> | 1,2 | 6,7 | 8, | <i>Myrceugenia planipes</i> | 0,2 | 6,7 | 6 |
| <i>Hydrangea serratifolia</i> | 0,9 | 8 | 6,1 | <i>Ribes magellanicum</i> | 0,2 | 6,7 | 6 |

X. Distribución espacial de las parcelas en función de la altitud. Se observa que la altitud podría representar un gradiente del área de afectación de la explosión lateral, en que a mayor altitud más cercanía hay al perímetro de la explosión lateral, y por lo tanto existe mayor intensidad de afectación por el flujo piroclástico, y viceversa para las menores altitudes, que indican un alejamiento al perímetro de la explosión (Fuente: Elaboración propia).



XI. Análisis de la cuarta esquina (FCA). Interacciones significativas (*:p<0,05;**p<0,001). Negro: interacciones positivas; Gris: interacciones negativas; Blanco interacciones no relevantes. S.Crec.=Sustrato de crecimiento. MVD=Material vegetal en descomposición. S.S.Veg.=Superficie sin vegetación.

| | Hábito | Elemento fitogeográfico | Reproducción | Sexualidad | Síndrome de Polimización | Díaspóra | Modo de dispersión | Presencia de espinas | Forma de hoja | Margen de Hoja | Consistencia de hoja | Filotaxis | Altura máxima | Tolerancia Lumínica |
|----------------------------------|--------|-------------------------|--------------|------------|--------------------------|----------|--------------------|----------------------|---------------|----------------|----------------------|-----------|---------------|---------------------|
| Altitud | ** | * | | | | * | | | | | | | * | |
| Pendiente (%) | | | ** | | | | | | | | * | | | |
| Pedregosidad superficial | | ** | | | | | | | | | | | * | |
| Cobertura total de la vegetación | | * | | | | * | * | | | | * | | * | * |
| Cobertura Arbustivas | | | | | | | | | | | * | | * | |
| Cobertura Herbáceas | | | | | | | | | * | | | | * | |
| Cobertura Helechos | | | | * | | * | * | | | * | * | | * | * |
| Cobertura de 0 - 0,5 metros | | | * | | | | | | * | | | | * | * |
| Cobertura de 0,5 - 1 metros | | * | | | | * | * | | | | * | | * | * |
| Cobertura de 1 - 2 metros | | * | | * | | * | * | | | * | * | | * | * |
| Cobertura de 2 - 4 metros | | | * | * | | * | * | | | * | * | | * | * |
| Cobertura de 4 - 8 metros | | | * | * | | * | * | | | * | * | | * | * |
| S. Crec: Raíz | | | * | | * | | | | | | * | | * | |
| S. Crec: MVD | | | * | | | * | * | | | | * | | * | |
| S. Crec: Suelo | * | | * | | * | * | * | | * | | * | | * | * |
| S. Crec: Briofitas | | | * | * | | * | * | * | | | * | | * | * |
| Superficie Sin vegetación | | | | | | * | * | * | | * | | * | * | * |
| S.S. Veg: Troncos | | | | | * | * | * | * | * | | * | | * | * |
| S.S. Veg: Raíces | | | | * | * | * | * | * | * | | * | | * | * |
| S.S. Veg: MVD | | | * | * | | * | * | * | * | | * | | * | * |
| S.S. Veg: Suelo descubierto | | | * | * | | * | * | * | * | | * | | * | * |
| S.S. Veg: Briofitas | * | * | * | * | | * | * | * | * | | * | | * | * |
| Descomposición Troncos: G1 | | | | | * | * | * | * | * | | * | | * | * |
| Descomposición Troncos: G2 | | | | | * | * | * | * | * | | * | | * | * |
| Descomposición Troncos: G3 | | | * | * | * | * | * | * | * | | * | | * | * |
| pH Suelo | | * | | | | | * | * | * | * | * | | * | * |
| Arbol Perenne | | | | | | | | | | | | | | |
| Hierba Anual | | | | | | | | | | | | | | |
| Hierba Bienal | | | | | | | | | | | | | | |
| Hierba Perenne | | | | | | | | | | | | | | |
| Liana Perenne | | | | | | | | | | | | | | |
| V aldiviano | | | | | | | | | | | | | | |
| Cosmopolita | | | | | | | | | | | | | | |
| Chile Argentina | | | | | | | | | | | | | | |
| V egetativa | | | | | | | | | | | | | | |
| Dioico | | | | | | | | | | | | | | |
| H emafrodita | | | | | | | | | | | | | | |
| Monoico | | | | | | | | | | | | | | |
| Poligam a | | | | | | | | | | | | | | |
| Anem ófila | | | | | | | | | | | | | | |
| Entom ófila | | | | | | | | | | | | | | |
| Omitófila | | | | | | | | | | | | | | |
| Zoófila | | | | | | | | | | | | | | |
| Aquenio | | | | | | | | | | | | | | |
| Baya | | | | | | | | | | | | | | |
| Cápsula | | | | | | | | | | | | | | |
| Cariopside | | | | | | | | | | | | | | |
| Espora | | | | | | | | | | | | | | |
| Folículo | | | | | | | | | | | | | | |
| Nuez | | | | | | | | | | | | | | |
| Anem ocoria | | | | | | | | | | | | | | |
| Endozocoria | | | | | | | | | | | | | | |
| Epizocoria | | | | | | | | | | | | | | |
| Múltiple | | | | | | | | | | | | | | |
| Si | | | | | | | | | | | | | | |
| No | | | | | | | | | | | | | | |
| Cilíndrica | | | | | | | | | | | | | | |
| Elíptica | | | | | | | | | | | | | | |
| Esecuamiforme | | | | | | | | | | | | | | |
| Ovada | | | | | | | | | | | | | | |
| Triangular | | | | | | | | | | | | | | |
| Gilado | | | | | | | | | | | | | | |
| Entero | | | | | | | | | | | | | | |
| Obtuso | | | | | | | | | | | | | | |
| Carnosa | | | | | | | | | | | | | | |
| Cartácea | | | | | | | | | | | | | | |
| Coriácea | | | | | | | | | | | | | | |
| Foliosa | | | | | | | | | | | | | | |
| Mem branosa | | | | | | | | | | | | | | |
| Alterna | | | | | | | | | | | | | | |
| Basal | | | | | | | | | | | | | | |
| Roseta | | | | | | | | | | | | | | |
| V erticilada | | | | | | | | | | | | | | |
| Alto | | | | | | | | | | | | | | |
| Medio | | | | | | | | | | | | | | |
| Bajo | | | | | | | | | | | | | | |
| Hfb ob ligada | | | | | | | | | | | | | | |
| Hfb facultativa | | | | | | | | | | | | | | |
| Hfb facultativa | | | | | | | | | | | | | | |

