



**Universidad de Concepción
Campus Los Ángeles
Escuela de Educación**

**Estudio de calibración polen-vegetación del Parque Nacional Laguna del Laja
(Chile central)**

**Seminario de Título para optar al Título Profesional
Profesora Ciencias Naturales y Biología**

Seminarista : Dayan Geraldine Lagos Almarza.

Profesora Guía : Dra. Laura Beatriz Torres Rivera.

Los Ángeles, 2017

Estudio de calibración polen- vegetación del Parque Nacional Laguna del Laja (Chile central)

Profesora guía

Dra. Laura Torres Rivera

Profesor comisión evaluadora

Dr. Guillermo Pereira Cancino

Profesor comisión evaluadora

Dr. Pedro Quiroz Hernández

Coordinador Seminario de Título

Mg. Fabián Cifuentes Rebolledo



Agradecimientos

A una de las personas más importantes en mi vida, ya no está físicamente pero vivirá por siempre en mi corazón, mi abuelita Norma.

A mi familia por el apoyo incondicional a lo largo de todo este proceso, gracias a mis padres Celina y Germán, por darme la vida, verme crecer y permitirme ser quien soy y por supuesto a mi hermano Alan que ha sido mi compañero y que de seguro de no haber existido mi vida sería muy aburrida.

A todos aquellos profesores que desde temprana edad marcaron mi vida, fueron ejemplos, tuvieron mi admiración y me incentivaron a tomar este camino.

A mis amigos quienes son pocos pero los mejores, como siempre digo no se trata de cantidad sino más bien de calidad. Algunos transitorios, otros que permanecieron a lo largo de todo este proceso convirtiéndose en apoyo fundamental aportando risas, alegrías, retos, tristezas, experiencias, a quienes me aconsejaron y con quienes compartí momentos memorables. Y a quienes aportaron a este proyecto con alojamiento, almuerzos, críticas constructivas, correcciones, y colaboración tanto en gráficos como en el mapa para que todo quedara perfecto.

A mis sobrinas hermosas Anto y Sofí que desde que nacieron han llenado mi vida de amor incondicional y alegrías, por su puesto a su madre mi Panchis mi best of the best.

A todos los que no creyeron en mí, quienes sin querer potenciaban mi lucha por conseguir mis metas y objetivos.

A la comisión evaluadora, por sus aportes y críticas constructivas para la elaboración de este escrito.

Al profesor coordinador de seminario, por participar de éste proceso.

Y finalmente a la maestra, Dra. Laura Torres Rivera por ser como es, por guiarme con paciencia, dedicación alentar con madurez y alegría, por sus consejos, enseñanzas y experiencias de vida... ¡lo logramos!

Gracias totales a cada uno de ustedes por haber participado en este proceso y culminar con éxito.

Dayan Lagos Almarza



“Soporta y resiste ese esfuerzo te será útil algún día”

M^A Rebeca Alarcón Mella

Índice

	Pág.
Resumen	6
Abstract	7
Planteamiento del problema	8
Pregunta de investigación	11
Objeto de estudio	11
Objetivos	11
Hipótesis	12
Marco referencial	13
Historia del polen y sus características estructurales	13
Palinología y su aplicación	19
Diseño Metodológico	23
Área de estudio	23
Enfoque de la investigación	25
Población y muestra	25
Unidad de análisis	25
Dimensión temporal	25
Plan y técnicas de recolección de muestras	26
Estudio vegetacional	26
Muestreo de lluvia polínica	26
Plan y técnicas de análisis	28
Resultados	31
Vegetación	31
Lluvia polínica	34
Índices	39
Discusión	41
Análisis vegetacional	41
Análisis de lluvia polínica e índices	43
Conclusiones	47
Alcances de la investigación	48
Bibliografía	49



Resumen

Factores naturales y antrópicos pueden alterar el funcionamiento de los ecosistemas, pudiendo provocar graves consecuencias. Por tanto, se hace urgente conocer la historia pasada de los sistemas naturales para crear una base de datos sólidos que permita inferir el nivel de gravedad de aquellas consecuencias. En este sentido, la reconstrucción de la vegetación a partir de los granos de polen y esporas contenidos en los sedimentos del fondo de lagos aporta información relevante; sin embargo, se hace necesario indagar previamente en la relación polen-vegetación para una adecuada interpretación del registro palinológico pasado.

Esta investigación consistió en relacionar la vegetación existente con la lluvia polínica contenida en musgo y suelo del Parque Nacional Laguna del Laja. Se trabajó en tres sectores del parque: Las Chilcas, Memorial y Administración. Las muestras de musgo y suelo fueron tomadas entre diciembre de 2015 y enero de 2016. El estudio vegetacional se realizó mediante el método de la línea transecta. La relación lluvia de polen-vegetación se estableció mediante el cálculo de los índices de asociación (A), sobrerrepresentación (O), subrepresentación (U) e indicador (I).

Los resultados muestran que son 6 especies que alcanzan un buen índice (A) en ambas trampas mientras que, en musgo solo 1 especie es indicadora clave. Por lo tanto, la lluvia polínica contenida en musgo presenta una mejor relación entre el polen y la vegetación. Por lo que, se sugiere profundizar en el conocimiento de las características ecológicas de estas especies antes de enfrentar futuros estudios de reconstrucción ambiental.

Palabras claves: Lluvia polínica, relación polen-vegetación, musgos, suelo, índices de asociación.

Abstract

Natural and anthropogenic factors can alter the functioning of ecosystems, and can cause serious consequences. Therefore, is urgent to know the past history of the natural systems to create a solid database that will allow us to infer the level of seriousness of those consequences. In this regard, the reconstruction of the vegetation from the pollen and spores contained in bottom sediments of lakes contributes relevant information; however, is necessary to investigate the pollen-vegetation relationships for an appropriate interpretation of the past palynological record.

Therefore, the vegetation was related with the pollen rain contained in moss polster and soil traps in three sites of the Parque Nacional Laguna del Laja. The Line Transect method was applied by the vegetational study. The vegetational and pollen rain was related through the Association index (A), Over-representation index (O), Under-representation index (U) and the type- indicator index I.

The results show that *Austrocedrus chilensis*, *Baccharis sp./Haplopappus sp.*, *Gaultheria sp.*, *Mutisia sp*, *Orites sp./Lomatia sp.*, *Poaceae* and *Chloraea sp.*, present an association index (A) high. While, *A. chilensis* is the only species that presents a good type-indicator index I; therefore, may be the best indicator of this ecosystem. Also, the pollen rain contained in moss presents a better relationship between pollen and vegetation that the soil traps. Finally, ecological studies of this species are suggested before the environmental reconstruction research.

Key Words: polen rain, pollen-vegetation relationships, moss, soil, association index.

Planteamiento y justificación de la investigación

En la naturaleza, los organismos interactúan dentro del contexto del ecosistema, el cual se define como una unidad formada por dos componentes básicos que interactúan: el componente vivo, o biótico y el físico, o abiótico (Smith y Smith, 2007). Se sabe que los ecosistemas están en permanente interacción y van sufriendo modificaciones constantemente (Curtis, Barnes, Scnek, Flores, 2006; Solomon, Berg, Martin, 2008), y por tanto, no son unidades estables en el tiempo. De manera natural son muchas las formas por las que se puede romper la estabilidad de un ecosistema, como lo son las erupciones volcánicas, los sismos y el cambio climático (sequías, exceso de precipitaciones, periodos cálidos y fríos). Por ejemplo, durante el pasado el planeta experimentó dos anomalías climáticas: El Periodo Cálido Medieval (*Medieval Warm Period, MWP*), el cual correspondió a un periodo más cálido entre los años 900 AD y 1200 AD, y La Pequeña Edad del Hielo (*Little Ice Age, LIA*), correspondiente a un periodo más frío entre los años 1200-1900 AD (Soon, Baliuna, Idso, Idso & Legates, 2003; Bradley, Hughes, & Diaz, 2003), las cuales generaron importantes cambios en los ecosistemas del mundo y de Chile (Villalba, 1994; Jenny *et al.*, 2002; Torres *et al.*, 2008).

Sumado a los cambios de origen natural están los de origen antrópico, asociado al uso e intervención del ambiente por parte del hombre, el cual ha ido cambiando a través de la historia. Así, su capacidad de modificar los ecosistemas dejó de ser limitada y puntual, como en los orígenes de la historia del hombre, transformándose actualmente en una amenaza, inclusive, para su propia supervivencia. Un ejemplo de lo anterior es el contraste entre la limitada intervención asociada a los aborígenes chilenos, los cuales vivieron en equilibrio con su entorno y sus actividades no debieron haber causado mayores alteraciones al ecosistema (Cisternas y Torrejón, 2002; Bengoa, 2000; Bullock, 1958; Latcham, 1936; Torrejón, 2001; Torrejón y Cisternas, 2002; Torrejón y Cisternas, 2003) con el mayor impacto que generó a partir de la segunda mitad del siglo XVI y hasta el principio del siglo XIX la introducción de especies y la producción intensiva del trigo (Peña, 1988; Oyarsún, 1993a, 1993b; Torrejón y Cisternas, 2002).

Pero, independiente si la causa de cambio es natural o antrópica, los efectos de ésta son importantes de estudiar debido a que permitirán predecir las respuestas de los ecosistemas frente a los problemas ambientales actuales y venideros. Sin embargo, para

prever de manera más efectiva las consecuencias de estos cambios, se hace necesario trabajar con un set de datos substanciales; lo cual, ha obligado desde hace muchas décadas a obtenerlos incursionando en el pasado. En ésto, la vegetación juega un rol fundamental ya que su evolución es el resultado de procesos históricos de diversa índole, como los relacionados al clima, a cambios atmosféricos, a la aparición y desaparición de barreras geográficas, a alteraciones de la fauna, al hombre, a las invasiones biológicas y, finalmente al calentamiento global (Terrada, 2001). Por tanto, para comprender la dinámica de los ecosistemas en el presente y futuro es fundamental conocer la historia de los ecosistemas, siendo la vegetación una de las fuentes de información más valiosa para cumplir lo anterior.

La ciencia que estudia la vegetación en el pasado se enmarca dentro de la paleobotánica y su principal herramienta es la paleo-palinología (Roberts, 1998), siendo la palinología “la parte de la botánica dedicada al estudio del polen y, por extensión, al de las esporas”, tanto desde un punto de vista morfológico como citológico, fisiológico y funcional (Trigo *et al.*, 2008). Ésta trabaja sobre la base de una serie de supuestos como son: a) el polen y las esporas son producidas en abundancia y sólo unos pocos son utilizados con objetivos de reproducción, b) los granos de polen y esporas son identificables a varios niveles taxonómicos, c) polen y esporas son mezclados en la atmósfera por los vientos resultando en una lluvia polínica uniforme sobre un área dada, d) la proporción de cada tipo polínico en la lluvia polínica depende de las abundancias de sus plantas de origen; por lo tanto, la composición de la lluvia polínica es en función de la composición vegetacional y e) polen y esporas son preservados en los sedimentos anaeróbicos del fondo de lagos, lagunas y océanos; así como, en ambientes de turberas y pantanos (Roberts, 1998; Salgado-Labouriau, 1984).

Luego, al extraer este sedimento del fondo de ciertos cuerpos de agua, como los sistemas lacustres, es posible recuperar los granos de polen y esporas preservados a través del tiempo y analizarlos para inferir la comunidad vegetal que le dió origen y a través de esto investigar la historia de la vegetación (Trivi de Madri, Burry, D’Antoni, 2006).

Sin embargo, el estudio de la relación polen-vegetación puede ser complicado en algunas áreas en donde por ejemplo la dinámica de los vientos y las características geomorfológicas de la cuenca del lago influyen en la distribución y dispersión de la lluvia polínica (Anderson y Koehler, 2003), sumado a lo anterior, la relación polen moderno y

vegetación no es uno a uno (Burry, Trivi de Madri y D' Antoni, 2001). Por lo tanto, si se pretende incursionar en la reconstrucción de la historia ambiental de una región a través del estudio de los granos de polen y esporas fósiles, primero es necesario conocer la dispersión y la depositación del polen actual y considerar la relación existente entre la vegetación y el polen y esporas que ésta produce a diferentes escalas espaciales y temporales (Godwin, 1934a, 1934b; Erdtman, 1943; Janssen, 1970)

Es decir, al enfrentar estudios ecológicos actuales es posible calibrar la lluvia de polen con la vegetación que le da origen, lo cual es una herramienta primordial en estudios paleoambientales (Reese, 2003; Rull, 2006; Trivi *et al.*, 2006) En este sentido, numerosos autores han establecido que los estudios de calibración son fundamentales en la investigación paleoecológica (Anupama, Ramesh & Bonnefille, 2000; Anderson y Koehler, 2003; Barboni, Bonnefille, Prasad & Ramesh, 2003; Court-Picon, Buttler & Beaulieu, 2005) y se han transformado en la información base para reconstruir el pasado climático de un área geográfica. La importancia radica en que la lluvia polínica en una localidad puede no estar representando a la vegetación del lugar, ya sea por aporte de polen externo o sobre y sub representación de algunas especies. La sobrerrepresentación o subrepresentación de los granos de polen y esporas se puede deber principalmente al tipo de dispersión que presenta, ya sea entomófilo o anemófilo (Wilmshurst & Mc Glone, 2005; González-Porto *et al.*, 2013). Por tanto, el estudio previo de calibración, polen-vegetación, evita incurrir en errores en la interpretación de los ensambles polínico de tiempos pasados (Xu *et al.*, 2009).

Por ejemplo, a partir de un estudio realizado por Torres *et al.*, (2008) se muestran cambios vegetacionales durante los últimos 2.800 años para la cuenca del lago Laja (Chile central), en donde el tipo polínico *Nothofagus* tipo *dombeyi* es el más abundante, surgiendo la pregunta si esta especie dominó la cuenca del lago en el periodo de tiempo correspondiente, considerando la sobrerrepresentación de este tipo polínico en la lluvia de polen (Chang- Martínez y Domínguez- Vázquez, 2013). Resultados preliminares, aún no publicados (Torres, comm pers.), indican para la cuenca del lago Laja una sobrerrepresentación del tipo polínico *Nothofagus* tipo *dombeyi*, así como, de los grupos anemófilos. Por lo anterior, se hace necesario profundizar en estudios de la relación polen-vegetación en la cuenca del Lago Laja para interpretar de manera más fidedigna los ensambles polínicos pasados.

Pregunta de Investigación

¿Cómo se relaciona la lluvia polínica contenida en dos trampas naturales, musgos y suelo, con la vegetación existente en el Parque Nacional Laguna del Laja?

Objeto de Estudio

La relación entre la vegetación presente y los granos de polen y esporas contenidas en los musgos y las muestras de suelo.

Objetivo General

- ✓ Relacionar la vegetación existente con la lluvia polínica contenida en musgo y suelo del Parque Nacional Laguna del Laja.

Objetivos Específicos

- ✓ Determinar los granos de polen y esporas contenidos en los cojines de musgos en tres sectores del Parque Nacional Laguna del Laja.
- ✓ Identificar los granos de polen y esporas en las muestras de suelo en tres sectores del Parque Nacional Laguna del Laja.
- ✓ Caracterizar la composición vegetacional en tres sectores del Parque Nacional Laguna del Laja.
- ✓ Calcular abundancias relativas para los granos de polen y esporas, índices de asociación (A), subrepresentación (U), sobrerrepresentación (O) e indicador (I) para el Parque Nacional Laguna del Laja.

Hipótesis

- ❖ El análisis palinológico realizado a partir de las muestras de suelo del Parque Nacional Laguna del Laja tiene un mayor número de taxas con un índice de asociación alto que las contenidas en las muestras de musgo.
- ❖ Los granos de polen y esporas contenidos en las muestras de suelo del Parque Nacional Laguna del Laja tiene un menor índice de sobrerrepresentación y subrepresentación que los contenidos en las muestras de musgo.



Marco referencial

Historia del polen y sus características estructurales

El polen ha sido conocido desde tiempos antiguos, éste se consumía como alimento e incluso ciertas culturas le atribuían propiedades terapéuticas (Trigo *et al.*, 2008). Sin embargo, los botánicos y agrónomos de la antigüedad no analizaron ni abarcaron otros aspectos fisiológicos, así como, tampoco sospecharon la función fecundante del polen (Trigo *et al.*, 2008). Ya en el siglo V a. de C. Herodoto (484-425 a. de C.) observó en sus viajes a Asiria que las palmeras datileras eran de dos sexos y que la planta hembra era fertilizada por los indígenas sacudiendo su copa con ramas de la planta macho, lo que provocaba la diseminación de las partículas fecundantes (Fonnegra y Jimenez, 2007). Así, durante siglos el polen ha sido utilizado tanto como alimento y medicina; Hipócrates y Plinio el Viejo lo recomendaban contra un gran número de enfermedades; los vikingos en sus viajes lo mezclaban con miel; los chinos hacían tortas de polen y miel que, secadas al sol, servían de alimento en tiempo de escasez (Fonnegra y Jimenez, 2007).

Pero, según Sáenz de Rivas (1978), no es hasta el siglo XIX cuando se comienza a estudiar la morfología polínica. Francis Bauer (1758-1840) hizo magníficos dibujos de polen de 181 especies correspondientes a 57 familias. Luego, en la última década del siglo XIX se publicó la obra del alemán H. Fisher, quien logró interpretar y analizar la tétadra después de 53 años de haberla descrito, en la que se incluyen 2.200 pólenes correspondientes a 158 familias (Trigo *et al.*, 2008).

A partir de esa época, el conocimiento de los granos de polen ha incrementado considerablemente de la mano de trabajos referentes a técnicas de análisis, sistematización de los caracteres polínicos, creación de terminología polínica y diversos estudios morfológicos, abarcando cada vez mayores campos de la ciencia en los que se aplica la palinología (Trigo *et al.*, 2008).

Así, el término polen viene del latín *pollen* que significa polvo fino o flor de harina. Fue usado por Linneo y se introdujo al español con el significado de polvo fecundante (Fonnegra y Jimenez, 2007). El polen (figura 1) es para algunos el microgametófito masculino de las plantas espermatófitas (Burjachs, 2006), mientras que para otros, es el

elemento reproductor masculino, que mantiene la continuidad genética en las plantas con flores de una generación a otra (Fonnegra y Jimenez, 2007).



Figura 1. Granos de polen de calistemon o escobillón (*Callistemon sp*) saliendo de las anteras (imagen extraída de Burjachs, 2006).

Existen diversas clasificaciones polínicas que se basan en aspectos como relación eje polar-eje ecuatorial, número de aperturas o números de granos que se asocian al momento de salir de la antera, forma y ornamentación (Saéñz, 2004).

Así, una vez que los granos de polen están maduros y salen de la antera pueden hacerlo de distintas formas. En base a esto se clasifican de la siguiente manera (Saéñz, 2004; Trigo *et al.*, 2008):

- a) Mónada, en donde los granos de polen maduros al salir de las anteras no permanecen unidos.
- b) Diadas, si los granos de polen maduros se encuentran unidos en pares (figura 2A).
- c) Tétradas, cuando los granos de polen se encuentran unidos en grupos de cuatro.

Estos a su vez se subdividen en (figura 2B-G):

- Tétradas uniplanares, en donde los ejes polares de todos los granos de polen se encuentran en un mismo plano.

- Tétradas multiplanares, si los ejes polares se disponen en diferentes planos (Bogotá, 2002).

d) Poliadas, en donde el número de granos de polen es variable (2H-I).

A veces incluso toda la masa de los granos de polen formados en una antera se propagan juntos, constituyendo las llamadas polinias (figura 2 J).

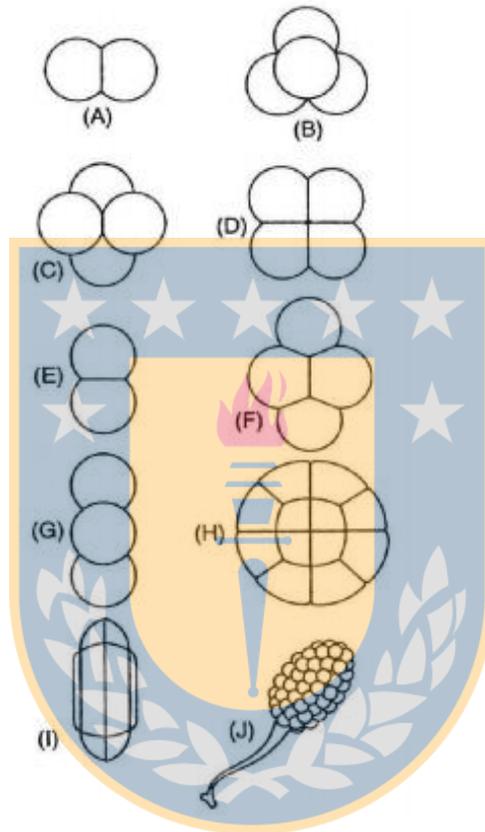


Figura 2. Morfología de las asociaciones más frecuentes de los granos de polen. (A) díada, (B- G) tétradas, (H- I) poliadas , (J) polinario Modificada de Laín, 2004.

De igual forma, los granos de polen pueden variar de forma según la relación eje polar y eje ecuatorial (figura 3A). Esta, puede experimentar leves variaciones según el grado de humedad del medio ambiente, ya que son capaces de absorber agua (Laín, 2004); sin embargo, el polen maduro, presenta una morfología bien definida que por lo general permite la identificación de la planta de la cual procede (Anero *et al.*, 2008). La figura 3 resume las principales formas asignadas a los granos de polen.

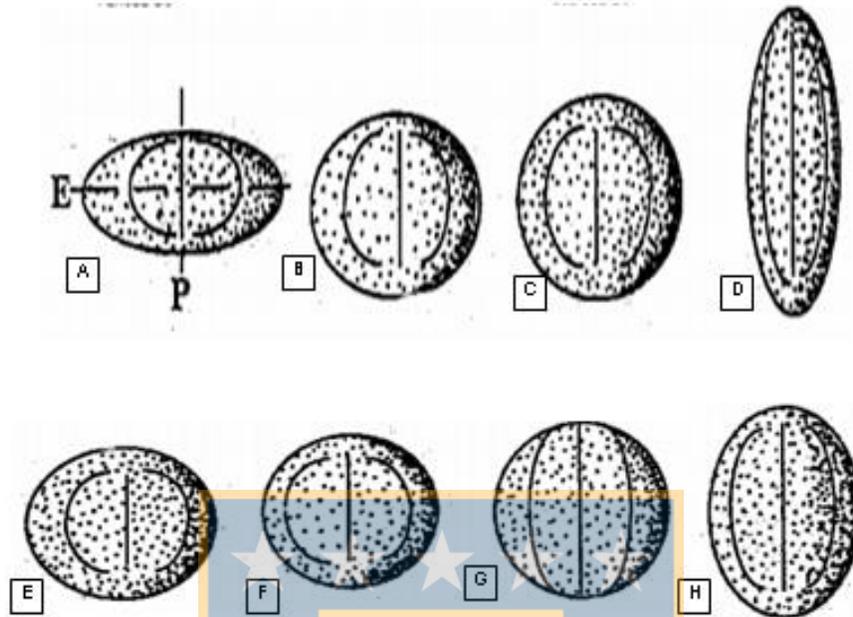


Figura 3. Formas del grano de polen. A) Perobolado; B) Oblado; C) Sub- oblado; D) prolado; E) oblado esferoidal; F) esferoidal; G) prolado esferoidal; H) sub- prolado. Modificada de Barrientos, 2006.

Las aperturas que presentan los granos de polen, son áreas adelgazadas y especialmente delimitadas de la exina, existen de forma alargada denominándose colpos; o de forma circular, llamadas poros; y cuando se encuentra una combinación de ambas se llaman colporos. (Barrientos, 2006; Anero *et al.*, 2008). La descripción de las aperturas del polen se basa principalmente en los siguientes aspectos: número, forma, posición y estructura. Con respecto al número de aperturas, estas pueden ser muy variable y por tanto hay pólenes inaperturados, mono-, di-, tri- o poliaperturados, cuando pasan de cuatro aperturas.

Según estos elementos, los granos se clasifican en:

- Inaperturados: si no presentan aperturas
- Colpados: si presentan colpos
- Porados: si presentan poros

- Colporados: cuando presentan colpos y poros (Punt *et al.*, 2007).

La ornamentación o relieve de los granos de polen, está formada por los elementos esculturales que se disponen sobre la superficie de éste (Anero *et al.*, 2008).

La exina (capa más externa de la pared celular de un grano de polen), no es una capa lisa y continua, el tectum presenta una serie de elementos de relieve (figura 4), cuyo eje mayor no sobrepasa las 5 micras de longitud y pueden ser: espinas, báculos, verrugas, gemas, filos, cavas (Punt, *et al.*, 2007).

Éstas son una respuesta adaptativa a los procesos de dispersión y polinización, por lo que pueden adoptar diversas formas (Anero *et al.*, 2008), las que son necesarias para lograr la identificación de los granos de polen (Laín, 2004; Punt, *et al.*, 2007).



Figura 4. Ornamentación; elementos estructurales en sección transversal. Modificada de Laín, 2004.

El tamaño del polen es microscópico, éste varía de unas especie a otra y es una característica que permanece constante para cada una de ellas (Laín, 2004), mide entre 8 y 50 μm de longitud, siendo raramente de mayor tamaño. Los autores indican que el polen es considerado también como una aglomeración de células microscópicas, las cuales presentan una gama de colores variados que van desde el blanco hasta el negro pasando por diferentes tonos como amarillo, anaranjado, verde, café, etc., en tanto que su olor es característico de la especie vegetal que lo produce. Ibarra-Morales y Fernández-Galán (2012) señalan que el polen y las esporas presentan características similares en tamaño (frecuentemente entre 20 y 40 micras), además, ambos están formados por paredes fuertes y resistentes pero éstas son morfológicamente diferentes. De hecho, la principal diferencia de éstos se debe a la función que cumplen. Aun así, ambos son el resultado de

la división celular en la cual se reduce a la mitad la cantidad de cromosomas y necesitan ser transportadas para cumplir sus funciones.

Ahora bien, es mediante el proceso de polinización que el polen es transportado de una flor a otra por distintos agentes ya sea el viento, agua, aves, murciélagos e insectos (Fonnegra y Jimenez., 2007). En general, una gran parte del polen de pequeño tamaño presenta una dispersión por viento (anemófila) para poder diseminarse mejor (Laín, 2004; Punt, *et al.*, 2007) y el resto, en una menor proporción es dispersado por insectos (entomófila), o por un mecanismo de expulsión de la planta que los produce (Limón, 1980)

Así también, el grano de polen, consta de una parte viviente llamada protoplasma y de una inerte o pared celular denominada esporodermis capaz de resistir la pérdida de agua, la cual evita la desecación durante la polinización, es decir, el paso desde la antera hasta el estigma de las flores y ante condiciones adversas (Fonnegra y Jimenez., 2007).

Por su parte, la esporodermis está conformada por una membrana protectora externa denominada exina, la cual se divide en nexina y sexina; además de una capa interna llamada intina (figura 5). La resistencia de la capa más externa se debe a la presencia de un polisacárido, la esporopolenina (Burjachs, 2006). Esta membrana protectora, desde el punto de vista taxonómico es muy relevante debido a que es la que contiene las características descritas con anterioridad como número, disposición y forma de las aperturas de la pared.

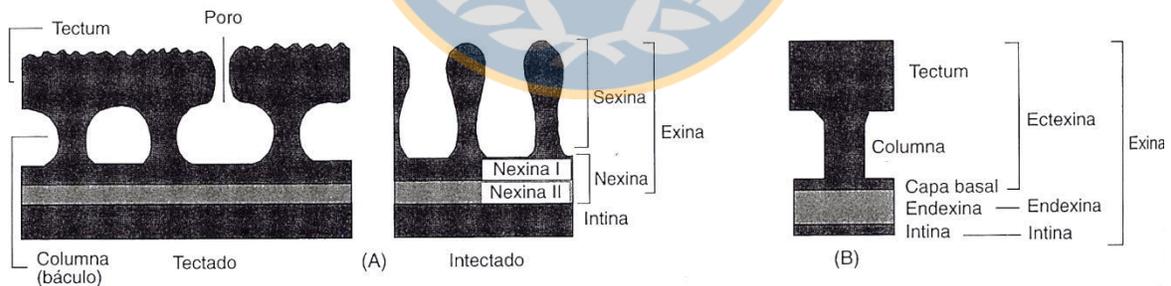


Figura 5. Estructura de la exina de los granos de polen y su correspondiente interpretación y nomenclatura. (A) Según Ertman, 1960 y (B) según Faegri y Iversen, 1964 Extraída de Izco *et al.*, 2005.

Entonces, al ser la capa externa del polen muy resistente, éste se puede conservar por largos períodos en los depósitos geológicos y se transforma así en una herramienta útil

para conocer qué vegetación habría habitado un determinado lugar en el pasado, por más remoto que éste fuera (Burjachs, 2006).

Palinología y su aplicación

La palinología es la ciencia que estudia el polen y las esporas (Ramírez, 2009). Como se expresó en el planteamiento del problema el análisis de la relación de la lluvia de polen y la vegetación actual constituye una herramienta fundamental para obtener información sobre la dinámica ecológica actual e integra una fuente de información para los estudios paleoecológicos (Escarraga-Paredes, Torrescano-Valle e Islebe, 2014)

Los granos de polen y esporas se juntan en la atmósfera y pueden llegar a acumularse en el fondo de los lagos (figura 6) ya que éstos, son llevados a cortas distancias desde una planta a otra en el mismo ecosistema, o también pueden ser arrastrados por corrientes de aire ascendentes hacia la atmósfera, donde éstos se mezclan y forman una suspensión homogénea. Luego, estos granos caen sobre la tierra como lluvia, conocida como lluvia polínica (Salgado- Labouria, 1984).

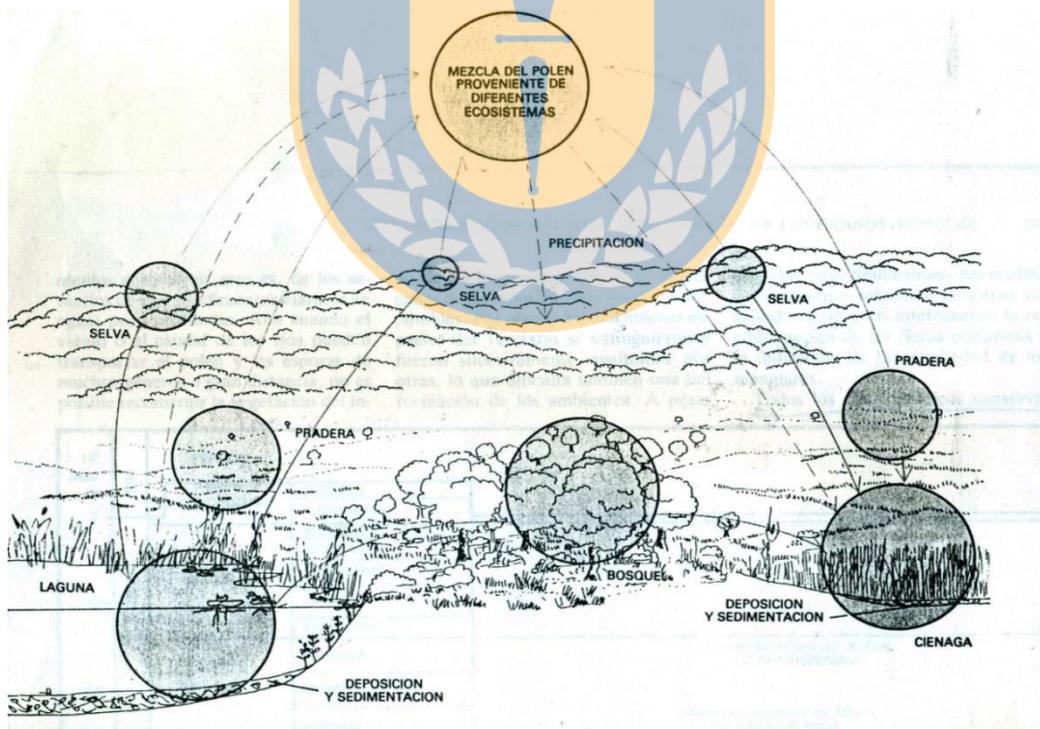


Figura 6. Transporte de polen y esporas por el viento (Imagen extraída de Salgado- Labouria, 1984).

De igual forma, Salgado-Labouria (1984) señala que también este proceso ocurre con las esporas, en el sentido que solo algunas caen al suelo para el desarrollo de la planta y un gran porcentaje de los granos que forman parte de ésta precipitación polínica caen sobre la superficie de la tierra. Luego, estos se depositan en el fondo del mar, lagos, lagunas, ciénagas y turberas; en donde se acumulan con otros detritos y forman a lo largo del tiempo, el sedimento.

Ahora bien, el conjunto de plantas tienen una representación polínica única en los distintos ambientes, por lo que el estudio de la lluvia polínica actual contribuye al entendimiento de la representación del polen en las secuencias sedimentarias ayudando a mejorar la interpretación y la reconstrucción a partir de estos registros (Bush, 1991; Birks, 2003). Sin embargo, es fundamental para su empleo asumir el supuesto de que la diversidad del polen presente en los sedimentos, se encuentra proporcionalmente relacionada con la composición de especies vegetales dentro de un paisaje determinado (Burry, Trivi, Palacio y Lombardo, 2001; Islebe, Gutiérrez y Sánchez, 2001; Correa y Lozano, 2004; Madanes y Millones, 2004; Torrescano-Valle, Islebe y Rogel 2004, 2007; Finsinger *et al.*, 2007; Carrillo-Bastos, 2008).

Por esto, la literatura especializada indica que para enfrentar los estudios de reconstrucción vegetal pasada es imprescindible realizar estudios de la lluvia polínica, con la finalidad de conocer cómo la vegetación se representa en ésta. Varios autores han destacado la importancia de este tipo de estudios en la obtención de datos sobre la distribución de la flora y la relación polen-vegetación (Jackson, 1991; Páez, Villagrán *et al.*, 1997; Lupo, 1998; Weng, Bush & Silman, 2004).

Por esta razón, la palinología resulta una herramienta útil para la interpretación de la dinámica vegetal y el análisis de patrones biológicos de distribución (Escarraga- Paredes, *et al.*, 2014), tanto natural, como los causados por el efecto humano. Así por ejemplo, Lara, Solari, Prieto y Peña, (2012) mencionan que a través de ésta ciencia es posible entender de mejor manera la historia indígena de ocupación del territorio y de los procesos que han llevado a los cambios en la cobertura vegetal.

Particularmente en Chile, la palinología es una ciencia ampliamente desarrollada en la interpretación de las características ambientales pasadas. Estas han sido desarrolladas en diversas áreas geográficas, desde el Norte (Maldonado, Betancourt, Latorre & Villagrán, 2005; Maldonado y Villagrán, 2002; Maldonado y Villagrán, 2006), Centro

(Jenny *et al.*, 2002; Villa- Martínez, Villagrán & Bettina, 2003; Villa-Martínez, Villagrán & Bettina, 2004; Torres *et al.*, 2008) y hasta el sur de Chile (Abarzúa, Villagrán & Moreno, 2004; Heusser, 1974; Heusser, Street & Stiuver, 1981; Heusser, Rabassa, Brandani & Stuckenrath, 1988; Heusser, 1990; Heusser, Heusser & Lowell, 1999; Lara & Villalba, 1993; Moreno, 1997; Moreno, Lowell, Jacobson & Denton, 1999; Moreno, Jacobson, Lowell & Denton, 2001; Moreno & León, 2003; Moreno, 2004; Villagrán, 1990), permitiendo reconstruir las variaciones climáticas a partir del último máximo glacial.

Sin embargo, el éxito de su uso en las reconstrucciones dependerá de la calidad de la calibración de los datos, así como de la capacidad de establecer relaciones entre las comunidades vegetales y las asociaciones polínicas (Finsinger *et al.*, 2007). Es por ello, que los estudios de lluvia de polen son indispensables para comprender la relación entre la vegetación y el registro polínico actual, considerando que la composición de especies vegetales será la que determine la diversidad, el número de tipos polínicos y su concentración (Davies y Fall, 2001; Islebe *et al.*, 2001; Kasprzyk, 2006; Madanes y Millones, 2004; Nitiu, 2009).

A pesar de la contribución que han hecho los trabajos de reconstrucción vegetacional y climática en Chile, son pocas las investigaciones que han incorporado estudios de lluvia polínica y cómo ésta se relaciona con la vegetación existente. Así, tempranamente Heusser & Streeter, (1980) con la finalidad de interpretar un registro palinológico de 16.000 años desde el Lago Alerce en el sur de Chile, realizaron un estudio previo de lluvia polínica a partir de muestras de suelo. Por su parte, Páez *et al.*, (1997) estudiaron la vegetación y la lluvia polínica a lo largo de una transecta climática considerando un bosque lluvioso templado y un bosque subtropical esclerófilo en Chile y el desierto de monte y estepa patagónica en Argentina. Así, utilizando el suelo como contenedor de lluvia polínica mostraron una buena correlación entre el polen y la vegetación.

Por su parte, también es posible calibrar el polen moderno con el clima de un área determinada, lo cual cumple con el mismo objetivo, es decir, interpretar de forma más confiable el registro polínico pasado. Lo anterior, fue el fin de Markgraf, Webb, Anderson & Anderson, (2002) para el sur de Chile, en donde analizando la lluvia polínica de muestras de suelo y sedimento lacustre lograron determinar qué grupos vegetales son los mejores indicadores de temperatura y precipitación. Por ejemplo, los autores evidencian que las mayores abundancias de *Nothofagus* tipo *dombeyi* se asocia a sectores más húmedos, habiendo ausencia de este tipo en sectores más secos como la estepa y que

los porcentajes de *Misodendrum sp* disminuyen notoriamente con precipitaciones inferiores a 200mm de agua caída al año.

Finalmente, Villa-Martínez *et al.*, (2003) con la finalidad de interpretar el registro palinológico de la Laguna Aculeo en la zona central de Chile, realizaron un estudio preliminar de lluvia polínica usando muestras de suelo a lo largo de una transecta vegetacional entre los 200 metros y 2.000 metros de altura. Los autores encontraron que bajo los 800 metros de altura predominan los grupos polínicos de la vegetación que rodea directamente al lago, siendo proporcionalmente abundante en herbáceas. Entre los 800 metros y 1.950 metros hay un cambio hacia tipos polínicos de vegetación de un bosque esclerófilo, siendo *Quillaja saponaria* la especie más abundante. Por último, los autores encuentran que sobre los 1.950 metros hay una fuerte predominancia polínica de *Nothofagus* tipo *dombeyi*. Por tanto, encontraron que la lluvia polínica representa de forma adecuada a la vegetación existente en el lugar y mantiene el gradiente desde un tipo polínico más herbáceo cerca del lago a más arbóreo en la medida que se alejaban del cuerpo de agua. Luego, sobre la base de esta información reconstruyeron la historia climática del sector durante los últimos 7.500 años. Hay que destacar que ninguno de los trabajos de lluvia polínica citados para Chile reporta el uso de índices para relacionar la lluvia polinia y la vegetacion existente.



Diseño Metodológico

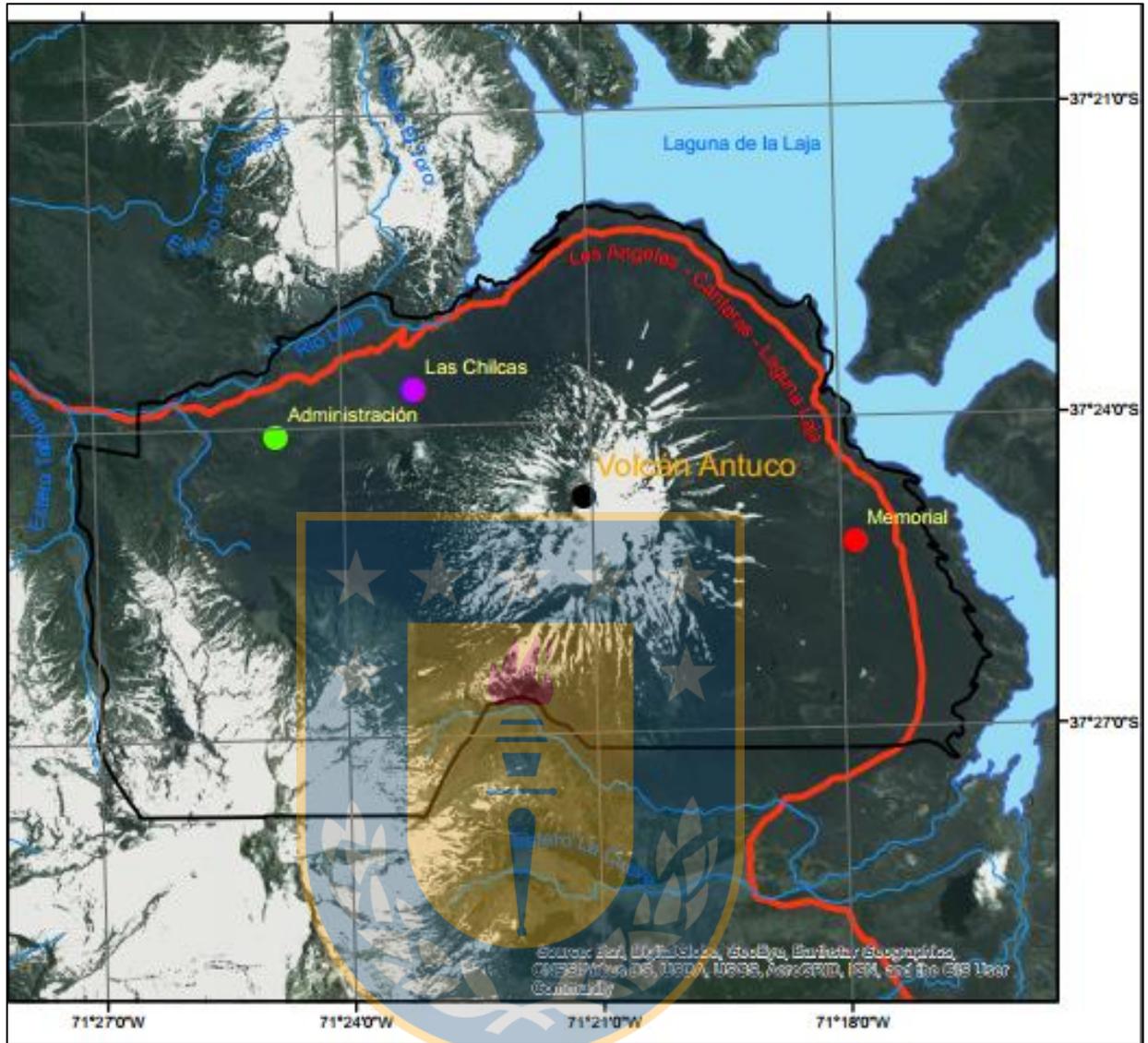
Área de estudio

El Parque Nacional Laguna del Laja está ubicado en la comuna de Antuco, Provincia del Biobío, Chile. Está comprendido entre los 37° 22' y 37° 28' de latitud Sur, y los 71° 16' y 71° 26' de longitud Oeste (figura 7).

El parque es dominado totalmente por el grupo volcánico Antuco, el cual está constituido por tres unidades. En orden de edad decreciente son: Volcán Sierra Velluda, el Volcán Cerro Cóndor y Volcán Antuco. La Laguna del Laja rodea parcialmente al grupo volcánico. Su espejo está a 1.360 msnm, es un embalse volcánico y sus bahías se han formado en los valles glaciares afluentes. Están emplazados sobre un basamento Mesozoico constituido por la formación Curamallín. Esta formación aparece integrada por conglomerados y areniscas gruesas, brechas volcánicas, queratófiros cuarcíferos y tobas queratófíricas, de depositación terrestre. En estas rocas fue excavado el gran valle del Laja, primero por la erosión fluvial y, más tarde, por los glaciares de las diferentes épocas glaciales. A la erosión glacial se debe el ancho cajón que caracteriza el actual valle andino del Laja. El estrechamiento que presenta la parte alta cerca del Lago es solo aparente y, se debe a que el antiguo cajón glacial ha sido rellenado por sedimentos glaciales (morrenas) y por las enormes masas de lavas y escorias producidos por volcanes Sierra Velluda, Cerro Cóndor, Laja y Antuco (CONAF, 1993).

El parque consta de un clima cálido mediterráneo húmedo estando bien definidas las estaciones, con veranos cálidos e inviernos lluviosos (Di Castri y Hajek, 1976).

De acuerdo a Rondanelli, Ugarte, Meier- Sarger, (2000), la vegetación presente en el Parque corresponde a estepa alto-andina, subhúmeda y bosque caducifolio alto Andino, de la cordillera, la composición florística de muestreo está caracterizada por la asociación de *Austrocedrus chilensis* y *Orites myrtoidea*. Esta asociación corresponde a un bosque bajo y abierto, en ellas podemos encontrar participación de algunas especies como *Lomatia hirsuta*, *Colletia ulcina*, *Schinus polygamus*, *Baccharis magallanica* y *Fabiana imbricata*.



Leyenda		Coordenadas Geográficas	
● Administración	▭ Parque Nacional Laguna del Laja	Superficie del Parque: 120.58 km ²	
● Las Chilcas	— Red Hidrográfica	Coordenadas de los Sectores	
● Memorial	— Red Vial	Administración	Latitud: 37° 24' 5,470" S Longitud 71°24' 47,983" W
● Volcanes	▭ Lagos y Lagunas	Las Chilcas	Latitud: 37° 23' 39,229" S Longitud 71°23' 7,673" W
		Memorial	Latitud: 37° 25' 13,086" S Longitud 71°17' 50,411" W
 1:100,000		Fuente: Elaboración propia Universidad de Concepción Campus Los Angeles	

Figura 7. Parque nacional Laguna del Laja. Chile. 37° 22' - 37° 28' de latitud Sur y 71° 16' - 71° 26' longitud Oeste. ● Sector Administración ● Sector Chilcas ● Sector Memorial (Elaboración propia).

El Parque Nacional Laguna del Laja fue seleccionado porque es un sistema lacustre con una tardía intervención humana (últimos 100 años) lo cual es una ventaja cuando se

pretende usar el registro sedimentario para reconstruir condiciones climáticas pasadas y al ser cordillerano adquiere un especial interés ecológico debido a que poseen abundantes recursos hídricos y a su vulnerabilidad a los cambios ambientales (Mardones y Vargas, 2005).

Enfoque de la investigación

El enfoque de esta investigación es de carácter cuantitativo no experimental, ya que está basado en la recolección de datos para probar una hipótesis, con base en la medición numérica, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

Población y muestra

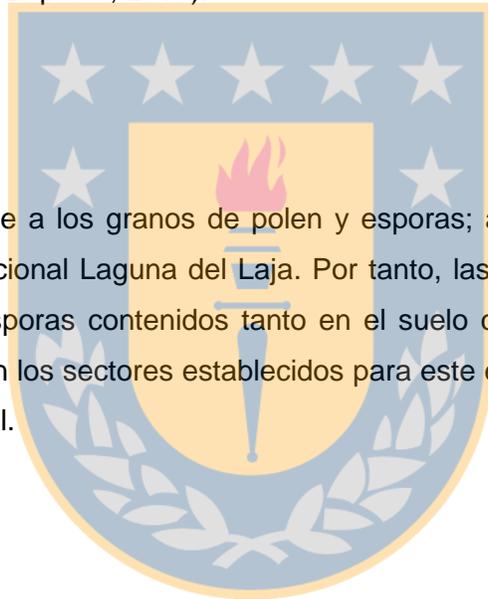
La población corresponde a los granos de polen y esporas; así como las asociaciones vegetales del Parque Nacional Laguna del Laja. Por tanto, las muestras corresponden a los granos de polen y esporas contenidos tanto en el suelo como en los musgos y las asociaciones vegetales en los sectores establecidos para este estudio: Sector las Chilcas, Administración y Memorial.

Unidad de análisis

Corresponde a los granos de polen y esporas contenidos en las muestras de suelo y musgos y las asociaciones vegetales de los tres sectores del Parque Nacional Laguna del Laja. Se definen como variable dependiente la lluvia de polen y variable independiente la vegetación.

Dimensión temporal

La investigación presenta una dimensión temporal del tipo transversal, tanto para el tipo de polen como para el tipo vegetacional. Los datos son recogidos en un tiempo determinado, y no establece secuencias de seguimiento (Vieytes, 2004).



Plan y técnicas de recolección de muestras.

Estudio vegetacional

Para cumplir el objetivo general de la investigación, se seleccionaron tres sectores dentro del Parque Nacional Laguna del Laja (Las Chilcas, Administración y Memorial) y se aplicó el “método de la línea transecta” (Duncan y Armesto, 2003). Así, basándose en la observación de los sectores, y dependiendo de la abundancia de la vegetación en cada uno de éstos (Mora, 2015), se decidió establecer como mínimo dos transectas en cada uno de los sectores a estudiar (tabla 1). A lo largo de cada transecta, se seleccionó un número de puntos dependiendo de la abundancia de la vegetación. En cada uno de los puntos se registraron las especies encontradas.

Tabla N°1. Descripción de las transectas en cada uno de los puntos de estudio del Parque Nacional Laguna del Laja.

Sector	N° de transectas	Largo (m)	Puntos transecta
Administración	3	30	6
Las Chilcas	4	30	5
Memorial	2	30	4

Muestreo de lluvia polínica

Para el muestreo de lluvia polínica se utilizaron dos trampas naturales validadas por la literatura internacional. En primer lugar, los cojines de musgos que ha sido una técnica ampliamente utilizada en diversos estudios debido a que proporcionan una buena conservación de polen (Caramiello, Siniscalco & Piervittori, 1991; Anderson y Koehler, 2003; Wilmshurst & McGlone, 2005; González-Porto *et al.*, 2013; Quamar & Bera, 2015, Quamar & Bera, 2016); sin embargo, no han sido usadas en Chile. En segundo lugar, el suelo también ha sido usado como reservorio de granos de polen y esporas en estudios de calibración vegetación/clima, polen/vegetación o paleoclimáticos (Trivi de Mandri *et al.*, 2006; Quamar & Bera, 2015), siendo los más utilizados en Chile (Paéz *et al.*, 1997; Markgraf *et al.*, 2002; Villa-Martínez, *et al.*, 2003).

Las muestras de musgos y de suelo para el análisis de la lluvia polínica fueron tomadas entre diciembre de 2015 y enero de 2016, en cada uno de los puntos de cada transecta en las cuales se analizó la vegetación. Se muestrearon 30 gramos de musgo que fue extraído con una pinza evitando dañar la muestra, tanto de rocas como de corteza de árbol, favoreciendo siempre el musgo fresco (Mora, 2015). Para el muestreo de suelo, se tomaron 30 gramos de suelo superficial extraído con una pala de jardín. Ambas muestras, fueron conservadas en bolsas plásticas herméticamente cerradas para evitar la contaminación y debidamente rotuladas para su identificación; luego, fueron llevadas al laboratorio de Anatomía y Ecología Funcional de Plantas del Campus Los Ángeles de la Universidad de Concepción para su conservación.

Para cada sector, tanto muestras de musgo como de suelo obtenidas en cada punto de cada transecta fueron integradas para su análisis final. Lo anterior, se basa en lo establecido por Mora (2015) en un estudio de lluvia polínica realizada en la misma área de estudio, en donde determinó que no hay diferencias en la composición polínica de los puntos dentro de las transectas de un mismo sector.

Para integrar las muestras de musgo, éstas fueron tratadas químicamente con hidróxido de potasio (KOH) al 10% en baño de maría para liberar los granos de polen. La mezcla de KOH y polen obtenido se centrifugó por 5 min. a 5.000 r.p.m logrando una muestra concentrada de cada punto. Posteriormente, y previa homogeneización de cada una de las muestras, se procedió a integrar todas las muestras extrayendo 0,5 ml de cada una.

Para integrar las muestras de suelo se tomaron las bolsas con las muestras correspondientes a cada transecta y se extrajo de cada una de éstas 6cm³ llevándolas a una nueva bolsa herméticamente cerrada y homogenizando la nueva muestra ya integrada para su posterior análisis químico.

Se sometió a tratamiento químico 2 ml de cada una de las muestras integradas de musgo y 1cm³ de suelo siguiendo una modificación de la metodología de Erdtman (1960), utilizando ácido fluorhídrico (HF) al 40% y solución acetolítica (9:1 de anhídrido acético (C₄H₆O₃) y ácido sulfúrico (H₂SO₄) respectivamente). A las muestras de suelo se le agregó HCL al 10% para eliminar arcillas.

El procedimiento químico involucró sucesivos lavados con agua destilada y centrifugados por 5 minutos a 5.000 r.p.m para ir eliminando el HF , KOH y HCL, así como, ácido acético (CH₃COOH) para ir eliminando la mezcla acetolítica. Finalmente,

todas las muestras fueron guardadas en glicerol para su observación bajo microscopio fotónico (Tripathi, Arya, Basumatary, Bera, 2016; Torres *et al.*, 2008).

Se identificaron un mínimo de 250 granos de polen y esporas (Carrillo, 1990) por muestra, alcanzando el nivel de familia, género o especie y considerando solamente los palinomorfos de las plantas que existen de forma autóctona en los sectores estudiados. Los granos de polen y esporas se identificaron sobre la base de literatura especializada (Marticorena, 1968; Heusser, 1971).

Plan y técnicas de análisis

Para el caso del estudio vegetacional, para cada sector del parque estudiado, se determinó el porcentaje de cada especie por sector del Parque Nacional Laguna del Laja estudiados (Las Chilcas, Administración y Memorial) promediando los valores de cada transecta. Estos resultados son representados en gráficos de torta en el programa Microsoft Excel 2010. Figura 8.

Por su parte, para los distintos taxones registrados en la lluvia polínica de las muestras integradas de musgo y suelo se calculó la abundancia relativa, tabulando presencia o ausencia de taxones polínicos y separando polen arbóreo del no arbóreo y mecanismo de dispersión anemófilo de entomófilo.

Por último, para determinar cuál de las lluvias polínicas contenidas en las trampas naturales muestreadas (musgos y suelo) se relaciona mejor con la vegetación del lugar, se utilizaron los índices de Asociación (A), sobrerrepresentación (O), subrepresentación (U) e indicador (I), respaldados en la literatura especializada, (Davis, 1984; Jantz *et al.*, 2013 y Escarraga- Paredes *et al.*, 2014).

El índice de Asociación (A) permite, identificar si la presencia del polen de un taxon en la muestra es un indicador de la presencia de la planta asociada en la vegetación local. Se calcula mediante la fórmula:

$$A = \frac{B_0}{P_0 + P_1 + B_0}$$

Donde, B₀: N° de muestras donde el taxón está en la muestra de polen y en la asociación vegetacional; P₀: N° de muestras donde el taxón está en la muestra de polen, pero no en

la asociación vegetacional; P_1 : N° de muestras donde el taxón esta sólo en la asociación vegetacional (Davis, 1984; Jantz *et al.*, 2013 y Escarrga- Paredes *et al.*, 2014).

El rango de éste índice va de 0 a 1, el mínimo valor indica una nula asociación, mientras que, el máximo valor indica una buena asociación, es decir, planta y polen están presentes en el sector. Davis (1984), establece que una buena asociación entre los taxones polínicos y la vegetacion en un sector determinado se cumple cuando el valor de (A) es superior a 0,6.

Por su parte el índice de sobrerrepresentación (O) indica, si la presencia de polen de un taxón es mayor a la presencia de la planta existente en el área de estudio. Se calcula mediante la fórmula:

$$O = \frac{P_0}{P_0 + B_0}$$

El rango de éste índice va de 0 a 1, el mínimo valor indica una baja sobrerrepresentación, mientras que, el máximo valor indica una alta sobrerrepresentación.

A su vez, el índice de subrepresentación (U) muestra, si la presencia de polen de un taxón es menor a la presencia de la planta existente en el área de estudio. Se calcula mediante la fórmula:

$$U = \frac{P_1}{P_1 + B_0}$$

El rango de éste índice va de 0 a 1, el mínimo valor indica una baja subrepresentación, mientras que, el máximo valor indica una alta subrepresentación.

Mientras que, los anteriores tres índices se basan en la presencia o ausencia de polen y de la vegetacion del sector a estudiar (Davis, 1984), el índice (I) relaciona los porcentajes de polen y planta de un taxón determinado (Davis, 1984).

Se calcula mediante la fórmula:

$$I = \frac{B_e}{B_e + P_e + V_e}$$

Donde, B_e = el número de sectores en el cual tanto el polen y la planta son abundantes;
 P_e = el número de sectores en el que el polen es abundante, pero la planta no; V_e = el número de sectores en que la planta es abundante pero la planta no.

El rango de éste índice va de 0 a 1, donde el mínimo valor indica que la especie es una pobre indicadora ambiental, mientras que, el máximo valor indica que es una excelente indicadora. Éste índice se calcula únicamente si la planta o el polen son abundantes en uno o más sectores; considerándose abundante cuando el valor promedio es de una desviación estándar por encima de la media de todas las muestras (Davis, 1984).



Resultados

De acuerdo a las observaciones realizadas en la vegetación y lluvia polínica en los sectores Las Chilcas, Administración y Memorial del Parque Nacional Laguna del Laja los resultados son los siguientes:

Vegetación

Los tres sectores estudiados presentan diferencias y similitudes en cuanto a su composición vegetal (figura 8 y tabla 2). En el sector Las Chilcas las especies vegetales que están presente en las cuatro transectas del sector y que además alcanzan las mayores abundancias relativas son *Ephedra sp.* (25,5%), *Orites myrtoidea* (13,9%) y Poaceae (13,3%). Mientras que, en el sector Administración las especies más frecuentes y dominantes son *Acaena sp.* (21%), *Lomatia hirsuta* (12,9%), Poaceae (70%) y *Fabiana imbricata* (22,5%), a pesar que no fue registrada en una de las transectas. Finalmente, en el sector Memorial las especies presentes en las dos transectas del sector son *Baccharis sp.* (4,4%), *Berberis empetrifolia* (9,2%), *Orites myrtoidea* (24,1%) y Asteraceae, siendo esta última el grupo que ocupa más del 50% de la comunidad.

Tabla N° 2. Presencia (P), ausencia (A) de las distintas especies de plantas en los sectores estudiados del Parque Nacional Laguna del Laja en las distintas transectas estudiadas.

Especie	Familia	Las Chilcas				Administración			Memorial	
		T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T1	T2
<i>Acaena sp.</i>	<i>Rosaceae</i>	A	A	A	A	P	P	P	A	A
<i>Asteraceae indet</i>	<i>Asteraceae</i>	A	A	A	A	A	A	A	P	P
<i>Austrocedrus chilensis</i>	<i>Cupressaceae</i>	P	P	P	P	A	P	P	A	A
<i>Baccharis sp.</i>	<i>Asteraceae</i>	P	A	A	A	A	A	A	P	P
<i>Berberis sp.</i>	<i>Berberidaceae</i>	A	A	A	A	A	P	A	A	A
<i>Berberis empetrifolia</i>	<i>Berberidaceae</i>	P	P	P	P	A	A	A	P	P
<i>Cheilanthes glauca</i>	<i>Pteridaceae</i>	A	P	P	A	A	A	A	A	A

Continuación tabla N°2		Las Chilcas				Administración			Memorial	
Especie	Familia	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T1	T2
<i>Chloraea sp.</i>	<i>Orchidaceae</i>	A	A	A	P	A	A	A	A	A
<i>Colletia sp.</i>	<i>Rhamnaceae</i>	A	A	A	A	A	P	P	A	A
<i>Ephedra sp.</i>	<i>Ephedraceae</i>	P	P	P	P	A	A	A	A	A
<i>Eryngium paniculatum</i>	<i>Apiaceae</i>	A	A	A	P	A	A	A	A	A
<i>Fabiana imbricata</i>	<i>Solanaceae</i>	A	A	A	A	P	P	A	A	A
<i>Gaultheria sp.</i>	<i>Ericaceae</i>	A	P	A	P	A	A	A	A	A
<i>Haplopappus sp.</i>	<i>Asteraceae</i>	A	P	P	P	A	A	A	A	A
<i>indet. (seca)</i>	?	A	A	A	A	A	A	A	P	P
<i>Lomatia hirsuta</i>	<i>Proteaceae</i>	A	A	A	A	P	P	P	A	A
<i>Maihuenia poeppigii</i>	<i>Cactaceae</i>	A	A	A	A	P	P	A	A	A
<i>Mutisia sp.</i>	<i>Asteraceae</i>	A	P	A	P	A	A	A	A	A
<i>Nothofagus dombeyi</i>	<i>Nothofagaceae</i>	A	A	A	P	A	A	A	A	A
<i>Orites myrtoidea</i>	<i>Proteaceae</i>	P	P	P	P	A	A	A	P	P
<i>Poaceae</i>	<i>Poaceae</i>	P	P	P	P	P	P	P	P	A
<i>Rosa sp.</i>	<i>Rosaceae</i>	A	A	P	A	A	A	P	A	A
<i>Rumex acetosella</i>	<i>Polygonaceae</i>	A	A	A	P	P	P	P	A	A
<i>Rumohra adiantiformes</i>	<i>Elaphoglossaceae</i>	A	P	A	A	A	A	A	A	A
<i>Verbascum thapsus</i>	<i>Scrophulariaceae</i>	A	A	A	A	A	A	A	P	A
	TOTAL TAXONES	6	10	8	12	6	9	7	7	5

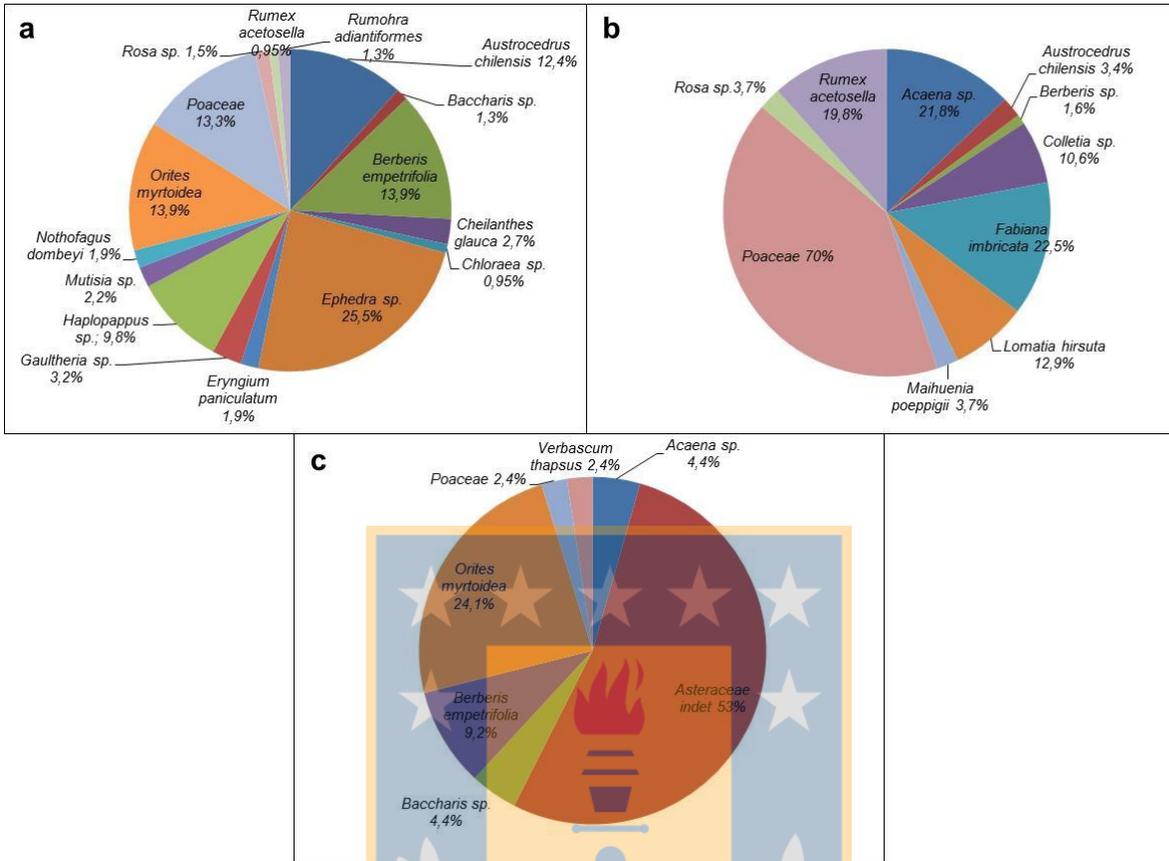


Figura 8. Distribución porcentual de las distintas especies vegetales del Parque Nacional Laguna del Laja en los tres sectores estudiados. a) Las Chilcas; b) Administración; c) Memorial.

Lluvia polínica

La tabla 3 resume los taxones polínicos encontrados en cada sector, tanto para muestras de musgos como suelo. En ésta se puede observar que en su gran mayoría los palinomorfos para un mismo sector forman parte del polen contenido tanto en musgo como en suelo. También se puede destacar que la lluvia polínica contenida en las muestras de musgos del sector Memorial es la que presenta la mayor cantidad de taxones polínicos (14).

Además, se encontraron 8 especies que están presentes en ambas trampas en los tres sectores de estudio para el Parque Nacional Laguna del Laja.

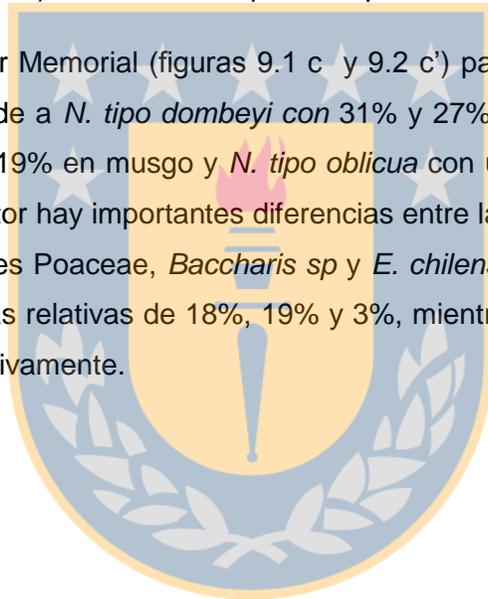
Tabla N° 3. Presencia (P), ausencia (A) de los distintos taxones polínicos en muestras de musgo y suelo del Parque Nacional Laguna del Laja para cada uno de los sectores estudiados.

Taxón	Las Chilcas		Administración		Memorial	
	Musgo	Suelo	Musgo	Suelo	Musgo	Suelo
<i>Acacia sp.</i>	A	A	P	P	P	A
<i>Austrocedrus chilensis</i>	P	P	P	P	P	P
<i>Baccharis sp.</i>	P	P	A	P	P	P
<i>Caryophyllaceae</i>	A	A	A	P	A	A
<i>Conium maculatum</i>	P	A	A	A	P	A
<i>Ephedra chilensis</i>	P	P	P	P	P	P
<i>Fuchsia magellanica</i>	A	A	P	A	P	A
<i>Gaultheria sp.</i>	P	P	A	A	A	A
<i>Gevuina avellana</i>	A	A	P	P	P	P
<i>Mutsia sp.</i>	P	A	P	A	P	A
<i>Myrtaceae</i>	A	A	A	P	A	A
<i>Nothofagus tipo dombeyi</i>	P	P	P	P	P	P
<i>Nothofagus tipo oblicua</i>	P	P	P	P	P	P
<i>Orites/ Lomatia</i>	P	P	P	P	P	P
<i>Orchidea</i>	A	P	A	A	A	A
<i>Otro (Cheilanthes sp.)</i>	P	P	P	P	P	P
<i>Poaceae</i>	P	P	P	P	P	P
<i>Rosa sp.</i>	P	A	A	A	A	A
<i>Taraxacum sp.</i>	P	P	P	P	P	P
TOTAL TAXONES	13	11	12	13	14	10

La figura 9.1 y 9.2 muestra una comparación de la distribución porcentual de los palinomorfos analizados a partir de musgos y suelo en los tres sectores del parque. En esta destaca para el sector Las Chilcas (figuras 9.1 a y 9.2 a') una similitud de los taxones presentes, sin embargo, los porcentajes difieren. Así, en musgos domina *Orites/Lomatia* con un 20% y co-domina *Gaultheria sp.* y *Baccharis sp.* con un 14%, mientras que en suelo domina *Nothofagus tipo dombeyi* con un 23% y el taxón que sigue es *Gaultheria sp* con un 18%.

Por su parte, la lluvia polínica para el sector Administración (figuras 9.1 b y 9.2 b') muestra un dominio de *N. tipo dombeyi* (30%) y *N. tipo oblicua* (24%) en musgo, mientras que *N. tipo oblicua* (20%) y *N. tipo dombeyi* (15%) en suelo. También, hay que destacar la similitud del porcentaje (11%) en ambas trampas de *Ephedra chilensis*.

Finalmente, en el sector Memorial (figuras 9.1 c y 9.2 c') para musgo y suelo el taxón más abundante corresponde a *N. tipo dombeyi* con 31% y 27% respectivamente, seguido por *Baccharis sp.* con un 19% en musgo y *N. tipo oblicua* con un 12% en suelo. Hay que destacar que en este sector hay importantes diferencias entre la lluvia polínica de musgos y suelo, siendo los taxones Poaceae, *Baccharis sp* y *E. chilensis* un ejemplo de esto. En musgo tienen abundancias relativas de 18%, 19% y 3%, mientras que, en suelo asciende a 4%, 10% y 11% respectivamente.



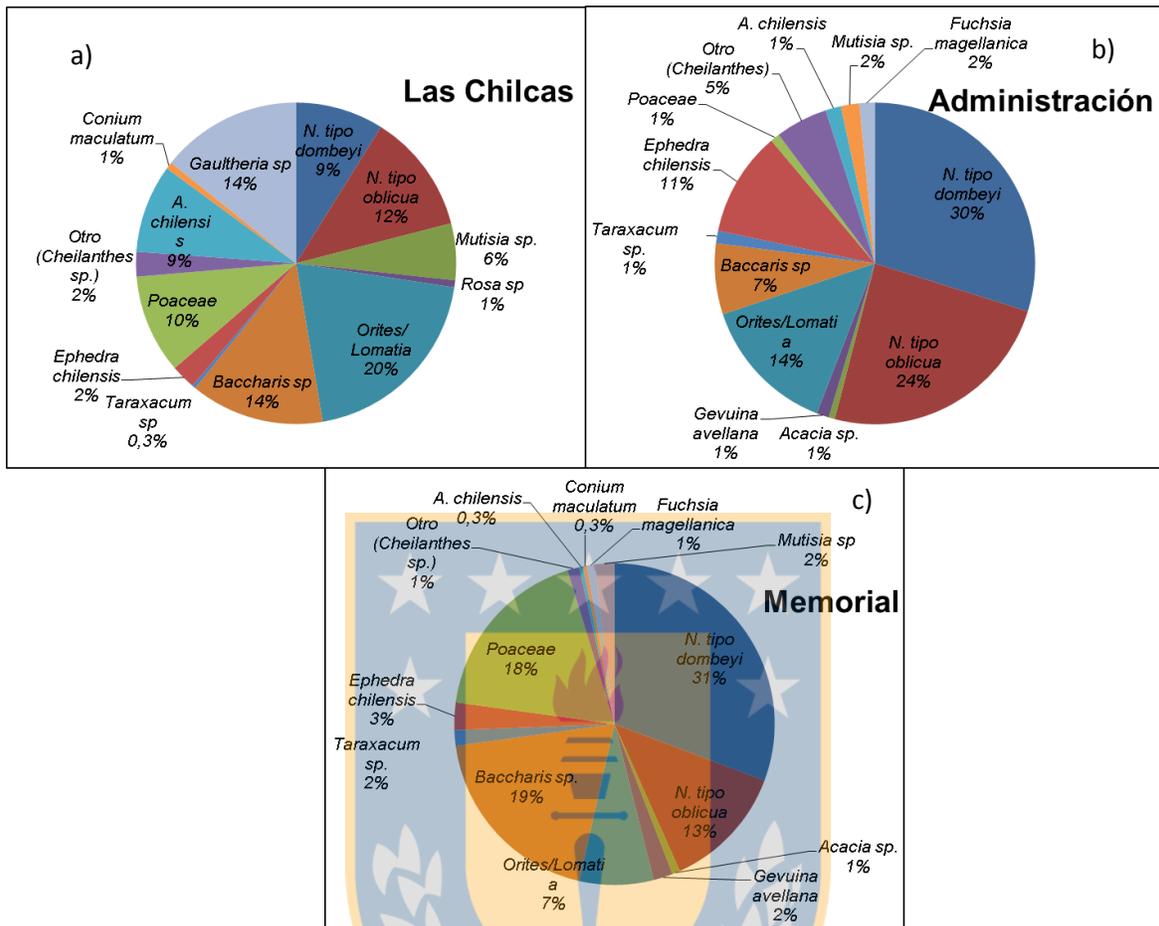


Figura 9.1. Distribución porcentual comparativa de los distintos taxones polínicos en muestras de musgo. a) sector Las Chilcas; b) sector Administración; c) sector Memorial del Parque Nacional Laguna del Laja.

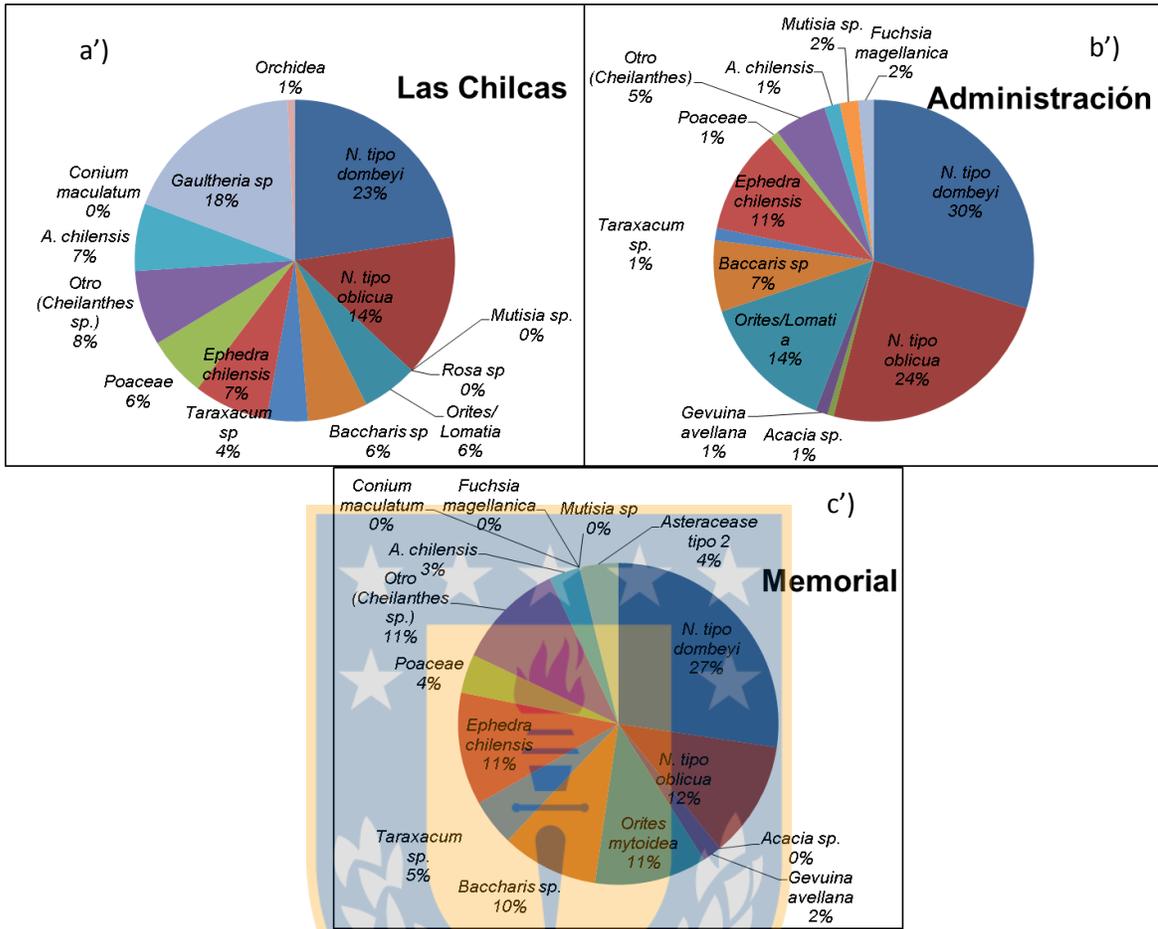


Figura 9.2. Distribución porcentual comparativa de los distintos taxones polínicos en muestras de suelo. a') sector Las Chilcas; b') sector Administración; c') sector Memorial del Parque Nacional Laguna del Laja.

También, se clasificó para cada sector de estudio el tipo de dispersión y el hábito de vida de los taxones polínicos encontrados, comparando ambas trampas naturales (tabla 4). En ésta, se puede destacar que en los tres sectores domina el tipo de dispersión anemófila, siendo ésta mayor en suelo que en musgos, con excepción del sector Las Chilcas en donde la lluvia polínica contenida en los musgos tiene un dominio de tipo de dispersión entomófila. También, a partir de esta tabla se puede desprender que los palinomorfos de especies no arbóreas son los que predominan en ambas trampas, con la excepción de la muestra de musgo en Administración que predomina el hábito arbóreo.

Tabla N°4. Distribución porcentual del tipo de dispersión y hábito de vida para cada uno de los sectores estudiados del Parque Nacional Laguna del Laja a partir de muestras de musgo y de suelo.

Sector	Dispersión entomófila (%)		Dispersión anemófila (%)		Hábito Arbóreo (%)		Hábito No Arbóreo (%)	
	Musgo	Suelo	Musgo	Suelo	Musgo	Suelo	Musgo	Suelo
Las Chilcas	55	34	44	66	30	44	70	56
Administración	33	43	67	57	57	47	43	53
Memorial	34	32	66	68	46	44	54	56
PROMEDIO	40,6	36,3	59	63,6	44,3	45	55,6	55

Índices

El valor de los índice de Asociación (A), sobrerrepresentación (O), subrepresentación (U) e indicador (I) están en la tabla 5, en donde se observa que pocos taxones (6) alcanzan un índice de asociación (A) superior a 0,6; estos son para musgos *A. chilensis*, *Baccharis sp./Haplopappus sp.*, *Gaultheria sp.*, *Mutisia sp.*, *Orites myrtoidea/Lomatia hirsuta* y Poaceae; mientras que, para suelo son *A. chilensis*, *Baccharis sp./Haplopappus sp.*, *Chloraea sp.*, *Gaultheria sp.*, *Orites myrtoidea/Lomatia hirsuta* y Poaceae.

De igual forma, se puede ver que la cantidad de taxones sobrerrepresentados y subrepresentados son similares para ambas trampas. Las trampas de musgo presentas 8 taxones sobrerrepresentados y el suelo 9, en tanto, hay 10 y 11 taxones subrepresentados en musgos y suelo respectivamente.

Por último, el indicador (I) arrojó solamente a la especie *A. chilensis* con una muy buena relación entre las abundancias relativas de la planta y el polen y con un indicador (I) mediano a *Baccharis sp. /Haplopappus sp* en las muestras de musgos. Por su parte, la lluvia polínica analizada a partir de las muestras de suelo no arrojó especies bien relacionadas.

Tabla 5. Índices de Asociación (A), Sobrerrepresentación (O), Subrepresentación (U) e indicador (I) para el Parque Nacional Laguna del Laja considerando tres sectores de muestreo (Las Chilcas, Administración y Memorial) a partir de muestras de suelo y musgos. NA: No asociado. NAB: taxones que no son abundantes.

Nombre científico	Familia	Musgos				Suelo			
		A	O	U	I	A	O	U	I
<i>Nothofagus dombeyi</i>	Nothofagaceae	0,33	1	0	0	0,33	0,67	0	0
<i>Nothofagus oblicua</i>	Nothofagaceae	0	1	NA	0	0	1	NA	0
<i>Austrocedrus chilensis</i>	Cupressaceae	0,67	0	0	1	0,67	0,33	0	0
<i>Baccharis sp.</i> <i>/Haplopappus sp</i>	Asteraceae	0,67	0	0	0,5	0,67	0,33	0	0,33
<i>Berberis empetrifolia</i>	Berberidaceae	0	NA	1	0	0	NA	1	0
<i>Cheilanthes glauca</i>	Pteridaceae	0,33	1	0	NAB	0,33	0,67	0	0
<i>Chloraea sp.</i>	Orchidaceae	0	NA	1	NAB	1	0	0	NAB
<i>Ephedra chilensis</i>	Ephedraceae	0,33	1	0	0	0,33	0,67	0	0
<i>Eryngium paniculatum</i>	Apiaceae	0	NA	1	NAB	0	NA	1	NAB

Continuación tabla N°5		Musgos				Suelo			
Nombre científico	Familia	A	O	U	I	A	O	U	I
<i>Gaultheria sp.</i>	Ericaceae	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Mutisia sp.</i>	Asteraceae	1	0	0	NAB	0	NA	1	NAB
<i>Orites myrtoidea/Lomatia hirsuta</i>	Proteaceae	1	0	0	0,33	1	0	0	0,33
Poaceae	Poaceae	1	0	0	0,33	1	0	0	0
<i>Rosa sp.</i>	Rosaceae	0,5	0	0,5	NAB	0	NA	1	NAB
<i>Rumex acetosella</i>	Polygonaceae	0	NA	1	0	0	NA	1	0
<i>Rumohra adiantiformes</i>	Elaphoglossaceae	0	NA	1	NAB	0	NA	1	NAB
<i>Acaena sp.</i>	Rosaceae	0	NA	1	0	0	NA	1	0
<i>Colletia sp.</i>	Rhamnaceae	0	NA	1	NAB	0	NA	1	NAB
<i>Fabiana imbricata</i>	Solanaceae	0	NA	1	0	0	NA	1	0
<i>Maihuenia poeppigii</i>	Cactaceae	0	NA	1	NAB	0	NA	1	NAB
<i>Verbascum thapsus</i>	Scrophulariaceae	0	NA	1	NAB	0	NA	1	NAB
<i>Acacia sp.</i>	Fabaceae	0	1	NA	NAB	0	1	NA	NAB
<i>Gevuina Avellana</i>	Proteaceae	0	1	NA	NAB	0	1	NA	NAB
<i>Conium maculatum</i>	Apiaceae	0	1	NA	NAB	NA	NA	NA	NAB
<i>Fuchsia magellanica</i>	Onagraceae	0	1	NA	NAB	NA	NA	NA	NAB
Myrtaceae	-----	NA	NA	NA	NAB	0	1	NA	NAB
<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	NA	NA	NA	NAB	0	1	NA	NAB
Charyophyllaceae	-----	NA	NA	NA	NAB	0	1	NA	NAB
Total taxones con un valor alto del índice.	-----	6	8	10	2	6	9	11	0

Discusión

Como se trató en el planteamiento de ésta investigación, los ecosistemas son inestables y varían a lo largo del tiempo (Smith y Smith, 2007; Solomon *et al.*, 2008). Por lo tanto, es necesario enfrentar estudios que aporten información para predecir los posibles cambios en el futuro (Trivi de Mandri *et al.*, 2006; Escarraga- Paredes *et al.*, 2014) y así minimizar los efectos negativos de éstos. Una metodología para conocer los cambios que han ocurrido en el pasado es mediante estudios palinológicos (López, Alba, López, & Pérez, 2010). Sin embargo, es fundamental al momento de enfrentar las investigaciones en lluvia polínica, asumir el supuesto que la diversidad de los granos de polen se encuentra debidamente relacionada con la composición de las especies vegetales dentro de un área determinada (Correa y Lozano, 2004), pero, es sabido que esta relación no siempre se da y por tanto es compleja de estudiar (Davis, 1984). Aun así, es importante establecer dicha relación para reconstruir e interpretar de manera fidedigna el pasado del ecosistema (Trivi de Mandri *et al.*, 2006; Chang- Martínez y Domínguez- Vázquez, 2013).

Para cuantificar dicha relación se utilizan diversos índices, éstos se calculan sobre la base de la presencia-ausencia de un mismo taxón en la lluvia polínica y la vegetación, o bien, a partir de los valores de la abundancia relativa de un grupo taxonómico en la lluvia de polen y la vegetación del sitio de interés (Davis, 1984). Estos índices son relevantes debido a que proporcionan información valiosa de qué especies presentan una buena relación vegetación-lluvia polínica, entendiéndose por ésta cuando el taxón está en la lluvia de polen y en la vegetación, y más aún sus porcentajes son similares (Davis, 1984). Estas últimas especies servirían como indicadoras de aquel ecosistema, entregando una mayor confianza en la interpretación del registro palinológico pasado al momento de inferir cambios ambientales (Jantz *et al.*, 2013; Escarraga- Paredes *et al.*, 2014).

Análisis vegetacional

La vegetación en ambientes de montaña es escasa debido a que existen grandes masas de viento que dificultan la existencia de las mismas (Markgraf, 1980 en Davis, 1984). Los patrones de precipitación, la alta velocidad de los vientos y la evapotranspiración afectan la ecología de las comunidades vegetales, en particular las formas de vida, la distribución y la composición florística en un ambiente de montaña (Schäbitz *et al.*, 2003). Todo lo anterior, se traduce en una mayor complejidad de los

procesos de producción y dispersión de la lluvia polínica a partir de la vegetación que le da origen, y por tanto, aún más difícil el estudio de su relación.

La vegetación presente en el Parque Nacional Laguna del Laja, corresponde principalmente a estepa alto-andina, subhúmeda y bosque caducifolio alto Andino, de la cordillera (Rondanelli *et al.*, 2000). Esta se caracteriza por la asociación de *Austrocedrus chilensis* y *Orites myrtoidea*, la cual, corresponde a un bosque bajo y abierto, acompañadas de especies como *Lomatia hirsuta*, *Colletia Ulcina*, *Schinus polygamus*, *Baccharis magallanica* y *Fabiana imbricata* (Rondanelli *et al.*, 2000). Si bien, los sectores estudiados por los autores mencionados, ladera sur y fondo del valle del río Laja, y el de la presente investigación solo coinciden en algunos sectores (Las Chilcas y el sector de las oficinas de CONAF) se puede ver que la vegetación del parque no ha cambiado significativamente en cuanto a su composición florística en los últimos 15 años.

Un componente preponderante en los tres sectores estudiados son especies de las familias *Poaceae* y *Asteraceae* alcanzando incluso valores mayores al 50%. Ambos grupos son frecuentemente considerados invasores para nuestros ecosistemas; siendo una de las principales amenazas para la biodiversidad en Chile (Fuentes y Pauchard, 2012). Son especies transportadas accidentalmente por humanos (Quiroz, Pauchard, Marticorena y Cavieres, 2009) a nuevas áreas donde se reproducen, se extienden y persisten (Schüttler y Karez, 2008). Pueden volverse dominantes, altamente abundantes alterando las características ecológicas fundamentales en un ecosistema (Quiroz *et al.*, 2009); debido a que, son capaces de establecer nuevas poblaciones y así se dispersan a nuevos territorios, (Fuentes y Pauchard, 2012) desencadenando cambios extensos y profundos a nivel del paisaje y en la biodiversidad (Schüttler y Karez, 2008) que en el último tiempo han acelerado su proceso (Gutiérrez, 2006).

Todas las comunidades son susceptibles a las invasiones, algunas en mayor grado y otras en menor (Gutiérrez, 2006; Quiroz *et al.*, 2009). Las de menor grado, se caracterizan por presentar una alta abundancia de especies nativas y baja presencia de humanos. Aun así, un área silvestre protegida se volverá más susceptible si aumentan las perturbaciones en su interior, o si la cantidad de visitantes aumenta el transporte de semillas de nuevas especies (Gutiérrez, 2006; Quiroz *et al.*, 2009; Fuentes y Pauchard, 2012). Así se podría explicar la alta presencia de especies invasoras dentro del parque Nacional Laguna del Laja.

Lo anterior, podría significar una desventaja al momento de enfrentar estudios que busquen relacionar la lluvia polínica con la vegetación para interpretar el registro palinológico pretérito; debido a que en el pasado no existía la abundancia de aquellas especies y por tanto, la relación lluvia polínica- vegetación actual podría ser insuficiente para la interpretación del pasado.

Por esta razón es importante enfrentar este tipo de estudio, descartando las especies que no sean representativas del pasado.

Análisis lluvia polínica e índices

El comportamiento de los granos polen y esporas en la atmósfera varía tanto por sus características estructurales, lo que permite su estrecha relación con la planta que lo generó, como también por condiciones externas, tales como: características topográficas, climáticas, periodo de floración, niveles de humedad de la atmósfera, temperatura mínima y fotoperiodo (Prieto-Baena et al., 2003; López et al., 2010; Escarraga- Paredes et al., 2014), lo cual dificulta su estudio y posterior análisis (Commerford, Mc Lauchlan & Sugita, 2013). Además, varios factores pueden llegar a alterar la representatividad de la vegetación en la lluvia polínica, siendo los principales el tipo de sustrato muestreado, la acidez de éste, las condiciones de oxidación, la estructura de la vegetación circundante, las características ecológicas que controlan la floración, la producción y la dispersión de los granos de polen y esporas, la resistencia de los granos de polen a la degradación y su correcta identificación (Latorre y Caccavari, 2006; Tripathi et al, 2016).

El polen moderno, puede reflejar la vegetación de un mismo sector, estableciendo la relación entre ambos. Los distintos grupos polínicos reflejan con precisión la vegetación de la cual proceden (Collao- Alvarado et al. 2015).

Por su parte, los diferentes palinomorfos varían en su valor del índice de asociación por dos razones: el polen puede estar presente cuando la planta está ausente en la vegetación local (sobre-representación), o el polen puede estar ausente en la lluvia polínica aun cuando la planta está presente en la vegetación local (sub-representación) (Davis, 1984; Jantz et al., 2013 y Escarraga- Paredes et al., 2014).

Así, uno de los aspectos que más influye en la composición de la lluvia polínica es tanto la sobrerrepresentación (O) como la subrepresentación (U) de ciertas especies. Dentro de las especies encontradas en el parque está *Nothofagus* tipo *dombeyi* que produce gran

cantidad de polen y tiene una alta capacidad de dispersión (Caramiello, Siniscalco & Piervitton, 2009; Chang y Domínguez, 2013; Wilmshurst y Mc Glone, 2015) debido a que, es de tipo anemófilo (Báez, Riveros, Lehnebach, 2002). Por tanto, este generalmente, está altamente sobrerrepresentado en la lluvia polínica (Palacios, 2011); es decir, que el catastro vegetacional indica un bajo porcentaje de la planta pero en la lluvia polínica hay un alto porcentaje de polen.

Lo anterior se ratifica con los resultados de la presente investigación, en donde en el sector Las Chilcas en el catastro de vegetación hay un 1,9% de la especie; mientras que, en la lluvia polínica en musgo hay un 9% y en suelo un 23% de representatividad. Sumado a esto, el índice de asociación (A) alcanza un bajo valor (0,33), el índice de sobrerrepresentación (O) presenta el más alto valor posible (1) y el indicador (I) evidencia que esta especie es una pobre indicadora ambiental (tabla 5). Si bien, los resultados encontrados en esta investigación ratifican lo mencionado en la literatura, es prematuro descartar a *Nothofagus dombeyi* como un indicador de cambio ambiental en futuros estudios paleoambientales, debido a que se deberían aumentar el número de sectores a estudiar dentro del parque.

Otra especie que está sobrerrepresentada, tanto en la lluvia polínica contenida en musgos como en suelo es *Ephedra chilensis*, la cual presenta un tipo de dispersión anemófila (Bolinder *et al.*, 2016). En el registro polínico del parque presenta un índice de sobrerrepresentación alto (1 y 0,67 en musgos y suelo respectivamente) y un indicador I de 0 para ambas trampas; lo cual implica que esta especie es una pobre indicadora ambiental a pesar que se utiliza como indicadora de sequía (Torres *et al.*, 2008; Bolinder *et al.*, 2016). Si se observa la figura 8, *E. chilensis* solo está presente en el sector Las Chilcas con un 25,5%, pero en la lluvia polínica alcanza solo un 2% en musgo y un 7% en suelo; sin embargo, la sobrerrepresentación se relaciona con el mayor porcentaje polínico encontrado en los sectores Administración y Memorial (con un máximo de 11%), en ambas trampas siendo que la planta no está presente en ambos sectores. Lo anterior, podría explicarse por la gran capacidad de dispersión por viento que tiene esta especie, cuya estructura polínica conlleva numerosas plicas que le permiten volar a mayores distancias, por tanto, lo más probable es que el polen de *E. chilensis* contenido en la lluvia polínica de Administración y Memorial venga del sector Las Chilcas. El registro palinológico de los últimos 2.000 años para el Parque Nacional Laguna del Laja registra

una abundancia de hasta un 20% de esta especie (Torres *et al.*, 2008) y por tanto, el polen de *E. chilensis* está quedando dentro del parque.

Por otro lado, Las plantas menos representadas en los granos de polen almacenados tanto en trampas de musgo y de suelo; se caracterizan por tener polinización entomófila, produciendo escasa cantidad de polen y teniendo una limitada capacidad de dispersión (Bush y Rivera, 2001), explicándose así, su menor representación. En la lluvia polínica del Parque Nacional Laguna del Laja los granos de polen de tipo entomófilos (tabla 4) presentan un menor porcentaje que los anemófilos, no superando un 40% de representatividad. Además, no existen mayores diferencias entre la lluvia polínica de musgo y suelo encontrándose las mismas especies subrepresentadas (tabla 5).

Hay que destacar que a partir de este estudio se encontraron dos grupos de plantas que alcanzaron una alta asociación, *Poaceae* (1) y *Baccharis/ Haplopappus sp.* (0,67); lo cual, es contrario a lo esperado, debido a que *Poaceae* es considerada un grupo que siempre esta sobrerrepresentado debido a su dispersión anemófila y su gran producción de polen (Prieto- Baena, Hidalgo, Domínguez & Galán, 2003); mientras que, *Baccharis/ Haplopappus sp.* es polinizada por insectos por lo cual siempre está subrepresentadas en las muestras. Sumado a lo anterior, *Baccharis/ Haplopappus sp.* presenta un valor de I que alcanza 0,5 lo cual indica que hay una buena asociación, comparado con las otras taxas del parque, entre los porcentajes de planta y polen. Lo anterior, podría explicarse por las características climáticas extremas de un ambiente de montaña que en el caso de *Poaceae* implicaría no producir tanto polen y en el de *Baccharis/ Haplopappus sp.* haber una ausencia de polinizadores.

Así también, la especie *A. chilensis* es la única que presenta el valor máximo del indicador I, entonces, siendo la mejor especie relacionada porcentualmente entre las muestras de vegetación y polen en el Parque Nacional Laguna del Laja; esto a pesar de su dispersión a través del viento. Ésta especie habita en suelos con alta presencia de escoria volcánica y geografía abrupta, suelos pedregosos y poco profundos, prefiere ambientes con alta radiación solar, es resistente a la sequía y a la acción del viento (Rodríguez, Matthei y Quezada, 1983; Marticorena y Rodríguez, 1995; Rondanelli *et al.*, 2000). Por tanto, esta especie podría ser una buena indicadora de cambios ambientales pasados relacionados a la disponibilidad de agua en ambientes de montaña.

Sin embargo, hay que hacer notar que la buena relación entre la abundancia relativa del polen y plantas de *A. chilensis* se da solamente en la lluvia polínica contenida en los musgos y no así en las correspondientes al suelo. De esto se desprende la importancia de comparar distintas trampas de lluvia polínica puesto que cada de una de estas puede favorecer o perjudicar a un tipo polínico en particular.

La literatura reporta que la lluvia polínica contenida en las trampas de musgo proporcionan con mayor exactitud la vegetación contemporánea al alcanzar una mayor diversidad polínica, mientras que las trampas de suelo comprenden principalmente polen y esporas con algún grado de destrucción (Caramiello, Siniscalco & Piervitton, 1991; Wilmshurst y Mc Glone, 2015); siendo el valor de pH de los suelos y la degradación microbiana los factores más perjudiciales para la captura de lluvia polínica (Quamar & Bera, 2014).

En la presente investigación se planteó la hipótesis que el suelo era una trampa más efectiva, basada en la mayor área disponible para la captación de la lluvia polínica (Caramiello *et al.*, 1991). Sin embargo, se debe rechazar esta hipótesis debido a que si bien ambas trampas presentan el mismo número de especies (6) con índices de asociación (A) $>0,6$, los únicos dos taxones con buenos valores de indicador I están en las muestras de musgo. Lo anterior no significa que no se puedan utilizar en la reconstrucción ambiental del pasado las especies con una buena relación polen-vegetación basados solamente en la presencia o ausencia, sino que, se debe restringir únicamente a interpretaciones cualitativas y no cuantitativas como podrían realizarse si se ocuparan especies con un indicador I alto el cual no solo incorpora presencia/ ausencia sino que también las abundancias relativas de las especies.

Finalmente, dando respuesta a la pregunta planteada al inicio de esta investigación ¿Cómo se relaciona la lluvia polínica contenida en dos trampas naturales, musgos y suelo, con la vegetación existente en el Parque Nacional Laguna del Laja? Se debe mencionar que hay un alto porcentaje de taxones sobrerrepresentados y subrepresentados y una menor cantidad de especies con una buena asociación en ambas trampas, en las cuales se deberían enfocar los futuros estudios ecológicos que permitan finalmente reconstruir el pasado de una manera fidedigna.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados se concluye que:

- ✓ La especies más abundantes en la vegetación del Parque Nacional Laguna del Laja correspondiente a cada sector son: Las Chicas: *Ephedra sp.* (25%), Administración: *Poaceae* (70%) y Memorial: *Asteraceae indet.* (53%).
- ✓ Los taxones polínicos dominantes del Parque Nacional Laguna del Laja por trampa son: sector Las Chilcas en musgo: *Orites/ Lomatia* (20%), en suelo *Nothofagus tipo dombeyi* (23%), sector Administración en musgo *Nothofagus tipo dombeyi* (30%), en suelo *Nothofagus tipo oblicua* (20%) y finalmente, sector Memorial para ambas trampas *Nothofagus tipo dombeyi* (31% y 27% respectivamente).
- ✓ Las especies con un alto valor de asociación (A), son finalmente: *A. chilensis*, *Baccharis sp./ Haplopappus sp.*, *Gaultheria sp.*, *Mutisia sp.*, *Orites/ Lomatia*, *Poaceae* y *Chloraea sp.*
- ✓ La única especie con un alto indicador (I) para el Parque Nacional Laguna del Laja y por tanto, de acuerdo a este estudio, la indicadora clave es *Austrocedrus chilensis*.
- ✓ La mayoría de las especies del parque están sobrerrepresentadas o subrepresentadas.
- ✓ Se rechazan ambas hipótesis de la investigación ya que de acuerdo a los resultados, los taxas contenidos en las trampas de musgo presentan un mejor indicador (I) que los presentes en las muestras de suelo. Y ambas trampas presentan similar cantidad de especies sobrerrepresentadas y subrepresentadas.

Alcances de la investigación

- ✓ Este tipo de estudio permitirá a futuro interpretar de manera fidedigna el registro paleo palinológico; sin embargo, para lograr aquello es necesario aumentar el número de sectores estudiados para otorgar más confianza a los distintos índices calculados.
- ✓ Profundizar en estudios ecológicos de las especies con una buena asociación por ejemplo: *Austrocedrus chilensis* que podría ser un buen indicador ambiental.



Bibliografía

- Abarzúa, A., Villagrán, C. & P Moreno. (2004). Deglacial and postglacial climate history in east-central Isla Grande de Chiloé, southern Chile (43°S). *Quaternary Research* 62: 49-59.
- Anderson, R. & Koehler, P. (2003). Modern pollen and vegetation relationships in the mountains of southern California, USA. *Grana* 42: 129–144.
- Anero, M., Carabias, F., Carretero, P., Cordón, C., Cuesta, C., De Castro, S., De Miguel, R., De Zafra, M., Feo, M., Fernández, D., Fuertes, C., Gangoso, M., García, R., García, I., Gonzalez, Z., Miguelez, C., Nohales, M., Pardo, P., Ramos, C., Sánchez, M., Sánchez, E., Valencia, R., Varela, P., Vega, A. y Villanueva, J. (2008). Aerobiología y polinosis en Castilla y León. Castilla y León. Nueva comunicación. España.
- Anupama, K., Ramesh, B. R. & Bonnefille, R. (2000). Modern pollen rain from the Biligirirangan–Melagiri hills of southern Eastern Ghats, India. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 108(3), 175-196.
- Báez, P. Riveros, M. & Lehnebach, C. (2002). Viability and longevity of pollen of *Nothofagus* species in south Chile. *New Zealand Journal of Botany*. Vol 40: 671-678.
- Barboni, D., Bonnefille, R., Prasad, S. & Ramesh, B. (2003). Variation in modern pollen from tropical evergreen forests and the monsoon seasonality gradient in SW India. *Journal of Vegetation Science*, 14(4), 551-562.
- Barrientos, M. (2006). Atlas palinológico de las especies más abundantes de la sucesión vegetal en la Zona de Influencia de la Ecorregión Lachuá. Facultad ciencias químicas y farmacia. Escuela de biología. Guatemala.
- Bengoa, J. (2000). *Historia del pueblo mapuche:(siglo XIX y XX)* (Vol. 7). Lom Ediciones.
- Birks, H. (2003). Quantitative palaeoenvironmental reconstructions from Holocene biological data, in Mackay, A., Battarbee, R., Birks, J., Oldfield, F. (eds.) *Global change in the Holocene*, Arnold, London, 107-123.
- Bogotá, G. (2002). El Polen de la Subclase *Asteridae* en el Páramo de Monserrate. Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

- Bolinder, K., Norbäck Ivarsson, L., Humphreys, A. M., Ickert-Bond, S. M., Han, F., Hoorn, C. & Rydin, C. (2016). Pollen morphology of Ephedra (Gnetales) and its evolutionary implications. *Grana*, 55(1), 24-51.
- Bradley, R. S., Hughes, M. K. & Diaz, H. F. (2003). Climate in medieval time. *Science*, 302(5644), 404-405.
- Bullock D. (1958). La agricultura de los mapuches en tiempos pre-hispánicos. Apartados del boletín de la Sociedad de Biología de Concepción (Chile), número especial: 235-264.
- Burjachs, F. (2006). Palinología y restitución paleoecológica. *Ecosistemas* 15 (1): 7-16.
- Burry, L., Trivi, M., Palacio, P. y Lombardo, M. (2001). Relaciones polen-vegetación de algunos taxa de la estepa patagónica (Argentina). *Revista Chilena de Historia Natural* 74 (2).
- Burry, L., Trivi De Mandri, M. y D'Antoni, H. (2006). Paleocomunidades vegetales del centro de Tierra del Fuego durante el Holoceno temprano y tardío. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales nueva serie*, 8(2), 127-133.
- Bush, M. (1991) Modern pollen-rain data from South and Central America: A test of the feasibility of fine resolution lowland tropical palynology: The Holocene 1, 162-167.
- Bush, M. & Rivera, R. (2001). Reproductive ecology and pollen representation among neotropical trees. *Global Ecology and Biogeography*. 10:359-367.
- Caramiello, R., Siniscalco, C. & Piervittori, R. (1991). The relationships between vegetation and pollen deposition in soil and in biological traps. *Grana* 30: 291-300.
- Carrillo, R. (1990). Relación lluvia de polen/vegetación en la Cordillera de Piuchué, Isla Grande de Chiloé. Tesis de Grado de la Universidad Austral de Chile. Chile.
- Carrillo-Bastos, A. (2008). Variación climática y ecológica durante el Holoceno Medio-Tardío en la Península de Yucatán, un enfoque geoespacial (Doctoral dissertation, Tesis de maestría. ECOSUR. México. 59 pp.
- Cisternas, M y F, Torrejón. (2002). Cambios de uso del suelo, actividades agropecuarias e intervención ambiental temprana en una localidad fronteriza de la Araucanía (s. XVI-XIX). *Revista de Geografía Norte Grande* 29: 83-94.
- Collao- Alvarado, K., Maldonado, A., González, L., Sandoval, A., De Porras, M., Zamora, A. y Arancio, G. (2015). Estudio de la relación polen- vegetacion actual en

el Norte de Chile, en el transecto Pozo Almonte- Salar de Huasco (20° 15'S/ 69° 06'W). *Gayana Bot.* 72(1).

- Commerford, J. McLauchlan, K. & Sugita, S. (2013). Calibrating vegetation cover and grassland pollen assemblages in the Flint Hills of Kansas, USA. *American Journal of Plant Science* 4: 1-10.
- CONAF. (1993). Plan de manejo Parque Nacional Laguna del Laja.
- Correa, L., y G. Lozano. (2004). "Análisis palinológico del Holoceno en la vereda Alto del Mercado, Marinilla, Antioquia". *Actual Biol.*, 26: 60-71.
- Court-Picon, M., Buttler, A. & de Beaulieu, J. L. (2005). Modern pollen-vegetation relationships in the Champsaur valley (French Alps) and their potential in the interpretation of fossil pollen records of past cultural landscapes. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 135(1), 13-39.
- Curtis, H., Barnes, N., Schnek, A. y Flores, G. (2006). *Invitación a la Biología* (Sexta edición en español). Editorial Medica Panamericana.
- Chang-Martínez, L. y Domínguez-Vázquez, G. (2013). Distribución espacial del polen en un gradiente altitudinal en Michoacán, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 84(3), 876-883.
- Davies, C. P. & Fall, P. L. (2001). Modern pollen precipitation from an elevational transect in central Jordan and its relationship to vegetation. *Journal of Biogeography*, 28(10), 1195-1210.
- Davis, O. (1984). Pollen frequencies reflect vegetation patterns in the great basin (U.S.A) mountain range. *Review of Paleobotany and Palynology* 40: 295-315.
- Di Castri, F. y Hajek, E. (1976). *Bioclimatología de Chile*. Vicerrectoría académica de la Universidad Católica de Chile. Santiago: Inscripción N° 45.477.
- Escarraga-Paredes, D., Torrescano-Valle, N. e Islebe, G. (2014). Análisis de la relación vegetación-lluvia de polen actual de las comunidades vegetales en el noroeste de la península de Yucatán, México.
- Erdtman, G., (1943). An introduction to pollen analysis. Chron. Bot. Co., Waltham, MA, 243 pp.
- Erdtman, G. (1960). The Acetolysis Method. A revised description. *Sv. Bot. Tidskr.* 54: 561-564.
- Finsinger, W., Heiri, O., Valsecchi, V., Tinner, W. & Lotter, A. F. (2007). Modern pollen assemblages as climate indicators in southern Europe. *Global Ecology and Biogeography*, 16(5), 567-582.

- Fonnegra, R. y Jiménez, S. (2007). Plantas medicinales aprobadas en Colombia (Segunda edición). Editorial Universidad de Antioquia.
- Fuentes Ramírez, A. H., & Pauchard, A. (2012). Invasión de *Acacia dealbata* (Fabaceae: Mimosoideae): mecanismos de establecimiento e impactos en la diversidad de comunidades vegetales del centro-sur de Chile.
- Godwin, H. (1934a). Pollen analysis: an outline of the problems and potentialities of the method. I. Technique and interpretation. *New Phytologist* 33: 278-305.
- Godwin, H. (1934b). Pollen analysis: an outline of the problems and potentialities of the method. II. General applications of pollen analysis. *New Phytologist* 33: 325-358.
- González-Porto, A. Martín-Arroyo, T. Gil-García, M. Ruíz-Zapata, B. Álvarez-Jiménez, J. & Bartolome, C. (2013). Predicting the natural vegetation in a región by comparing the pollen in two biological vectors: bryophytes and honey. *Grana* 52, N°2: 136-146.
- Gutiérrez Bonilla, F. (2006). *Estado de conocimiento de especies invasoras. Propuesta de lineamientos para el control de los impactos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación. (Cuarta edición). Mexico. McGraw Hill.
- Heusser, C. (1971). Pollen and Spores of Chile. Modern types of the Pteridophytas, Gimnospermae and Angiospermae. University of Arizona. 88 pp.
- Heusser, C. (1974). Vegetation and climate if the southern Chilean lake district during and since the last interglaciación. *Quat. Res* 4, 290-315.
- Heusser, C. y Streeter, S. (1980). A temperature and precipitation record of the past 16.000 years in Southern Chile. *Science*. Vol 219: 1345-1347.
- Heusser, C., Streeter, S. & Stiuver, M. (1981). Temperature and precipitation record in southern Chile extended to ~ 43.000 yr ago. *Nature* vol. 294: 65-67.
- Heusser, C., Rabassa, J., Brandani, A. & Stuckenrath. (1988). Late Holocene vegetation of the Andean Araucaria region, Province of Neuquén, Argentina. *Mountain Res. Developm.* 8: 53-63.
- Heusser, C. (1990). Ice age vegetation and climate of subtropical Chile. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 80: 107-127.

- Heusser, C., Heusser, L. & Lowell, T. (1999). Paleoeecology of the southern Chilean lake district-isla grande de Chiloé during middle-late Llanquihue glaciation and deglaciation. *Geografiska annales*, 81: 231-284.
- Ibarra-Morales, M. y Fernández-Galán, B. (2012). El estudio del polen antiguo: problemas y estrategias en el laboratorio.
- Islebe, G. A., Gutiérrez, R. V. y Sánchez, O. S. (2001). Relación lluvia de polen-vegetación en selvas de Quintana Roo. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (69), 31-38.
- Izco, J., Burreno, E., Brugués, M., Costa, M., Devesa, J., Fernández, F., Gallardo, T., Llimona, X., Prada, C., Talavera, S. y Valdés, B. (2005). *Botánica (Segunda edición)*. Mc Graw-Hill interamericana.
- Jackson, S. (1991). Pollen representation of vegetational patterns along an elevation gradient. *Journal of Vegetation Science* 2: 613-624.
- Janssen, C. R. (1970). Problems in the recognition of plant communities in pollen diagrams. *Plant Ecology*, 20(1), 187-198.
- Jantz, N., Homeier, J., León-Yáñez, S., Moscoso, A. & Behling, H. (2013). Trapping pollen in the tropics-comparing modern pollen rain spectra of different pollen traps and surface samples across Andean vegetation zones. *Review of Palaeobotany and Palynology* 193: 57-69.
- Jenny, B., Valero-Garcés, B., Villa-Martinez, R., Urrutia, R., Geyh, M. & Veit, H. (2002). Early to mid-holocene aridity in central Chile and the southern westerlies: the Laguna Aculeo record (34°S). *Quaternary Research* 58: 160-170.
- Kasprzyk, I. (2006). Comparative study of seasonal and intradiurnal variation of airborne herbaceous pollen in urban and rural areas. *Aerobiología*, 22(3), 185-195.
- Laín, C. (2004). Glosario de términos palinológicos. *Lazaroa*, 25, 93-112.
- Lara, A. & R, Villalba. (1993). A 3620-year temperature record from *Fitzroya cupressoides* tree rings in Southern South America. *Science*, Vol. 260: 1104-1106.
- Lara, A., Solari, M., Prieto, M. y Peña, M. (2012). Reconstrucción de la cobertura de la vegetación y uso del suelo hacia 1550 y sus cambios a 2007 en la ecorregión de los bosques valdivianos lluviosos de Chile (35°-43° 30' S). *Bosque (Valdivia)*, 33(1), 13-23.
- Latham, R. (1936). La agricultura precolombina en Chile y los países vecinos.

- Latorre, F. y Caccavari, M. (2006). Depositación polínica anual en el parque Nacional Pre-Delta, Entre ríos, Argentina. *Revista Museo de Historia Natural. Buenos Aires. Volumen 8(2)* 195-200.
- López, A., Alba, F., López, L. & Pérez, S. (2010). Modern pollen analysis: a reliable tool for discriminating *Quercus rotundifolia* communities in Central Spain. *Phytocoenologia*, 39 (1), xxx–xxx.
- Lupo, L. (1998). Estudio sobre la lluvia polínica actual y la evolución del paisaje a través de la vegetación durante el Holoceno en la cuenca del río Yavi. Borde Oriental de la Puna, Noroeste argentino. Tesis de doctorado, Bamberg, República Federal de Alemania. 87 pp.
- Madanes, N. y Millones, A. (2004). Estudio del polen aéreo y su relación con la vegetación en un agroecosistema. *Darwiniana*, 51-62.
- Maldonado, A. & Villagrán, C. (2002). Paleoenvironmental changes in the semiarid coast of Chile (32° S) during the last 6200 cal years inferred from a swamp-forest pollen record. *Quaternary Research* 58: 130-138.
- Maldonado, A., Betancourt, I., Latorre, C. & Villagrán, C. (2005). Pollen analyses from a 50000-yr rodent midden series in the southern Atacama Desert (25°30'S). *Journal of Quaternary Science* 20(5): 493–507.
- Maldonado, A. & Villagrán, C. (2006). Climate variability over the last 9900 cal. yr BP from a swamp forest pollen record along the semiarid coast of Chile. *Quaternary Research* 66: 246-258.
- Markgraf, V., Webb, R., Anderson, K & Anderson, L. (2002). Modern pollen/climate calibration for southern South America. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology* 181: 375-397.
- Mardones, M. y Vargas, J. (2005). Efectos hidrológicos de los usos eléctricos y agrícola en la cuenca del río Laja (Chile centro-sur). *Revista de Geografía Norte Grande*. 33: 89-12.
- Marticorena, C. (1968). Granos de polen de plantas chilenas. *Gayana Botánica* N° 17.
- Marticorena, C., y Rodríguez, R. (1995). *Flora de Chile*. Universidad de Concepción.
- Mora, D. (2015). Análisis de la efectividad de dos métodos de captura de lluvia polínica en una ambiente de montaña (Parque Nacional Laguna de Laja, Región del Biobío Chile). TESIS.

- Moreno, P. (1997). Vegetation and climate near Lago Llanquihue in the Chilean Lake District between 20200 and 9500 C14 yr BP. *Journal of Quaternary Science*. 12 (6): 485-500.
- Moreno, P., Lowell, T., Jacobson, G. & Denton, G. (1999). Abrupt vegetation and climate changes during the last glacial maximum and last termination in the Chilean lake district: a case study from Canal de la Puntilla (41°S). *Geografiska Annaler*. 81 A (2): 285-311.
- Moreno, P. & León, A. (2003). Abrupt vegetation changes during the last glacial to Holocene transition in mid-latitude South America. *Journal of Quaternary Science*, 18 (8). 787-800.
- Moreno, P., Jacobson, J., Lowell, T. & Denton, G. (2001). Interhemispheric climate links revealed by a late-glacial cooling episode in southern Chile. *Nature*. 409: 804-808.
- Moreno, P. (2004). Millennial-scale climate variability in northwest Patagonia over the last 15000 yr. *Journal of Quaternary Science* 19(1) 35-47.
- Nitiu, D. S. (2009). Estudio del polen atmosférico y su relación con la vegetación local. La Plata, Argentina. *Acta botánica malacitana*, (34), 189-199.
- Oyarsún, C. (1993a). *Estimación de los procesos de erosión hídrica en un ambiente montañoso de la cuenca del río Biobío, IX región, Chile*. Tesis para optar al grado de Doctor en Cs Ambientales, Escuela de Graduados de la Universidad de Concepción. 150 pp.
- Oyarsún, C. (1993b). Evaluación del modelo USLE para predecir pérdidas de suelo en áreas forestadas de la cuenca del río Biobío. *Bosque* 14(1): 45-54.
- Palacios, L. (2011). Cambios en la vegetación y en el clima en áreas estuarinas del norte del Caribe Colombiano, (tesis de Magister). Universidad nacional de Colombia.
- Páez, M., Villagrán, C., Stutz, C., Hinojosa, F. & Villa, R. (1997). Vegetation and pollen dispersal in the subtropical-temperate climatic transition of Chile and Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology* 96: 169-181.
- Peña, L. (1988). Erosión hídrica en los suelos agrícolas de la cuenca del Biobío. En: programa cuenca del Biobío, Tomo II: Uso, manejo y desarrollo de la hoya hidrográfica del río Biobío. Nurcia (Eds): 57-61.
- Prieto-Baena, J., Hidalgo, P., Domínguez, E., & Galán, C. (2003). Pollen production in the Poaceae family. *Grana*, 42(3), 153-159.

- Punt, W., Hoen, P. P., Blackmore, S., Nilsson, S., & Le Thomas, A. (2007). Glossary of pollen and spore terminology. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 143(1), 1-81.
- Quamar, F., & Bera, K. (2014). Surface pollen and its relationship with modern vegetation in tropical deciduous forests of southwestern Madhya Pradesh, India: a review. *Palynology*, 38(1), 147-161.
- Quamar, F. & Bera, K. (2015). Modern pollen-vegetation relationships in the tropical mixed deciduous forest of the Koriya district in Chhahisgarh, India. *Grana*. Vol. 54, N°1:45-52.
- Quamar, F. & Bera, F. (2016a). Do the common natural pollen trapping media behave similarly? A comparative study of moder palynoassemblages from Chhattisgarh, Central India. *Quaternary International*. En prensa.
- Quiroz, C., Pauchard, A., Marticorena, A. y Cavieres, L. A. (2009). *Manual de plantas invasoras del centro-sur de Chile*. Concepción, Chile: Laboratorio de Invasiones Biológicas.
- Ramírez, N. (2009). Dinámica anual de la lluvia de polen en dos áreas de de bosque húmedo tropical (BCI, Fuerte Sherman), (tesis de grado). Universidad Industrial de Santander, Panamá.
- Reese, C. (2003). Pollen dispersal and deposition in the High-Central Andes, South America. Doctor of Philosophy. The Department of Geography and Anthropology, Louisiana State University. 132 pp.
- Roberts, N. (1998). *The Holocene an enviromental history*. Blackwell publishers Ltda. 290 pp.
- Rodriguez, R., Matthei, O., y Quezada, M. (1983). Flora arbórea de Chile. *Chile, Editorial de la Universidad de Concepción*.
- Rondanelli, M., Ugarte, E. y Meier-Sarger, C. (2000). Estructura y composición de comunidades vegetacionales en que participan *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pc.Ser et.Bizz. En el Parque Nacional Laguna de Laja (37ª 22`S; 71º 26`W) Región del Biobío Chile. Estudio preliminar. *Geografía de Chile Terra Australis*, 45:31-48.
- Rull, V. (2006). A high mountain pollen-altitude calibration set for palaeoclimatic use in the tropical Andes. *The Holocene* 16: 105-117.
- Saéñz, C. (2004). Glosario de términos palinológicos. *Lazaroa*, 25, 93-112.

- Saenz de Rivas, C. (1978). Polen y esporas: introducción a la palinología y vocabulario palinológico. Madrid: H. Blume Ediciones 219p. Illus.. Palynology (KR, 198009416).
- Salgado-Labouriau, M. (1984). Reconstrucción de los ambientes a través de los granos de polen. *Investigacion y Ciencia*, (96), 6-17.
- Schäbitz, F., Paez, M., Mancini, M., Quintana, F., Wille, M., Corbella, H.,... y Mayr, C. (2003). Estudios paleoambientales en lagos volcánicos en la Región Volcánica de Pali Aike, sur de Patagonia (Argentina): palinología. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales nueva serie*, 5(2), 301-316.
- Schüttler, E. y Karez, C. S. (2008). Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera de América Latina y el Caribe. Un informe técnico para fomentar el intercambio de experiencias entre las Reservas de Biosfera y promover el manejo efectivo de las invasiones biológicas. *Oficina Regional de Ciencia de la UNESCO para América Latina y el Caribe, Montevideo, Uruguay*.
- Solomon, E., Berg, L., Martin, D. (2008) *Biología (Octava edición)*. Mc Graw Hill.
- Soon, W., Baliunas, S., Idso, C., Idso, S., & Legates, D. (2003). Reconstructing climatic and environmental changes of the past 1000 years: a reappraisal. *Energy & Environment*, 14(2), 233-296.
- Smith, T. y Smith, R. (2007). *Ecología (Sexta edición)*. Madrid: Pearson educación, S.A.
- Terrada, J. (2001). *Ecología de la vegetación: de la Ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes*. Barcelona: Omega.
- Torres, L., Parra, O., Araneda, A., Urrutia, R., Cruces, F., & Chirinos, L. (2008). Vegetational and climatic history during the late Holocene in Lake Laja basin (central Chile) inferred from sedimentary pollen record. *Review of Palaeobotany and Palynology* 149: 18-28.
- Torrejón, F. (2001). Variables geohistóricas en la evolución del sistema económico pehuenche durante el periodo colonial. *Revista Universum*, 16, 219-236.
- Torrejón, F., y Cisternas, M. (2002). Alteraciones del paisaje ecológico araucano por la asimilación mapuche de la agroganadería hispano-mediterránea (siglos XVI y XVII). *Revista chilena de historia natural*, 75(4), 729-736.
- Torrejón, F., y Cisternas, M. (2003). Impacto ambiental temprano en la Araucanía deducido de crónicas españolas y estudios historiográficos. *Bosque (Valdivia)*, 24(3), 45-55.

- Torrescoano Valle, N., Islebe, G. y Rogel Hooghiemstra, H. (2007). Reconstrucción paleoambiental del Holoceno Medio-Tardío en la parte centro-sur de la península de Yucatán, México (No. TE/574.52220972 T6).
- Trigo, M., Melgar, M., García, J., Recio, M., Docampo, S. y Cabezudo, B. (2008). El polen en la atmósfera de Vélez- Málaga. Consejería de Medio Ambiente. Ayuntamiento de Vélez- Málaga.
- Tripathi, S., Arya, A., Basumatary, S. & Bera, S. (2016). Modern pollen and its ecological relationships with the tropical deciduous forest of central Uttar Pradesh, India. *Palynology*. Vol 40, N°2:264-279.
- Trivi de Mandri, M., Burry, L., y D'Antoni, H. (2006). Dispersión-depositación del polen actual en Tierra del Fuego, Argentina. *Revista mexicana de biodiversidad*, 77(1), 89-95.
- Vieytes. (2004). Metodología de la investigación en organizaciones, mercado y sociedad. Buenos Aires, Argentina: Editorial de las Ciencias.
- Villa-Martínez, R., Villagrán, C. & Bettina, J. (2003). The last 7500 cal yr B.P. of westerly rainfall in Central Chile inferred from a high-resolution pollen record from Laguna Aculeo (34°S). *Quaternary Research* 60: 284-293.
- Villa-Martínez, R., Villagrán, C. & Bettina, J. (2004). Pollen evidence for late-Holocene climatic variability at Laguna de Aculeo, Central Chile (lat. 34°S). *The Holocene* 14,3: 361-367.
- Villagrán, C. (1990). Glacial climates and their effects on the history of the vegetation of Chile: A synthesis based on palynological evidence from Isla de Chiloé. *Review of Paleobotany and Palynology*, 64: 17-24.
- Villalba, R. (1994). Tree-ring and glacial evidence for the medieval warm epoch and the little ice age in Southern South America. *Climatic Change* 26: 183-197.
- Weng, C., Bush, M & Silman, M. (2004). An analysis of modern pollen rain on an elevational gradient in southern Peru. *Journal of Tropical Ecology* 20: 113-124.
- Wilmshurst, J. & Mc Glone, M. (2005). Origin of pollen and spores in surface lake sediments: comparison of modern palynomorph assemblages in moss cushions surface soils and surface lake sediments. *Review of Palaeobotany and Palynology* 136: 1-15.
- Xu, Q. Li, Y. Tian, F. Cao, X. & Yana, X. (2009). Pollen assemblages of Tauber traps and surface soil samples in steppe areas of China and their relationships with vegetation and climate. *Review of Palaeobotany and Palynology* 153: 86-101.