



Universidad Austral de Chile
Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales

Efecto de la caída de ceniza en bosques de *Nothofagus pumilio*, post erupción del Cordón Caulle, Puyehue, Chile

Patrocinante: Sr. Mauro González

Trabajo de titulación presentado como parte
de los requisitos para optar al Título de
Ingeniero en Conservación de Recursos Naturales

ROMINA ANNE NOVOA MELSON

VALDIVIA
2013

CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TÍTULACIÓN

Nota

Patrocinante: Sr. Mauro González Cangas

6,2

El patrocinante acredita que el presente seminario de investigación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el Reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.

Sr. Mauro González Cangas

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a mi familia por haberme apoyado en todo éste gran camino, que sin su ánimo, alegría, disposición y unión no hubiese sido posible concretar mi sueño de ser una profesional en el área que me apasiona.

Este proyecto no podría haberse concretado sin la magia de la madre tierra que mediante su expresión a través del Cordón Caulle pudimos iniciar este viaje al conocimiento del vulcanismo y como el entorno natural responde a estos eventos misteriosos.

Agradezco el constante apoyo y entusiasmo del profesor Mauro González Cangas, que me guió de la mejor manera dentro de este proyecto. Asimismo, al profesor Oscar Thiers por compartir sus conocimientos y estar siempre atento y disponible para cualquier consulta u apoyo necesario.

Un enorme agradecimiento al grupo de investigadores de Pacific Northwest Research Station; Charlie Crisafulli por su enorme entrega de conocimientos y herramientas para lograr los objetivos, Fred Swanson y Julia Jones por su buena disposición en compartir sus vivencias y experiencias.

Finalmente, pero no menos importante, agradecer a todas las personas que se cruzaron en mi camino durante estos 5 años de crecimiento personal, un gran abrazo y agradecimiento infinitos a Ignacio Díaz, Pilar Fierro, Debhora Maldonado, Andrea Pino, Christian Henríquez, y a Alejandra Portales por su eterna paciencia y disposición por ayudar en todo lo que ella pudiese. También, a mis amigos (as) de siempre que a pesar de la distancia me brindaron sus mejores deseos y amor.

*“La naturaleza mantendrá siempre sus
derechos y, finalmente, prevalecerá
sobre cualquier razonamiento abstracto”*

(David Hume)

Dedicado a la madre tierra por enseñarme y
encantarme cada día,
y a mis seres queridos para que juntos
logremos un cambio de conciencia
en este hermoso planeta, que es nuestro hogar.

| Índice de materias | | Página |
|--------------------|---|--------|
| i | Calificación Comité de Titulación | i |
| ii | Agradecimientos | ii |
| iii | Dedicatoria | iii |
| iv | Resumen | iv |
| 1 | INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 | Objetivo general | 2 |
| 1.1.1 | Objetivos específicos | 2 |
| 1.2 | Hipótesis | 2 |
| 2 | MARCO TEÓRICO | 3 |
| 2.1 | Chile país volcánico | 3 |
| 2.2 | Erupciones y Estudios en Chile y el mundo | 4 |
| 2.2.1 | Efectos del vulcanismo sobre la vegetación | 5 |
| 3 | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | 8 |
| 3.1 | Área de estudio | 8 |
| 3.1.1 | Morfología | 8 |
| 3.1.2 | Clima | 8 |
| 3.1.3 | Vegetación | 9 |
| 3.1.4 | Ubicación sitios de estudio | 9 |
| 3.2 | Diseño de muestreo | 10 |
| 3.2.1 | Estructura y composición del bosque | 11 |
| 3.2.2 | Tefra | 12 |
| 3.2.3 | Material leñoso | 12 |
| 4 | RESULTADOS PRELIMINARES | 13 |
| 4.1 | Estructura y composición arbórea | 13 |
| 4.2 | Sotobosque | 15 |
| 4.3 | Variación de tefra | 16 |
| 4.4 | Material leñoso | 17 |
| 5 | CALENDARIO DE ACTIVIDADES | 18 |
| 6 | FUENTES DE FINANCIAMIENTO | 18 |
| 7 | REFERENCIAS | 18 |
| Anexos | 1 Tabla de referencia para estimación de cobertura de follaje | |
| | 2 Tabla de referencia para la cobertura del sotobosque | |
| | 3 Categorías para la clasificación de material leñoso | |

RESUMEN

En junio 2011 el complejo volcánico Cordón Caulle entró en erupción, emanando gran cantidad de cenizas. Esta investigación tiene por objetivo evaluar la respuesta de los bosques de *Nothofagus pumilio* a la caída de ceniza volcánica, para comprender adecuadamente los procesos de establecimiento y mortalidad subsecuentes. En cuatro sitios ubicados en un gradiente altitudinal (1.110 – 1.300 m s.n.m.), dominados por un bosque mixto de *N. pumilio*-*N. dombeyi* a menor altitud y por bosques puros de *N. pumilio* hacia el límite arbóreo, se establecieron parcelas circulares (250 m²) con el fin de caracterizar la composición y estructura forestal, cobertura del dosel, composición y cobertura del sotobosque y abundancia del material leñoso. Además, se determinó el espesor de las capas de cenizas y se analizó su variación en función de la topografía. Como resultados preliminares se obtuvo que el bosque mixto presentó el menor porcentaje de follaje vivo y el mayor volumen de material leñoso en comparación con los bosques puros de *N. pumilio*, lo cual favorece una mayor diversidad de micro-sitios, lo que puede haber permitido la sobrevivencia de muchas especies, siendo esto un factor clave en el restablecimiento. Finalmente, la variación del espesor de ceniza entre sitios, mostró una relación significativa a la topografía del sector, especialmente con la pendiente.

Palabras clave: ceniza volcánica, material leñoso, *N. pumilio*, micrositos.

1. INTRODUCCIÓN

Los cambios en el paisaje están condicionados por diversos agentes, tanto antrópicos como naturales. De este último, un agente muy importante a nivel geológico de disturbios y como modelador del paisaje es el vulcanismo, el cual tiene origen exógeno e irrumpe con cualquier ciclo natural en la zona donde se produce y también de las zonas aledañas. Este tipo de disturbio ha sido modificador durante milenios en el sur de Chile.

Las erupciones volcánicas son uno de los disturbios más severos sobre la tierra y alteran el paisaje circundante a diversas escalas. Dependiendo de la magnitud de la erupción se puede ver afectada la densidad, biomasa o distribución espacial de la biota, además de alterar la disponibilidad de recursos y producir cambios importantes en el ambiente físico (Walker y del Moral 2003 en Evans 2006). Por otro lado, las erupciones generan cambios radicales en los suelos tanto por los fluidos de lava como, por los depósitos de cenizas. Esta última, dependiendo de la magnitud de las depositaciones o del tipo de evento eruptivo, cubre el suelo por depositaciones sucesivas dejando un sustrato de escasa o nula fertilidad y sin materia orgánica. Las especies del sotobosque son las más afectadas en estos eventos, ya que son sepultadas bajo diversas capas de tefra, las cuales limitan su obtención de nutrientes y recursos necesarios para su óptimo desarrollo vegetal. Debido a esto, la mayoría de los individuos (en casos de erupciones catastróficas) mueren, ya que el cambio en el ecosistema es tan abrupto que no cuentan con la capacidad para resistir y sobrevivir bajo el manto de cenizas carente de materia orgánica u insectos que ayuden en la formación de suelo orgánico. Sin embargo, aunque parezca increíble, existen algunos individuos que logran mantenerse con vida, aun estando sepultadas, gracias a mecánicos y procesos propios que aún no han sido objeto de estudios en nuestro país.

En junio del 2011, el complejo volcánico Cordón Caulle, entró en erupción de forma violenta generando una gran cantidad de material piroclástico y depositaciones de cenizas. La caída de cenizas ha sido el proceso más extenso y de mayor impacto que ha generado este evento volcánico afectando tanto a los ecosistemas acuáticos y terrestres de Chile y Argentina.

Considerando la escasa información del efecto y respuesta de la vegetación a este tipo de disturbios de gran escala, esta investigación tiene como finalidad la identificación y

comprensión de la respuesta de los bosques de *Nothofagus pumilio* a estos eventos volcánicos. El principal énfasis del estudio está puesto en el efecto de la caída de cenizas post erupción volcánica ocurrida en Junio del 2011 sobre la vegetación y los patrones de respuesta temprana al evento.

1.1 Objetivo General

- Caracterizar y evaluar la respuesta de los bosques de *Nothofagus pumilio* en un gradiente altitudinal al efecto de la caída de ceniza volcánica provenientes del Cordón Caulle entre el periodo 2012 -2013.

1.1.1 Objetivos específicos

- Caracterizar la composición y estructura del bosque en cuatro sectores afectados por caída de ceniza volcánica.
- Evaluar el efecto de la ceniza en el follaje arbóreo y en el sotobosque entre el periodo 2012 -2013.
- Caracterizar física y químicamente la tefra, y el efecto de la variación topo-edáfica en los cambios de su profundidad.
- Cuantificar y comparar el material leñoso presente en cada sitio de estudio a través del gradiente altitudinal.

1.2 Hipótesis:

- La comunidad vegetal aumentará su riqueza y cobertura en el sotobosque, luego de un año de monitoreo.
- Las capas de cenizas disminuirán su espesor, gracias a la acción de agentes bióticos y abióticos, dando oportunidad a las especies vegetales de restablecerse.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Chile país volcánico

Nuestro país se caracteriza por ser completamente sísmico y volcánico, esto debido a que geográficamente se encuentra en el denominado Cinturón de Fuego del Pacífico, el cual comprende una extensión aproximada de 40.000 km y se destaca por abarcar las zonas de subducción más importantes del mundo, significando esto una gran actividad sísmica y volcánica para los países que se encuentren en él. De acuerdo al Servicio Geológico de Estados Unidos el Cinturón cuenta con 452 volcanes y concentra más del 75% de los volcanes activos e inactivos del mundo. En su extensión activa incluye a Chile, Perú, Ecuador, parte de Argentina y Bolivia, Colombia, países de Centroamérica, entre otros. Es por esto, que Chile cuenta con una alta presencia volcánica, ya que la subducción de la placa de Nazca con la placa de Sudamericana ha modelado el continente y dado forma a las montañas hace millones de años, convirtiéndonos así en el segundo país con la mayor cadena volcánica del mundo, después de Tailandia.

2.2 Erupciones en Chile y el mundo

Como ya se mencionó, nuestro país se caracteriza por estar compuesto por un gran número de volcanes. Datos específicos señalan que se han registrado alrededor de 2900 volcanes, de los cuales 80 se encuentran actualmente en estado activo, correspondiendo al 15% de los volcanes activos a nivel mundial (López, 2011).

De la historia volcánica y eruptiva de Chile, se destacan algunos eventos que han marcado la historia nacional. En 1846 comienza la formación geomorfológica del volcán Quizapú ubicado al Oriente de Linares, Región del Maule, donde en 1932 se produce una de las erupciones más violentas de Chile del siglo XX. Esta erupción produjo más de 9.5 km³ de cenizas, las cuales cubrieron por completo desde Rancagua hasta Chillán, generando una gran pérdida agrícola y ganadera por la gran cobertura de los suelos, afectando flora y fauna. Además, las cenizas traspasaron los límites nacionales y llegaron a

países como Argentina, Uruguay, Brasil y hasta Sudáfrica generando depositaciones de menor intensidad (Romero y Arias, 2012).

Otro caso emblemático de nuestros volcanes es el volcán Villarrica que presenta registros desde 1558. Sus erupciones históricas (1908, 1948-49, 1963-64, 1971) han variado desde efusivas a moderadamente explosivas, pero el tipo más recurrente de actividad es la formación de lahares, muy destructivos y que han causado más de 200 muertes durante el siglo XX (Lara, 2004). En 1971 el volcán Hudson entró en erupción, con una fumarola de 12 km de alto y además diversos lahares que afectaron los ecosistemas naturales y antrópicos en el territorio nacional, pero mayormente la Patagonia Argentina (Romero, 2012). Este mismo volcán en 1991 volvió a entrar en proceso eruptivo de forma muy violenta y explosiva, donde su fumarola alcanzó en esa ocasión una altura de 18 km, emitiendo un volumen total de 4 - 6 km³ de cenizas, afectando los ecosistemas nacionales e internacionales, lo cual hace que se ubique dentro del ranking de las erupciones más grandes del siglo XX junto con el volcán Quizapú (Romero, 2012).

Ya en el siglo XXI se registra una erupción muy particular, la cual despertó interés de diversas áreas científicas, siendo ésta la del volcán Chaitén, el cual el 2 de mayo del 2008 comienza la construcción de su domo y días posteriores pasa a su fase eruptiva expulsando aproximadamente 4 km³ de tefra riolítica, con gran contenido de sílice, generando lahares e inundaciones que afectaron inmensamente la localidad de Chaitén. Además, este evento afectó de forma importante el Sur de la República Argentina por la gran cantidad de tefra emanada, que fue tal su permanencia que dio la vuelta al mundo.

En términos ecosistémicos la violencia de la erupción del domo fue de tal magnitud, debido a su potencia gaseosa, que volteó grandes extensiones de bosques de la ladera sureste, afectado fuertemente los ecosistemas boscosos y la fauna del sector (Lara, 2009). Además, las depositaciones de cenizas también formaron parte importante en los cambios de paisaje y hábitat para la flora y fauna e incluso de la comunidad local.

Chaitén al no ser conocido como volcán antes de su erupción en 2008 no presentó monitoreos previos por parte del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), lo cual hace imposible realizar comparaciones con alguna erupción

pasada, tanto en términos geológicos, ecosistémicos, sociales, entre otros (Carn *et al.*, 2009).

2.2.1 Efectos del vulcanismo sobre la vegetación

Las erupciones volcánicas en sí son cambios radicales en los ecosistemas circundantes, y puede que afecten zonas más lejanas cuando se emana gran cantidad de tefra desde sus cráteres. Respecto a esto, un caso emblemático en el estudio de los efectos volcánicos sobre los ecosistemas en el mundo, son las investigaciones realizadas desde 1980 hasta la fecha en el Monte Santa Helena, Estado de Washington, Estados Unidos. Luego de la erupción del Vn St. Helena diversos estudios han analizado los efectos de los distintos procesos y mecanismos que afectaron a la vegetación y fauna del área. De estos estudios, destacan las colaboraciones hechas por Antos y Zobel (1986) y Del Moral y Clampitt (1985), donde se observan las primeras luces sobre restablecimiento de flora y fauna en las zonas impactadas, lo cual ha permitido levantar información sumamente relevante sobre la recuperación de ecosistemas.

Antos y Zobel (1986) a través de un estudio sobre el establecimiento de plántulas en sectores afectados por la ceniza proveniente del Monte Santa Helena, observaron que la recuperación ecosistémica dependía de la vegetación afectada y la magnitud del disturbio, ya que especies con alta resiliencia cuentan con mejores condiciones para colonizar después de la disrupción. Por otro lado, los autores después de años de monitoreo y análisis señalan que el paso del tiempo y las interacciones entre factores bióticos y abióticos, potencian la creación del horizonte orgánico sobre las cenizas. Además, la vegetación muestra una tendencia a aumentar en el número de establecimientos (individuos), debido a que se generan condiciones y hábitats prósperos para su crecimiento, pero destacan que las cohortes van variando, y que los individuos que colonizan en etapa temprana del establecimiento no serán las mismas en años posteriores (etapa tardía). Asimismo, Del Moral y Clampitt (1985), comparten la teoría de Antos y Zobel, la cual sustentan a través de su investigación sobre el “crecimiento de plantas nativas sobre sustratos volcánicos recientes”, que entrega información sobre el aumento del rendimiento de las plantas con el paso de los años, debido a la erosión y lixiviación del material piroclástico y además la

integración de nutrientes en los suelos por parte de las precipitaciones, insectos y polen. Por otro lado, los autores dan luces de otro factor sumamente importante en la recuperación de los suelos y la vegetación; la fauna. Respecto a esto, se centra la atención en la función ecosistémica que realizan los topos (*Thomomys talpoides*) en los suelos al elaborar galerías, lo que permite mezclar el suelo orgánico que se encuentra enterrado con las cenizas que están en la capa superior. Esto, es extremadamente beneficioso, y además catalizador de los procesos de nutrición y erosión de los suelos, permitiendo a las especies vegetales colonizar con mayor rapidez y estabilidad.

Por otro lado, Del Moral y Clappitt (1985), buscaban identificar que tipo de suelo era mejor para el desarrollo de las plantas, mediante un experimento que utilizaba muestras de suelo control, suelo mezclado por topos, y finalmente la ceniza original de la erupción. De acuerdo a sus resultados, el mejor sustrato es el control (suelo original), el cual presenta un mayor desarrollo y crecimiento de las especies seleccionadas. Luego, le sigue el suelo mezclado por acción de los topos y finalmente los suelos de ceniza pura. Este último, muestra ser claramente diferente, tanto del sustrato control como al mezclado topos, con un crecimiento de las especies vegetales bastante menor en comparación a la similitud entre control y suelo mezclado. A pesar de que es un laboratorio emblemático y en constante investigación, desde hace más de 30 años, no es el primero en la historia volcánica del mundo. En 1912 el Monte Katmai de Alaska entró en erupción, siendo ésta una de las más grandes en ese país, debido a la magnitud y severidad del evento. Robert Griggs (1912) comenzó una expedición hacia Katmai, y entre sus investigaciones estudió la revegetación natural de las especies por varios años. Griggs (1912) se percató que la recuperación vegetal fue bastante rápida, en primer lugar por el adelgazamiento de las capas de cenizas por factores ambientales, lo cual generaba posibilidades de rebrote y/o restablecimiento de especies locales, y en segundo lugar, debido a que las especies oportunistas lograban establecerse en las capas más delgadas y en cárcavas creadas por flujos hídricos. Las especies que tuvieron su auge en establecimiento fueron las gramíneas, ya que no contaban con sus competidores naturales en el momento de recolonizar. Además, las especies arbustivas también lograron restablecerse sin problema en los sectores que las capas de tefra eran más delgadas, pudiendo enraizar sin dificultades en el suelo original (Wilcox,

1959). En sus conclusiones, destaca que las especies locales tienen procesos y funciones adaptativas a este tipo de fenómenos y que las especies que no son originarias del sitio y que han logrado llegar, desaparecen por su autoecología (Wilcox, 1959).

En el caso de nuestro país, las investigaciones que se han realizado sobre disturbios, han abarcado la relación de la respuesta de la vegetación a fenómenos como; incendios (González *et al.*, 2010), deslizamientos de tierra, floraciones del género *Chusquea* (Muñoz y González, 2009), dinámica de claros (González *et al.*, 2002), entre otros, pero no existen estudios que evalúen la dinámica de ecosistemas frente a los efectos del volcanismo. Veblen *et al.*, 1977 dan las primeras luces de los efectos volcánicos sobre la vegetación a nivel nacional e internacional, señalando que especies de *Nothofagus* como *Nothofagus betuloides* reducen su límite altitudinal luego de eventos volcánicos catastróficos, además en una de sus conclusiones señala que es tentador asociar al género *Nothofagus* a situaciones disruptivas de los ecosistemas. Asimismo, Veblen y Ashton (1982) hacen referencia a disturbios presentes en la cordillera de los Andes Valdivianos, donde señalan que en el caso volcanismo, si bien la cordillera cuenta con numerosos volcanes, ninguno presentaba un nivel de catastrofismo a gran escala (como el de St. Helena), sin embargo, las cenizas alcanzaban grandes extensiones, lo que generaba depositaciones de diversas profundidades que afectaban el paisaje y que luego con los efectos de las precipitaciones y la temperatura darían paso a la formación de suelo, para el restablecimiento de la vegetación. Con la erupción del volcán Chaitén, las investigaciones ecológicas presentan un gran cambio, ya que se integran las interacciones geo-ecológicas. Crisafulli *et al.*, 2012, han registrado anualmente la respuesta ecológica de los ecosistemas circundantes afectados por la explosión y sus diversos impactos, abarcando desde especies arbóreas a briófitas y además, reptiles, insectos, anfibios, entre otros, a fin de comprender a cabalidad la capacidad de recuperación ecosistémica a eventos de tal magnitud. Todo esto en conjunto, da paso a una nueva comprensión de la dinámica de los ecosistemas, la ecología de volcanes. Dentro de sus resultados se ha observado que la vegetación anualmente va aumentando su densidad y cobertura, y a su vez también va aumentando la riqueza y abundancia de reptiles, insectos y anfibios, debido a la generación de nuevos hábitats que cuentan con humedad, nutrientes, protección y resguardo necesario para su desarrollo.

Respecto a sus resultados sobre la tefra, se observa que aun después de 3 años de la erupción la diferencia entre la tefra y el suelo orgánico original en términos de los nutrientes más importantes para las plantas es sumamente grande. Las cenizas carecen todavía de N (Nitrógeno), P (Fósforo) y K (Potasio), lo cual condiciona el restablecimiento natural de los ecosistemas circundantes al volcán.

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Área de estudio

3.1.1 Morfología

El Cordón Caulle es un complejo volcánico compuesto por aproximadamente 14 cráteres desarrollados estructuralmente sobre un complejo rocoso basáltico, con presencia de riolitas y andesitas, que en su conjunto son denominados según el mapa geológico de Chile (SERNAGEOMIN) como estratos volcanes y complejos volcánicos. Su altitud media es de 1600 m s.n.m. a diferencia del volcán Puyehue que presenta una altura de 2240 m s.n.m. Hacia el sector de Puyehue (exposición oeste), presenta pendientes muy fuertes, que en algunos casos pueden alcanzar incluso los 40° (80% aproximadamente), mientras que en su exposición Este, la forma se presenta mucho más suave y fuertemente trabajada por la acción de las coladas de lava y por glaciación (BCN, 2011).

3.1.2 Clima

El clima es del tipo templado lluvioso, también conocido como clima de montaña, el cual presenta precipitaciones abundantes de aproximadamente 4.200 mm/año. En los sectores cercanos a la Cordillera de los Andes las precipitaciones caen en forma de nieve, sobre todo durante los meses de invierno y primavera. La temperatura promedio invernal de 9,2 °C y una mínima cercana a los 0°C. En época estival la temperatura media es de 14°C y la mínima rodea los 5°C (Muñoz, 1980).

3.1.3 Vegetación

La vegetación presente en el sector Puyehue es altamente diversa a través del gradiente altitudinal que ahí se encuentra. En este lugar se observan diferentes tipos de bosque como bosque siempreverde, donde las principales especies presentes son la Tapa (*Laureliopsis philippiana*), Coihue (*Nothofagus dombeyi*), Ulmo (*Eucryphia cordifolia*) y Olivillo (*Aextoxicon punctatum*). Además, se presenta el bosque patagónico, las turberas y los bosques alto-andinos emplazados en suelos de escoria volcánica. Este último tipo de bosque, es el dominante en la zona de estudio, donde se destaca la presencia del tipo de bosque Coihue - Lenga y Lenga puro, en compañía de especies Canelo enano (*Drimys andina*), Calafate (*Berberis buxifolia*) y Zarzaparrilla (*Ribes magellanicum*) en el sotobosque alto-andino (Muñoz, 1980).

3.1.4 Ubicación de sitios de estudio

La investigación se llevó a cabo en el Parque Nacional Puyehue, específicamente en la ruta 215 que une Chile y Argentina por el paso fronterizo internacional Cardenal Antonio Samoré (19G 248852,37 E – 5491170,51 S) (Figura 1). La investigación se realizó en el marco de colaboración con investigadores del Pacific Northwest Research Station, Oregon, EEUU.

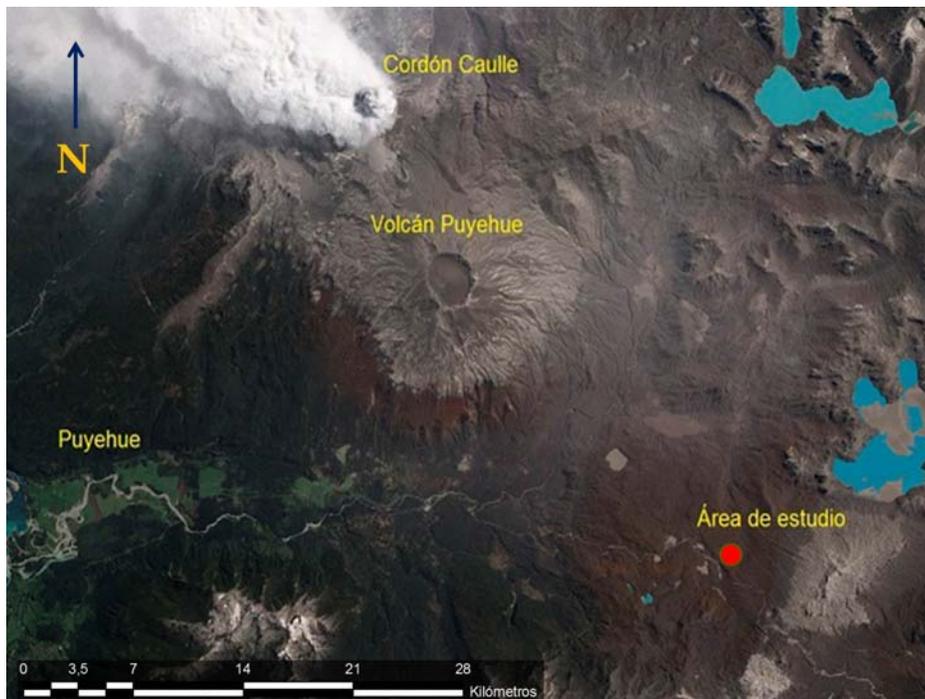


Figura 1. Imagen satelital (NASA) sector Puyehue y área de estudio / Fuente: www.nasa.gov

3.2 Diseño de Muestreo

El estudio se realizó en el sector del paso fronterizo Cardenal Antonio Samoré afectado por las cenizas emanadas por el Cordón Caulle, en el cual se seleccionaron 4 sitios de muestreo a través del gradiente altitudinal. El primer punto correspondió a un bosque adulto de Coihue (*Nothofagus dombeyi*) y Lengua (*Nothofagus pumilio*), los otros 3 puntos restantes correspondieron a bosques puros de Lengua, en donde dos eran coetáneos de desarrollo intermedio y el tercero adulto. En cada sitio se realizó un transecto de 60 metros, donde los puntos céntricos de cada una de las 3 parcelas se ubicaban a los 0, 30 y 60 metros. Cada parcela circular presentaba un radio de 8.92 metros, lo que representa una superficie total de 250 m² (Figura 2).

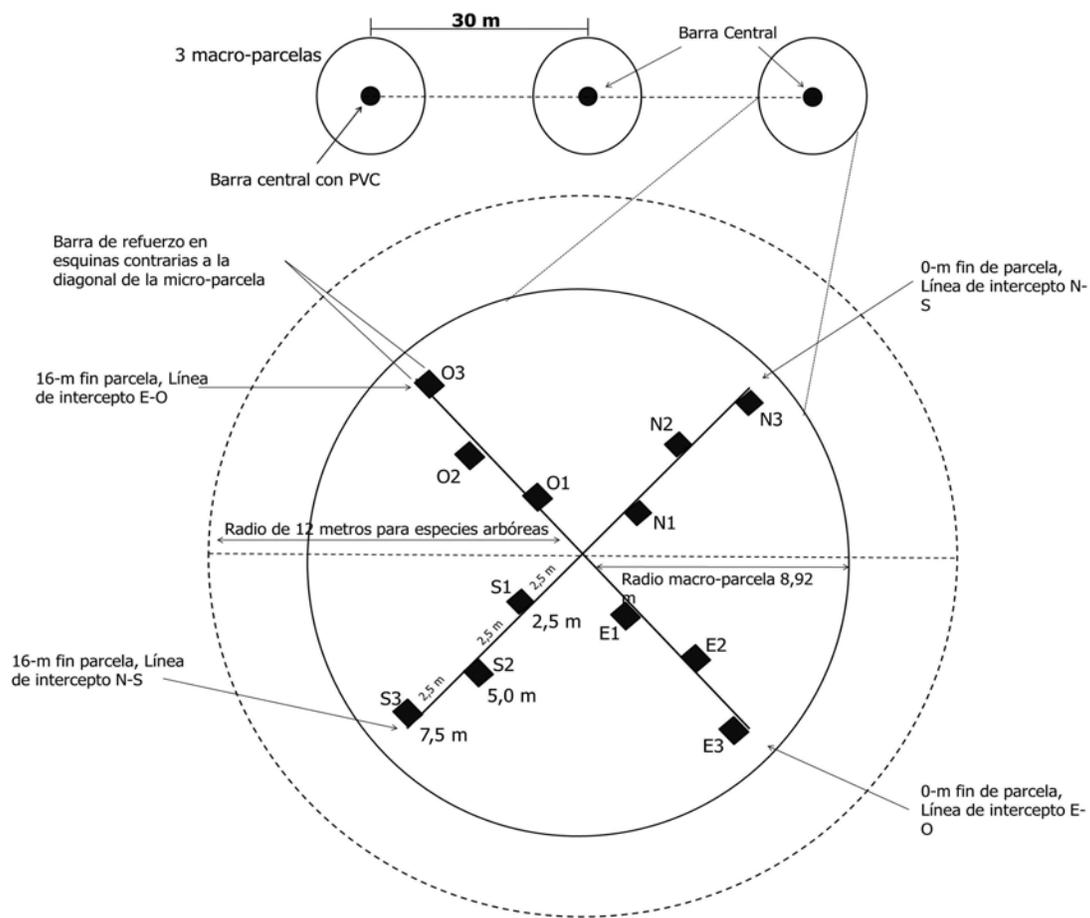


Figura 2. Diseño de muestreo obtenido del protocolo de Northwest Pacific Research Station aplicado en área de estudio.

En cada una de las 12 macro-parcelas realizadas, se determinó su ubicación geográfica, medición de altitud, exposición y pendiente.

3.2.1 Vegetación

-Arbóreas

Para la medición de la estructura y composición arbórea se realizó una expansión de las macro-parcelas hasta los 12 metros. A cada individuo (> 5 cm de DAP) se le midió el DAP (diámetro a 1.3 metros de altura) mediante una huincha diamétrica especializada en

DAP. El porcentaje de cobertura de follaje vivo en las copas y estado de vida se realizó mediante observación de campo y el uso de tabla de referencia (Ver Anexo 1).

Cada árbol medido se etiquetó para su posterior identificación y re-medición. Cabe mencionar, que los individuos presentes con una altura > 2 m y con DAP < 5 cm, se midieron y etiquetaron como brinzales.

-Sotobosque

La medición de la cobertura del sotobosque se llevó a cabo en las macro-parcelas de radio 8.92 m (250 m²). En cada cuadrante (radio dividido en cuadrantes N, S, E y O) se midió el porcentaje de cobertura estimada de las plántulas mediante el uso de tabla de referencia (Ver Anexo 2). Además, sobre las líneas de intersección de los cuadrantes en cada parcela se realizaron micro-parcelas de 0.25 m² a los 2.5, 5.0 y 7.5 m respectivamente, medidos desde el centro de la parcela hacia cada cuadrante, observando la composición y presencia de especies, suelo desnudo, hojarasca, material leñoso y microtopografía.

3.2.2 Análisis físico-químico de las cenizas

Al exterior de cada macro-parcela se realizaron excavaciones para la obtención de tefra, donde la profundidad de cada excavación estuvo condicionada por la profundidad a la que se encontraba el suelo original (suelo orgánico presente antes de la erupción). Esto, con la finalidad de determinar el espesor (cm) de cada tipo de estrato de ceniza caída sobre el suelo orgánico durante el periodo eruptivo.

Durante el 2013 se llevarán análisis físicos de tamaño de partículas, presencia de materia orgánica, textura y forma. Además, se realizarán análisis químicos para evaluar las variaciones en las concentraciones de N (Nitrógeno), C (Carbono), F (Flúor) y P (Fósforo) entre enero de 2012 y de 2013.

3.2.3 Cobertura de material leñoso

Para el estudio de material leñoso se dividieron las macroparcels en cuatro cuadrantes con dirección Norte, Sur, Este y Oeste mediante la realización de dos transectos

cruzados de 16 metros (Figura 2), donde se utilizó el método de interceptos, el cual realiza un barrido de Norte a Sur (0 metros Norte-16 metros Sur) y Este a Oeste (0 metros Este – 16 metros Oeste). En cada muestreo se registraron todos los materiales leñosos interceptados correspondientes a: troncos, ramas, placas de madera, corteza, acumulación de ramas finas y ramitas.

Para una óptima identificación de las categorías para material leñoso, se utilizó la una tabla de referencia (Anexo 4).

4. RESULTADOS PRELIMINARES

4.1 Vegetación arbórea

a) Distribución diamétrica

Exceptuando el sitio A, que correspondió a un bosque mixto de *Nothofagus*, los sitios de mayor altitud (B, C y D) estaban dominados por bosques puros de *N. pumilio*. Los sitios A y C correspondieron a bosques multietáneos y los sitios B y D a bosques coetáneos (Figura 3).

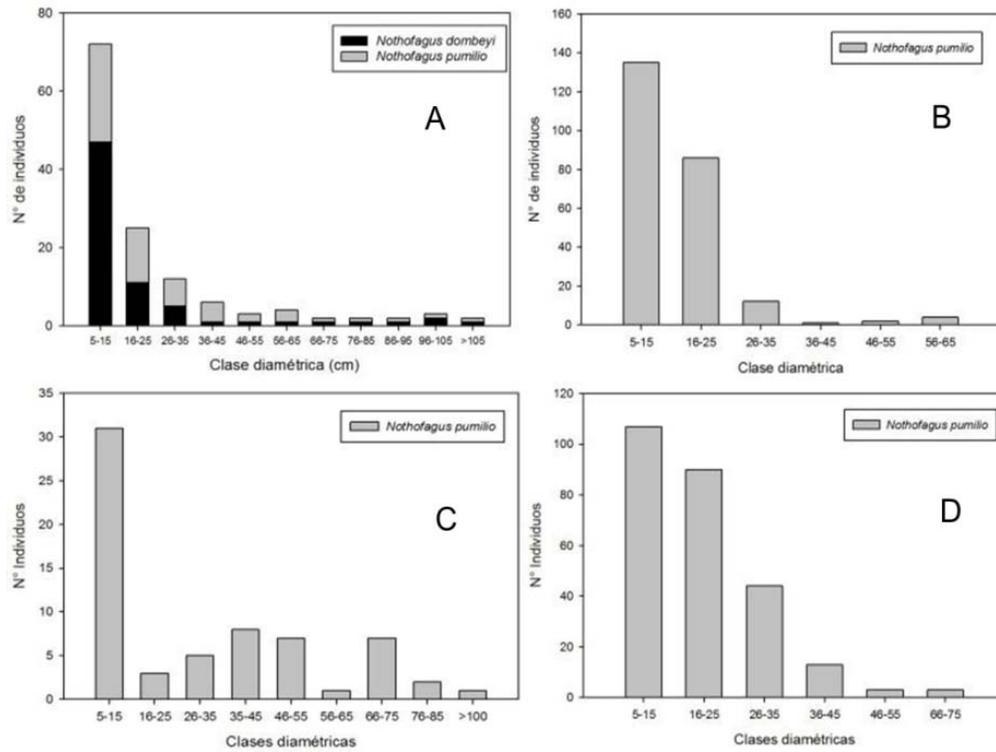


Figura 3. Distribución diamétrica de los sitios de estudio.

b) Follaje de dosel

El bosque de *N. pumilio*- *N. dombeyi* (A) presentó el menor porcentaje de follaje vivo. En este bosque más del 95% de los individuos arbóreos presentaron una cobertura de follaje menor a 25%. En contraste, los bosques puros de *N. pumilio* (sitios C y D) aproximadamente el 59% de los individuos presentan una cobertura de follaje mayor a 50% (Figura 4).

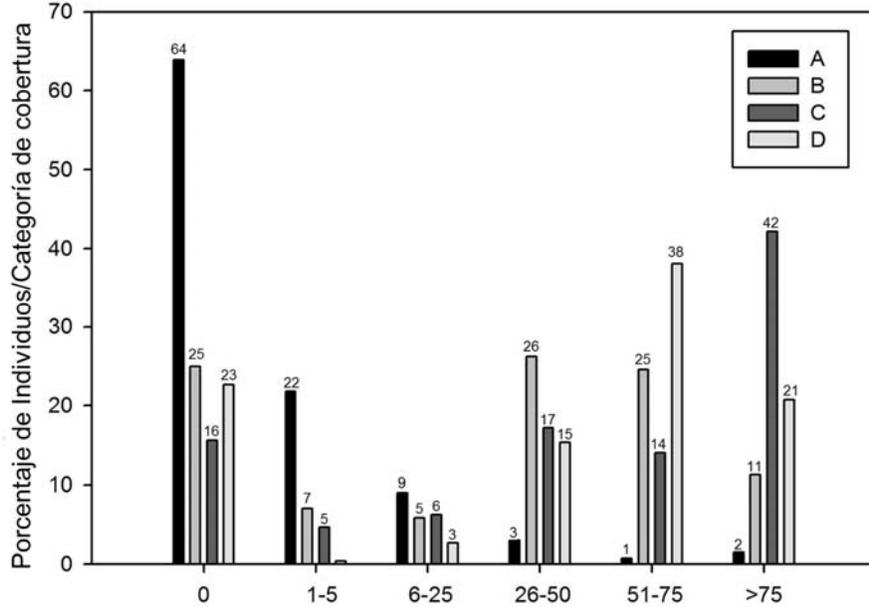


Figura 4. Número de individuos por rango de cobertura de follaje vivo en cada sitio.

4.2 Sotobosque

En lo que respecta a mediciones en sotobosque (Figura 5), los resultados muestran que los sitios con mayor densidad de árboles presentan una menor cobertura de sotobosque, esto se debe a que las copas interceptan los rayos solares y la precipitación, lo cual hace que llegue al sotobosque en forma indirecta, como se puede apreciar en el sitio D, seguido por el B y A. En cambio, el sitio C, el cual presenta la densidad más baja de árboles, la cobertura total de especies es mayor, debido a la mayor disponibilidad de recursos necesarios para el establecimiento de especies como espacio, luz, agua, nutrientes, entre otros.

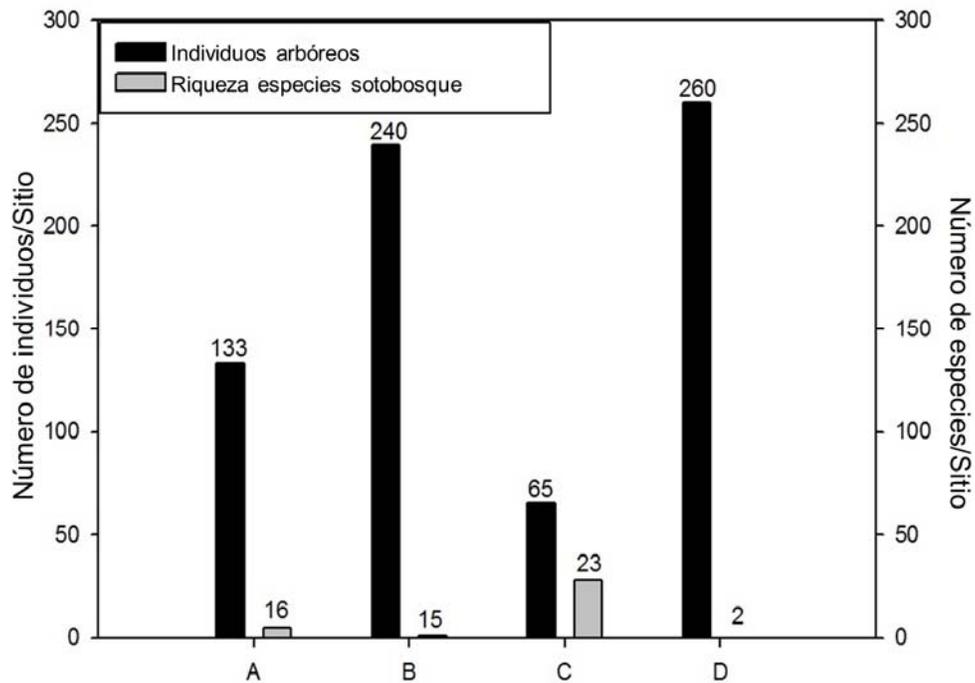


Figura 5. Relación entre la cantidad de árboles y la cobertura vegetal de sotobosque

4.3 Cenizas

La variación del espesor de ceniza entre sitios, mostró una relación significativa con la topografía del sector, donde la pendiente actúa como factor modificador (Figura 6). El espesor de tefra, por tanto, es dependiente de las condiciones locales de la microtopografía.

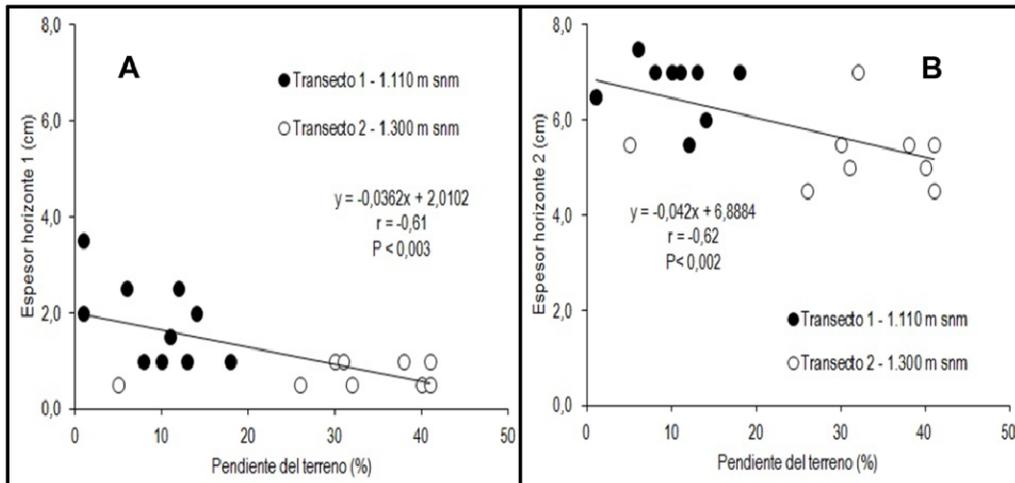


Figura 6. Variación del espesor de cenizas en A) Trasencto 1 y B) Trasencto 2, ambos medidos en profundidades entre 2 a 10 cm aproximadamente.

4.4 Material leñoso

El bosque mixto presentó mayor cobertura lineal de material leñoso en comparación con los bosques puros de *N. pumilio*, donde el principal tipo de material leñoso correspondió a Material Fino con un 94%. En cambio, en el bosque coetáneo de *N. pumilio* (sitio B) el principal tipo de material leñoso correspondió a Troncos de gran tamaño (> 50 cm diámetro) con un 72% (Figura 7).

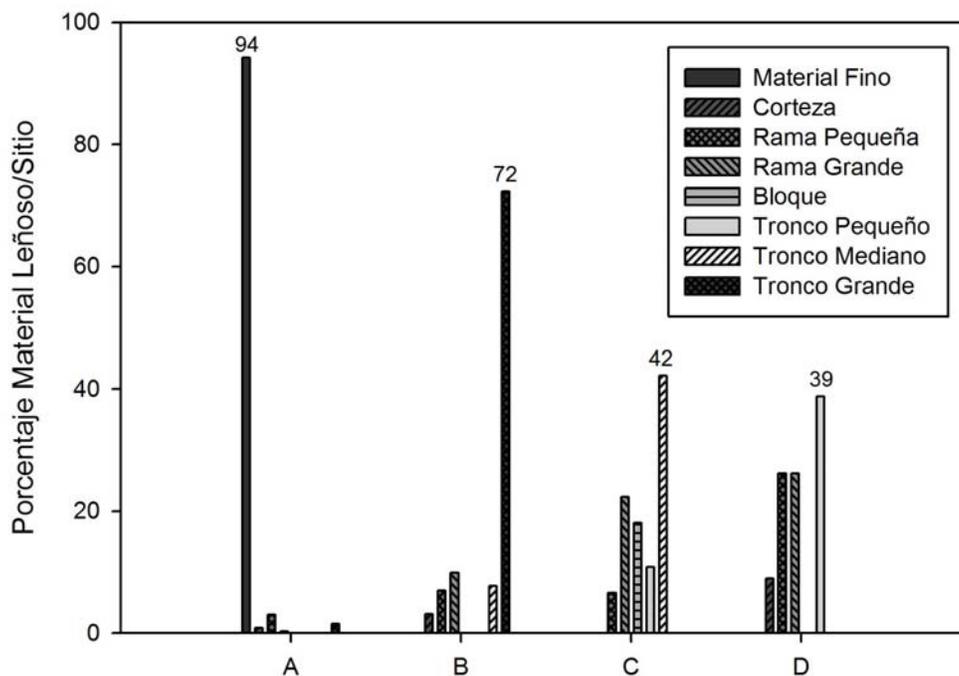


Figura 7. Interceptos leñosos en cada sitio de estudio

5. CALENDARIO DE ACTIVIDADES

| Actividad | Objetivo | Agosto | | Septiembre | | | | Octubre | | | | Noviembre | | | | December | |
|-----------------|------------------------|--------|---|------------|---|---|---|---------|---|---|---|-----------|---|---|---|----------|--|
| | | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | |
| Marco Teórico | Revisión Bibliográfica | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Metodología | Mejoras | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Avances | Avance 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Avance 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Avance 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Escritura Final | Entrega final proyecto | | | | | | | | | | | | | | | | |

6. FUENTES DE FINANCIAMIENTO

- 1) National Science Foundation de Estados Unidos.
- 2) Dirección de Investigación y Desarrollo, Universidad Austral de Chile.

7. REFERENCIAS

Antos, J.A., and Zobel, D.B. 1986. Seedling establishment in forests affected by tephra from Mount St. Helens. *Am. J. Bot.* 73: 495–499.

BCN. 2011. Minuta Cordón Caulle. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. 3 p.

Bermúdez A, D. Delpino. 2011. La actividad el Volcán Puyehue y su impacto sobre el territorio de la república argentina. CONICET – UNCOMA. Neuquén, Argentina. 16 p.

Carn, S.; Pallister, J.; Lara, L.; Ewert, J.; Watt, S.; Prata, A.; Thomas, R.; Villarosa, G. 2009. The unexpected awakening of Chaitén volcano, Chile. *Eos* 90:205-206 p.

Crisafulli, CM, JJ Halvorson, ME González, P Fierro, R Rocco. 2012. Vegetation responses and tephra characteristics following the 2008 eruption of the Chaiten volcano, Chile. XIX Reunión Anual de la Sociedad de Ecología de Chile, Concepción.

Del Moral, R. & C. A. Clampitt. 1985. Growth of native plant species on recent volcanic substrates from Mount St. Helens. *American Midland Naturalist* 14: 3374-383.

Del Moral, R. & S. Yu. Grishin. 1999. The consequences of volcanic eruptions. In L. R. Walker (ed.), *Ecosystems of Disturbed Ground*, Chapter 5; *Ecosystems of the World Series* (D. W. Goodall (Editor-in-Chief), Elsevier Science, Amsterdam).

Donoso, C. 1981. Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile. Documento de Trabajo N°. 38. *Investigación y Desarrollo Forestal (CONAF, PNUD-FAO)* (Publicación FAO Chile).

Donoso, C. (Ed.). 2006. *Las Especies arbóreas de los Bosques Templados de Chile y Argentina. Autoecología*. Marisa Cúneo Ediciones, Valdivia, Chile. 678 p.

Evans M. 2006. Caracterización de la vegetación natural de sucesión primaria en el Parque Nacional Volcán Pacaya y Laguna de Calderas, Guatemala. Tesis de Postgrado de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 91 p.

Franklin, J.F.; MacMahon, J.A.; Swanson, F.J.; Sedell, J.R. 1985. Ecosystem responses to the eruption of Mount St. Helens. *National Geographic Research*. Spring: 198–216 p.

González ME.; T Veblen.; C Donoso & L Valeria .2002. Tree regeneration responses in a lowland JVoi/io/agus-dominated forest after bamboo dieback in south-central Chile. *Plant Ecology* 161: 59-73 p.

González, M.E. Veblen, T.T. 2007. Incendios en bosques de *Araucaria araucana* y consideraciones ecológicas al madereo de aprovechamiento en áreas recientemente quemadas. *Revista Chilena de Historia Natural* 80: 243-253.

González, M.E., M. Szejner, A. Muñoz, J. Silva. 2010. Incendios catastróficos en bosques andinos de *Araucaria-Nothofagus*: efecto de la severidad y respuesta de la vegetación. *Bosque Nativo* 46:12-17.

Kuzera, K. 2005. Monitoring vegetation regeneration and deforestation using change vector analysis: Mt. St. Helens study area. Department of Geography, San Diego State University, United States. 8 p.

Lara, L .2009. The eruption of Chaitén Volcano, Chile: a preliminary report. *Andean Geology*. 36(1): 125-129.

López, L. 2011. Seminario de Geofísica: “Vulcanismo en Chile”. Universidad de Concepción, Chile.

Muñoz, M. 1980. Flora del Parque Nacional Puyehue. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 557p.

Muñoz, Ariel A.; González, ME. 2009. Patrones de regeneración arbórea en claros a una década de la floración y muerte masiva de *Chusquea quila* (Poaceae) en un remanente de bosque antiguo del valle central en el centro-sur de Chile. Rev. chil. hist. nat., Santiago, v. 82, n. 2, junio. 2009. 185-198 p.

Romero, JE. 2012. Algunos antecedentes sobre la breve erupción de Octubre de 2011 en el Monte Hudson, 45°30'S, Andes del Sur. *Pyroclastic Flow, Journal of Geology*. ISSN 0719-0565. Vol.1, n° 1.

Romero, JE; P. Arias. 2012. En el expediente: El volcán Quizapú y la erupción histórica más grande de Chile. *Pyroclastic Flow, Journal of Geology*. ISSN 0719-0565, Vol.1, n° 1, 2012

SERNAGEOMIN. 2012. Ficha Volcán Villarrica. INTERNET: <http://www.sernageomin.cl/archivosVolcanes/20120731113831199FichaVnVillarrica.pdf> / Visto: 29 de Septiembre 2012

Veblen T.T. 1982. Regeneration patterns in *Araucaria araucana* forests in Chile. *Journal of Biogeography* 9(1): 11-28 p.

Veblen TT, D. H. Ashton, F. M. Schlegel. 1977. Plant succession in a timberline depressed by vulcanism in south-central Chile. *Journal of Biogeography*, Vol. 4, No. 3, 275-294 p.

Wilcox, RE. 1959. Some Effects of Recent Volcanic Ash Falls With Especial Reference to Alaska. United States Government Printing Office, Washington. Geological Survey Bulletin 1028-N. 476 p.

ANEXO

Anexo 1. Tabla de referencia para estimación de cobertura de follaje de individuos arbóreos.

| Rango | Porcentaje |
|--------------|-------------------|
| 1 | 0 |
| 2 | 1-5 |
| 3 | 6-25 |
| 4 | 26-50 |
| 5 | 51-75 |
| 6 | >75 |

Anexo 2. Tabla de referencia para la cuantificación de la cobertura en parcelas.

| Dimensión | Cobertura (m²) | Porcentaje de la parcela | Cobertura (m²) |
|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| 1 x 1 | 0,001 | 100 | 250 |
| 3 x 3 | 0,001 | 75 | 187,5 |
| 4 x 4 | 0,002 | 50 | 125 |
| 5 x 5 | 0,003 | 25 | 62,5 |
| 10 x 10 | 0,01 | 10 | 25 |
| 20 x 20 | 0,04 | 5 | 12,5 |
| Tamaño del formulario (tatum) | 0,06 | 3 | 7,5 |
| 20 x 50 | 0,10 | 2 | 5,0 |
| 50 x 50 | 0,50 | 1 | 2,5 |
| 100 x 100 | 1,00 | - | - |

Anexo 3. Categorías para la clasificación de material leñoso.

| Tipo | Código | Descripción |
|----------------|---------------|---|
| Tronco Grande | TG | Tronco >50 cm de diámetro |
| Tronco Mediano | TM | Tronco < 31-50 cm de diámetro |
| Tronco Pequeño | TP | Tronco 5-30 cm de diámetro |
| Bloque | BL | Irregular, pieza leñosa no redonda, > 5 cm de ancho |
| Rama Grande | RG | Rama >5 cm de diámetro |
| Rama Pequeña | RP | Rama 1-5 cm de diámetro |
| Corteza | CO | Cualquier corteza \geq 5 cm |
| Material Fino | MF | Acumulación de material leñoso fino, ramas y ramillas |