




Universidad de Concepción  
Dirección de Postgrado  
Facultad de Ciencias Forestales - Programa de Magister



**HISTORIA AMBIENTAL DE LOS ÚLTIMOS 500 AÑOS DE LA REGIÓN  
DEL BIOBÍO: UNA RECONSTRUCCIÓN MEDIANTE ANÁLISIS  
POLÍNICO CON ÉNFASIS EN ESPECIES EXÓTICAS**

PATRICIA NICOLE VARGAS BENNETT  
CONCEPCIÓN-CHILE  
2013

Profesor Guía: Aníbal Pauchard Cortés  
Dpto. de Manejo de Bosques y Medioambiente,  
Facultad de Ciencias Forestales  
Universidad de Concepción

## COMISIÓN DE EXAMEN DE GRADO

Comisión evaluadora de tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias Forestales

**Dr. Aníbal Pauchard Cortés**  
Profesor Guía  
Facultad de Ciencias Forestales  
Universidad de Concepción.

---

**Dr. Roberto Urrutia Pérez**  
Profesor Asesor  
Centro EULA-Chile  
Universidad de Concepción.



---

**Dr. Andrea Andreoli Brasca**  
Evaluador Externo  
Facultad de Ciencias Forestales  
Universidad de Concepción.

---

**Dr. Darcy Ríos Leal**  
Directora de Programa  
Facultad de Ciencias Forestales  
Universidad de Concepción.

---

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación no habría sido posible sin el apoyo incondicional de mi familia, de mi equipo de trabajo del Laboratorio de Paliolimnología del centro EULA-Chile, y de mis amigos del Laboratorio de Invasiones Biológicas de la Facultad de Ciencias Forestales. Además agradezco especialmente a la profesora María Elena García de la Fundación Miguel Lillo y al personal del Herbario de la Universidad de Concepción por su colaboración en esta investigación.

Agradecemos también el financiamiento de los proyectos Fondecyt N° 1120807, CONICYT SER01, PFB-23, ICM P05-002, los cuales hicieron posible la realización de este trabajo.

Finalmente, quisiera dar las gracias a la Beca Conicyt por financiar mis estudios de postgrado.



## Índice General

Resumen General	1
Abstract	2
CAPITULO I:	
1. Introducción General	3
CAPITULO II:	
Manuscrito I: Catálogo de polen y esporas de la cuenca de la Laguna Avendaño (Chile 36°S)	6
CAPITULO III:	
Manuscrito II: Rápido movimiento de las especies exóticas en Chile Central: una reconstrucción a través de evidencia histórica	34
CAPITULO IV:	
Conclusión	76
Referencias Generales	77
Anexo 1: Resultados de la laguna La Señoraza	79



## Resumen General

Los cambios producidos por las actividades humanas han reestructurado la biosfera terrestre. En Chile estas actividades han producido un importante cambio en el uso de suelo, además de deforestación y homogenización de la biota, generando las mayores transformaciones ecológicas de los últimos 500 años. El proceso de transformación de la vegetación se incrementó aún más con la llegada de los colonizadores españoles (s. XVI), los cuales trajeron consigo nuevas especies de animales y plantas, las que se aclimataron y dispersaron rápidamente por la zona mediterránea de Chile. La introducción de nuevas especies de plantas y la transformación de las floras regionales del centro del país continúan durante los siglos XVII-XIX. Este proceso, asociado a diferentes eventos histórico-ambientales, que tuvieron lugar en la región del Biobío, generó condiciones propicias para el desarrollo de especies exóticas. La región del Biobío además se caracteriza por una alta riqueza de especies nativas y un alto endemismo. De esta forma, la zona presentaría una alta riqueza de especies nativas y de especies exóticas. Para comprender la dinámica y organización de estas comunidades a través del tiempo, se realizó un análisis de polen sedimentario, donde se diferenció entre taxones nativos y exóticos. Además se realizó la reconstrucción de la historia de los últimos 500 años de la región, mediante el análisis de documentos históricos de los siglos XVI-XIX, con la finalidad de responder las siguientes interrogantes: (1) Cuáles son los factores, procesos y/o mecanismos que determinan la diversidad de especies nativas y exóticas (2) Cuando comenzaron a registrarse las diferentes plantas exóticas en la Región (3) Cuales fueron estas especies. Entre las plantas exóticas registradas desde los inicios de la colonización encontramos a Poaceae >40um, *Rumex*, Rutaceae y *Prunus*, además de las plantas forrajeras (Fabaceae), las cuales se habrían aclimatado y expandido rápidamente, favorecidas por los conflictos bélicos de este periodo. Durante el s. XIX, debido a la independencia de Chile y al desarrollo todo intelectual que generó este evento, se introdujeron muchas especies de las cuales registramos en nuestro estudio, principalmente especies a forrajeras como cardos y tréboles. A causa de la intensa actividad agrícola, que viene desde el s. XVI, y que causó la deforestación del bosque nativo y la erosión de los suelos, se introducen las especies forestales al país. Dentro del registro polínico se identificaron 5 árboles forestales *Alnus*, *Acacia*, *Eucalyptus*, *Cupressus* y *Pinus*, de los cuales este último habría afectado a las abundancias de los taxones nativos, tardando solo alrededor de 50 años en dominar el paisaje natural de la cuenca en estudio.

## Abstract

The changes produced by human activities have restructured the terrestrial biosphere. In Chile, these activities have produced an important change in land use, and deforestation and homogenization of biota, generating the largest ecological transformations of the last 500 years. The vegetation transformation process is increased further with the arrival of the Spanish colonizers (XVI), which brought that new species of animals and plants, that were acclimated quickly dispersed and the Mediterranean area of Chile. This introduction of new species of plants and the transformation of regional floras continue during the XVIII-XIX centuries. This process, associated with different environmental and historical events that have a place in the region of Biobío, creates conditions conducive to the development of exotic species. The Biobío region is also characterized by high native species richness and high endemism. Thus, the area has a high richness of native and exotic species. To understand the dynamics and organization of these communities over time, we conducted an analysis of pollen sedimentary records, where we differentiated between native and exotic taxa. We were also carried out the reconstruction of the history of the last 500 years in the region, by analyzing historical documents of the sixteenth-century, in order to answer the following questions: (1) What are the factors, processes and / or mechanisms that determine the diversity of native and exotic species (2) When first recorded different exotic plants in the region (3) What were these species. Among the exotic plants recorded from the beginning of colonization we find to Poaceae > 40um, *Rumex*, Rutaceae and *Prunus*, and forage plants (Fabaceae), which would have acclimatized and expanded rapidly, favored by the war conflicts of the period. During the s. XIX, due to the independence of Chile and all intellectual development that generated this event, were introduced many species, of this plants we recorded in our study, mainly forage species such as thistles and shamrocks. Due to the intense agricultural activity that comes from the s. XVI, and that caused the deforestation of native forests and soil erosion, were introduced the forest species to the country. Within the pollen record were identified five forest trees: *Alnus*, *Acacia*, *Eucalyptus*, *Cupressus* and *Pinus*, of which the latter would have affected the abundance of native taxa, taking only about 50 years to dominate the natural landscape of the basin under study.

# CAPITULO I

## 1. Introducción General

En incremento de las perturbaciones asociadas a las actividades antrópicas ha modificado las floras regionales (Sala et al., 2000; Figueroa et al., 2011). Este proceso de transformación de la vegetación y del paisaje natural, ha sido muy similar en todo el mundo, acentuándose aún más con la conquista o llegada de los colonizadores a nuevas tierras (Nuñez, 2000; Camus, 2006), los cuales trajeron consigo nuevas especies de animales y vegetales, además de diferentes técnicas de cultivo y tecnologías que diferían con las prácticas tradicionales de las etnias nativas (Torrejón & Cisterna, 2002; Roberts, 2002).

En Chile el proceso no fue diferente, durante el siglo XVI llegaron al país los colonizadores españoles y desde su llegada a la región del Biobío (en 1546) se inicia el proceso bélico entre españoles y mapuches, el cual favoreció la introducción y propagación de nuevas especies a nuevos territorios. De esta forma, los aborígenes nativos chilenos, adquirieron rápidamente varias especies de animales domésticos y plantas exóticas provenientes de Europa y Asia, las que se aclimataron rápidamente a la zona mediterránea del País (Figueroa et al., 2004; Torrejón et al., 2004), generando importantes transformaciones en el paisaje de Chile central (Reiche, 1934-1937).

A partir de la Independencia de Chile, a inicios del siglo XIX, Chile logra su independencia, y como consecuencia de esto, comienza un desarrollo intelectual que llevo a la introducción de muchas especies para diferentes fines, como: agrícola, ganadero, medicina, entre otros (Marticorena & Rodríguez, 1995; Arroyo et al., 2000; Figueroa et al., 2004). La introducción de especies persistió durante todo el s. XIX en inicios del s. XX, sin embargo, en este periodo se centraron en las plantas con fines forestales como *Pinus pinaster*, *Eucalyptus globulus*, *Acacia melanoxylon*, entre otros (Camus 2006; Aguayo et al., 2009; Pauchard et al., 2011). Posteriormente y como consecuencia del desarrollo exitoso de estos tipos forestales, se dio comienzo a los cultivos silvícolas intensivos y extensivos, los cuales ahora son los de mayor importancia económica para la Región del Biobío y para el País (Frêne & Núñez, 2010).

La Región del Biobío presenta la mayor superficie de plantaciones forestales y la segunda región, después de la Araucanía, con mayor superficie de suelos agrícolas (INE, 2007, 2011). Esto ligado a una alta densidad poblacional (2.061.544 hab.), asociada a mayores niveles de perturbación antrópica y a una larga historia de asentamientos humanos (Arroyo et al., 2000), conlleva a que la zona sea propicia para el desarrollo de taxa exóticos (Pauchard et al., 2006; Figueroa et al., 2011). La zona mediterránea de Chile central (31-38°S) contiene una riqueza florística de 2395 especies nativas de las cuales el 50% son endémicas (Arroyo & Cavieres, 1997). No obstante, en Chile habrían 743 especies exóticas (Pauchard et al., 2011), de las cuales 381 se encuentran en la Región del Biobío (Jiménez et al., 2008), siendo esta Región, la que presenta mayor diversidad de especies introducidas del País.

De esta forma, actualmente la región del Biobío presenta una riqueza tanto de especies nativas como exóticas (Pauchard et al., 2011). No obstante, los procesos y/o mecanismos que determinan la diversidad de estas comunidades y los patrones que caracterizan su distribución son aspectos poco conocidos en Chile central (Figueroa et al., 2004), y hasta la fecha, no existe la información necesaria que permita aclarar cuál es la interacción que ocurre a través del tiempo entre los taxa nativos y exóticos y cuáles son los factores que contribuyen a la formación de la vegetación actual.

Por este motivo, es de suma importancia identificar: (1) cuando comenzaron a registrarse las diferentes plantas exóticas en la Región (2) cuales fueron estas especies (3) cuales son los factores históricos y/o ambientales que han generado a la vegetación actual. De esta forma, con la finalidad de responder las interrogantes planteadas anteriormente, la presente investigación tiene por objetivo reconstruir la historia de la vegetación de la región del Biobío de los últimos 500 años, a través de un análisis paleopalinológico e histórico. Donde se analizaron muestras de polen sedimentario y además documentos históricos de los siglos XVI-XIX.

Para esto, en un comienzo se seleccionaron dos cuencas lacustres de la Región del Biobío: la cuenca de la Laguna Avendaño y la cuenca de la Laguna La Señoraza. No obstante, debido a las malas condiciones que presentaron los sedimentos del último lago, estos no pudieron ser utilizados para este estudio, pero los resultados obtenidos se encuentran igualmente disponibles en el anexo 1. Si bien, la interpretación histórica de los registros polínicos es una propuesta sugerente y alternativa, lo anterior muestra en evidencia que



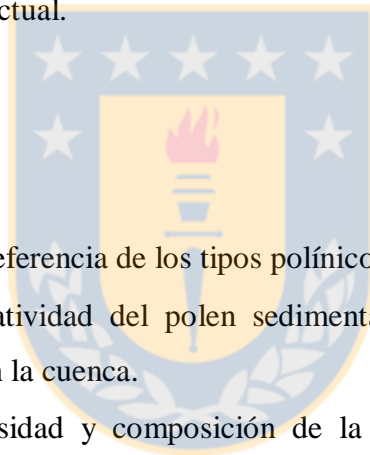
también la metodología es altamente sensible a las condiciones geológicas de los lagos (Niemeyer, 2000; Roberts, 2002; Monroe et al., 2008) que pueden intervenir en la ordenación estratigráfica de los sedimentos.

**1.1. Hipótesis:** Los cambios más importantes de la vegetación de la Región del Biobío comienzan durante el siglo XVII, debido a la introducción, diversificación e incremento lineal de las abundancias de las especies exóticas, reduciendo la abundancia de especies nativas, como consecuencia de los altos niveles de disturbios humanos.

**1.2. Objetivo General:** Identificar al dinámicas de la vegetación (i.e. plantas exóticas y nativas) en la cuenca de la laguna Avendaño y establecer los factores históricos que conllevaron a la vegetación actual.

**1.3. Objetivos Específicos:**

- Generar material de referencia de los tipos polínicos del área en estudio.
- Evaluar la representatividad del polen sedimentario en comparación a los tipo polínicos presentes en la cuenca.
- Caracterizar la diversidad y composición de la vegetación, distinguiendo entre componentes nativos y exóticos.
- Correlacionar registros histórico-documentales con resultados de los perfiles polínicos.



## CAPITULO II

### MANUSCRITO I

#### **Catalogo de polen y esporas de la cuenca de la Laguna Avendaño (Chile 36°S)**

#### **Checklist of pollen and spores of the basin of the Laguna Avendaño (Chile 36 ° S)**

Patricia Vargas<sup>1,2,\*</sup>, María Elena García<sup>3</sup>, Nora Reyes<sup>3</sup>, Jocelyn Esquivel<sup>2,4</sup>, Roberto Urrutia<sup>1</sup>. **Gayana botánica**. En revisión

<sup>1</sup> Centro EULA-Chile, Universidad de Concepción, casilla 160-C, Concepción, Chile.

<sup>2</sup>Ciencias Forestales, Universidad de Concepción. <sup>3</sup>Fundación Miguel Lillo, Miguel Lillo 251 San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. <sup>4</sup>Laboratorio de invasiones biológicas, Universidad de Concepción.

## **Resumen**

En el presente estudio, se analiza la morfología polínica de 31 especies nativas, típicas de la zona mediterránea de Chile. El objetivo de la investigación es aportar nueva información sobre la flora polínica de la zona central, y de esta forma contribuir a la información disponible para estudios paleopalinológicos. El material fresco analizado fue recolectado dentro de la cuenca de la Laguna Avendaño y en el Herbario de la Universidad de Concepción, y posteriormente, acetolizado y analizado con microscopía óptica (MO). En este catálogo polínico se incorporaron descripciones completas de la morfología de los granos, asociadas a detalladas fotografías. Contribuyendo con esto al conocimiento de la flora polínica de Chile

Palabras claves: polen, morfología, especies nativas, zona central de Chile.

## **Abstract**

In this study, we analyze the pollen morphology of 31 native species typical of the Mediterranean area of Chile. Aim of the research is to provide new information about pollen flora of central Chile, and thus contribute to the information available to paleopalynological studies. Fresh material analyzed was collected within the watershed of Laguna Avendaño and in the Herbarium of the University of Concepción, and subsequently acetolyzed and analyzed with optical microscope. Within this pollen checklist are included complete descriptions of the morphology of the grains, associated with detailed photographs. With the aim of contributing to knowledge of pollen of Chile

Keywords: pollen, morphology, native species, central Chile.

## 2.1. Introducción

La zona mediterránea de Chile central (31-38°S) contiene una importante riqueza florística con 2395 especies nativas de las cuales el 50% son endémicas (Arroyo & Cavieres 1997). El alto porcentaje de especies endémicas esta dado por las condiciones bioclimáticas que favorecen la especiación y la biodiversidad de la región (Myers *et al.* 2000; Echeverria *et al.* 2006). El conocimiento de la vegetación local es fundamental para comprender el funcionamiento del ecosistema, la distribución y abundancia de las especies vegetales y sus diferentes respuestas frente a las variaciones ambientales. De esta forma, la identificación de la flora polínica local y regional es primordial para una identificación fiable de los granos sedimentarios, y las correctas interpretaciones paleoclimáticas y paleoecológicas (Hooghiemstra & van Geel 1998).

Pese a la importancia de conocer la flora polínica local, Chile carece de este tipo estudios científicos y los que han sido publicados, en revistas locales o internacionales, son poco conocidos y de difícil acceso (e.i. Marticorena 1962; Parra & Marticorena 1972; Robinson & Marticorena 1986) . Actualmente Chile presenta algunos trabajos en melisopalinología (Montenegro *et al.* 2008; Rebolledo *et al.* 2011), aeropalinología (Mardones *et al.* 2011) y ecofisiología (Carvallo & Ginocchio 2004; Ortega *et al.* 2011). No obstante, a diferencia con otros países de Sudamérica como Argentina y Brasil (Hooghiemstra & van Geel 1998), Chile posee una cantidad muy limitada de estas investigaciones.

Según la revisión bibliográfica efectuada por Hooghiemstra & van Geel (1988), Chile tendría solamente una publicación sobre morfología polínica de flora nativa realizada por Heusser en 1971. Este atlas polínico consta con descripciones morfológicas y fotomicrografías realizadas con microscopia óptica (MO), sin embargo, las imágenes son de baja resolución, lo que dificulta la identificación de los caracteres morfológicos descritos para los diferentes tipos polínicos. Para este tipo de estudios se utiliza comunmente la microscopia electrónica de barrido, de transmisión y óptica (Fernández *et al.* 2008; Garralla *et al.* 2008; Sosa *et al.* 2011). No obstante, no todas estas técnicas son aplicables en la paleopalinología, donde se analizan muestras complejas, con varios tipos polínicos dentro de una sola muestra y a las cuales se les realiza un tratamiento químico previo que altera ciertas características morfológicas de los granos (Large & Braggins 1990).

El catálogo polínico que se presenta a continuación, es la primera parte de la base de datos del Centro EULA-Chile. El objetivo de este estudio es aportar nueva información sobre la flora polínica de la zona central de Chile, con aspectos detallados de la estructura y descripciones resumidas de las características morfológicas de cada tipo polínico, utilizando microscopía óptica de buena calidad. La zona de estudio seleccionada es la cuenca de la Laguna Avendaño que se sitúa dentro de la zona mediterránea de Chile. Esta área presenta además fragmentos de vegetación nativa importantes como el Cerro Cayumanqui. De esta forma, se busca contribuir a la información disponible, principalmente, para estudios paleopolinológicos y/o investigaciones de intereses paleoecológicas de la zona central de Chile.

## 2.1. Metodología

### 2.2.1. ÁREA DE ESTUDIO

La laguna Avendaño ( $36^{\circ}45'14''\text{S} - 72^{\circ}26'56''\text{O}$ ; Fig. 1) está situada a 55 km al noreste de la ciudad de Concepción ( $36^{\circ}49'\text{S} - 73^{\circ}02'\text{O}$ ), a 65 m s.n.m. La cuenca lacustre se sitúa dentro de la Provincia de Ñuble, formando parte de la cuenca del río Itata. El clima de la zona central de Chile, se caracteriza por ser Mediterráneo de estación seca prolongada, con lluvias de invierno y un verano carente de precipitaciones (Miller 1976; Hidalgo *et al.* 2000). El promedio anual de las de las precipitaciones en el sector costero de la Región (ciudad de Concepción) es de 1293 mm y la temperatura es muy estable a lo largo del año, con una media anual de  $12^{\circ}\text{C}$ . No obstante, a medida que avanzamos hacia el interior de la región, en la ciudad de Chillán ( $36^{\circ}36'\text{S} - 72^{\circ}06'\text{O}$ ; Fig. 1), las temperaturas fluctúan drásticamente entre las estaciones del año, pudiendo alcanzar un mínimo de  $-2,4^{\circ}\text{C}$  en invierno y un máximo de  $35^{\circ}\text{C}$  en verano (Dirección Meteorológica de Chile 2011). Estas condiciones climáticas configuran la vegetación de la cuenca y dan origen a las diferentes agrupaciones vegetales del lugar. Las zonas más cercanas al cuerpo de agua presentan un bosque esclerófilo psamófilo mediterráneo interior (Luebert & Pliscoff 2006). El dosel superior está dominado por *Quillaja saponaria* y *Lithrea caustica*, con presencia importante de *Fabiana imbricata* en la estrata arbustiva. Este bosque se desarrolla sobre condiciones de sustrato arenoso con escasa capacidad de retención, produciendo condiciones de déficit hídrico y una fisionomía vegetal más xeromórfica (Luebert & Pliscoff 2006). En las zonas más húmedas, cercanas al litoral del lago o a los cursos de

agua, se puede encontrar *Myrceugenia exsucca*, *Drimys winteri*, *Blepharocalyx cruckshanksii*, *Pluchea absinthioides*, y *Baccharis pingraea* (Gajardo 1994; Luebert & Plissock 2006). Las zonas más altas de la cuenca presentan un bosque laurifolio valdiviano, donde destaca la presencia de *Aextoxicon punctatum*, *Eucryphia cordifolia*, *Gevuina avellana*, *Luma apiculata*, *Lurzuriaga radicans*, y *Mirceugenia planipes*, entre otras (Gajardo 1994; Luebert & Plissock 2006).

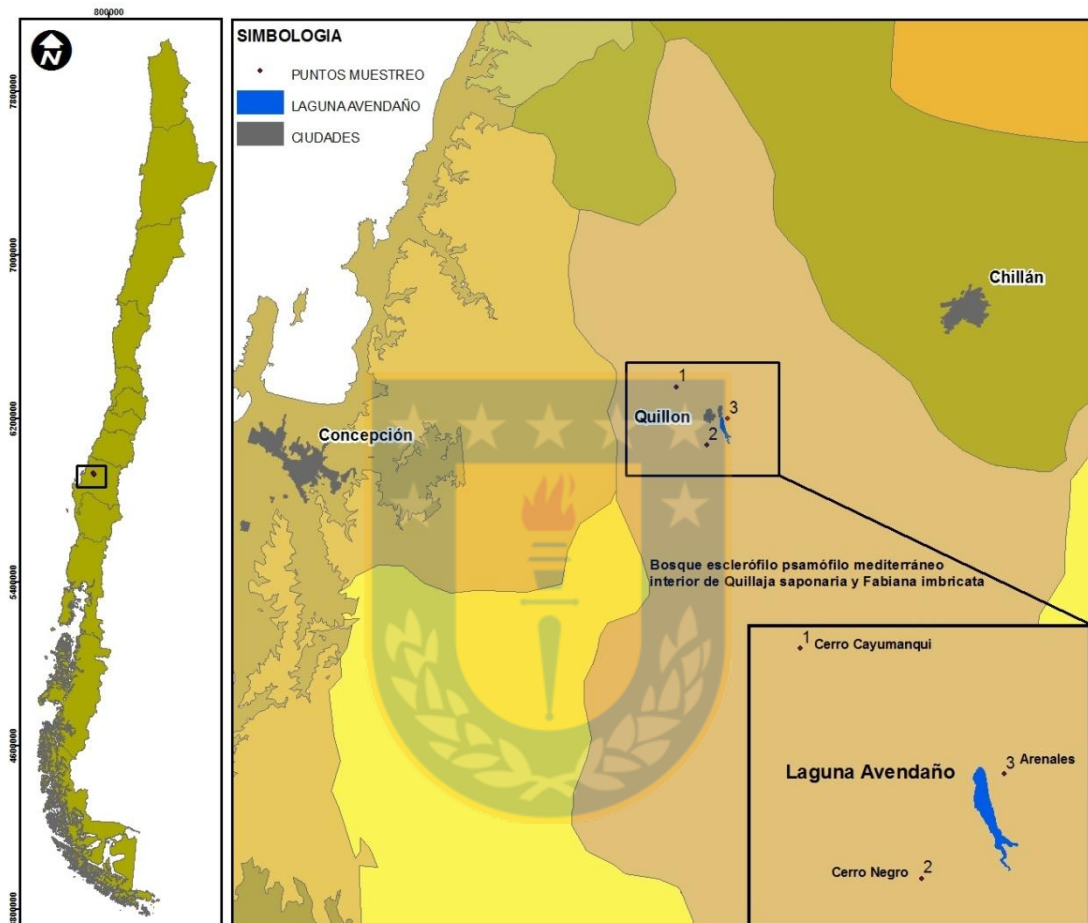


Figura 1: Ubicación de la cuenca de la laguna Avendaño, dentro del piso vegetacional “bosque esclerófilo psamófilo mediterráneo interior de *Quillaja saponaria* y *Fabiana imbricata*” (Luebert & Plissock 2006). En la figura se distinguen también las 3 zonas de recolección de material polínico: Cerro Cayumanqui, Cerro Negro (36°46'30''S-72°28'16''O), zona de arenales (36°44'37''S-72°26'33''O).

Figure 1: Location of Avendaño Lagoon watershed, into the type of vegetation “bosque esclerófilo psamófilo mediterráneo interior de *Quillaja saponaria* y *Fabiana imbricata*” (Luebert & Plissock 2006). In figure 3 are also distinguished the zones where pollen samples were collected: Cerro Cayumanqui, Cerro Negro (36°46'30''S-72°28'16''O), zona de arenales (36°44'37''S-72°26'33''O).

Para este estudio se utilizó material fresco extraído de tres zonas de la cuenca: Cerro Cayumanqui (36°42'32''S – 72°31'02''O), Cerro Negro (36°46'30''S – 72°28'16''O) y zona de arenales (36°44'37''S – 72°26'33''O, que corresponde al sector del recinto habitacional “Los Naranjos” ubicado al Noroeste del litoral del lago), durante excursiones de campo realizadas en primavera y verano del año 2011. Además se utilizó material del herbario de la Universidad de Concepción, con la finalidad de completar el listado de las especies descritas por Luebert & Pliscoff (2006) para el piso de vegetación presente dentro de la cuenca de la laguna Avendaño. El material recolectado fue procesado según la técnica de acetólisis de Erdtman (1960). Una vez realizado el montaje, el resto del material fue guardado como referencia en ácido acético glacial. Cada muestra fue codificada, descrita, fotografiada y guardada en la Palinoteca de la Fundación Miguel Lillo (PAL-TUC, Tucumán, Argentina) y en el Laboratorio de Paleolimnología del Centro EULA-Chile.

Las observaciones se realizaron con microscopía óptica (MO), se midieron 20 granos como mínimo, en los cuales se analizaron los siguientes parámetros: diámetro ecuatorial (E), diámetro polar (P), relación entre diámetro polar y ecuatorial (P/E), ancho y largo de colpos y espesor de la exina. Para las descripciones se adoptó la terminología de Punt *et al.* (1994).

### 2.3. Resultados

Se analizaron y describieron los granos de polen de 31 especies de la cuenca de la Laguna Avendaño, de las cuales 9 se extrajeron del Cerro Cayumanqui, 5 del Cerro Negro, 4 de la zona de los arenales y 13 del herbario de la Universidad de Concepción.

Fam. Aextoxicaceae.

*Aextoxicon punctatum* Ruiz et Pavón. (Lamina 1, Figuras 1-4).

Observaciones: simetría radiosimétrica, isopolar; tamaño pequeño; forma oblato-esferoidal, P=16  $\mu\text{m}$ ; E=18  $\mu\text{m}$ ; P/E=0,88. De ámbito circular, subtriangular, anguloaperturado. Aperturas tricolporado, colpo de 16x2-3  $\mu\text{m}$ , con margen endoapertura lalongada 1-1,5x6  $\mu\text{m}$ . Apocolpio de 5-6  $\mu\text{m}$  y mesocolpio de 16  $\mu\text{m}$ . Exina de 1  $\mu\text{m}$  de espesor en mesocolpio, disminuyendo hacia los colpos para formar el margen. Superficie microrreticulada. Material colectado de Cerro Cayumanqui.

Fam. Alstroemeriaceae.

*Luzuriaga radicans* Ruiz et Pavón. (Lamina 1, figuras 5-6).

Observaciones: simetría bilateral, heteropolar, ecuatorialmente biconvexo; tamaño mediano; forma oblato, P=20  $\mu\text{m}$ ; E=28-34  $\mu\text{m}$ ; P/E=0,64. De ámbito elíptico 28-34/19-21  $\mu\text{m}$ . Aperturas monocolpado. Exina de 1  $\mu\text{m}$  de espesor. Superficie microreticulada. Material colectado de Herbario de la Universidad de Concepción, Código: 169801.

Fam. Anacardiaceae.

*Lithraea caustica* Hook. et Arn (Lamina 1, figuras 7-11).

Observaciones: simetría radiosimétrica, isopolar; tamaño mediano; forma prolato a subprolato, P=32-48  $\mu\text{m}$ ; E=22-30  $\mu\text{m}$ ; P/E=1,06-1,8. De ámbito circular; aperturas tricolporado, endoapertura lalongada de 1-2x7-10  $\mu\text{m}$ . Apocolpio de 8  $\mu\text{m}$  y mesocolpio de 25  $\mu\text{m}$ . Exina de 2-3  $\mu\text{m}$  de espesor, sexina mayor que la nexina. Se observa vestíbulo a nivel de la endoapertura. Superficie reticulada-estriada. Material colectado de zona arenales.

Fam. Anacardiaceae.

*Schinus polygamus* (Cav.) Cabr. (Lamina 1, figuras 12-16).

Observaciones: simetría radiosimétrica, isopolar; tamaño: pequeño a mediano; forma: prolato-esferoidal, P=25-32  $\mu\text{m}$ ; E=21-26  $\mu\text{m}$ ; P/E=1,14-1,15. De ámbito circular a subtriangular. Aperturas tricolporado, endoapertura lalongada de 2x7-8  $\mu\text{m}$ . Apocolpio de 7,5  $\mu\text{m}$  y mesocolpio de 15-17  $\mu\text{m}$ . Exina de 1,3-2  $\mu\text{m}$  de espesor. Sexina mayor que la nexina. Se observa vestíbulo a nivel de la endoapertura. Superficie estriada a per-reticulada. Material colectado de Cerro Negro.

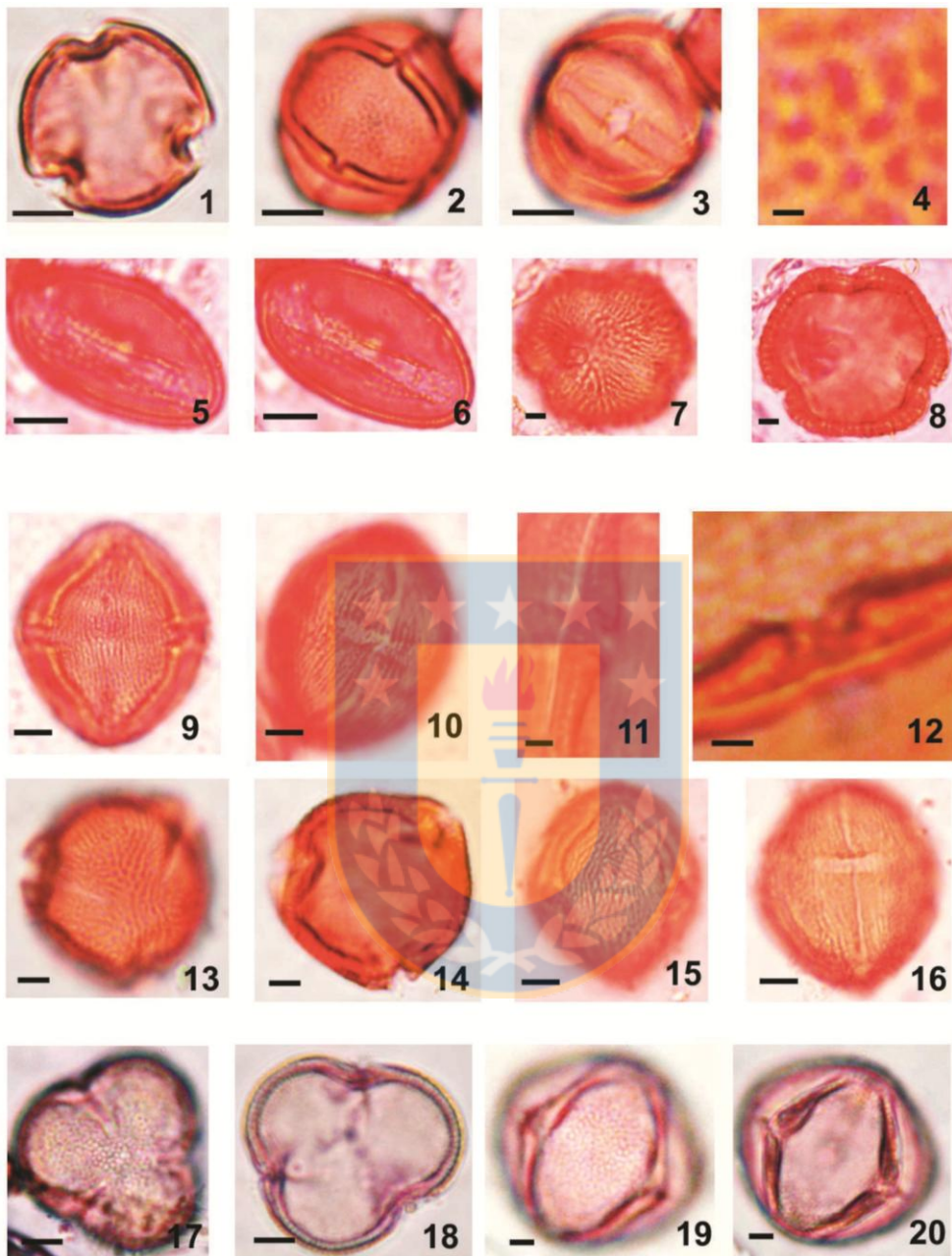
Fam. Apiaceae.

*Eryngium paniculatum* Dombey ex F.Delaroche (Lamina 1, figuras 17-20).

Observaciones: simetría radiosimétrica, isopolar; tamaño mediano; forma suboblato, P=25  $\mu\text{m}$ ; E=30  $\mu\text{m}$ ; P/E=0,83. De ámbito trilobado. Aperturas tricolporado, fosaperturado, colpo de 1,5x23-25  $\mu\text{m}$ ; endoapertura lalongada de 4x12  $\mu\text{m}$ . Apocolpio de 5  $\mu\text{m}$  y



mesocolpio de 17  $\mu\text{m}$ . Exina de 2  $\mu\text{m}$  de espesor, sexina igual a nexina. Vestíbulo a nivel de endoapertura. Superficie microreticulada. Material colectado de Cerro Negro.



**Lamina 1.** 1-4, *A. punctatum*: 1, vista polar; 2, vista ecuatorial; 3, detalle de apertura; 4, superficie del grano; 5-6, *L. radicans*: 5, vista general del grano; 6, proximal; 7-11, *L. caustica*: 7, vista polar, detalle superficie; 8, vista polar corte óptico; 9, vista lateral, dos aperturas; 10-11, detalle endoapertura; 12-16, *S. polygamus*: 12, detalle endoapertura; 13, vista semipolar, dos aperturas en superficie; 14, vista polar corte óptico; 15, vista lateral, dos aperturas, detalle de superficie; 16, detalle endoapertura; 17-20, *E. paniculatum*: 17, vista polar, tres aperturas en superficie; 18, vista polar corte óptico; 19, vista lateral dos aperturas, superficie microreticulada; 20, detalle endoapertura. Escala (MO)= 5 $\mu\text{m}$ .

**Plate 1.** 1-4, *A. punctatum*: 1, polar view; 2, lateral view, two apertures; 3, detail of aperture; 4, pollen grain surface; 5-6, *L. radicans*: 5, overview grain; 6, proximal view; 7-11, *L. caustica*: 7, polar view, detail of surface; 8, polar view on optical section; 9, lateral view, two apertures; 10-11, details of endoapertures; 12-16, *S. polygamus*: 12, detail of endoaperture; 13, semipolar view, two apertures on the surface; 14, polar view on optical section; 15, lateral view, two apertures, detail on surface; 16, detail of endoaperture; 17-20, *E. paniculatum*: 17, polar view, three apertures at the surface; 18, polar view on optical section; 19, lateral view, two apertures, microreticulate surface; 20, detail of endoaperture. Scale bar (OM) = 5µm.

Fam. Asteraceae.

*Baccharis pingraea* De Candolle (Lamina 2, figuras 21-24).

Observaciones: simetría radiosimétrica, isopolar; tamaño pequeño; forma oblato-esferoidal a esférico, P=20 µm; E=22 µm; P/E=0,90. De ámbito circular trilobado. Aperturas tricolporado, colpo de 13x2 µm; endoapertura lalongada de 2x6 µm. Apocolpio de 7 µm y mesocolpio de 14 µm. Exina de 4 µm de espesor, tectada. Sexina 2,5 µm, nexina 1,5 µm. Equinada, espinas cónicas de 2 µm de altura. Superficie psilada. Material colectado de Herbario de la Universidad de Concepción, Código: 167313.

Fam. Asteraceae.

*Haplopappus integerrimus* (Hook. & Arn.) (Lamina 2, figuras 25-28).

Observaciones: simetría: radiosimétrica, isopolar; tamaño mediano; forma: oblato-esferoidal, P=28 µm; E=0 µm; P/E=0,93 µm. De ámbito trilobado, Aperturas tricolporado, colpo de 3 µm de ancho; endoapertura de 1-2x15 µm. Apocolpio de 8-10 µm y mesocolpio de 20 µm. Exina de 5 µm de espesor equinada, espinas cónicas, agudas de 3 µm de altura. Se observan columnelas en la base de las espinas. Las espinas se disponen más o menos densa y regularmente. Material colectado de Herbario de la Universidad de Concepción, Código: 169801

Fam. Blechnaceae.

*Blechnum blechnoides* Keyserl. (Lamina 2, figuras 29-32).

Observaciones: simetría bilateral, heteropolar; tamaño mediano; forma elipsoidal en vista polar y cóncavo-convexa en vista ecuatorial, 40x59-60x42-44 µm. Apertura espora

monoete, lesura de 40 x 2-3  $\mu\text{m}$ , con margen bien delimitado de 2  $\mu\text{m}$  de espesor. Exina de 3  $\mu\text{m}$  de espesor. No se observan los límites entre exina y perina. Superficie microalveolar. Material colectado de Herbario de la Universidad de Concepción, Código: 150697.

Fam. Cactaceae.

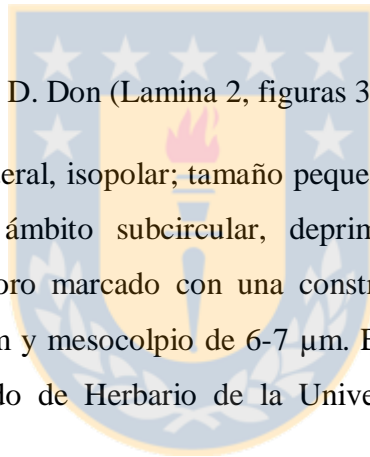
*Maihuenia poeppigii* (Lamina 2, figuras 33-36).

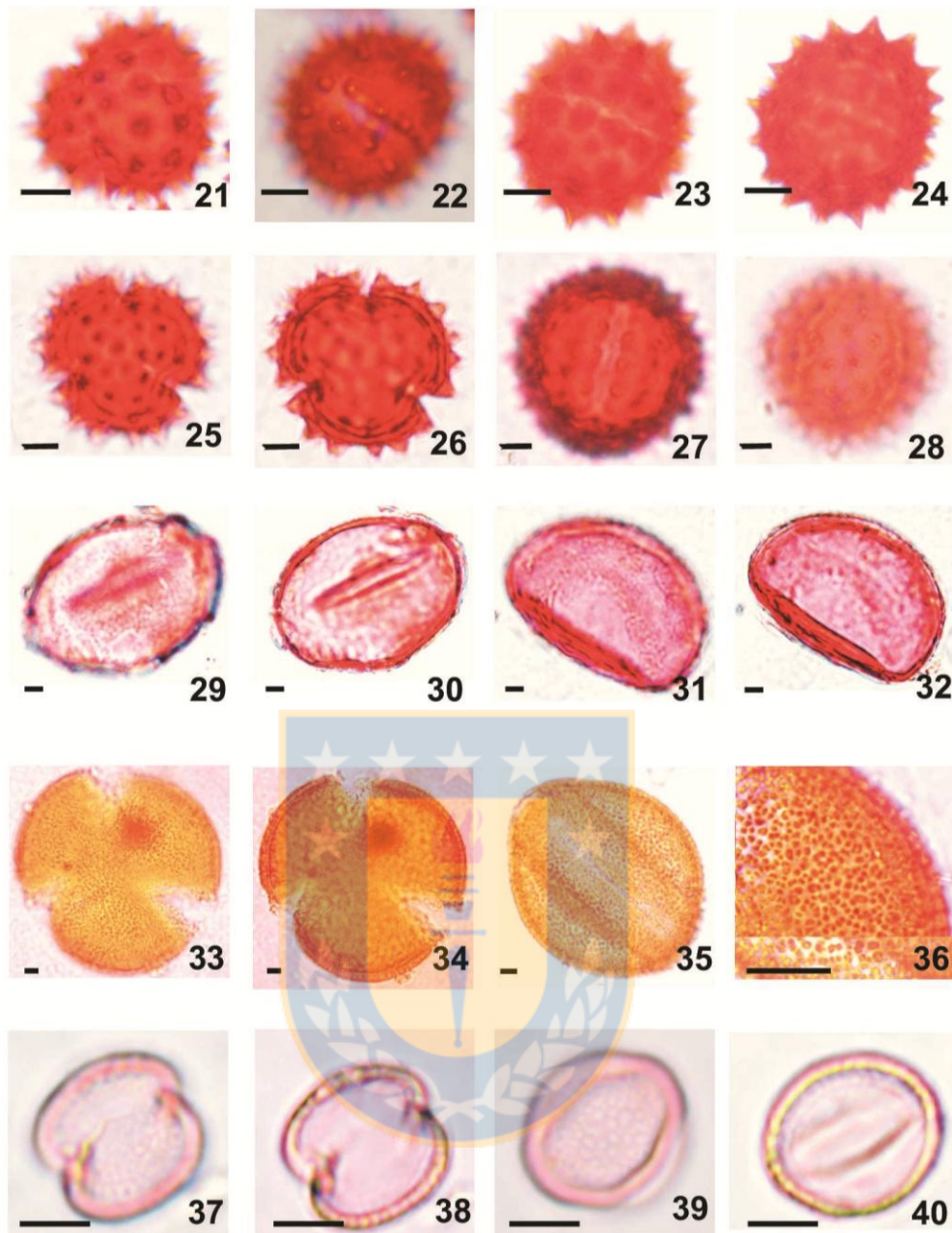
Observaciones: simetría radiosimétrica, isopolar; tamaño grande; forma prolato, P=79  $\mu\text{m}$ ; E=60  $\mu\text{m}$ ; P/E=1,3. De ámbito circular, diámetro ecuatorial 70-80  $\mu\text{m}$  en vista polar. Aperturas tricolpado. Apocolpio de 20-30  $\mu\text{m}$  y mesocolpio de 43-56  $\mu\text{m}$ . Exina de 3-4  $\mu\text{m}$  de espesor, tectada, foveolada, microequinada, espínulas menores de 0,5  $\mu\text{m}$ . Material colectado de Herbario de la Universidad de Concepción, Código: 89020.

Fam. Cunoniaceae.

*Caldcluvia paniculata* (Cav.) D. Don (Lamina 2, figuras 37-40).

Observaciones: simetría bilateral, isopolar; tamaño pequeño; forma esférico, P=11-12  $\mu\text{m}$ ; E=10-12  $\mu\text{m}$ ; P/E=1. De ámbito subcircular, deprimido en los colpos. Aperturas dicolporado, colpo largo. Poro marcado con una constricción en el colpo, no siempre visible. Apocolpio de 3-4  $\mu\text{m}$  y mesocolpio de 6-7  $\mu\text{m}$ . Exina de 0,5  $\mu\text{m}$  de espesor, per-reticulada. Material colectado de Herbario de la Universidad de Concepción, Código: 167313.





**Lamina 2.** 21-24, *B. pingraea*: 21, vista semipolar, ornamentación de exina; 22, vista ecuatorial en superficie y apertura; 23, vista ecuatorial en corte óptico y apertura; 24, vista general del grano; 25-28, *H. integerrimus*: 25, vista polar, detalle superficie; 26, vista polar detalle exina; 27, vista lateral en superficie; 28, vista lateral en corte óptico; 29-32, *B. blechnoides*: 29, vista proximal, detalle superficie microalveolar; 30, vista proximal, apertura espora monolete, 31-32, vista ecuatorial; 33-36 *M. poeppigii*: 33, vista polar en superficie; 34, vista polar en corte óptico; 35, vista lateral, detalle apertura; 36, detalle de superficie microequinada; 37-40, *C. paniculata*: 37, vista polar, subcircular, deprimido en los colpos; 38, vista polar en corte óptico; 39, aperturas, detalle de superficie per-reticulada; 40, vista lateral en corte óptico. Escala (MO)= 5µm.

**Plate 2.** 21-24, *B. pingraea*: 21, semipolar view, ornamentation of exine; 22, equatorial view, apertures surface; 23, equatorial view on optical section, detail of aperture; 24, overview of the grain; 25-28, *H. integerrimus*: 25, polar view, detail of surface; 26, polar view, detail of exine; 27, lateral view, detail on

surface; **28**, lateral view on optical section; **29-32**, *B. blechnoides*: **29**, proximal view, detail microalveolar surface; **30**, proximal view, aperture of monolete spore; **31-32**, equatorial view; **33-36**, *M. poeppigii*: **33**, polar view on surface; **34**, polar view on optical section; **35**, lateral view, detail of apertures; **36**, detail of microequinada surface; **37-40**, *C. paniculata*: **37**, polar view, subcircular, depressed in the colpi; **38**, polar view on optical section; **39**, apertures, detail of per-reticulate surface; **40**, lateral view on optical section. Scale bar (OM) = 5µm.

Fam. Dryopteriaceae.

*Ctenitis spectabilis* (Kaulf.) Kunkel (Lamina 3, figuras 41-43).

Observaciones: simetría bilateral, heteropolar; tamaño mediano; forma elipsoidal en vista polar y plano convexa en vista ecuatorial, 24-26x36-37x24-26 µm. Apertura espora monolete. Exina de 1 µm de espesor. Perina equinada, castaño oscuro. No se observan los límites entre exina y perina. Espinas agudas de base ancha de 3-5 µm de altura. Material colectado de Herbario de la Universidad de Concepción, Código: 68978

Fam. Elaeocarpaceae.

*Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz (Lamina 3, figuras 44-45).

Observaciones: simetría radiosimétrica, isopolar; tamaño pequeño; forma prolato a prolato-esferoidal, P=15-18 µm; E=12-15 µm; P/E=1,2-1,5. De ámbito circular. Aperturas tricolporado, poros poco visibles, colpos constreñidos a nivel del poro. Membrana apertural granulada con elementos de la ectexina. Apocolpio de 4-5 µm y mesocolpio de 13 µm. Exina de 1 µm de espesor. Sexina igual al nexina. Superficie psilada. Material colectado de Cerro Cayumanqui.

Fam. Eucryphiaceae.

*Eucryphia cordifolia* Cav. (Lamina 3, figuras 46-48).

Observaciones: simetría isopolar, radiosimétrica; tamaño pequeño, muy pequeño; forma subprolato, P=8-10 µm; E=6-9 µm; P/E=1,2. Ambito subcircular, deprimido en los colpos. Aperturas dicolpado, sincolpado. Apocolpio de 4-5 µm y mesocolpio de 6-8 µm.

Exina de 0,5  $\mu\text{m}$ . Superficie reticulada, heterobrocada, el retículo se va haciendo más fino hacia los colpos. Material colectado de Herbario de la Universidad de Concepción, Código: 44773.

Fam. Fabaceae.

*Acacia caven* (Mol.) Mol. (Lamina 3, figuras 49-52).

Observaciones: poliada de más de 32 granos aproximadamente de 64x87-55x84  $\mu\text{m}$ , esférica. Granos aislados asimétricos con eje polar igual y menor que los diámetros ecuatoriales respectivos. Tamaño 21x10x15-24  $\mu\text{m}$ ; forma piramidal, P=15-24  $\mu\text{m}$ ; E=21  $\mu\text{m}$  en cara distal disminuyendo hasta 1-2  $\mu\text{m}$  en cara proximal. Aperturas con colpos en la cara distal en número y forma irregulares; poros de 2 a 4 en los extremos libres de los colpos, 2 más cerca del polo proximal. Exina de 2  $\mu\text{m}$  de espesor en cara distal, nexina menor que la sexina. Disminuye hacia los colpos. En caras proximales de 0,5  $\mu\text{m}$  de espesor. Tectado en la cara distal, báculo en las caras proximales. Tectum sup-irregular, báculos densamente dispuestas, delgadas, disminuyen de altura hacia los colpos. Material colectado de Cerro Negro.

Fam. Flacourtiaceae.

*Azara integrifolia* Ruiz et Pavón. (Lamina 3, figuras 53-56).

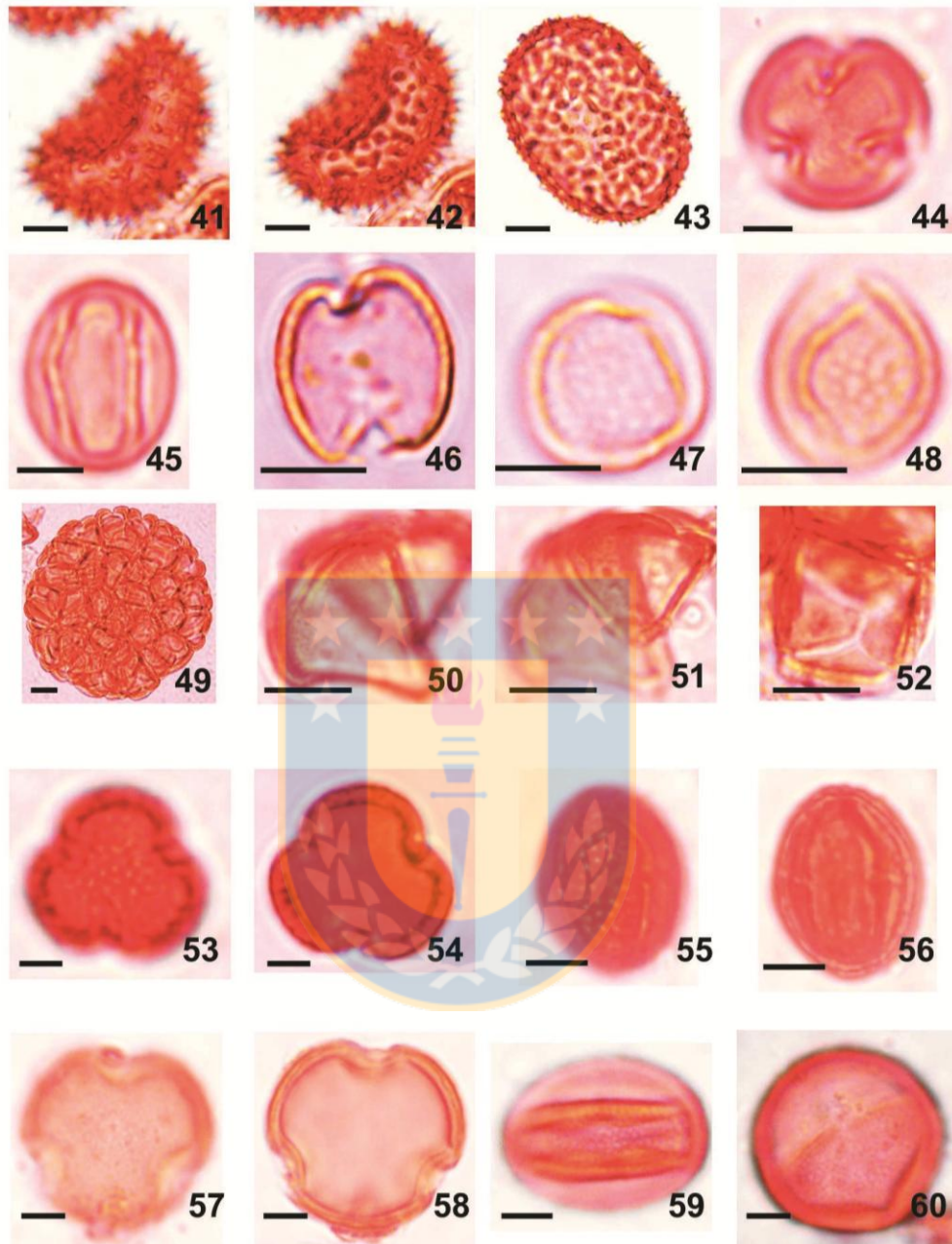
Observaciones: simetría radiosimétrica, isopolar; tamaño pequeño; forma prolato, P=22  $\mu\text{m}$ ; E=13  $\mu\text{m}$ ; P/E=1,69. De ámbito circular, trilobado. Aperturas tricolporado, colpo de 1x21  $\mu\text{m}$ ; endoapertura lalongada de 1x3  $\mu\text{m}$ . Apocolpio de 4  $\mu\text{m}$  y mesocolpio de 10  $\mu\text{m}$ . Exina de 1  $\mu\text{m}$  de espesor, sexina mayor que la nexina en mesocolpio, disminuye en colpos, aumenta en endoapertura. Tectado. Superficie microrreticulada, heterobrocada, los lúmenes disminuyen de tamaño hacia los bordes de los colpos. Material colectado de Herbario de la Universidad de Concepción, Código: 97887.

Fam. Lardizabalaceae.

*Boquila trifoliata* (DC.) Decne. (Lamina 3, figuras 57-60).

Observaciones: simetría radiosimétrico, isopolar; tamaño pequeño; forma subprolato a prolato-esferoidal, P=23  $\mu\text{m}$ ; E=20  $\mu\text{m}$ ; P/E=1,15. De ámbito circular, trilobado. Aperturas tricolporado, colpo de 4x20  $\mu\text{m}$ , membrana apertural granulada; endoapertura lalongada

1,5-2x5  $\mu\text{m}$ . Apocolpio de 5  $\mu\text{m}$  y mesocolpio de 15  $\mu\text{m}$ . Exina de 1  $\mu\text{m}$  de espesor, sexina igual a la nexina. Superficie microrreticulada. Material colectado de Cerro Cayumanqui.



**Lamina 3.** 41-43, *C. spectabilis*: 41, vista ecuatorial en superficie, perina equinada; 42, vista ecuatorial en corte óptico; 43, vista distal; 44-45, *A. chilensis*: 44, vista polar; 45, vista lateral, detalle aperturas; 46-48, *E. cordifolia*: 46, vista polar, aperturas dicolpado; 47-48 vista lateral, detalle aperturas y superficie; 49-52, *A. caven*: 49, vista general poliada de más de 32 granos; 50; grano aislado asimétrico, detalle superficie báculada; 51; grano aislado detalle aperturas de poros; 52; grano aislado detalle aperturas de colpos; 53-56, *A. integrifolia*: 53, vista polar en superficie; 54, vista polar en corte óptico; 55, vista lateral, detalle superficie; 56, vista lateral corte óptico, dos aperturas; 57-60, *B. trifoliata*: 57, vista polar detalle superficie

microrreticulada; **58**, vista polar en corte óptico; **59**, vista lateral, dos aperturas detalle en superficie; **60**, vista general del grano, detalle en aperturas. Escala (MO)= 5µm.

**Plate 3. 41-43, *C. spectabilis*: 41**, equatorial view, detail of perine echinate surface; **42**, equatorial view, detail on optical section; **43**, distal view; **44-45, *A. chilensis*: 44**, polar view; **45**, lateral view, detail of apertures; **46-48, *E. cordifolia*: 46**, polar view, dicolpate apertures; **47-48**, lateral view, detail of microreticulate surface, apertures; **49-52, *A. caven*: 49**, overview poliade over 32 grains; **50**, grain isolated asymmetric, detail of baculate surface; **51**; grain isolated, detail of pore apertures; **52**, grain isolated, detail of colpi apertures; **53-56, *A. integrifolia*: 53**, polar view on surface; **54**, polar view on optical section; **55**, lateral view, detail on surface; **56**, lateral view on optical section, two apertures; **57-60, *B. trifoliata*: 57**, polar view, detail of microreticulate surface; **58**, polar view on optical section; **59**, lateral view, detail of surface, two apertures; **60**, overview of grain, detail apertures. Scale bar (OM) = 5µm.

Fam. Lauraceae.

*Cryptocarya alba* (Mol.) Looser (Lamina 4, figuras 61-64).

Observaciones: simetría radiosimétrica apolar, inaperturado; tamaño mediano de 35-45 µm de diámetro; forma esferoidal. Exina de 0,5 µm de espesor. Superficie foveolada. Material colectado de zona arenales.

Fam. Monimiaceae.

*Peumus boldus* Mol. (Lamina 4, figuras 65-68).

Observaciones: simetría radiosimétrica, apolar, inaperturado; tamaño mediano; forma esferoidal, 38-42 µm. Exina de 1-2 µm de espesor, tectada. Superficie equinada, espinas de 2 µm de altura, irregularmente distribuidas. Material colectado de zona arenales.

Fam. Myrtaceae.

*Blepharocalyx cruckshanksii* (Hooker et Arnott) Niedenzu. ) (Lamina 4, figuras 69-72)

Observaciones: simetría isopolar; tamaño pequeño; forma oblato, P=11-15 µm; E=18-22 µm; P/E=0,6-0,7. De ámbito triangular, anguloaperturado. Aperturas parasintricolporado, colpos lineares; endoapertura circular. Presentan fastigio. Apocolpio de campo apocolpial triangular de 10 µm, bordes bien definidos. Mesocolpio de 20 µm convexo. Exina de 1 µm



de espesor. Sexina tectada con superficie rugulada. Material colectado de Herbario de la Universidad de Concepción, Código: 80507.

Fam Myrtaceae.

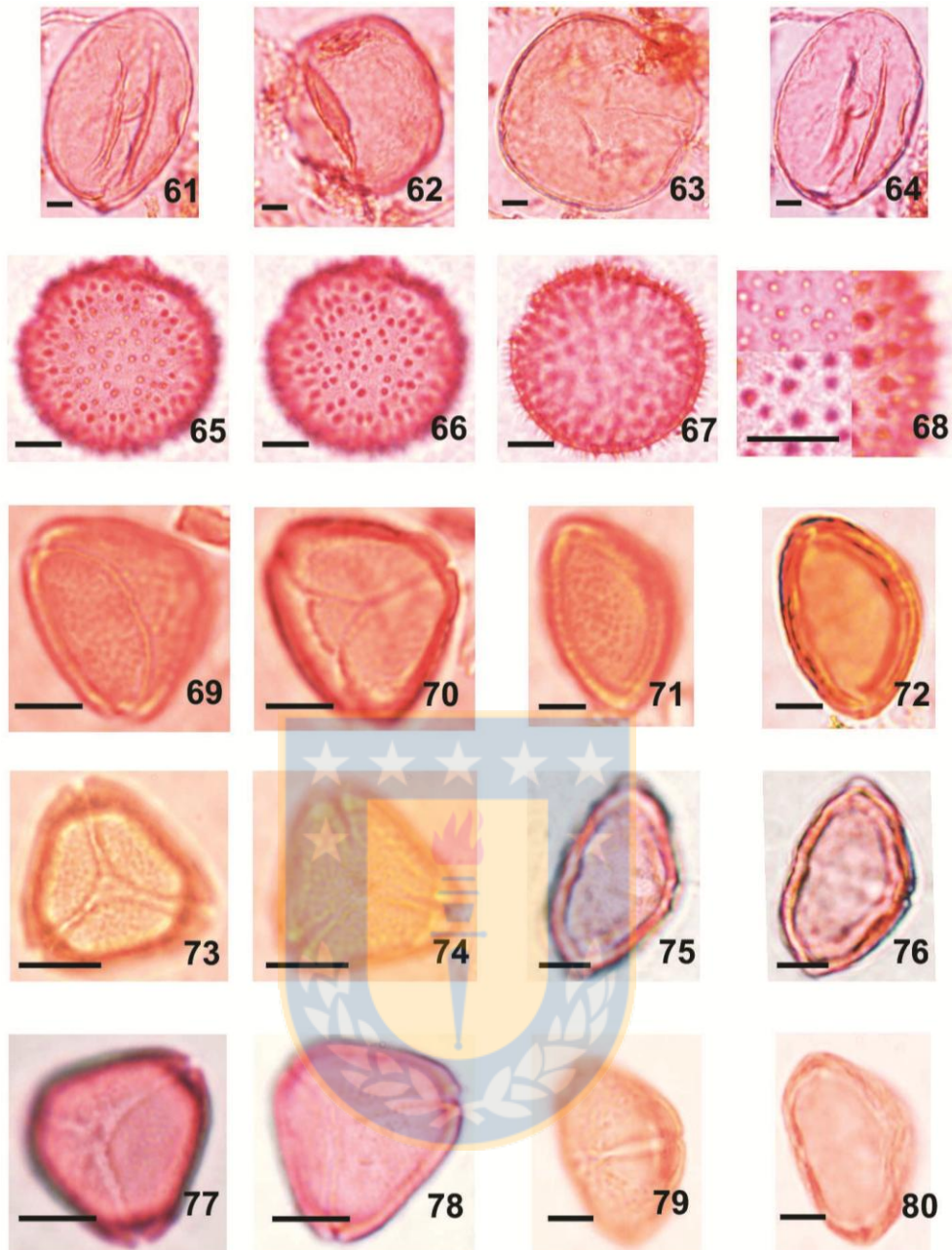
*Myrceugenia exsucca* (DC) Berg. (Lamina 4, figuras 73-76).

Observaciones: simetría radiosimétrico, heteropolar; tamaño pequeño; forma oblato,  $P=12\ \mu\text{m}$ ;  $E=20\ \mu\text{m}$ ;  $P/E=0,6\ \mu\text{m}$ . De ámbito triangular, anguloaperturado, lados planos. Aperturas hemiparasintrico porado, con fastigio. Apocolpio de campo apocolpial de  $5\ \mu\text{m}$ , con bordes difusos. Mesocolpio de  $18\ \mu\text{m}$ . Exina de  $1\ \mu\text{m}$  de espesor, tectada. Superficie microreticulada. Material colectado del herbario de la Universidad de Concepción, código: 143742.

Fam. Myrtaceae.

*Myrceugenia planipes* (Hook. et Arn.) Berg (Lamina 4, figuras 77-80).

Observaciones: simetría radiosimétrica, heteropolar por la forma y aperturas; tamaño pequeño; forma oblato,  $P=13\ \mu\text{m}$ ;  $E=22\ \mu\text{m}$ ;  $P/E=0,59\ \mu\text{m}$ . De ámbito triangular, anguloaperturado, lados rectos o levemente convexos. Aperturas hemiparasintrico porado; endoapertura lalongada. Apocolpio de campo apocolpial triangular de  $1-3\ \mu\text{m}$  en uno de los polos, en el otro polo se unen los tres colpos. Mesocolpio de  $20\ \mu\text{m}$ . Material colectado del herbario de la Universidad de Concepción, código: 157906. Exina de  $1\ \mu\text{m}$  de espesor. Superficie microreticulada.



**Lamina 4.** 61-64, *C. alba*: 61, vista general grano, inaperturado; 62-63 grano radiosimétrico, detalle superficie foveolada; 65-68, *P. boldus*: 65-66, radiosométrico detalle en superficie; 67, grano inaperturado; 68, superficie equinada, espinas irregularmente distribuidas; 69-72, *B. cruckshanksii*: 69, vista polar detalle en superficie, rugada, una apertura; 70, vista polar detalle en corte óptico, dos aperturas; 71, vista ecuatorial detalle en superficie; 72, vista ecuatorial, detalle en corte óptico; 73-76, *M. exsucca*: 73, vista polar detalle en corte óptico, aperturas; 74, vista polar detalle en superficie, microreticulada; 75-76, vista ecuatorial detalle en corte óptico, detalle aperturas; 77-80, *M. planipes*: 77, vista polar detalle en superficie, microreticulada, tres aperturas; 78, vista polar detalle en corte óptico, detalle aperturas; 79, vista ecuatorial, detalle en superficie, apertura; 80, vista ecuatorial, detalle en corte óptico. Escala (MO)= 5µm.

**Plate 4. 61-64, *C. alba*:** 61, overview grain inaperturado; 62-63, radiosymmetric grain, detail of faveolate surface; 65-68, *P. boldus*: 65-66, radiosymmetric grain, detail on surface; 67 inaperturate grain; 68, echinate surface, irregularly distributed spines; 69-72, *B. cruckshanksii*: 69, polar view, detail of rugate surface, apertures; 70, polar view detail in optical section, two apertures; 71, equatorial view, detail on surface; 72, equatorial view, detail in optical section; 73-76, *M. exsucca*: 73, view polar, detail in optical section, apertures; 74, polar view detail in microreticulate surface; 75-76, equatorial view, detail in optical section, apertures; 77-80, *M. planipes*: 77, polar view detail in microreticulate surface, three apertures; 78, view polar, detail on optical section, apertures; 79 equatorial view, detail of surface, apertures; 80, equatorial view, detail on optical section. Scale bar (OM) = 5µm.

Fam. Myrtaceae.

*Luma apiculata* (DC.) Burret (Lamina 5, figuras 81-84).

Observaciones: simetría heteropolar, colpos libres en un polo y fusionados en el opuesto delimitando un campo apocolpial; tamaño pequeño; forma oblato, P=15 µm; E=21 µm; P/E=0,7. De ámbito triangular, anguloaperturado, lados rectos. Aperturas hemiparasintricolporado, colpos lineares; endoaperturas lalongadas. Presentan fastigio. Apocolpio de 7 µm, campo apocolpial triangular con bordes difusos. Mesocolpio de 15-19 µm. Exina de 1 µm de espesor, sexina igual a nexina. Superficie microrreticulada. Material colectado del Cerro Cayumanqui.

Fam. Philesiaceae.

*Lapageria rosea* Ruiz et Pavón. (Lamina 5, figuras 85-88).

Observaciones: simetría radial o bilateral; tamaño grande 65 µm; forma esférico o elipsoidal. Aperturas inaperturado. Exina de 0,5-1 µm de espesor, equinado, espinas cónicas, ápice agudo, de 3-6 µm de altura, distribuidas irregularmente en forma más o menos densa. Material colectado de Cerro Cayumanqui.

Fam. Proteaceae.

*Gevuina avellana* Mol. (Lamina 5, figuras 89-92).

Observaciones: simetría radiosimétrica, isopolar; tamaño mediano; forma oblato, P=25-28 µm; E=35-48 µm; P/E=0,5-0,7. De ámbito triangular, anguloaperturado, borde cóncavo. Aperturas triporado, poro más o menos circular de 12-13 µm de diámetro, bordes irregulares. Canal del poro revestido por un depósito granular de nexina. Exina de 2 µm de

espesor, nexina de 1,2  $\mu\text{m}$  y sexina 0,8  $\mu\text{m}$ . En el canal del poro la nexina alcanza un espesor de 3  $\mu\text{m}$ . Superficie per-reticulada más o menos heterobrocada, simplicolumelada. Material colectado del Cerro Cayumanqui.

Fam. Proteaceae.

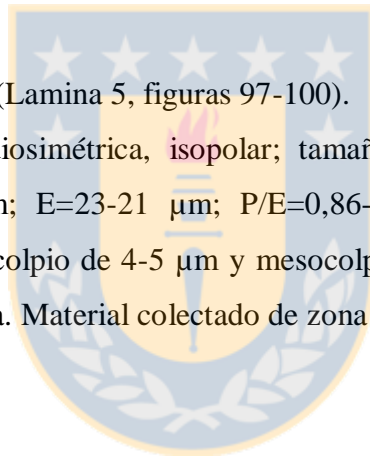
*Lomatia dentata* (Ruiz et Pavón) R. Br. (Lamina 5, figuras 93-96).

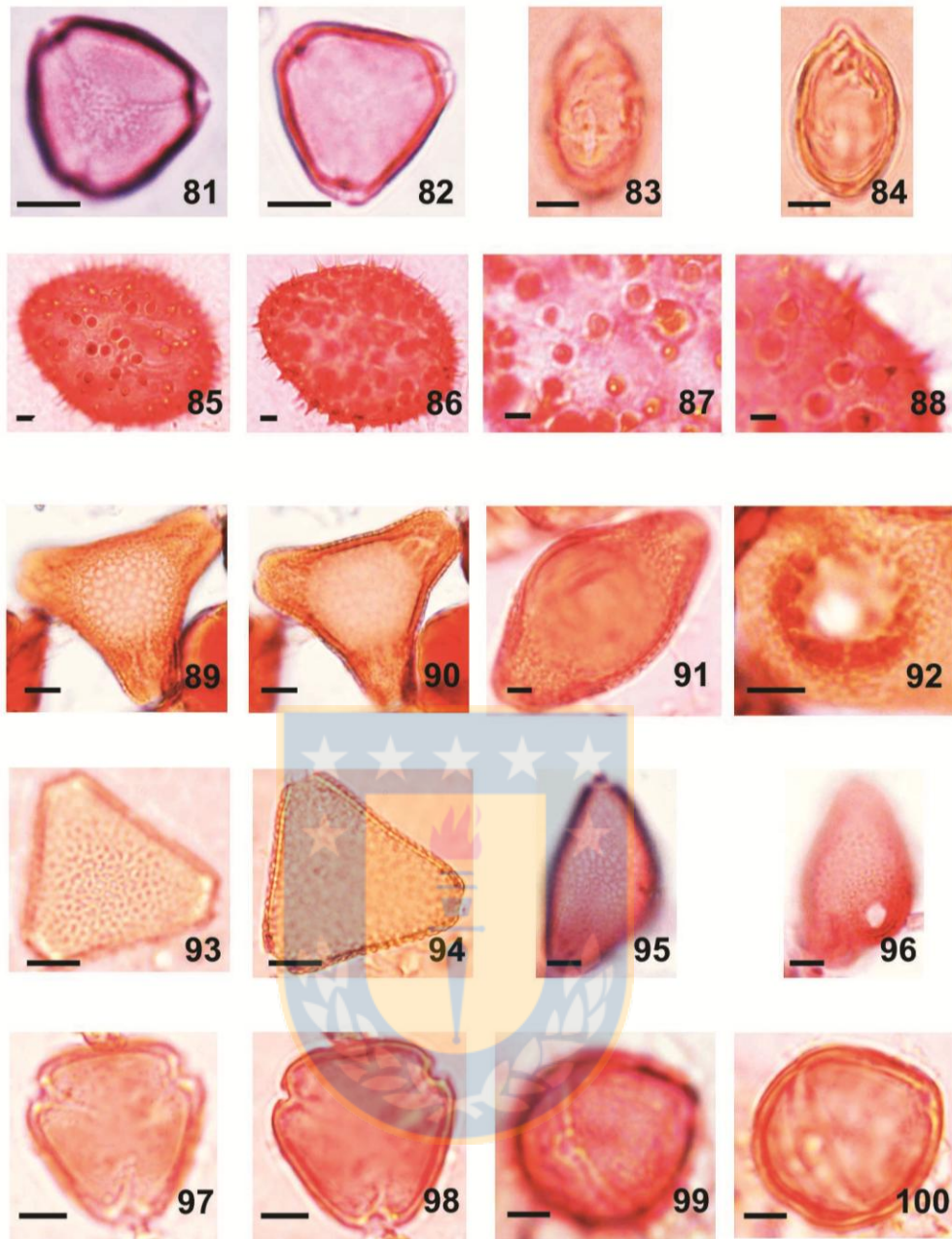
Observaciones: simetría radiosimétrico, isopolar; tamaño mediano; forma oblato, P=20  $\mu\text{m}$ ; E=30  $\mu\text{m}$ ; P/E=0,66. De ámbito triangular, anguloaperturado, borde levemente cóncavo. Aperturas triporado, poro de 5  $\mu\text{m}$  de diámetro. Exina de 1  $\mu\text{m}$  de espesor. Sexina igual a la nexina. Superficie reticulada más o menos heterobrocada, simplicolumelada. Material colectado del Cerro Cayumanqui.

Fam Rhammnaceae.

*Colletia spinosissima* Gmel. (Lamina 5, figuras 97-100).

Observaciones: simetría radiosimétrica, isopolar; tamaño pequeño; forma suboblato a oblato esferoidal, P=20  $\mu\text{m}$ ; E=23-21  $\mu\text{m}$ ; P/E=0,86-0,95. De ámbito subtriangular. Aperturas tricolporado. Apocolpio de 4-5  $\mu\text{m}$  y mesocolpio de 17-19  $\mu\text{m}$ . Exina de 1  $\mu\text{m}$  de espesor. Superficie psilada. Material colectado de zona arenales.





**Lamina 5.** 81-84, *L. apiculata*: 81, vista polar detalle en superficie, microrreticulada, aperturas; 82, vista polar, detalle en corte óptico; 83, vista ecuatorial detalle endoaperturas lalongadas; 84, vista ecuatorial en corte óptico; 85-88, *L. rosea*: 85, vista general polen detalle en superficie; 86 vista general polen detalle en corte óptico; 87-88, detalle de superficie equinada, espinas cónicas, ápice agudo, distribuidas irregularmente; 89-92, *G. avellana*: 89, vista polar, detalle en superficie, per-reticulada; 90, vista polar en corte óptico, detalle aperturas, exina y nexina; 91, vista ecuatorial; 92, detalle poro; 93-96, *L. dentata*: 93, vista polar detalle en superficie reticulada; 94, vista polar en corte óptico, detalle en sexina y nexina; 95, vista ecuatorial, detalle en superficie; 96, vista ecuatorial detalle de apertura; 97-100, *C. spinosissima*: 97, vista polar detalle en superficie, aperturas; 98, vista polar detalle en corte óptico; 99, vista lateral detalle apertura; 100, vista lateral detalle en corte óptico. Escala (MO)= 5µm.

**Plate 5. 81-84, *L. apiculata*:** **81**, polar view detail in microreticulate surface, apertures; **82**, polar view, detail in optical section; **83**, equatorial view, detail of lalongates endoapertures; **84**, equatorial view in optical section; **85-88, *L. rosea*:** **85**, overview detail in pollen surface; **86**, overview pollen, detail in optical section; **87-88**, detail of echinate surface, conical spines, apex acute, irregularly distributed; **89-92, *G. avellana*:** **89**, polar view, detail of per-reticulate surface; **90**, polar view detail in optical section, apertures, exine and nexine; **91**, equatorial view; **92**, detail of pore; **93-96, *L. dentata*:** **93**, polar view, detail of reticulate surface; **94**, polar view detail in optical section, sexine and nexine; **95**, equatorial view, detail on surface; **96**, equatorial view, detail of apertures; **97-100, *C. spinosissima*:** **97**, polar view, detail on surface, apertures; **98**, polar view, detail in optical section; **99**, lateral view, detail of apertures; **100**, lateral view, detail in optical section. Scale bar (OM) = 5µm.

Fam. Rosaceae.

*Kageneckia angustifolia* D. Don (Lamina 6, figuras 101-104).

Observaciones: simetría isopolar, radiosimétrica; tamaño mediano; forma oblato-esferoidal, P=25 µm; E=27 µm; P/E=0,92. De ámbito trilobado fosaperturado. Aperturas tricolporado, colpos lineales de 1x25 µm; endoapertura lalongada de 10x3 µm. Apocolpio de 8 µm y mesocolpio de 20-22 µm. Exina de 1 µm de espesor. Tectada. Superficie microrreticulada. Sexina igual a la nexina. Nexina engrosada a nivel ecuatorial. Presenta fastigio. Material colectado de Cerro Negro.

Fam. Rosaceae.

*Quillaja saponaria* Mol. (Lamina 6, figuras 105-108).

Observaciones: simetría isopolar, radiosimétrico; tamaño mediano; forma prolato, P=37 µm; E=26 µm; P/E=1,42. De ámbito circular. Aperturas tricolporado, colpo de 4x37 µm; endoapertura lalongada 4-5x10-12 µm. Apocolpio de 7-5 µm y mesocolpio de 20-25 µm. Exina de 1 µm de espesor. Sexina igual a la nexina. En el apocolpio hay engrosamiento a nivel ecuatorial de las endoaperturas por aumento de la nexina a 2-3 µm. Tectada. Superficie estriada. Material colectado de Cerro Negro.

Fam. Solanaceae.

*Fabiana imbricata* Ruiz et Pavón. (Lamina 6, figuras 109-112).

Observaciones: simetría radiosimétrica, isopolar; tamaño pequeño; forma subprolato a oblato-esferoidal, P=20-25  $\mu\text{m}$ ; E=18-24  $\mu\text{m}$ ; P/E=0,86-1,25. De ámbito circular, 22-25  $\mu\text{m}$ . Aperturas tricolporado, colpo largo constreñido, poros pequeños y difusos. Apocolpio de 2-3  $\mu\text{m}$  y mesocolpio de 15  $\mu\text{m}$ . Exina de 2  $\mu\text{m}$  de espesor. Superficie microreticulada. Material colectado del herbario de la Universidad de Concepción, código: 153655.

Fam. Verbenaceae.

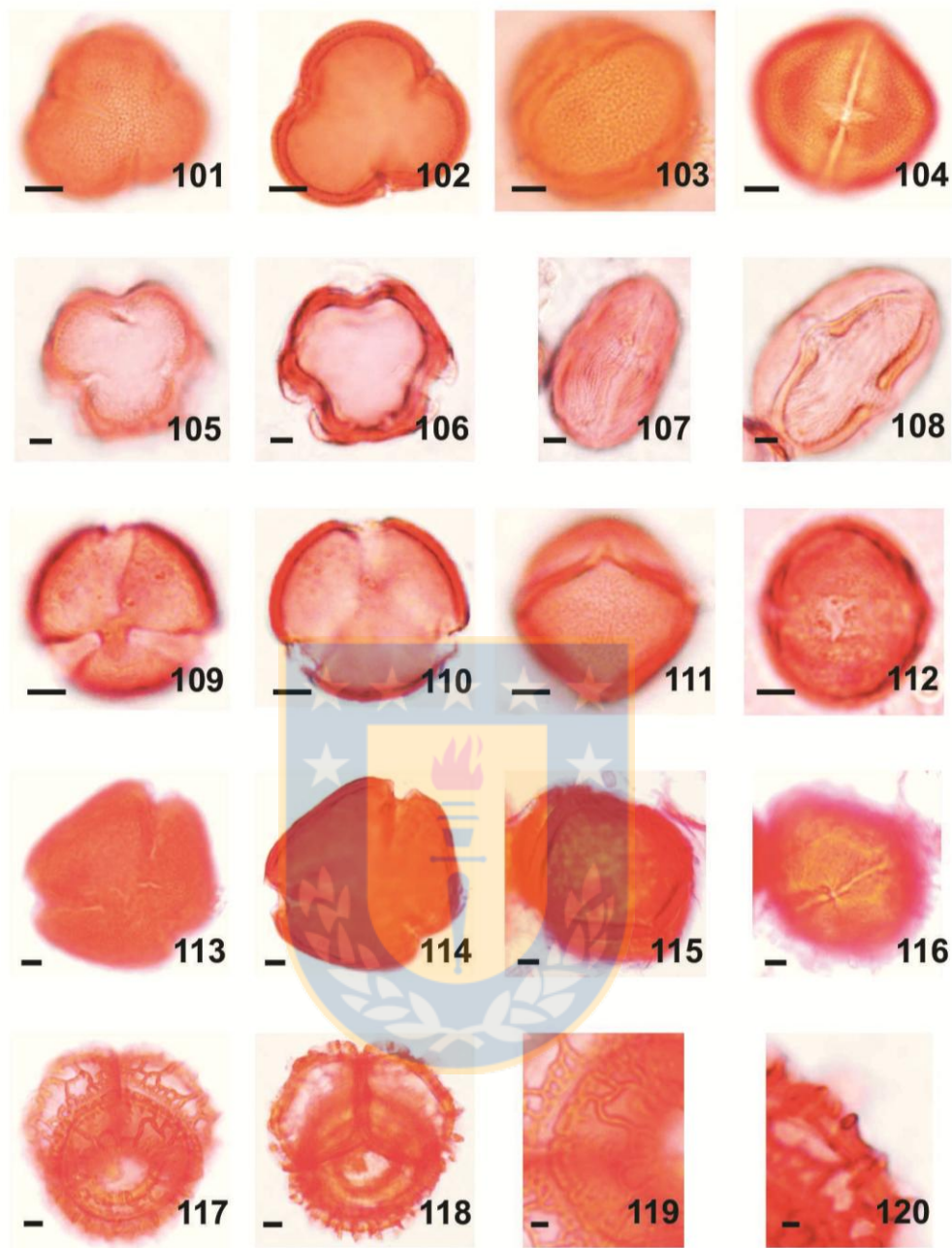
*Rhaphithamnus spinosus* (Juss.) Mold. (Lamina 6, figuras 113-116).

Observaciones: simetría radiosimétrica, isopolar; tamaño mediano; forma subprolato a prolato-esferoidal, P=48  $\mu\text{m}$ ; E=42  $\mu\text{m}$ ; P/E=1,14. Ambito subtriangular, anguloaperturado. Aperturas tricolporado, colpo de 38x3  $\mu\text{m}$ , con margen; endoapertura lalongada de 7x2  $\mu\text{m}$ . Poros ubicados en área ecuatorial de tamaño y definición variable. Apocolpio de 13  $\mu\text{m}$  y mesocolpio de 40  $\mu\text{m}$ . Exina de 2  $\mu\text{m}$  de espesor, sexina igual a la nexina, la sexina disminuye hacia los colpos (forma el margen). Tectado, se observan las columnelas. Superficie escabrada-rugulada. Material colectado de Cerro Cayumanqui.

Fam. Winteraceae.

*Drimys winteri* (Reiche) R.A. Rodr. et Quez. (Lamina 6, figuras 117-120).

Observaciones: tétrada; tamaño grande de 56  $\mu\text{m}$  de diámetro; forma tetraédrica; granos individuales heteropolares, de 25x42  $\mu\text{m}$ . Aperturas ana-ulcerate, poro más o menos circular, de borde interno irregular, deflecado a granular. Exina de 5-6  $\mu\text{m}$  de espesor. Toda la superficie expuesta del grano, excepto la apertura, está cubierta por un retículo heterobrocado de lúmenes poligonales grandes (oligobrocado, muros duplicolumelados o simplicolumelados, carinados), la malla de retículo se hace más fina hacia la unión con los otros granos, disminuye también el espesor de la exina. En este punto la exina está muy suavizada y termina de forma abrupta a lo largo del borde del sulcus. Material colectado del Cerro Cayumanqui.



**Lamina 6.** 101-104, *K. angustifolia*: 101, vista polar en superficie, microrreticulada detalle aperturas; 102, vista polar en corte óptico; 103, vista lateral, dos aperturas, 104, detalle aperturas; 105-108, *Q. saponaria*: 105, vista polar detalle en superficie, tres aperturas; 106, vista polar detalle en corte óptico; 107, vista ecuatorial, detalle apertura; 108, vista lateral en superficie, estriada, dos aperturas; 109-112, *F. imbricata*: 109, vista polar en superficie, detalle aperturas; 110, vista en corte óptico; 111, vista lateral, dos aperturas; 112, detalle aperturas; 113-116, *R. spinosus*: 113, vista polar en superficie, escabrada-rugulada; 114, vista polar en corte óptico, tres aperturas; 115, vista lateral, dos aperturas; 116, vista ecuatorial, detalle apertura; 117-120, *D. winteri*: 117, tétrada, detalle de poro; 118, tétrada, vista general del grano; 119, detalle de superficie, malla de retículo; 120, retículo heterobrocado de lúmenes poligonales grandes. Escala (MO)= 5µm.



**Plate 6. 101-104, *K. angustifolia*: 101**, polar view, detail of microreticulate surface, apertures; **102**, polar view on optical section; **103**, lateral view, two apertures; **104**, detail of apertures; **105-108, *Q. saponaria*: 105**, polar view, detail of surface, three apertures; **106**, polar view, detail in optical section; **107**, equatorial view, detail of apertures; **108**, lateral view, striate surface, two apertures; **109-112, *F. imbricata*: 109** polar view, detail of surface, apertures; **110**, detail in optical section; **111**, lateral view, two apertures; **112**, detail of apertures; **113-116, *R. spinosus*: 113**, polar view, escabrate-rugulate surface; **114**, polar view in optical section, three apertures; **115**, lateral view, two apertures; **116**, equatorial view, detail of apertures; **117-120, *D. winteri*: 117**, tetrad, detail of pore, **118**, tetrade, overview of grain; **119**, detail of surface, mesh reticulate; **120**, heterobrocate of large polygonals lumens. Scale bar (OM) =5µm

## 2.4. Discusión

La cuenca de la laguna Avendaño, tiene múltiples usos: residencial, recreacional, agrícola, silvícola y ganadero, por mencionar algunos. Estos, han ejercido una fuerte presión sobre el paisaje, el cual se encuentra actualmente muy fragmentado.

La mayoría de las especies nativas aquí descritas, presentan actualmente una abundancia muy reducida dada las diferentes actividades antrópicas mencionadas anteriormente, destacando por sobre todo las actividades agrícolas y forestales (Camus 2006). Este reemplazo de la vegetación original, genera incertidumbre sobre cuáles son las condiciones naturales de la zona y cuáles son sus especies vegetales originales. Es por esto, que surge la necesidad de aumentar el conocimiento de la flora polínica local, para así realizar las correctas interpretaciones ecológicas y no limitar las investigaciones paleoecológicas de la zona central de Chile.

La zona mediterránea presenta un importante porcentaje de endemismo (Arroyo & Cavieres 1997). De las 31 especies analizadas 25 presentan una distribución exclusiva para Sudamérica y 6 se encuentran solamente en Chile, *Haplopappus integerrimus*, *Blechnum blechnoides*, *Ctenitis spectabilis*, *Azara integrifolia*, *Peumus boldus* y *Blepharocalyx cruckshanksii* (Rodríguez Ríos *et al.* 1983; Marticorena & Quezada 1985; Mathei 1995; Hoffman 1997). La mayor parte de los tipos polínicos observados poseen descripciones publicadas con diferentes fines como: taxonómicos (Rodríguez & Marticorena 1987; Claxton *et al.* 2005; Cuadrado & Garralla 2009), descriptivos, (Cauneau-Pigot 1988), morfológicos (Sampson & Foreman 1990; Caccavari & Dome 2000) y/o

melisopalinológicos (Motenegro *et al.* 1992). En general estos trabajos utilizan técnicas de microscopía electrónica, por lo que hemos incorporado detalles descritos con microscopía óptica, utilizando polen acetolizado.

Los granos polínicos observados, presentan características morfológicas similares a las observadas por Heusser (1971), no obstante, se han agregado a este registro seis nuevas especies, *Eryngium paniculatum*, *Baccharis pingraea*, *Haplopappus integrinus*, *Blechnum blechnoides*, *Ctenitis spectabilis* y *Azara integrifolia*, con descripciones completas y mejores detalles fotográficos.

### Agradecimientos

Agradecemos a: Fondecyt N° 1120807, CONICYT SER01, PFB-23, ICM P05-002; a Conicyt, por financiar estudios de postgrado, al personal del Herbario de la Universidad de Concepción y finalmente a Jonathan Urrutia por su colaboración.



## Bibliografía

ARROYO, M. T., CAVIERES, L.A. 1997. The Mediterranean-type climate flora of central Chile-What do we know and how can we assure its protection. *Noticiero de biología* 5, 48-56.

CACCAVARI, M., DOME, E. 2000. An account of morphological and structural characterization of american Mimosoideae pollen. Part I: tribe Acacieae. *Palynology*, 24, 231-248.

CAMUS, P. 2006. Ambiente, Bosques y gestión forestal en Chile 1541-2005. Ed. Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos. LOM. Santiago, Chile. 374 pp.

CARVALLO, G., GINOCCHIO, R. 2004. Variabilidad en rasgos polínicos en el complejo *Mimulus luteus* l. (Phrymaceae) en Chile central. *Gayana Botanica*. 61(2): 63-66.

CAUNEAU-PIGOT, A. 1988. Biopalynological study of *Lapageria rosea* and *Iris unguicularis* Tirana. *Grana* 27, 297-312.

CLAXTON, F., BANKS, H., KLITGAARD, B.B., CRANE, P. R. 2005. Pollen morphology of families Quillajaceae and Surianaceae (Fabales). *Review of Palaeobotany and Palynology* 133, 221-233.

CUADRADO, C. A., GARRALLA, S. S. 2009. Palinología de los géneros de Cactaceae *Maihuenia*. *Bonplandia* 18(1): 5-12.

DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE. 2011. Anuario climatológico 2010, Santiago – Chile. <http://164.77.222.61/climatologia/>

ECHEVERRIA, C., COOMES, D., SALAS, J., REY-BENAYAS, J. M., LARA, A., NEWTON, A. 2006. Rapid deforestation and fragmentation of Chilean Temperate Forests. *Biological Conservation* 130, 481- 494.

ERDTMAN, G. 1960. The acetolysis method *Svensk Bot. Tidskr* 54: 561-565.

FERNÁNDEZ PEPI, M. G., GIUSSANI, L. M., MORRONE, O. 2008. Variabilidad morfológica de las especies del complejo *Poa resinulosa* (Poaceae) y su relación con las especies de la sección dioicopoa. *Darwiniana* 46(2): 279 -296.

GAJARDO, R. 1994. La vegetación natural de Chile, clasificación y distribución geográfica. 1<sup>era</sup> Edición, Ed. Universitaria, Santiago de Chile, Chile. 83-105 pp.

GARRALLA, S., MURUAGA, N. B., CUADRADO, G. 2008. Morfología polínica de especies argentinas de *Rebutia* s. str. (Cactaceae, Cactoideae) *Darwiniana* 46(2): 270-278.

- HEUSSER, C. 1971. Pollen and spores of Chile. Modern types of the Pteridophytas, Gimnospermae and Angiospermae. University of Arizona. 167pp.
- HIDALGO, J., SCHAPPACASSE, V., NIEMEYER, H., ALDUNATE, C., SOLIMANO, I. 2000. Culturas de Chile PREHISTORIA Desde sus orígenes hasta los albores de la conquista. Ed. Andrés Bello, Santiago, Chile. 65pp.
- HOFFMANN, A. 1997. Flora silvestre de Chile: Zona Central. Ediciones fundación Claudio Gay. 254pp.
- HOOGHIEMSTRA, H., VAN GEEL, B. 1998. World list of Quaternary pollen and spore atlases. Review of Palaeobotany and Palynology 104, 157-182.
- LARGE, M. F., BRAGGINS, J. E. 1990. Effect of different treatments on the morphology and size of fern spores Review of Palaeobotany and Palynology 64, 213-221.
- LUEBERT, F., PLISCOFF, P. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Ed. Universitaria, Santiago, Chile. 318 p.
- MARDONES, P., DONOSO, G., ROCHA, R., CÓRDOVA, A., GRAU, M. 2011. Caracterización y registro del polen atmosférico en la ciudad de Temuco. Revista chilena de enfermedades respiratorias 27, 7-15.
- MARTICORENA, C. 1962. Morfología de los granos de polen de Euphorbiceae chilenas ; 2. Morfología de los granos de polen de las Malpighiaceae chilenas ; 3.- Aberraciones morfológicas en granos de polen de *Tropaeolum tricolor* Sweet Gayana Botanica\_Nº 5.
- MARTICORENA, C., QUEZADA, M. 1985. Catalogo de la flora vascular de Chile. Gayana Botánica 42, 2-157.
- MATTHEI, O. 1995. Manual de las malezas que crecen en Chile. Alfabetra impresores. 545pp.
- MILLER, A. 1976. The Climate of Chile. In Schwerdtfeger, W Editor, *World survey of climatology*. Elsevier 107-34.
- MONTENEGRO, G., GÓMEZ, M., ÁVILA, G. 1992. Importancia relativa de especies cuyo polen es utilizado por *Apis mellifera* en el área de la reserva nacional Los Ruiles, VII Región de Chile. Acta Botanica Malacitana 17, 167-174.

MONTENEGRO, G., ÁVILA, G., ROUGIER, D., TIMMERMANN, B. 1997. Pollen loads: source of carotenoids originating from the mediterranean plant communities of the central zone of chile revista chilena de historia natural 70, 91-99.

MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., DA FONSECA, G. A. B., JENNIFER, K. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403, 853 - 858.

ORTEGA, R., ARESTI, M., PEREIRA, I. 2011. Implementation and evaluation of an image analysis system for determining viability of pollen grains in temperate rice. Chilean journal of agricultural research 71(1):16-22.

PARRA, O., MARTICORENA, C. 1972. Granos de polen de plantas chilenas. II, Compositae – Mutisieae. Gayana Botánica N° 21.

PUNT, W., BACKMORE, S., NILSSON, S., THOMAS, A. 1994. Glossary of Pollen and Spores Terminology. LPP Foundation, LPP Contributions. Series N°1. University of Utrechy. The Netherlands.

REBOLLEDO, R., RIQUELME, M., HUAQUIL, S., SEPÚLVEDA, G., AGUILERA, A. 2011. Estudio comparativo de la producción de polen y miel en un sistema de doble reina versus una por colmena en La Araucanía, Chile. IDESIA (Chile) 29 N° 2, 139-144.

ROBINSON, H.E., MARTICORENA, C. 1986. A palynological study of the Liabeae (Asteraceae). Smithsonian contributions to botany, N° 64.

RODRÍGUEZ, R., MARTICORENA, C. 1987. Las especies del genero Luzuriaga R. Et P. Gayana Botanica 44 (1-4):3-1.

RODRÍGUEZ RÍOS, R., MATTHEI, O., QUEZADA, M. 1983. Flora Arbórea de Chile. Universidad de Concepción. 408 pp.

SAMPSON, F. B., FOREMAN, D. B. 1990. Pollen morphology of *Peumus boldus* (Monimiaceae) – a comparison with *Paheria scandens*. Grana 29, 197-206.

SOSA, M., PANSERI, A. F., SALGADO, C. R. 2011. Pollen morphology of eight species of *Stemodia* (Plantaginaceae) from South America Palynology First article, 1-9.

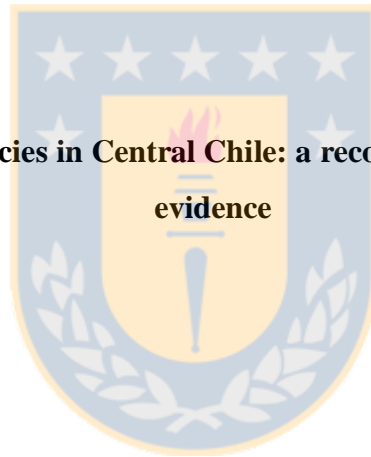
## CAPITULO III

### MANUSCRITO II

#### **Rápido movimiento de las especies exóticas en la zona central de Chile: Una reconstrucción a través de evidencia histórica**

**Fast-moving of exotic species in Central Chile: a reconstruction through historical**

**evidence**



**Patricia Vargas, Fernando Torrejón, Aníbal Pauchard, Roberto Urrutia. Vegetation History and Archaeobotany. En preparación.**

## Resumen

Las actividades humanas han incrementado la transformación de la vegetación de los ecosistemas de la zona central de Chile, las cuales fueron incrementando a partir del siglo XVI con la llegada de los conquistadores españoles al territorio. Estos trajeron consigo nuevas especies de animales y vegetales, los cuales se aclimataron rápidamente a la zona mediterránea de Chile y además fueron tempranamente asimilados por las etnias nativas. Durante el siglo XVI y XVII el proceso bélico entre españoles y mapuches favoreció la introducción y propagación de estas especies a nuevos territorios. Posteriormente la introducción de especies exóticas de plantas persiste durante el siglo XVIII y XIX con diferentes fines (i.e. agrícolas, ganaderos, hortícolas, medicinales, etc.) muchas de las cuales se encuentran hoy en día naturalizadas y presentan una amplia distribución. Según los registros polínicos inicialmente los conquistadores españoles introdujeron varios tipos de especies de plantas asociadas principalmente a las importantes actividades agrícolas y ganaderas del periodo, entre las que encontramos a Poaceae >40um, Fabaceae, *Rumex*, Rutaceae y *Prunus*, las cuales corresponderían a trigo, Alfalfa *R. acetosella* y árboles frutales. Durante el s. XVII y XVIII debido a la interacción con instituciones europeas se introducen más de 3000 especies, entre las cuales podemos mencionar a algunas especies forrajeras como: cardos, tréboles, *Plantago*, entre otras. A partir del s XIX comienza la introducción de especies forestales debido al aumento de la demanda en madera para la construcción y leña. De estas especies nuestros registros señalan la introducción de 5 árboles forestales a la cuenca del río Itata los que corresponderían a especies de los géneros: *Alnus*, *Acacia*, *Eucalyptus*, *Cupressus* y *Pinus*. De acuerdo a la historia regional en solo 250 años, desde 1600 hasta 1850 AD el número de especies exóticas habría igualado al número de especies nativas. Y desde la introducción del Pino en la región este habría tardado solo alrededor de 50 años en dominar el paisaje natural de la cuenca.

Palabras clave: historia regional, plantas introducidas, Región del Biobío.

### 3.1. Introducción

Los ecosistemas están siendo modelados constantemente por cambios ambientales que condicionan el clima, la atmósfera, la topografía y desencadenan las últimas reorganizaciones bióticas de los sistemas biológicos (Price & Rind, 1994; Watson et al., 2000; Overpeck et al., 2002). Diferentes eventos climáticos han alterado drásticamente la composición y estructura del paisaje sobre la tierra (Heusser, 2003), no obstante los cambios producidos por las actividades antrópicas han reestructurado a la biosfera terrestre. El cambio en el uso del suelo, la deforestación y la introducción de especies y homogenización de la biota, son solo algunas de las acciones humanas que han generado las mayores alteraciones ambientales de los últimos 500 mil años (Roberts, 2002; Heusser, 2003).

En Chile, a causa del proceso de globalización y al incremento de perturbaciones antrópicas, las floras regionales se están homogeneizando a un ritmo sin precedentes (Sala et al., 2000; Figueroa et al., 2011), como consecuencia del reemplazo del bosque nativo y praderas originales, por tierras de cultivo y posteriormente, la reforestación de zonas agrícolas por plantaciones forestales (Asner et al., 2004; Aguayo et al., 2009; Frêne & Núñez, 2010). Más aún, la alta densidad poblacional (2.061.544 hab.), asociada a mayores niveles de perturbación antrópica y a una larga historia de asentamientos humanos (Arroyo et al., 2000), hace que la zona central del país sea propicia para el desarrollo de taxa exóticos (Pauchard et al., 2006; Figueroa et al., 2011).

Las perturbaciones al medio natural y el cambio vegetacional se acentúan aún más con la conquista o llegada de los colonizadores españoles a Chile (Núñez, 2000; Camus, 2006), en el siglo XVI y posteriormente, debido a la ocurrencia de diferentes eventos que promovieron la introducción de nuevas especies al territorio, el país presentaría hoy en día 743 especies exóticas (Pauchard et al., 2011), de las cuales 381 se encuentran en la Región del Biobío (Jiménez et al., 2008), siendo esta región, la que contiene la mayor diversidad de especies introducidas del país. De esta forma, los diferentes cambios que ha presentado la vegetación de la zona a través del tiempo, son producto de una interacción de factores ambientales, climáticos y sobre todo antrópicos (Pauchard et al., 2006; Echeverría et al., 2006; Aguayo et al., 2009), los cuales son posibles de evidenciar través de registros polínicos sedimentarios (Foster et al., 1990; Boyd & Hall, 1998).



Mediante estos registros podemos establecer una cronosecuencia temporal precisa, desde el establecimiento de las especies introducidas, y además evaluar las modificaciones que se han generado comparando los periodos de pre y post introducción (Hobbie et al., 2003; Lishawa et al., 2013). No obstante, la exactitud de la interpretación al momento de evaluar los registros sedimentarios puede ser mejorada con los datos históricos regionales y/o locales, los cuales pueden ayudar a comprender eventos ecológicos y procesos naturales que son difíciles de interpretar solamente con datos científicos (Roberts, 2002; Szabó, 2010).

No obstante, los datos precisos sobre la historia de la introducción de especies son raros, sobre todo para las especies exóticas introducidas que no se han establecido (Bucharova & Kleunen, 2009). Como consecuencia de ello, existen muy pocos estudios donde se evalúan los registros polínicos de especies exóticas con los datos históricos de introducción de especies (Jackson, 1997; Lishawa et al., 2013) y hasta la fecha, no hay ninguna investigación de este tipo en Chile. Pese, a que se ha demostrado que la fecha de arribo de las especies exóticas es de gran relevancia para entender su actual dispersión en Chile (Figueroa et al., 2004).

De esta forma, la presente investigación tiene por objetivo reconstruir la historia de la vegetación de la región del Biobío, identificando las dinámicas de la vegetación (i.e. plantas exóticas y nativas) en la cuenca de la laguna Avendaño y establecer los factores históricos que conllevaron a la vegetación actual, a través de un análisis paleopalinológico e histórico, para testear si los cambios más importantes de la vegetación de la Región del Biobío comienzan durante el siglo XVII, debido a la introducción, diversificación e incremento de las abundancias de las especies exóticas.

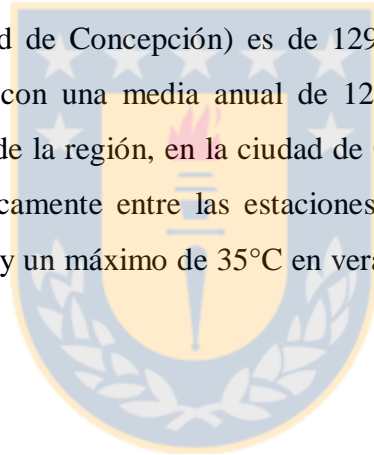
## **3.2. Metodología**

### *3.2.1. Área de estudio*

La laguna Avendaño (36°45'14''S – 72°26'56''O) está situada a 55 km al noreste de la ciudad de Concepción, a 65 m s.n.m. La cuenca lacustre se sitúa dentro de la Provincia de Ñuble, formando parte de la cuenca del río Itata (Fig. 1). La vegetación de esta cuenca se caracteriza por un bosque esclerófilo psamófilo mediterráneo interior. El dosel superior está dominado por *Quillaja saponaria* y *Lithrea caustica*, con presencia importante de

*Fabiana imbricata* en la estrata arbustiva. Este bosque se desarrolla sobre condiciones de sustrato arenoso con escasa capacidad de retención, produciendo condiciones de déficit hídrico y una fisionomía vegetal más xeromórfica (Luebert & Pliscoff 2006). En las zonas más húmedas, cercanas al litoral del lago o a los cursos de agua, se puede encontrar *Myrceugenia exsucca*, *Drimys winteri*, *Blepharocalyx cruckshanksii*, *Pluchea absinthioides*, y *Baccharis pingraea* (Gajardo 1994; Luebert & Pliscoff 2006). Las zonas más altas de la cuenca presentan un bosque laurifolio valdiviano, donde destaca la presencia de *Aextoxicon punctatum*, *Eucryphia cordifolia*, *Gevuina avellana*, *Luma apiculata*, *Lurzuriaga radicans*, y *Mirceugenia planipes*, entre otras (Gajardo, 1994; Luebert & Pliscoff, 2006).

El clima de la zona central de Chile, se caracteriza por ser Mediterráneo de estación seca prolongada, con lluvias de invierno y un verano carente de precipitaciones (Miller, 1976; Luebert & Pliscoff, 2006). El promedio anual de las de las precipitaciones en el sector costero de la Región (ciudad de Concepción) es de 1293 mm y la temperatura es muy estable a lo largo del año, con una media anual de 12°C. No obstante, a medida que avanzamos hacia el interior de la región, en la ciudad de Chillán (36°36'S – 72°06'O), las temperaturas fluctúan drásticamente entre las estaciones del año, pudiendo alcanzar un mínimo de -2°C en invierno y un máximo de 35°C en verano (Dirección Meteorológica de Chile, 2011).



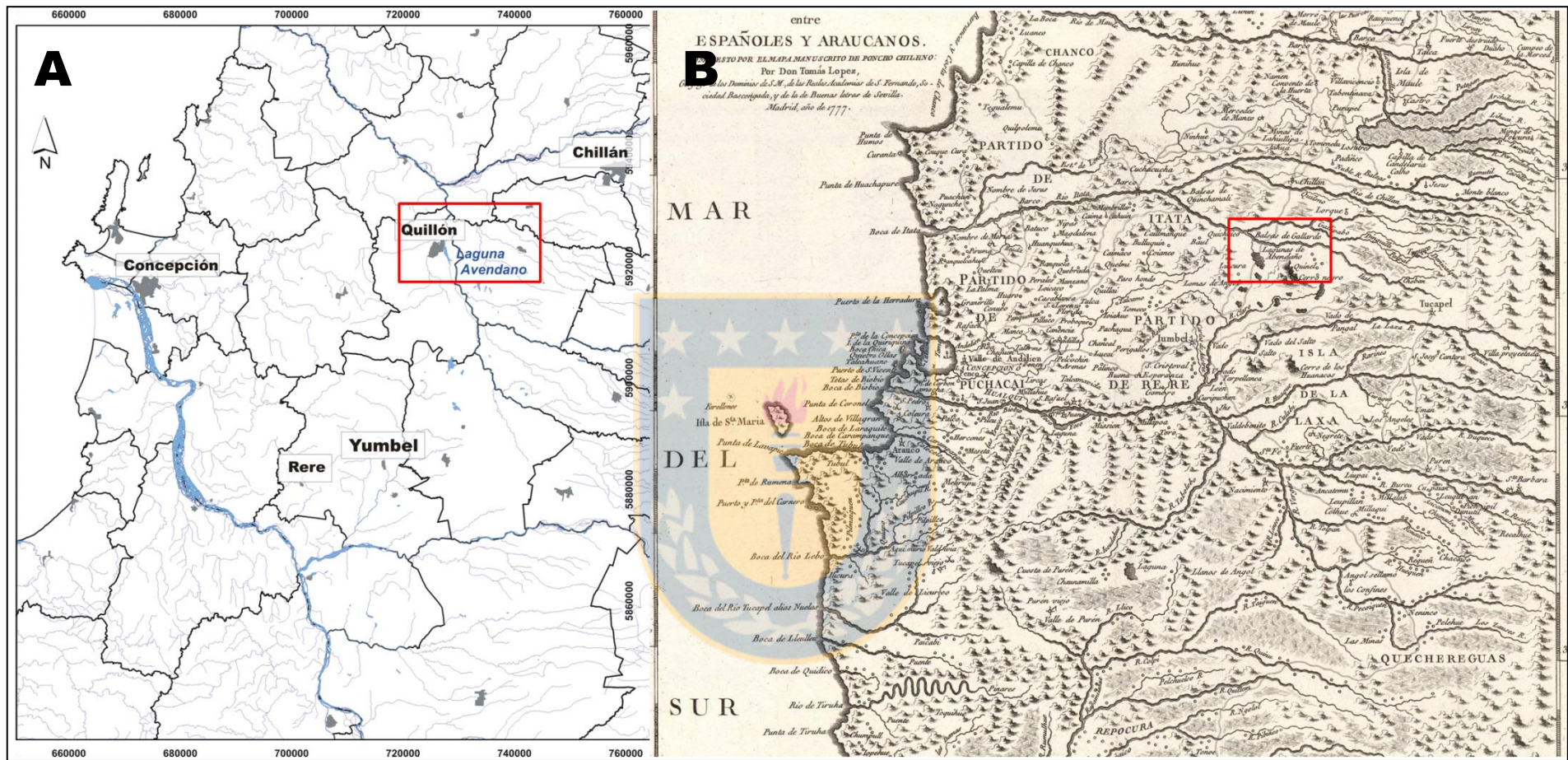


FIGURA 1: A) Imagen del área de estudio, donde se señala la ubicación de la Laguna Avendaño y las ciudades de mayor relevancia para la zona entre los siglos XVI y XIX; B) Mapa histórico del año 1777 que muestra los nombres de las diferentes localidades de ese periodo (Memoria chilena, 2013).

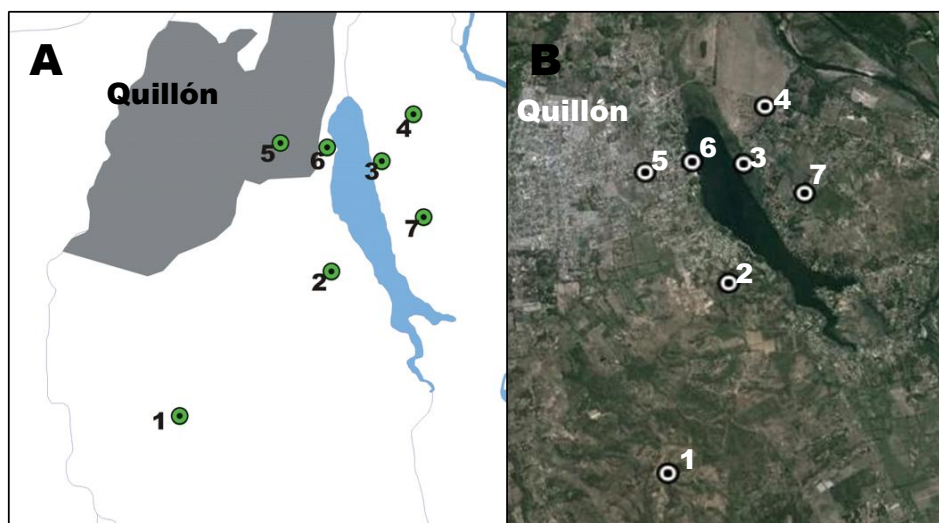


FIGURA 2: Ubicación de las trampas de lluvia polínica en diferentes áreas de la cuenca.

Tabla 1: Coordenadas de los puntos de muestreo de lluvia polínica de la cuenca de la Laguna Avendaño

Puntos	Latitud	Longitud	Altura
1	36°46'30.1''S	72°28'16''O	146 m s.n.m.
2	36°45'35.9''S	72°27'8.8''O	81 m s.n.m.
3	36°44'55.2''S	72°26'47.3''O	77 m s.n.m.
4	36°44'37.8''S	72°26'33.5''O	61 m s.n.m.
5	36°44'49.6''S	72°27'33.5''O	68 m s.n.m.
6	36°44'50.7''S	72°27'12.2''O	63 m s.n.m.
7	36°45'15,2''S	72°26'27.6''O	62 m s.n.m.

La cuenca lacustre en estudio presentan múltiples usos como: Residencial, recreacional, agrícola, industrial, ganadero y silvícola. Estas actividades han ejercido una fuerte presión sobre el paisaje natural, siendo el rubro agropecuario el más desarrollado. El bosque nativo se encuentra actualmente muy reducido y fragmentado, como consecuencia del rápido desarrollo forestal y del crecimiento urbano e industrial, actividades que se han intensificado en los últimos 30 años (Aguayo et al., 2009).

### 3.2.2. Trabajo de campo

Para establecer cuáles son los taxones actuales más representativos de la cuenca, se muestreó la lluvia polínica (Wilmshurst & McGlone, 2005; Trivi de Mandri et al., 2006; Desprat et al., 2003), utilizando trampas de polen realizadas con portaobjetos bañados en vaselina. Para la ubicación más adecuada de las trampas se efectuó previamente la selección de los puntos de muestreo mediante imágenes satelitales, con la finalidad de abarcar las zonas vegetales más diferenciadas de la cuenca. Una vez en el trabajo de campo, también se muestrearon aquellas áreas que presentaban una vegetación particularmente atípica a la del resto de la cuenca (ei. Plazas recreacionales, sitios abandonados, plantaciones de cultivos específicos, entre otras). Se dispusieron un total de 7 trampas de lluvia polínica (Fig. 2; Tabla 1), las cuales se mantuvieron dos semanas en cada punto de muestreo y el mismo tratamiento se replicó en dos ocasiones durante las excursiones de campo realizadas en primavera y verano del año 2011.

### 3.2.3. Análisis físicos y geocronológicos

Para determinar la profundidad máxima de los lagos y establecer el punto de muestreo se utilizó una ecosonda Garmin modelo 178C. Posteriormente se extrajo una columna de sedimento para cada lago de la parte más profunda, utilizando un muestreador de gravedad (gravity corer) marca UWITEC y un tubo de plexiglass de 6 cm de diámetro. A cada núcleo sedimentario se le realizó una descripción del sedimento, mediante la carta de colores, y la medición continua de la susceptibilidad magnética, utilizando el sensor Bartington MS2.

La edad de la columna de los sedimento fue determinada a través de la medición de los isótopos  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  y  $^{14}\text{C}$ . Para el caso del  $^{210}\text{Pb}$  la metodología consideró la aplicación tanto del modelo CRS (Constant Rate Supply) como CIC (Constant Initial Concentration) propuestos por Appleby & Oldfield (1978). Mientras que las edades radiocarbónicas fueron obtenidas a partir de muestras de sedimento. Las que posteriormente fueron calibradas con el programa OxCal 4.1, usando la curva de calibración SHCa104 (McCormac et al., 2004).

### 3.2.4. Análisis de polen

Para el análisis de polen de los últimos 500 años se examinó hasta el centímetro 64.5. Además se estableció una línea de línea de base, entre los centímetros 114 y 122 (970 – 860 AD), para registrar la vegetación natural de la zona. Dentro del registro sedimentario analizado las muestras fueron extraídas cada 2 cm y de cada fracción se tomó 2 ml de sedimento húmedo, los cuales fueron secados en estufa a 40°C (~0,4 gr de sedimento seco). Posteriormente se procedió al tratamiento químico. En primer lugar se realizó un ataque químico con ácido fluorhídrico al 40% a baño María por 10 minutos a 80°C (para eliminar los silicatos), luego las muestras fueron lavadas y centrifugadas con agua destilada. Luego, se incorporaron 400 µl de microesferas ( $=0.4 * 5 * 10^4$  microesferas) por cada muestra, para calcular la abundancia absoluta (concentraciones) y las abundancias relativas de cada taxón. Siguiendo con el tratamiento, las muestras fueron lavadas con ácido acético en tres ocasiones para eliminar el agua contenida y así proceder a la acetólisis. Se preparó una solución de acetólisis mezclando 9:1 partes de anhídrido acético: ácido sulfúrico y con esta solución las muestras fueron colocadas nuevamente a baño María por 15 minutos a 80°C. Luego de esto, el material fue reiteradamente lavado con ácido acético para eliminar la solución acetolítica (Modificación de la metodología de Erdtman, 1960). Finalmente se procedió al montaje para el análisis en el microscopio fotónico a 1000X de magnificación. La identificación de los grupos polínicos se realizó utilizando la bibliografía de referencia de Heusser (1971) y Wingenroth & Heusser (1984). Durante el conteo de polen, se realizó la distinción entre taxa nativos y exóticos, y además los granos de polen de las Poaceae fueron divididos por tamaño, con la finalidad de separar las especies nativas ( $< 40\mu\text{m}$ ) de las exóticas ( $> 40\mu\text{m}$ ), siguiendo la metodología de Rondanelli (2001). Para cada muestra se contó, en lo posible un mínimo de 200 granos de polen terrestre y se obtuvo el porcentaje de abundancia relativa de cada taxón terrestre a partir de la suma total del polen terrestre, mientras que el porcentaje de abundancia de las macrófitas y taxa acuáticos (Cyperaceae, *Thypha* y Alga) se obtuvo a partir de la suma total de todos los taxones encontrados. También fue identificado dentro del análisis de polen el microcharcoal, partículas de Carbón vegetal que poseen un tamaño mayor a 20 µm y menor a 150 µm Chirinos (2005).

### 3.2.5. Análisis histórico

Se efectuó una recopilación, selección y análisis del material bibliográfico disponible, privilegiándose la información testimonial de fuentes históricas de primer orden, como las crónicas y documentación de los siglos XVI- XIX que explicasen, directa o indirectamente, la situación ambiental del área de estudio (Bibar, 1558; De Ovalle, 1646; Molina, 1788; Gay, 1865). El análisis de data histórica obtenido fue complementado con resultados propuestos por monografías contemporáneas e investigaciones científicas mezclando un método mixto de progresión y regresión (Bolós, 1992).

### 3.2.6. Análisis estadísticos

En los análisis se incluyeron solo los taxones que presentaron un porcentaje  $\geq 2\%$  en al menos 2 estratos, con la finalidad de excluir a los taxones que presentaron solamente el registro en un solo estrato y además una baja representación. Para el caso de la línea de base se incluyeron aquellos taxones que presentaron una abundancia superior al 2% en al menos 1 estrato, debido a que en esta parte el análisis temporal era menor (de 114 a 122 cm, correspondiente a ~130 años). Para evaluar si el polen del núcleo sedimentario es representativo de los tipos polínicos presentes en la cuenca se realizó un análisis de similitud (ANOSIM) entre las muestras de lluvia polínica y el primer centímetro de profundidad del registro sedimentario, usando el programa Primer 6 ver. 6.1.2. Para distinguir diferentes asociaciones a lo largo del perfil estratigráfico se realizó un análisis cluster (CONISS) de la suma de los cuadrados de los porcentajes de los diferente grupos, para esto se utilizaron los programas Tilia y Tilia Graph (Grimm 1987; 1991). La significancia ( $p < 0,01$ ) del agrupamiento realizado por el CONISS se determinó igualmente con un análisis ANOSIM.

### 3.3. Resultados

#### 3.3.1. Representación de la lluvia polínica en los sedimentos

El diagrama polínico de abundancias relativas (Fig. 3) señala los taxones que fueron encontrados en los diferentes puntos de muestreo. Siendo *N. tipo-obliqua*, Asteroidae y Poaceae las plantas registradas más ampliamente. El análisis estadístico ANOSIM, no mostró diferencias significativas ( $p > 0.01$ ) entre la muestra sedimentaria y el muestreo de lluvia polínica, señalando que el polen sedimentario es representativo de los tipos polínicos presentes en la cuenca.

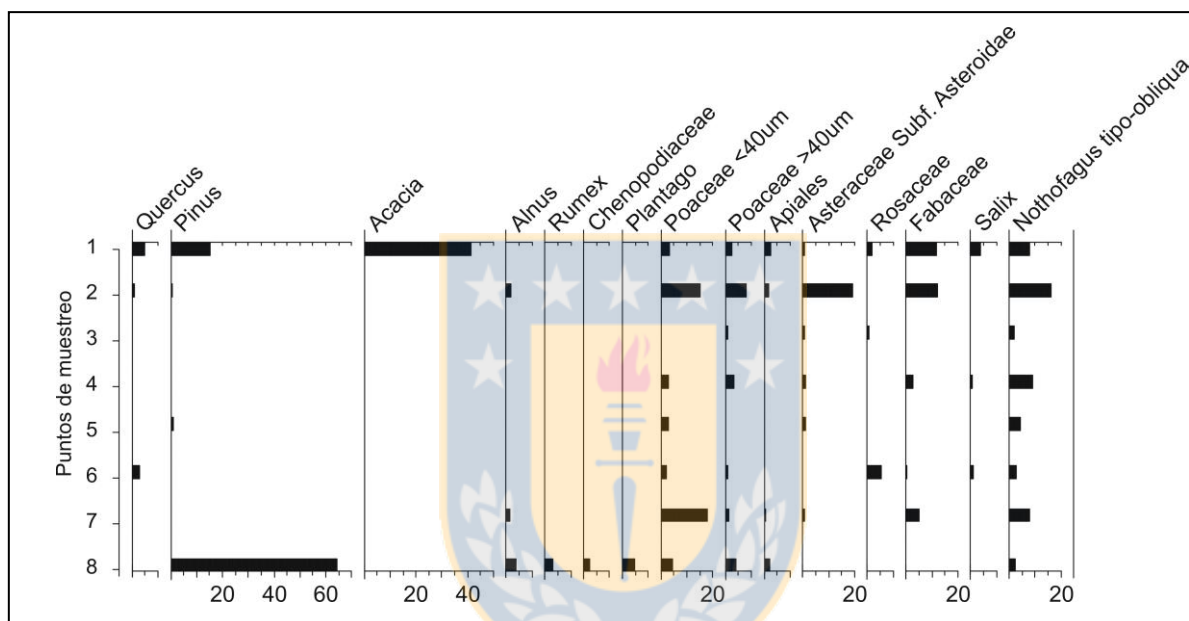


FIGURA 3: Diagrama polínico de abundancias relativas (%) de los siete puntos de muestreo de lluvia polínica de la cuenca de la laguna Avendaño. El punto 8 corresponde a la muestra de sedimentos superficiales obtenidos del núcleo en estudio.

#### 3.3.2. Análisis físicos y geocronológicos

El núcleo sedimentario se extrajo a 19 metros de profundidad y presentó un largo total de 185 centímetros, de los cuales para este estudio solamente se analizaron solamente los sedimentos de las profundidades 0-65 y 114 y 122. Su sedimento fue bastante homogéneo, compuesto casi en su mayoría por limo. En los primeros 40 centímetros el núcleo presento laminaciones, posteriormente, el color del sedimento se homogeniza dominando el color 3/1 2,5y. La susceptibilidad magnética fluctuó entre 110 y 10 SI\* 10<sup>-6</sup>, presentando los valores más altos en la línea de base y disminuyendo



progresivamente hasta los centímetros más actuales. A partir del centímetro 10 (1970 AD) los valores vuelven a incrementar (Fig. 4A).

La secuencia cronológica se realizó a partir de 30 dataciones de  $^{210}\text{Pb}$  y una datación radiocarbónica de sedimento (Tabla 2, 3; Fig. 4B). En base a estos valores se obtuvo una ecuación polinómica de 2<sup>do</sup> orden,  $-0.058x^2-2.1981x+2001$ , la que arrojó una edad total de 810 años AD para los 122 cm de largo del núcleo. La tasa de sedimentación aproximada para la laguna Avendaño fue de 1.65 mm/año.

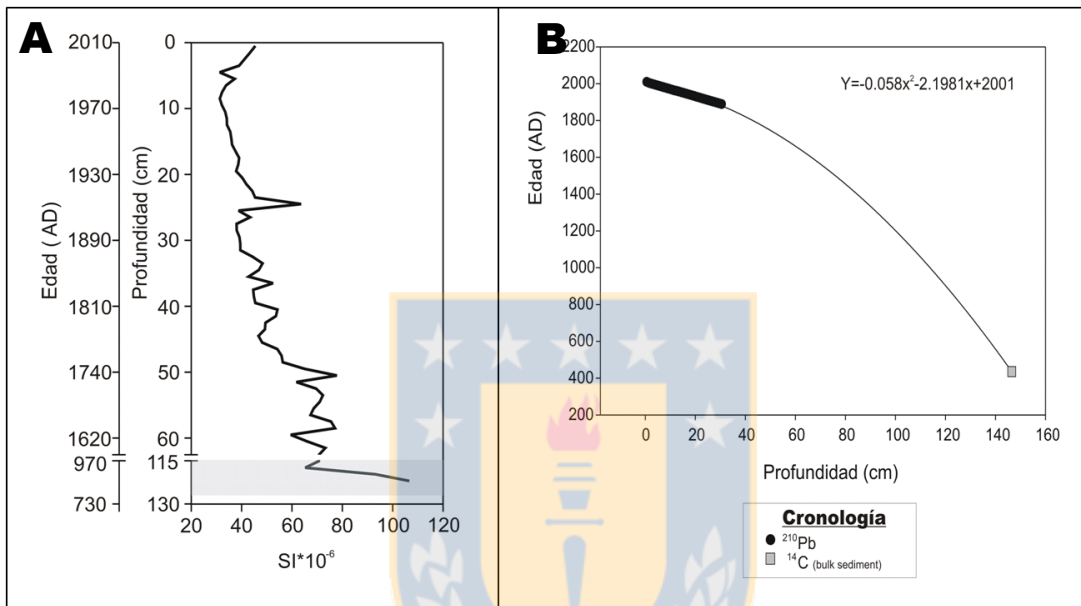


FIGURA 4: A) Susceptibilidad magnética, en la imagen se señala también la línea de base, en la parte más profunda del registro (centímetros 114-122); B) Modelo de datación generado a partir de  $^{210}\text{Pb}$  y  $^{14}\text{C}$ , con un  $R^2 = 0.9$ .

Tabla 2: Edades de  $^{210}\text{Pb}$  extrapoladas sobre la base del modelo CRS y CIC

Profundidad (cm)	Edad (AD)	Profundidad (cm)	Edad (AD)	Profundidad (cm)	Edad (AD)
0.5	2010	10.5	1968	20.5	1929
1.5	2004	11.5	1964	21.5	1925
2.5	2000	12.5	1961	22.5	1921
3.5	1996	13.5	1957	23.5	1917
4.5	1992	14.5	1953	24.5	1913
5.5	1988	15.5	1949	25.5	1909
6.5	1984	16.5	1945	26.5	1905
7.5	1980	17.5	1941	27.5	1901
8.5	1976	18.5	1937	28.5	1897
9.5	1972	19.5	1933	29.5	1893

Tabla 3: Datación radiocarbónica que fue calibrada y utilizadas para obtener el modelo cronológico y los valores de la tasa de sedimentación

Profundidad (cm)	Material datado	Años calendario	AD	$\pm 1\sigma$
146.5	Bulk sediment	330 - 540	435	-27.5

### 3.3.3. Polen

Se encontró un total de 59 taxa en los registros sedimentarios, de los cuales se identificaron 25 plantas exóticas, 23 nativas y 11 taxones que tienen distribución tanto en Chile como en países nórdicos. Luego de la selección de las especies con abundancias superiores al 2%, el ensamble polínico finalmente fue constituido por 31 taxa, de los cuales los más abundantes fueron *Pinus*, Poaceae y *Plantago*. La secuencia de polen fue dividida en tres zonas (1, 2a; 2b y 3) mediante el análisis CONISS (Fig. 6, 7).

Zona 1, (810-970 AD; *Situación prehispánica*). El ensamble polínico fue dominado por Poaceae < 40  $\mu\text{m}$  (35-60%), seguidos por Asteraceae Subf. Asteroidae, con un 15%. Entre las plantas nativas sólo *Nothofagus dombeyi*-type, Anacardiaceae y *Cryptocarya alba* alcanzaron el 10% en su abundancia, el resto de los taxones endémicos presentaron valores bajos que se mantuvieron cercanos al 5%. Las concentraciones fluctuaron entre 140000 y 3300 granos/ml, donde los valores más altos correspondieron a Poaceae < 40 $\mu\text{m}$ . Mientras que de las plantas arbóreas destacaron Anacardiaceae y *Cryptocarya alba*. La concentración promedio de microcharcoal fue 710600 partículas/ml (Fig. 6).

Zona 2, (1610-1890 AD; Auge agrícola-ganadero). En esta zona las plantas dominantes fueron las Poaceae <40  $\mu\text{m}$  (promedio= 23%), Poaceae >40  $\mu\text{m}$  (promedio= 18%) y *Plantago* (Promedio= 10%). En base a los cambios de estos grupos se pueden diferenciar dos subzonas: 2a (1610-1780 AD) y 2b (1780-1890 AD). En 2a, se produjo una disminución de Poaceae <40  $\mu\text{m}$ , con respecto al final de la zona anterior y un incremento en un 15% de Poaceae >40  $\mu\text{m}$ , las cuales alcanzaron su máximo alrededor de 1720 AD, mientras que *Plantago* presentó los valores más altos en su abundancia al comienzo de esta zona (20%). En esta zona incrementan también las Cyperaceae, Brassicaceae y *F. chiloensis*. Entre los taxones nativos *N. dombeyi*-type incrementa a un 15% y Anacardiaceae disminuye al comienzo de este periodo, pero posteriormente recupera las abundancias de la zona previa. Bromeliaceae y Euphorbiaceae desaparecen

del registro polínico, mientras que el resto de las plantas nativas presentan valores fluctuantes, alcanzando en algunos estratos al 5%. Dentro de esta subzona aparecen los primeros taxa exóticos, *Prunus*, Rutaceae, *Rumex* y Fabaceae, siendo este último taxón el que presenta las abundancias más altas con un 15% (Fig. 6).

En 2b, las Poaceas siguen manteniendo los valores más altos del perfil, y el resto de los taxones de amplia distribución no presentan mayores cambios con respecto al periodo anterior. Entre las plantas nativas *N. dombeyi*-type y Anacardiaceae disminuyen de un 15% a un 10%, mientras que los otros taxa mantienen las mismas condiciones del periodo anterior. Dentro de esta subzona aparecen nuevas plantas exóticas, *Acacia*, *Eucalyptus*, *Cupressus*, *Typha* y *Pinus*, siendo esta última la que tiene las abundancias más importantes con un 20%. Las concentraciones fluctuaron entre 27900 y 0 granos/ml y las plantas que presentaron un mayor incremento fueron las Poaceae >40  $\mu$ m. Entre los árboles nativos *C. alba*, *A. punctatum* y Myrtaceae presentaron en esta zona los valores más altos y de las especies exóticas destacan Fabaceae, *Rumex* y los árboles frutales (*Prunus* y Rutaceae). El microcharcoal presentó una concentración promedio de 505670 partículas/ml., alcanzando los valores más altos de todo el perfil a comienzo de este periodo (Fig. 7).

En la zona 3 (1890-2010 AD; *El periodo forestal*), el ensamble polínico presentó las mayores variaciones del perfil, las abundancias, de la mayor parte de las plantas de amplia distribución, disminuyen considerablemente a valores inferiores al 10%. De estas las que presentan un reducción más importante con respecto a la zona anterior son: Poaceae >40 $\mu$ m, *Plantago* y *F. chiloensis*. Entre los taxones exóticos, Fabaceae, *Rumex* y los frutales disminuyen considerablemente de un ~20%, en la zona anterior, a una abundancia inferior al 5%. Mientras que la mayor parte de los árboles forestales incrementan sus porcentajes, no obstante es el *Pinus* la planta que domina el perfil alcanzando un valor máximo en su abundancia alrededor de 1990 con un 80% (Fig. 6). Las concentraciones fluctuaron entre 548780 y 0 granos/ml y los granos de polen que presentaron un mayor incremento fueron *Pinus*, *Cupressus*, *Eucalyptus*, *Acacia* y *Albus*. Mientras que las especies nativas que presentaron cierto incremento, sobre todo al inicio de este periodos son: *N. dombeyi*-type, *Q. saponaria*. El resto de las especies nativas permanecieron con su comportamiento habitual, es decir, con bajos e intermitentes valores. El microcharcoal presentó las concentraciones más bajas que en las zonas anteriores con un promedio de 225640 partículas/ml.

En el análisis ANOSIM se presentaron diferencias significativas entre la abundancia de los taxa de las zonas identificadas por el CONISS. El resultado fue un R Global = 0.7 y una significancia de  $p = 0.001$ , las comparaciones pareadas entre las zonas también presentaron diferencias significativas (R zonas [3/2] = 0.7,  $p = 0.001$ ; R zonas [3/1] = 0.7,  $p = 0.001$ ; R zonas [2/1] = 0.4,  $p = 0.001$ ).

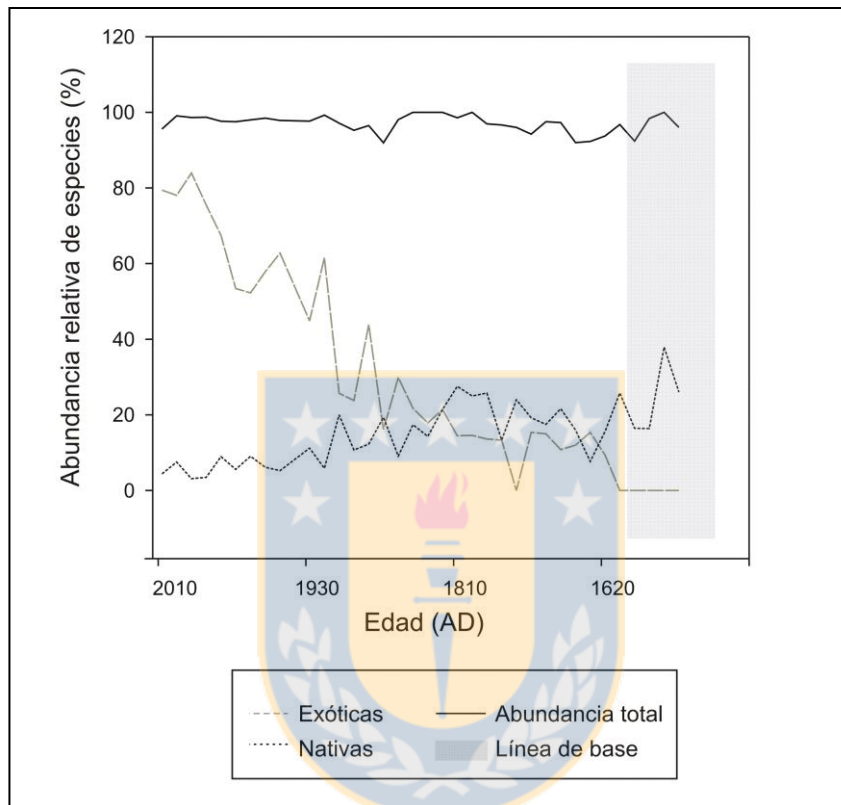


FIGURA 5: Grafico de las abundancias relativas de las especies registradas en el diagrama polínico. En él se señalan las variaciones a través del tiempo de las abundancias de las especies exóticas y nativas.

Además se distingue también la línea de base para obtener los valores de referencia.

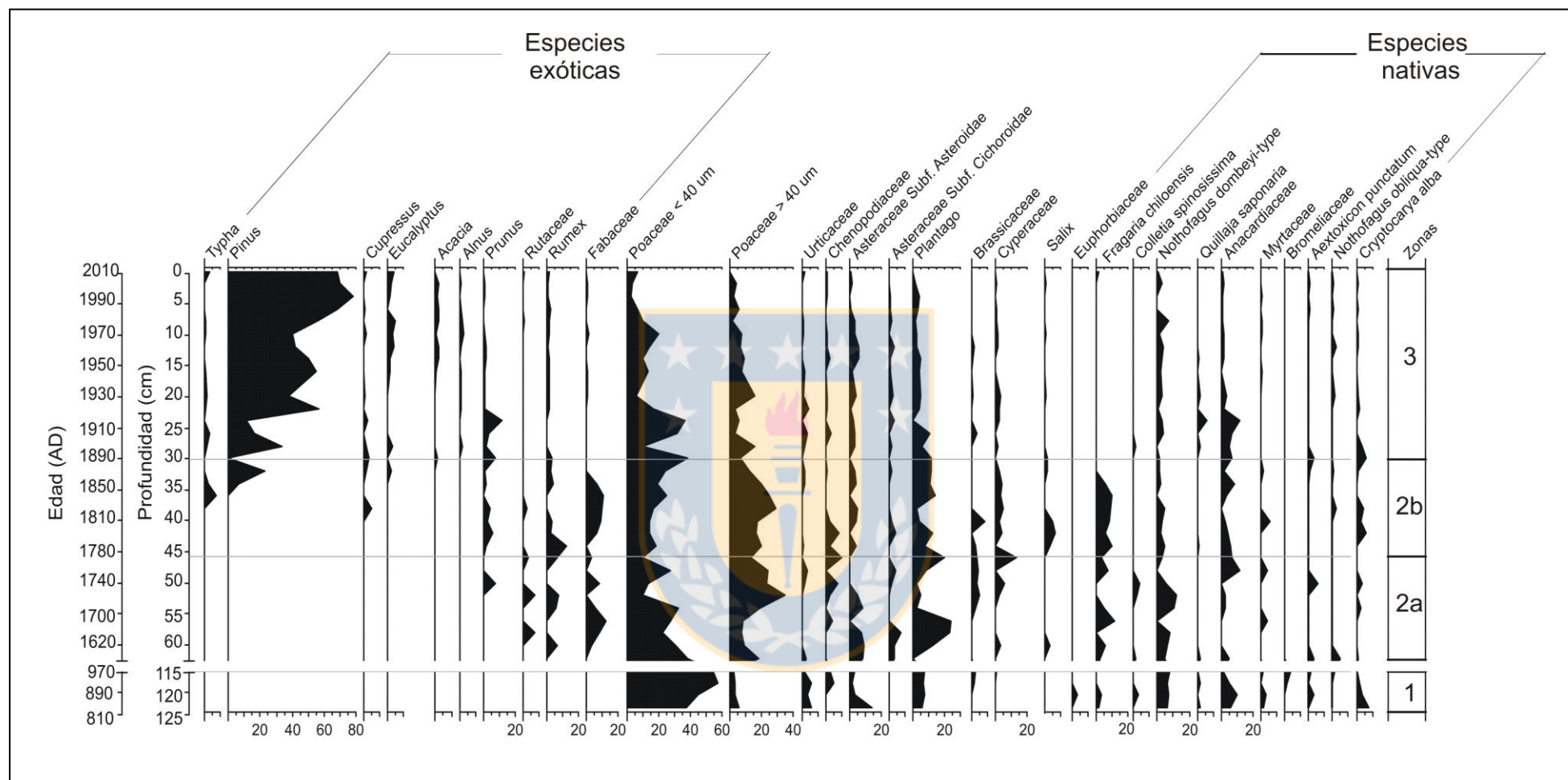


FIGURA 6: Diagrama polínico de abundancias relativas (%). En el diagrama se hace la distinción entre especies exóticas y nativas y además se señalan las zonas obtenidas a partir del análisis CONISS.

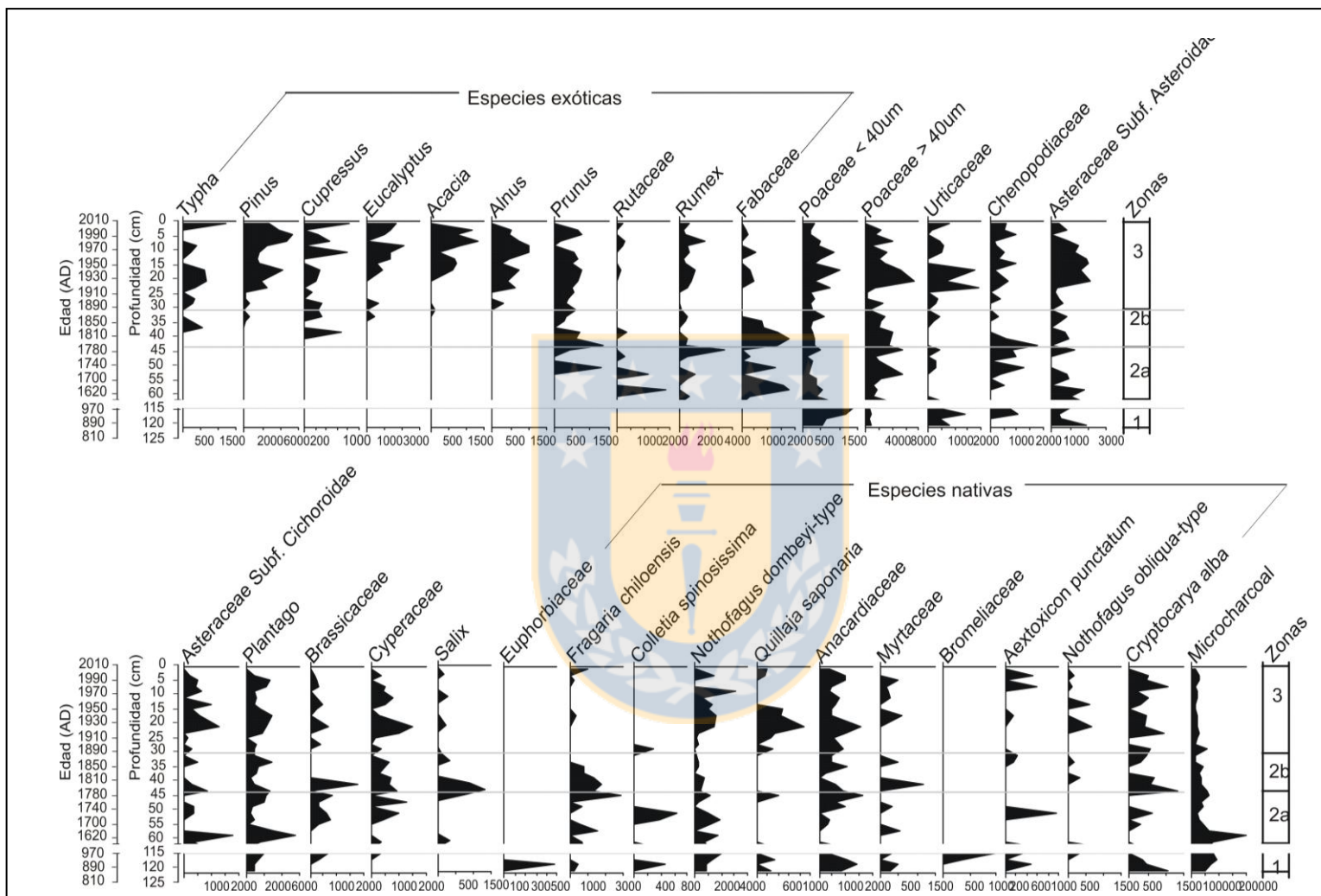


FIGURA 7: Diagrama polínico de abundancias totales (concentraciones granos de polen/ml), obtenidas a partir de las microesferas agregadas durante el tratamiento químico. En el diagrama se señala también el carbón vegetal (microcharcoal) registrado en el lago y las zonas obtenidas a partir de las abundancias relativas en el análisis CONISS.

### 3.3.4. Análisis histórico

Desde tiempos prehispánicos han ocurrido cambios en el paisaje ecológico chileno, asociados principalmente a la acción del hombre por despejar la tierra para su labranza (Bengoa, 1991; Chonchol, 1994; Dillehay, 1990). Sin embargo, de acuerdo a varios autores (Nuñez, 2000; Torrejón & Cisterna, 2002; Otero, 2006) las modificaciones en el paisaje natural, especialmente de la vegetación, se incrementaron de manera notoria con la llegada de los colonizadores españoles al territorio de Chile en 1536, siendo la zona mediterránea del país la que ha sufrido las transformaciones más importantes desde entonces (Camus, 2006). Dentro de la mencionada zona se encuentra el valle del río Itata, que durante el período colonial formaba parte de “la frontera”, área de transición estratégico-militar ubicada entre los ríos Perquilauquén-Cauquenes y el Biobío (Cunill, 1971; Villalobos, 1995; Villalobos, 2013), la que sería ocupada paulatinamente por los españoles y sus descendientes.

Muchos han sido los eventos y procesos que afectaron e influyeron en la transformación del paisaje natural del valle del río Itata, situación que nos ha llevado a dividir su historia ambiental en tres periodos: i) Situación prehispánica, en que se describe el paisaje natural existente antes de la irrupción de los colonizadores, reconstruido principalmente sobre la base de las primeras crónicas españolas; ii) Auge agrícola-ganadero, donde se analiza la introducción de las primeras especies biológicas europeas y el uso del territorio, todo ello en medio de importantes conflictos con los indígenas, y iii) Periodo forestal, con el desarrollo de las primeras plantaciones de árboles exóticos.

#### *i. Situación prehispánica*

La primera expedición al sur de Santiago fue realizada en 1546, por el Conquistador Pedro de Valdivia (Villalobos, 1995). Durante esta exploración Gerónimo de Bibar, soldado y cronista participante de los hechos, describe las condiciones ambientales que observó en el valle del Itata: “Desde el valle de Maule hasta el valle de Itata es del temple del Mapocho, y de aquí comienza otro temple, que hay invierno y verano y llueve más y los vientos más furiosos. No es de regadío y los bastimentos serían con el agua que reciben de invierno. De este valle Itata no hay algarrobas ni espinos de los que dicho tengo de Mapocho, y desde el valle Copiapó hasta este valle. De la Cordillera

nevada no es montuosa sino pelada, y desde aquí adelante va montuosa de muy grandes árboles” (Bibar, 1558).

Tres siglos después, en 1828, el naturalista Eduard Poeppig (1960) describe esa misma región como una zona muy pobre en vegetales, mencionando incluso algunas especies presentes en lugar como el pichepiche [*Fabiana imbricata*], algunos arbustos del género *Senecio* y a *Opuntia caspitosa* Poepp. [*Maihuenia poeppigii*] (Poeppig, 1960). Más tarde, Karl Reiche (1934-1937) botánico alemán, complementa la descripción hecha por Poeppig señalando que *Acacia cavenia* [*Acacia caven*], muy abundante en el norte disminuye mucho en esta zona. Además agrega que en esta zona hay unos suelos arenosos y estériles que cubren todo el valle central desde la Cordillera de la Costa hasta los Andes, y entre el río Itata y el Laja. En ciertas partes presenta arenales casi sin vegetación, mientras que en otras hay matorrales xerófitos de *Quillaja saponaria*, *Lithraea caustica*, *Schinus molle*, *Baccharis rosmarinifolia*, *Fabiana imbricata* y *Colletia spinosa* [*Colletia spinosissima*]. Otras especies que se encontraban comúnmente según el mismo autor son: *Wahlenbergia linarioides*, *Haplopappus acerosus*, *Calandrinia sericea*, *Chaetanthera serrata*, *Panicum d'Urvilleanum* [*Panicum urvillenum*], *Aristida pallens*, *Carex berteriana*, *Aira cariphyllea* y *Rhacomitrium longinosum* [revisar nombre actual] (Reiche 1934-1937).

De acuerdo a las descripciones mencionadas anteriormente podemos deducir que el valle del río Itata era un llano provisto con vegetación xeromórfica, pobre en especies. Se caracterizaba por la presentación del matorral y bosque esclerófilo, con una alta representatividad de *Quillaja saponaria*, *Fabiana imbricata*, *Colletia spinosissima*. Gracias a la descripción de Bibar (1558), también se puede señalar que las quebradas y los cerros presentaban una vegetación boscosa, correspondiendo probablemente a un bosque caducifolio templado, con dominancia de Laureles, Arrayanes, Robles y Olivillos, muy similar al que hoy en día encontramos en las zonas altas de los cerros cercanos a Quillón.

#### *i.i. Auge agrícola-ganadero*

Tras la irrupción de los conquistadores al territorio se inició un largo período de enfrentamiento entre mapuches y los nuevos colonizadores del territorio, conflicto conocido como *La Guerra de Arauco*, que se extendió por casi tres siglos. Sin embargo, durante este conflicto alternaron largos períodos de paz, donde surgía un atractivo



comercio basado principalmente en el intercambio de semillas y animales, con años de duros enfrentamientos donde prevalecía la devastación del territorio, especialmente desde la zona de Concepción al sur (Villalobos, 2013). Dentro de esta región los pehuenches, aliados con los mapuches de los llanos, hacían sus incursiones guerreras a través de los pasos cordilleranos, saqueando y asolando el territorio (De Ovalle, 1646; Molina, 1795; Orellana, 1992). Debido a esto, y con la finalidad de ir consolidando y protegiendo el proceso de colonización en la zona, los españoles comienzan a establecer poblados y fuertes (Bibar, 1558; Molina, 1795; Guarda 1990). Así desde inicios del s. XVII comenzó a establecerse una frontera militar mantenida por una línea de fuertes situada sobre la rivera del río Biobío (Villalobos 1995, Guarda 1968,1990). De esta forma de la Cordillera hasta Concepción encontramos los fuertes y ciudades de Santa Bárbara, Purén, Angeles, Tucapel, Yumbél, Talcamávida y Concepción (Orellana, 1992).

Cuatro años después de la primera expedición hacia el sur de Santiago, en 1550, se funda el fuerte y la ciudad de La Concepción de la Nueva Extremadura, en el sitio de la actual ciudad de Penco. Posteriormente en el año 1579 se funda el fuerte y ciudad de Chillán, situado a los pies de la cordillera de Chillán en el llano del valle central (Molina 1795; Villalobos, 2013). Con estas fundaciones, comienza muy lentamente la ocupación individual de la región y la instauración de las primeras haciendas (Orellana 1992). Entre estas encontramos la de buena esperanza establecida hacia 1603, y las primeras estancias jesuitas establecidas hacia 1617, debido a que dentro de este periodo se inician con gran fuerza las misiones evangelizadoras de los religiosos de la Compañía de Jesús y de la Orden de San Francisco, creándose para estas diferentes estancias dentro del conflictivo territorio (Orellana, 1992; Bibar, 1558; Molina 1795). En 1700 Chile se caracterizaba por la escasez de ciudades, siendo la región de la frontera la que tenía una mayor cantidad de pequeños poblados por superficie. Tanto Concepción como Chillán tenían profunda relación con el área rural, y eran lugares de residencia de ricos propietarios agrícolas o ganaderos, y fracciones significativas de sus pobladores trabajan en las chacras de los alrededores de la ciudad y/o en las tierras más distantes que se entregaban principalmente para la cría de ganado (Villalobos 2013, Cunill, 1971).

El conflicto con los mapuches afectó más al campo que a las ciudades, y producía la desesperación de los nuevos colonos, los cuales “tenían que trabajar las tierras con una

mano en la lanza y la otra en el arado” (Gay, 1862). Durante todo este periodo hubo importantes alzamientos de los indios y tal era la destrucción alcanzada que varias ciudades tuvieron que ser abandonadas y posteriormente repobladas, siendo una de las ultima sublevaciones importante la del año 1723, la que nuevamente obligo al traslado de todos los hispano-criollos de la región hacia el norte del Biobío (Isla Laja). No obstante, pocos años después comienzan las conversaciones entre los dos bandos para acordar los términos de paz y darle fin a este largo conflicto (Molina, 1795; Villalobos, 2013).

Una vez finalizada la guerra en esta zona comienza la iniciativa colonizadora, con la finalidad de poblar las tierras situadas al norte del río Biobío. Así desde 1770 “Cada soldado, con una cantidad de años que lo convertía en un veterano, tenía derecho a recibir 25 cuadras de tierra agrícola y las vacas sin dueño que contenían” (Orellana, 1992). De esta manera fue ocupándose el territorio, convirtiéndose estos nuevos asentados en enriquecidos propietarios gracias actividades agrícolas y ganaderas típicas de la zona (Cunill, 1971; Guarda, 1968).

Durante el proceso de colonización los españoles traían consigo diferentes elementos de Europa, tales como animales domésticos, trigo, cebada, legumbres, frijoles y muchas otras semillas necesarias para facilitar su existencia en tierras desconocidas (De Ovalle, 1646; Torrejon et al., 2004), las cuales se propagaban en las diferentes provincias a medida que estas se conquistaban (Gay, 1862). De estas especies es necesario destacar el trigo, cuyo uso se generalizo rápidamente en gran parte del territorio de Chile (Cunill, 1971; Gay 1865; Schneider, 1904). En el valle del Itata se habría introducido con las primeras expediciones españolas, para cultivarse en torno a los fuertes y abastecer así a las guarniciones fronterizas (Gay, 1862). Además esta gramínea también era cultivada a nivel local por las diferentes haciendas y/o estancias que habían en la región y gracias a su rápida adaptación a los suelos y al clima del valle central, no tardó en multiplicarse (De Ovalle, 1646; Molina, 1788). Sumado a esto, a partir de 1687 se inició la exportación masiva de este cereal al Perú, a causa de un terremoto ocurrido en Lima y a una peste que afectó a los cultivos de este grano en el mismo territorio, las tierras de sus alrededores se volvieron casi del todo estériles, disminuyendo considerablemente las cosechas y con esto el aprovisionamiento local (Cunill, 1971). Este hecho transformó la economía rural del valle central chileno y además genero importantes transformaciones del paisaje rural y una mayor intensificación en el uso del suelo (Cunill, 1971;

Villalobos, 2013). De esta forma, entre 1696 y 1695, se duplican las siembras del cereal en la región con el estímulo de facilitar la venta en el Perú. Era tal la conveniencia de la exportación de trigo “Que existe lo que puede denominarse una fiebre del trigo. Esta expresión no es exagerada, pues no sólo se piden nuevas mercedes de tierra en los partidos de Itata, Puchacay, Rere y Chillán, sino que se llega a sembrar en los caminos, como lo hace un hacendado en el camino que conduce a la estancia jesuita Ventura” (Cunill, 1971).

Si bien, a fines del siglo XVII se inician las masivas producciones de trigo en la zona central, hay evidencia que indica que éstas ya habían comenzado a comienzos de este mismo siglo, al menos en algunas zonas de la región como en el partido de Puchacay, en algunas estancias jesuitas y en Rere o Buena Esperanza, donde en el año 1617 se produjeron 3000 fanegas (Gay, 1865).

El cambio de un cultivo de subsistencia local a cultivo de comercialización internacional va a producir el desplazamiento de otras especies de cultivos (Cunill, 1971). Si bien, “Desde los primeros tiempos de la conquista vemos en efecto cultivarse muchas legumbres, plantas industriales y poco después el moral” (Gay 1862). Durante el proceso temprano de ocupación del territorio, “pusieron igualmente gran empeño en propagarse arboles frutales en sus chacras llegadas á ser verdaderas huertas. Estaban siempre a la mira de los que de España venian dirigidos al Perú, los que gracias á la excelencia del clima se multiplicaban bien pronto al infinito. Así á fines del siglo XVI todos los frutos de la vieja Europa se encontraban ya en tal abundancia que toda persona podía entrar libremente á una huerta y comer á su satisfaccion sin temer la mas lijera observacion del propietario” (Gay 1862). De igual manera, De Ovalle (1646) menciona con más detalle las plantas europeas que ya habían sido introducidas y expandidas por América y por Chile durante este mismo periodo, señalando: “Entre otros beneficios, que la America reconoce a Efpaña, es hauerla fecundado con tantas, y tan nobles plantas, arboles, y femillas, de que carecia, porque antes que los Efpañolesla conquiftaffen, no hauia en toda ella viñas, Higueras, Olivos, Manzanos, Camueços, Melocotones, Duraznos, Alberchigos, Mémbriillos, Peras, Granadas, Guindas, Albarcoques, Ciruelas, Naranjas, Limas, Limones, Cidros. Almendros: y delas femillas tan poco hauia el trigo, la cenada, el Anis, el Culantro, los cominos, y el Oregano, ni Lino, ni Cañamo, ni Garbanços, Alvergas, ni Auas delas plantas no fe que huueieffe

Lechugas, Coles, Rabanos, Cardos, Efcarplas, Verengenas, Sanahorias, Calabaças delas que llaman de Caftilla, Melones, Cohombros, y Sandias, Peregil, ajos, ni Ceuollas.”

A las especies ya mencionadas hay que agregar también la viña, la cual al igual que el trigo se cultiva desde los tiempos más remotos. No se sabe con exactitud en qué época tuvo fue introducida, pero en las cartas de Valdivia vemos que en 1551, es decir diez años después de su llegada a Chile las uvas comían en Santiago y en Serena (Gay, 1862). Los cultivos, probablemente se extendieron también con prontitud ya que “Las vides fructifican prodigiosamente en todo el Reyno de Chile, pues sus tierras son tan adaptables á la vegetación de este arbusto precioso, que todos los bosques se van llenando de vides ó parras silvestres (Molina, 1788)”, no obstante, “Las uvas que se maduran en las márgenes del río Itata producen el mejor vino de todo Chile” (Molina, 1788).

El desarrollo agrícola alcanzado, a fines del s. XVII y principios del s. XVIII, en el valle, central, llevó a una creciente necesidad de mano de obra la que era suplida por los indígenas (Cunill, 1971), quienes conocían muy bien las técnicas del cultivo de estas especies exóticas, ya que las habían adoptado tempranamente en el proceso de colonización (Gay, 1865; Torrejón & Cisterna, 2002). Antes de la llegada de los españoles a estas tierras los nativos tenían una agricultura basada en el Maíz [*Zea maíz*], el Madi [*Madia sativa*], las Papas [*Solanum tuberosum*], los frijoles [*Phaseolus vulgaris*], el Mango [*Bromus mango*], la Quínoa [*Chenopodium quinoa*] y las fresas [*Fragaria chiloensis*] (Molina, 1788; Cunill, 1971; De Ovalle, 1646). Sin embargo, su cultivo fue muy pronto abandonado y reemplazado por el trigo, la cebada y otras especies forañas (Gay, 1865).

Una vez finalizada de Guerra de Arauco, menos de un siglo perduró la relativa tranquilidad en la región La Frontera, pues en 1813 comienza la *Guerra de la Independencia*, conflicto que enfrentó a patriotas [chilenos] y realistas [españoles y sus aliados los mapuches] (Villalobos, 2013; Molina, 1795). Fue tal la importancia de este proceso que todo el país se movilizó “Al grito de la Patria, de la justicia y de la razón se conmovieron todos los hacendados abandonando sus campos, sus útiles los cultivadores, y reunidos todos á la sombra de un mismo estandarte” (Gay, 1862). Los campos quedaron casi sin cultivos y entregados al dominio de la naturaleza. Además, los Puertos de Valparaíso y Concepción, abiertos en 1778, para fines comerciales, fueron bloqueados en 1811, debido a la baja productividad del país y al cese de las

exportaciones. La provincia que más sufrió durante el proceso independentista fue la de Concepción, porque allí la guerra fue permanente. Después de la victoria de los patriotas Maipo, en 1818, los restos de las fuerzas realistas derrotadas iniciaron en la Región del Biobío una lucha devastadora y crueles con el apoyo de indios y forajidos (Villalobos, 2013). En este proceso los realistas asolaron varias ciudades como: Puren, Santa Barbara, Los Angeles, Nacimiento, Tucapel y Antuco. Tal era la destrucción y el Vandalismo causado por este bando que este periodo fue conocido en la historia como *Guerra a Muerte* y mantuvo a toda la población de la región atemorizada hasta alrededores de 1824 (Mackenna, 1868).

A inicios del siglo XIX, Chile logra su independencia, en este marco surge un espíritu de constante superación y de desarrollo intelectual (Gay, 1862). Esto reforzado aún más con la inauguración del jardín botánico en 1853 y la interacción con instituciones extranjeras (Quinta Normal de Agricultura, 1893), se inicia la introducción de nuevas especies de plantas con el principal objetivo de generar conocimientos botánicos para la horticultura, medicina, silvicultura, y/o agricultura (Arroyo et al., 2000), por lo que estas plantas se describían y coleccionaban en el herbario de la flora chilena (Figueroa et al., 2004). De esta forma, el 1 de mayo de 1884, tres décadas más tarde de la apertura del jardín botánico, ya habían introducido 2196 especies, pertenecientes a 166 familias. Uno de los principales objetivos de este jardín y de la Quinta Normal, era mejorar la calidad de vida de las personas, para esto a las plantas introducidas se les realizaban diferentes pruebas y/o tratamientos para evaluar sus beneficios, y una vez que estos eran corroborados, se vendían y distribuían a la población (Quinta Normal de Agricultura, 1893). Así en el Catalogo del año 1893 encontramos 350 variedades de plantas y/o semillas, con diferentes usos (árboles y arbustos, hortalizas, plantas bulbosas, cereales, etc) que fueron puestas a la venta. La introducción de especies continuó desmesuradamente llegando a más de 3000 especies (Marticorena & Rodríguez, 1995), muchas de las cuales se encuentran hoy en día naturalizadas y presentan una amplia distribución (Pauchard et al., 2011).

Durante este mismo periodo ocurren dos eventos importantes que van a beneficiar aún más el desarrollo económico ya en auge. En primer lugar se desarrollan las vías de transportes. Así a mediados de este siglo ya existían líneas de tren y carreteras que conectaban la parte sur del valle central con Santiago (Gay 1862, 1865). El segundo

evento es conocido en la historia como *La fiebre del oro*, un periodo de gran migración de trabajadores a los lavaderos de oro de California y más tarde a los de Australia (Schneider, 1904). Estos acontecimientos revolucionaron la agricultura de todo el valle central de Chile. El cultivo del trigo que en años anteriores se hacía para abastecer el consumo interior, el del Perú y otros mercados vecinos de menor importancia, se incrementó progresivamente (Cunill, 1971; Mackenna, 1861). Según las estadísticas entregadas por Schneider (1904), en 1845 las exportaciones de trigo alcanzaron los 4.569.986 kilos, cifra que se sobrepasó 25 veces en 1870. La producción agrícola fue tan intensa que la mano de obra campesina no alcanzaba a suplir las necesidades del rubro; situación por la cual se debió introducir maquinaria agrícola. Al recorrer las haciendas más importantes del valle central el naturalista Claudio Gay (1862) pudo observar los hacendados “enriquecidos por los trabajos de las minas o por las importantes salidas que les ha ofrecido la vasta inmigración californiana, han sabido asociar á las labores el poder inmenso de los capitales. Han abierto canales, desecado lagunas, y se han procurado, con el mayor celo y á precios muy subidos, esas maravillosas maquinas que se sustituyen a la fuerza brutal del hombre, tiempo que economizan tanto la mano de obra, hacen los trabajos mas expeditivos y mucho mas perfectos”

Las nuevas rutas viales favorecieron el traslado de los cereales hacia los puertos, como así también el movimiento de maquinas hacia los diversos puntos de cosecha (Schneider, 1904). El crecimiento de la producción cerealera va perdurar hasta el año 1887. Sin embargo, en las provincias situadas al sur de Linares ocurrieron una serie de eventos desfavorables que afectaron a las cosechas de trigo. Durante 1870 lluvias torrenciales generaron pérdidas importantes en la producción triguera, posteriormente siguieron dos periodos de malas cosechas lo que genero una crisis económica importante en el sector agrícola, y en el año 1893 hubo una importante sequia producto de la cual nuevamente se vieron afectadas las cosechas de este cereal en la zona. En oposición a estos negativos episodios, en 1903 se vuelven a registrar producciones importantes en la zona sur (Schneider, 1904).

Si bien, las provincias situadas al sur del valle longitudinal se caracterizaban por una alta productividad agrícola, estas no presentaban una fertilidad tan alta como las tierras situadas entre Santiago y el Maule (Mackenna, 1881; Gay 1862; Camus, 2006), es por esto que Poeppig (1960) describe la zona del Partido de Rere como poco favorecida por

la naturaleza, en donde los cereales dan solo un 25% más de la cantidad sembrada. Lo anterior habría conllevado a que muchos asentados de las tierras situadas entre el río Maule y el Biobío se dedicaran a la actividad ganadera, cuya producción abastecía el mercado del Perú de sebo, cordobanes y media suela (piezas de cuero para el calzado) entre otros productos, además de alimentar al ejército de la Frontera (Cunill, 1971; Molina, 1795). Entre los cultivos forrajeros que se utilizaron inicialmente, está la alfalfa, la cual “ha sido la sola planta cultivada para las praderas, pero de algunos años por acá se ha introducido el trébol, planta mucho mas adecuada á los climas lluviosos del Sur y que se cultiva ya en grande en la provincia de de Concepcion en donde esta conocida con el nombre de trébol francés” (Gay, 1865). La cual habría sido introducida a mediados del siglo XIX. El mismo autor menciona además que anteriormente se sembraba también el cardo [Cirsum], sin embargo esta planta fue abandonada debido a que por sus fuertes raíces era muy difícil de arrancar. Entre estas plantas destaca el cardo negro [Cirsum vulgare o C. acaule] maleza introducida en el año 1845 por el Señor Ricardo Price en su hacienda situada en Chillán. Debido a sus características de invasora no tardo en generalizarse y al poco tiempo ya se encontraba desde Llanquihue hasta norte, obligando a los agricultores a invertir todos los años fuertes sumas de dinero en limpiar los prados y sementeras (Schneider, 1904). Otra planta traída al país como forrajera es la Galega [Galega officinalis], que ha invadido los terrenos regados con las aguas del estero de la Angostura de Paine y las orillas del río Maipo. Más tarde, en el año 1870, y para los mismos fines que las especies ya nombradas, se introdujeron las semillas del trébol rosado, blanco y amarillo [*Trifolium pratense*, *T. repens* y *T. dubium*, respectivamente] y de Ray grass [*Ballica inglesa*]. A diferencia de las especies anteriores la semilla del *Plantago*, otra maleza que se ha dispersado mucho por las praderas de las regiones del centro, se introdujo accidentalmente mezclada con las de plantas forrajeras (Schneider, 1904).

Aunque estas plantas forrajeras se cultivaban, es probable que se hallan asilvestrados, multiplicado y expandido rápida por el país debido a las favorables condiciones del territorio, en este sentido De Ovalle (1646) indica lo siguiente: “La Moftaça, nabo, yeruabuena, hinojo, y trébol, y otras que en Europa veo fembrar, y cultiuar, por la debida eftima que de ellas fe haze, nacen en Chile por los campos fin ningún beneficio humano, y con tanta abundancia que algunas de ellas fe continúan por muchas leguas, y fon el pafito meas commun de los ganados”.

Dada a las favorables condiciones ambientales que presentan las praderas situadas al sur del Maule, para producir estas especies, se ha señalado que en 1859 las provincias de Cauquenes, Chillán y Concepción, eran las que alimentaban los más crecidos ganados de la República y desde estos puntos se los llevaban cuando estaban ya cebados a las provincias del centro (Gay, 1862).

### *i.i.i. El periodo forestal*

Debido a la intensa producción agrícola de los siglos XVI, XVII y XVIII, muchos bosques fueron eliminados utilizando el llamado *roce*, operación que consistía en cortar los árboles, dejarlos secar sobre el mismo terreno y quemarlos. Sobre estas cenizas se siembran los trigos y proporcionan considerables cosechas a veces cien a uno (Gay, 1865; Camus, 2006). No obstante, al cabo de cuatro o cinco años de producción los productos comienzan a disminuir considerablemente, lo que obliga a los propietarios a dejar reposar los suelos (Gay, 1865). Esta actividad generó una importante reducción de los bosques, lo que sumado a la explotación de madera para la construcción y para leña, llevó al gobierno en el año 1872 a promulgar las primeras leyes para proteger al bosque nativo (Schneider, 1904; Otero, 2006). Mientras tanto, el consumo de madera se hacía cada vez más importante y caro debido al crecimiento de las ciudades del país y al incremento de las distancias entre las zonas de extracción y las de consumo (Camus, 2006; Otero, 2006). En este sentido el año 1889 el Consejo de la Quinta Normal establece la conveniencia de establecer las plantaciones, tanto como de árboles forestales como de frutales (Schneider, 1904). Según Camus (2006) el cultivo de Álamo [Populus] es uno de los más antiguos de Chile, siendo introducidos los primeros 20 árboles en el año 1818, en el norte del país y treinta años después se encontraban desde Copiapó a Talca. Las iniciativas para introducir especies arbóreas se hicieron aún más numerosas a fines de la década de 1830. En 1839 Carlos Durant Maison, miembro de la Sociedad de Agricultura, envió a Pedro Mena, director de la Sociedad de Agricultura, un cajón que contenía más de cien semillas europeas, con la finalidad que las especies más interesantes se propagasen. Así, a principios de 1840 la Sociedad Agrícola realiza los primeros proyectos para introducir especies exóticas, con el objetivo de suplir las cada vez más crecientes demandas de madera (Schneider, 1904; Camus, 2006). El proceso inicial de introducción de especies forestales fue lento y uno de los primeros en iniciarlas fue el señor de la Porte, quien en 1865 plantó pinos en los terrenos arenosos,



casi inútiles de los márgenes del río Itata. Multiplicó de preferencia el pino marítimo [*Pinus pinaster*] obteniendo muy buenos resultados, logrando árboles que a los quince años median 1.60 m (Schneider, 1904). En 1881 había también plantaciones de Pino en las quintas y cerros inmediatos a Concepción, en la desembocadura del río Biobío, y el Lota a parte de esta última especie también se podía encontrar Cipreses, encinas y *Eucalyptus globulus* (Schneider, 1904; Camus, 2006).

En las décadas siguientes las plantaciones de árboles exóticos fueron en aumento, tanto así que en el año 1904 el Ministerio de industria y obras públicas, publica “El Plan Jeneral para el Cultivo de Bosque”, donde se describen las especies forestales más adecuadas para cada zona del país y las condiciones en que estas debieran ser plantadas para maximizar su producción (Albert, 1907). Fueron 15 los árboles descritos en este trabajo: *Acacia melanoxylon*, *Cupressus macrocarpa*, *Cupressus torulosa*, *Eucalyptus diversicolor*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus resinífera*, *Eucalyptus robusta*, *Eucalyptus viminalis*, *Pinus canariensis*, *Pinus insignis* [*Pinus radiata*], *Pinus marítima* [*Pinus pinaster*], *Quercus pedunculata* [*Quercus robur*], *Quercus sessiliflora* [*Quercus petraea*], *Robinia pseudoacacia* y *Sequoia sempervirens*. Algunas de estas especies forestales fueron tan exitosas que se expandieron masivamente desde Copiapó hasta el sur de Chile, destacando la Región del Biobío como centro de las actividades forestales y madereras derivadas de las plantaciones de *Pinus radiata*. La concentración de esta actividad es particularmente fuertes en las provincias de Concepción, Arauco y Biobío, las cuales del total de suelo apto para actividades silvoagropecuarias, tenían cubiertas con plantaciones forestales superficies del 91%, 80,6% y 60.6%, respectivamente (Camus, 2006; Frêne & Núñez, 2010 ).

Entre los años 1860 y 1900 ocurrieron dos eventos demográficos importantes: un aumento de la población en todas las zonas pobladas que conllevó al aumento, aún más fuerte, en la demanda de madera, y un éxodo desde los campos hacia las ciudades urbanizadas, que dejó terrenos aptos para la silvicultura disponibles (Ruiz-Tagle, 1966; Camus, 2006). Sumado a esto, a partir del siglo XX, muchos suelos de cultivo, de Chile central, comienzan a empobrecerse debido a la intensiva actividad agrícola que viene desde el siglo XVI. (Camus, 2006; Aguayo et al., 2009). Producto de esto, y como una medida de gestión, el gobierno chileno incentiva a la repoblación forestal favoreciéndose a las especies forestales de rápido crecimiento (Albert, 1906; Camus 2006)

### 3.4. Discusión

#### 3.4.1. Historia de la vegetación de la cuenca de la laguna Avendaño, con énfasis en las especies exóticas

Durante los últimos 500 años el registro polínico mostró episodios importantes de agricultura, entre 1610-1890 AD, asociados a la introducción de especies de plantas forrajeras y árboles frutales. Seguidos de un periodo de intensa actividad silvícola, caracterizado por la introducción de especies de utilidad forestal y el establecimiento de plantaciones artificiales. Ambos periodos de intensas actividades antrópicas generaron cambios significativos dentro de la vegetación, los cuales están reflejados claramente en las zonas determinadas por el CONISS y ANOSIM.

Desde los inicios de la ocupación del territorio se evidencian inmediatamente en el registro polínico los primeros efectos del asentamiento español asociados al despeje de tierras para habilitar terrenos para la agricultura y posteriormente al cultivo intensivo de cereales, situación que ha sido mencionada ampliamente por varios autores (Cunill 1971, Torrejón & Cisterna, 2002; Donoso & Lara, 1996; Cisterna et al. 1999; Camus, 2006). Dentro de las técnicas más ampliamente utilizada por los españoles para el despeje del terreno está el roce (Gay, 1862, 1865), el cual debió ser más intenso a los inicios de la ocupación territorial del valle Itata, lo que explicaría las altas concentraciones de michocarcoal registradas alrededor de 1620 AD (Fig. 7). El despeje de los suelos de la cuenca habría afectado más a las praderas naturales de la zona, que a los bosques de la cuenca de la laguna Avendaño, lo que habría explicado la reducción más importante de las Poaceae <40um (Fig. 6), en comparación con los árboles nativos del sector. Según los primeros cronistas que conocieron el territorio, antes de las intensas actividades agrícolas y ganaderas, el valle del río Itata habría tenido una vegetación muy escasa por ser una zona árida con suelo arenoso, que no favorecía mayormente la presencia de bosque, sino más bien eran pequeñas agrupaciones de *L. caustica* y *Q. saponaria* acompañadas de algunas plantas xerofitas como *C. spinosissima* (Bibar, 1558, Poeppig 1960; Reiche, 1934-37), situación muy similar a la que hoy en día encontramos en la parte Noroeste del litoral del lago, en donde también podemos hallar diversas especies de herbáceas de las Familias Brassicaceae, Asteraceae

y por sobre todo Poaceae, siendo estas últimas las que habrían sido más afectadas por el cambio en el uso de suelo de la zona.

Dentro del periodo del auge agrícola y ganadero la producción de trigo era la actividad agrícola más relevante, gracias a las exportaciones al Perú que comenzaron a fines del siglo XVII (Cunill, 1971; Villalobos, 2013). La región la frontera además, tenía ya varios pequeños poblados, entre ciudades, estancias jesuitas y haciendas particulares, lo que sumado al término del conflicto entre los indios y los españoles, conllevaron a un periodo de estabilidad y auge económico que favoreció las producciones de trigo de la zona. Hecho que se ve reflejado en el perfil polínico con un incremento en las abundancias de las Poaceae >40um alrededor del año 1720 AD. Tiempo después las abundancias de estas Poaceae disminuyen. Inicialmente esta situación habría sido causada por el abandono de las chacras producido alrededor de 1810 AD, debido a la *guerra de la independencia*. No obstante, la condición de baja productividad de cereales, de la actual región del Biobío, se habría mantenido hasta 1924 AD, año donde concluye *la guerra a muerte* (Gay, 1862; Mackenna, 1868). Con la finalización de los conflictos bélicos que afectaron mayormente a esta zona, nuevamente se produjo un aumento en la producción de trigo, reflejado por las Poaceae >40um alrededor de 1830 AD (Fig. 6), señal de que los campos habrían vuelto a ser ocupados y cultivados. A mediados del s. XIX comienza otro periodo de auge agrícola asociado a la producción de este cereal conocido como *la fiebre del oro*. No obstante, la zona probablemente debido a la sobre producción de los siglos anteriores y a desfavorables condiciones climáticas, no tuvo el mismo protagonismo dentro de la economía agrícola nacional (Shneider, 1904; Mackenna, 1881). Situación que explicaría las bajas abundancias de Poaceae >40 durante la época.

El aumento de las actividades antrópicas, a partir del s. XVI, especialmente aquellas que generaron un importante impacto en el suelo, como la agricultura y la ganadería, pudieron haber contribuido al incremento de algunas especies de los taxones *Plantago* y *Rumex* (Matthei, 1995; Marquéz et al., 2002; Cárdenas & Vargas, 2008), plantas que se vieron favorecidas por el incremento de los disturbios asociados a estas actividades y a los consecutivos abandonos de los terrenos debido a las acciones vandálicas que prevalecieron durante esta época. Destacamos entre estas plantas a *Rumex* sp, la cual probablemente corresponde a *R. acetosella*. Según el registro polínico esta habría sido introducida de manera muy temprana durante el siglo XVII, en la zona central de Chile,

llegando a la zona del valle del Itata a mediados del mismo siglo. Si bien, la primera vez que se indica esta planta para el país, es en año 1851 (Matthei, 1995), estudios paliolimnológicos han comenzado a registrarla desde mucho antes (Moreno et al., 2009; Fletcher & Moreno, 2012)

Dentro de las ya mencionadas chacras de la época (XVII), además del cultivo de cereales, se realizaban también desde muy temprano, los cultivos de árboles frutales (De Ovalle, 1646; Gay, 1862). Los registros de sedimento de la laguna Avendaño señalan que los limones y/o naranjos fueron uno de los primeros frutales en cultivarse en la zona alrededor de 1620 AD y posteriormente alrededor de 1730 AD, siguieron los árboles del género *Prunus*, que probablemente corresponden a Duraznos, Damascos, Almendros, Ciruelos y Guindos (De Ovalle, 1646; Molina, 1788; Gay, 1865). Otra planta que fue muy importante y tempranamente cultivada es la frutilla [*fragaria chilensis*]. Planta nativa que fue domesticada por los indios y rápidamente asimilada por los españoles, más aún, antes de las exportaciones comerciales de trigo al Perú, la única planta que podía ser cultivada y vendida a buen precio era la frutilla, por lo que sus cultivos se masificaron dentro de las diferentes chacras y huertas del país (Gay, 1862; Molina, 1788). La frutilla, además era muy común en los territorios de los Partidos de Puchacay, Rere e Itata (Staudt, 1999), por lo que, probablemente, fue cultivada dentro de las primeras estancias y/o haciendas situadas dentro del valle Itata, de manera muy temprana, situación que explicaría el incremento en su abundancia a partir de 1610 AD.

Además de la agricultura, otra actividad importante que se realizaba intensamente, desde Cauquenes hasta el Biobío, era la ganadería (Cunill, 1971; Gay, 1862; Schneider 1904). Desde los inicios de la conquista y temprana ocupación del territorio, eran establecidas grandes estancias cercanas inicialmente a los fuertes y posteriormente a los poblados para abastecer de forraje al ganado español (Villalobos, 1995; Villalobos, 2013). Así, desde 1610 AD se puede distinguir la presencia y posterior incremento de las Fabaceae, que probablemente corresponde a la alfalfa (*Medicago sativa*). Gay la señala por primera vez para el país en 1847 (Matthei, 1995). No obstante, el mismo botánico, junto a otros cronistas de la época, indican que la alfalfa fue la planta forrajera más ampliamente utilizada por los españoles durante los s. XVII-XIX (Gay, 1862; 1865; Molina, 1782; De Ovalle, 1646). A mediados del siglo XIX, debido a la independencia del país y al creciente desarrollo intelectual que surge a partir de entonces,

se introducen diversas plantas. Entre las especies forrajeras exóticas de la misma familia de las Fabaceae que fueron introducidas durante este periodo, encontramos a *Galega officinalis*, *Trifolium pratense*, *T. repens* y *T. dubium*. *Galega* fue introducida a mediados del s. XIX según Schneider (1904) y Matthei (1995) la indica para el año 1881. Las especies de *Trifolium* mencionadas habrían sido introducidas en 1870 (Schneider, 1904) y son señaladas inicialmente para el país poco tiempo después, en 1930, 1897 y 1897 respectivamente (Matthei, 1995). No obstante, De Ovalle nos menciona que durante el s. XVII también se cultivaba “trébol” para el forraje de los animales, y poco más tarde, Gay señala que en Concepción, aparte de la alfalfa, se utilizaba bastante el “trébol francés”. De Ovalle (1646) también menciona que entre las plantas europeas también se daban en Chile los Cardos y el Moral, sin embargo los frutos de estos no eran tan grandes como los de Europa. No obstante, Schneider (1904) indica que el año de introducción del Cardo negro a la cuenca del Itata fue en 1845, mientras que la zarzamora se introdujo en Chile a fines del decenio de 1860. De esta forma, es probable que de manera muy temprana los españoles hayan introducido estas plantas, sin embargo, su fecha exacta de introducción es todavía incierta.

Desde 1850 AD se puede ver en el perfil polínico que las plantas cultivadas vale decir: *Fragaria*, Poaceae >40um, Fabaceae, Rutaceae y más tarde *Prunus*, comienzan a disminuir. Proceso que podría estar asociado a varios factores: (1) al empobrecimiento de los suelos e incremento de la erosión, situación que señalan varios autores para la época (Gay 1862; Albert, 1906; Cunill, 1971); (2) al cambio en el uso de suelo, de agrícola a silvícola (Schneider, 1904; Cisterna et al., 1999; Camus 2006; Aguayo et al., 2009; Pauchard et al., 2011); (3) a la migración masiva de los campos hacia las ciudades, siendo Concepción y Chillán los centros urbanos que más incrementaron su población en esta zona (Ruiz-Tagle, 1966). Probablemente estos tres factores actuaron de manera casi conjunta y conllevaron a un abandono paulatino de la agricultura dentro de la cuenca del río Itata. De esta forma en el registro polínico se puede verificar que los cultivos de cereales comienzan a disminuir drásticamente después de 1830 AD, momento en el cual empiezan a ser reemplazados por *Pinus* spp. De esta forma, alrededor del año 1850 AD se identifican dentro de la cuenca en estudio los siguientes árboles forestales: *Alnus*, *Acacia*, *Cupressus*, *Eucalyptus*, y *Pinus*, siendo este último el que presenta la información histórica más certera, que da indicios de cuando pudo haber sido introducido en la Región del Biobío. De esta forma en nuestro registro el género

*Pinus*, es identificado por primera vez alrededor del año 1960 AD, mientras que la data histórica lo señala para el año 1965 AD. Del resto de las especies encontradas en los sedimentos, *Eucalyptus* se identificó alrededor de 1870 AD y *Cupressus* en 1830 AD, mientras que la bibliografía indica que en el año 1881 AD, ya habían plantaciones de estas especies en Lota. Siguiendo con el registro, encontramos a *Acacia* en 1870 AD y *Alnus* en 1900 AD. De las cuales no se encontró información acerca de su introducción en la región. No obstante, en Chile, según Matthei (1995), se reportan por primera vez en el año 1881, en el caso de *A. dealbata* y en 1930 para el caso de *Alnus glutinosa*. Sin embargo, este último género ya estaba incluido dentro del catálogo de semillas, que la Quinta Normal disponía para la venta en 1893 (como *A. communis*). De esta forma es probable que esta especie se haya propagado y llegado a la Región del Biobío mucho antes de 1930. De las especies forestales mencionadas anteriormente, las plantaciones de Pino, son las que actualmente dominan el paisaje natural de la cuenca. Si bien, a mediados del s. XIX se registran por primera vez dentro del perfil de polen, es alrededor de 1910 AD cuando se expanden más drásticamente, debido a las iniciativas de replantación forestal propuestas durante el mismo periodo con la finalidad de solucionar los procesos erosivos causados por la sobreexplotación del suelo agrícola de los siglos anteriores (Camus, 2006; Albert, 1906), procesos que también se evidencian en el incremento de la susceptibilidad magnética en los centímetros más actuales (Fig. 4).

Las actividades antrópicas, intensificadas desde la colonización (periodo: auge agrícola-ganadero), provocaron diversos cambios dentro de la vegetación original. De los taxones nativos notamos que dos plantas, presentes en la “situación prehispánica” desaparecen del registro, Bromeliaceae y Euphobiaceae. Sin embargo, siguen presentes dentro de la cuenca en estudio, ya que en las excursiones de campo (años 2010-2011) fue posible encontrarlas en los campos y/o en los sectores más alejados de los centros urbanos. Otras plantas que se vieron desfavorecidas desde la ocupación temprana del territorio y probablemente fueron las más afectadas durante este proceso, fueron las Poaceae <40µm. Según la descripción del paisaje natural realizada por Reiche (1934-1937), en el valle Itata se habrían encontrado comúnmente diferentes herbáceas entre las cuales menciona a dos especies de Poaceae, *Panicum urvillenum* y *Aristida palles*, las cuales probablemente eran muy usuales dentro de los llanos de la zona, terrenos que habrían sido despejados y utilizados para el cultivo de cereales y plantas forrajeras,

principalmente. De esta forma el trigo, la alfalfa junto con el tébol, Rumex y Plantago, habrían ocupado una parte importante del nicho de las Poaceae <40um (Fig. 3). Sin embargo, pese a los importantes cambios en el uso de suelo que se han producido desde los tiempos de la colonización dentro la cuenca del río Itata, las especies nativas, registradas en el perfil, no presentaron variaciones importantes en su abundancia. Es más, la mayoría mantuvo su comportamiento inicial, con fluctuaciones que variaban de un 0 a un 5% en el caso de *C. spinosissima*, *Q. saponaria*, Myrtaceae, *A. punctatum*, *N. obliqua*-type y *C. alba*, y de un 5 a un 10% en el caso de *N.dombeyi*-type y Anacardiaceae.

Durante el periodo forestal la abundancia de los taxones nativos disminuye, no obstante, continúan prevaleciendo hasta la actualidad y sumados a estos, se agregan las especies de cereales, forrajeras, árboles frutales y forestales, que han sido introducidos desde el s. XVII. De esta forma, el paisaje natural que conocieron los primeros cronistas, caracterizado por una vegetación xeromórfica pobre en especies, es en la actualidad, un área que si bien, está dominada por *Pinus radiata*, presenta además diversas especies y múltiples usos.

Según nuestros registros en solo 250 años, desde 1600 hasta 1850 AD el número de especies exóticas habría igualado al número de especies nativas. Situación que probablemente se vio favorecida por la baja riqueza de especies nativas, la disponibilidad de hábitat, la rápida capacidad adaptativa de las especies introducidas y por sobre todo la historia ambiental del lugar, (Schneider, 1904; Torrejón & Cisterna, 2002; Figueroa, 2004; Goodwin et al., 1999).

## **Bibliografía**

- Aguayo M, Pauchard A, Azócar G, Parra O (2009) Cambio del uso de suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista Chilena de Historia Natural* 82, 361-374.
- Albert F (1906) *La replantación de los cerros áridos del país*. Imprenta moderna, Santiago de Chile (13 pp.).
- Albert F (1907) *Plan general para el cultivo de bosques*. Imprenta cervantes, Santiago de Chile (22 pp.).
- Appleby P.G., Oldfield F (1978) The calculation of lead-210 dates assuming a constant rate of supply of unsupported  $^{210}\text{Pb}$  to the sediment. *Catena* 5, 1-8.
- Asner G, Elmore A, Olander L, Martin R, Harris A (2004) Grazing systems, ecosystem responses, and global change. *Annual Review of Environment and Resources* 29, 261-299.
- Bengoa J (1991) *Historia del Pueblo Mapuche (siglo XIX y XX)*. Ediciones Sur, Santiago, Chile (426 pp.).
- Bibar G (1558) *Cronica y relación copiosa y uerdadera de los Reynos de Chile*. Tomo II. Edición Facsimilar y a Plana del Fondo histórico y Bibliográfico José Toribio Medina, Santiago de Chile (496 pp.).
- Boyd, W. E., Hall, V. A. 1998. Landmarks on the frontiers of palynology: an introduction to the IX. International Palynological Congress Special Issue on New Frontiers and Applications in Palynology. *Review of paeobotany and palynology* 103, 1 – 10.
- Bolós, M., 1992. La evolución o arquitectura del paisaje. En: Bolós, M. (ed) *Manual de Ciencia del paisaje teoría, métodos y aplicaciones*. Masso S.A., Barcelona, España, pp. 191-203.
- Bucharova A, Van Kleunen M (2009) Introduccion history and species characteristics partly explain naturalization success of North American woody species in Europe. *Journal of Ecology*. 97, 230-238.



- Campos F (1979) Historia de Concepción (1550-1970) 2ª edición, Editorial Universitaria, Santiago de Chile (4-10 pp.).
- Camus P (2006) Ambiente, Bosques y gestión forestal en Chile 1541-2005. Ed. Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos. LOM. Santiago, Chile (374 pp.).
- Cárdenas G, Vargas O (2008) Rasgos de historia de vida de especies en una comunidad vegetal alterada en un páramo húmedo (Parque Nacional Natural Chingaza). *Caldasia* 30(2), 245-264.
- Chacón J (1886) La Quinta Normal y sus establecimientos agrónomos y científicos. Imprenta nacional, Santiago de Chile (209 pp.).
- Chirinos L (2005) Registros sedimentarios lacustres de contaminación atmosférica derivada de los procesos de combustión en la provincia de Concepción, Chile en los últimos 500 años. Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Ambientales. Centro Eula-Chile. Universidad de Concepción (112 pp.).
- Chonchol J (1994) Sistemas agrarios en América Latina, de la etapa prehispánica a la modernización conservadora. Fondo de Cultura Económica S.A., Santiago, Chile (445 pp.).
- Cunill P (1971) Chile meridional criollo: su geografía humana en 1700. Cuadernos Geográficos del Sur (número único), 21-75.
- De Ovalle A (1646) Historica relación del Reyno de Chile. Roma (521 pp.).
- Desprat S, Sánchez Goñi MF, Loutre MF (2003) Revealing climatic variability of the last three millennia in northwestern Iberia using pollen influx data. *Earth Planetary Science Letters* 213, 63-78.
- Dillehay D (1990) Araucanía: presente y pasado. Editorial Andrés Bello, Santiago, Chile (153 pp.).
- Dirección Meteorológica de Chile (2011) ANUARIO CLIMATOLOGICO 2010, SANTIAGO – CHILE 2011. <http://164.77.222.61/climatologia/>

- Donoso C, Lara A (1996) Utilización de los bosques nativos en Chile: pasado, presente y futuro. En: Armesto JJ, Villagrán C & Arroyo MK (eds) Ecología de los bosques nativos de Chile: 363-387. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- Echeverría C, Coomes D, Salas J, Rey-Benayas J. M., Lara A, Newton A (2006) Rapid deforestation and fragmentation of Chilean Temperate Forests. *BIOLOGICAL CONSERVATION* 130, 481 - 494
- Erdtman G (1960) The acetolysis method. *Svensk Botanisk Tidskrift* 54, 561-564.
- Figueroa J, Castro S, Marquet P, Jaksic F (2004) Exotic plant invasion to the mediterranean region of Chile: Causes, history and impacts. *Revista Chilena de Historia Natural* 77, 465-483.
- Figueroa JA, Teillier S, Castro SA (2011) Diversity patterns and composition of native and exotic floras in central Chile. *Acta Oecologica* 37, 103 – 109
- Fletcher MS, Moreno PI (2012) Vegetation, climate and fire regime changes in the Andean region of southern Chile (38\_S) covaried with centennial-scale climate anomalies in the tropical Pacific over the last 1500 years. *Quaternary Science Reviews* 46, 46-56.
- Foster DR, Schoonmaker PK, Pickett STA (1990) Insights from Paleoecology to Community Ecology. *Tree*. 5 (4), 119 – 121
- Frêne C, Núñez A (2010) Hacia un nuevo modelo forestal en Chile. *Revista Bosque Nativo* 47, 25-35.
- Gajardo R (1994) La vegetación natural de Chile, clasificación y distribución geográfica. 1<sup>era</sup> Edición, Ed. Universitaria, Santiago de Chile, Chile (165 pp.).
- Gay C (1862) Historia física y política de Chile. Agricultura. Tomo primero. Museo de historia natural, Santiago de Chile (491 pp.).
- Gay C (1865) Historia física y política de Chile. Agricultura. Tomo segundo. Museo de historia natural, Santiago de Chile (451 pp.).
- Goodwin BJ, McAllister AJ & Fahrig L (1999) Predicting invasiveness of plant species based on biological information. *Conservation Biology* 13, 422-426.

- Grimm E (1987) Coniss: A Fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Computers and Geosciences* 13, 13-35.
- Grimm E (1991) Tilia and Tilia graph. Springfield: Illinois State Museum.
- Guarda G (1968) La ciudad chilena del siglo XVIII. Centro editor de América Latina S.A. Buenos Aires, Argentina (117 pp.).
- Guarda G (1990) Flandes indiano: las fortificaciones del reino de Chile (1541-1826). Ediciones de la Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile (425 pp.).
- Heusser C (1971) Pollen and spores of Chile. Modern types of the Pteridophytas, Gimnospermae and Angiospermae. University of Arizona (167pp.).
- Heusser C (2003) Ice age southern Andes a chronicle of paleoecological events. Elsevier, Amsterdam (239 pp.).
- Hobbie JE, Carpenter SR, Grimm NB, Gosz JR, Seastedt TR (2003) The US long term ecological research program. *BioScience*. 53, 21-32.
- INE (2007; 2011) Enfoque estadístico. VII Censo agropecuario y forestal. [http://www.ine.cl/canales/sala\\_prensa/noticias/2007/marzo/files/septimo\\_censo\\_agroagropecu\\_pdf.pdf](http://www.ine.cl/canales/sala_prensa/noticias/2007/marzo/files/septimo_censo_agroagropecu_pdf.pdf)
- Jackson ST (1997) Documenting natural and human caused plant invasions using paleoecological methods assessment and management of plant invasions. *Assessment and management of plant invasions* (ed. By J.O. Luken and J.W. Thieret), 37-55 pp. Springer, New York.
- Jiménez A, Pauchard A, Cavieres L, Marticorena A, Bustamante R (2008) Do climatically similar regions contain similar alien floras? A comparison between the mediterranean areas of central Chile and California. *Journal of Biogeography* 35, 614-624.
- Lishawa SC, Treering DJ, Vail LM, McKenna O, Grimm EC, Tuchman NC (2013) Reconstructing plant invasions using historical aerial imagery and pollen core

analysis: *Typha* in the Laurentian Great Lakes. Diversity and Distributions 19, 14-28.

Luebert F, Pliscoff P (2006) Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria, Santiago de Chile (316 pp.).

Mackenna V (1867) La cosecha de trigo en Chile. Circular (27 pp.).

Mackenna V (1868) La guerra a muerte, memoria sobre las últimas campañas de la independencia de Chile (1819-1824). Imprenta nacional, Santiago de Chile (567 pp.).

Mackenna V (1881) La edad de oro. Imprenta cervantes, Santiago (489 pp.).

Márquez S, Funes G, Cabido M, Pucheta E (2002) Efectos del pastoreo sobre el banco de semillas germinable y la vegetación establecida en pastizales de montaña del centro de Argentina. Revista Chilena de Historia Natural, 75, 327-337.

Martcorena C, Rodríguez R (1995) Flora de Chile I: Pteridophyta-Gymnospermae. Universidad de Concepción, Concepción (351p.).

Matthei O (1995) Manual de las malezas que crecen en Chile. Alfabeta Impresores. Santiago de Chile (545 pp.).

McCormac F, Hogg A, Blackwell P, Bick C, Higham T, Reimer P (2004) SHCal04 Southern Hemisphere Calibration 0-11 cal Kyr BP. Radiocarbon 46, 1087-1092.

Memoria chilena (2013) Mapa de Chile del siglo XVIII. [http://www.memoriachilena.cl/temas/documento\\_detalle.asp?id=MC0000512](http://www.memoriachilena.cl/temas/documento_detalle.asp?id=MC0000512).

Miller A (1976) The climate of Chile. In Schwerdtfeger W, editor. World survey of climatology. Elsevier, 107-34.

Molina A (1788) Compendio de la historia civil del Reyno de Chile. Parte segunda. Imprenta de Sacha, Madrid (404 pp.).

Molina A (1795) Compendio de la historia civil del Reyno de Chile. Parte Segunda. Imprenta de Sacha. Madrid (404 pp.).

- Moreno P, François J, Villa-Martínez R, Moy C (2009) Millennial-scale variability in Southern Hemisphere westerly wind activity over the last 5000 years in SW Patagonia. *Quat. Sci. Rev.* 28, 25-38.
- Núñez L (2000) Los primeros pobladores. En: Hidalgo J, Schiappacasse V, Niemeyer F, Aldunate C, Solinano I. *Culturas de Chile. Prehistoria. Desde sus orígenes hasta los albores de la conquista.* Editorial Andrés Bello, Santiago, Chile (13-28 pp.).
- Orellana M (1992) *Historia y antropología de la isla de La Laja.* Editorial Universitaria. Santiago de Chile (117 pp.).
- Otero (2006) *La huella del fuego. Historia de los bosques nativos, poblamientos y cambios en el paisaje en el sur de Chile.* Editorial Pehuen editores, Santiago, Chile (171 pp.).
- Overpeck JT, Rind D, Goldberg R (2002) Climate-induced changes in forest disturbance and vegetation. *Nature* 343, 51-53.
- Pauchard A, Aguayo M, Peña E, Urrutia R (2006) Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: The case of a fast-growing metropolitan area (Concepción, Chile). *Biological Conservation* 127, 272-281.
- Pauchard A, García R, Langdon B, Fuentes N (2011) Invasiones de plantas introducidas en Chile y su impacto en la biodiversidad: Historia, estado actual y desafíos para su gestión (2-43). En *Successful and failed experiences in biodiversity conservation: Lessons and policy recommendations from the American Continent.* Eugenio Figueroa Ed. Santiago, Chile.
- Pöppig E (1960) *Un testigo de la alborada de Chile (1826-1829).* Editora Zigzag. Santiago de Chile (500 pp.).
- Price C, Rind D (1994) The impact of a 2xCO<sub>2</sub> climate on lightning caused fires. *Journal of Climate* 7, 1484–1494.
- Quinta Normal de Agricultura (1893) *Catalogo.* Imprenta cervantes, Santiago de Chile (53 pp.).

- Reiche K (1934-37) Geografía botánica de Chile. Traducción del alemán de Gualterio Looser. Tomo II, Ed. Impr. Universitaria, Santiago, Chile. (342-348 pp.).
- Roberts N (2002) The Holocene an environmental history. Blackwell publishers Ltda. (290 pp.).
- Rondanelli M (2001) Historia de la vegetación andina en los valles de alto biobio y Lonquimay, Chile Centro-sur (38°-33°S), durante el holoceno. Estudio paleoecológico basado en el análisis de polen. Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Biológicas, Área Botánica. Universidad de Concepción (93 pp.).
- Ruiz-Tagle C (1966) Concentración de la población y desarrollo económico –El caso chileno. Santiago de Chile (195 pp.).
- Sala OE, Stuart FC, Armesto JJ, Berlow E, Bloomfield J, Dirzo R, Huber-Sanwald E, Huenneke LF, Jackson RB, Kinzig A, Leemans R, Lodge DM, Mooney HA, Oesterheld M, Poff ML, Sykes MT, Walker DH, Walker M, Wall DH (2000) Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *SCIENCE* COMPASS 287, 1770 – 1774.
- Schneider T (1904) La Agricultura en Chile en los últimos ciento cincuenta años. Imprenta Litografía i encuadernación Barcelona, Santiago de Chile (213 pp.).
- Staudt G (1999) Systematics and Geographic Distribution of the American Strawberry Species: Taxonomic Studies in the Genus *Fragaria* (Rosaceae: Potentilleae). University of California Press (162 pp.).
- Szabó P (2010) Why history matters in ecology: an interdisciplinary perspective. *Environmental Conservation* 37 (4), 380 – 387.
- Torrejón F, 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, 729-736.
- Trivi de Mandri ME, Burry LS, D'Antoni HL (2006) Dispersión-depositación del polen actual en Tierra del Fuego, Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77, 89-95.

- Villalobos S (1995) Vida fronteriza en la Araucanía, el mito de la guerra de Arauco. Editorial Andrés Bello, Santiago, Chile (215 pp.).
- Villalobos S (2013) Breve historia de Chile. Editorial Universitaria, Santiago de Chile (219 pp.).
- Watson R, Noble I, Bolin B, Ravindranath N, Verardo D, Dokken D (2000) Special Report on Land Use, Land-use Change, and Forestry. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- Wilmshurst JM, McGlone MS (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 Paleobotany & Palynology* 136, 1-15.
- Wingenroth M, Heusser C (1984) Polen en la alta cordillera. Quebrada Benjamin Matienzo. IANIGLA, Mendoza, Argentina.



## CAPITULO IV

### Conclusión

Las especies introducidas por los españoles durante el proceso de colonización, comenzaron a registrarse inmediatamente dentro del registro polínico, produciéndose desde ese momento significativas variaciones dentro del paisaje natural del Valle Itata. Entre las plantas exóticas registradas en primer periodo, auge agrícola-ganadero, encontramos a Poaceae >40um, Fabaceae, *Rumex*, Rutaceae y *Prunus*, las cuales se habrían aclimatado y expandido rápidamente, favorecidas además por los conflictos bélicos de este periodo. Más tarde, durante el periodo forestal, las actividades que anteriormente sustentaban la economía del lugar decaen drásticamente y son reemplazadas por la actividad forestal que es favorecida principalmente, por necesidad creciente de madera debido al desarrollo de los centros urbanos. En razón de esto se inicia la introducción de especies forestales a mediados de s.XIX. De estas especies nuestros registros señalan la introducción de 5 árboles forestales a la cuenca del río Itata los que corresponderían a especies de: *Alnus*, *Acacia*, *Eucalyptus*, *Cupressus* y *Pinus*, Siendo esta última la que domina actualmente el paisaje del valle. De acuerdo a la historia de la zona en solo 250, desde 1600 hasta 1850 AD el número de especies exóticas habría igualado al número de especies nativas. No obstante, las abundancias de las plantas nativas no se vieron mayormente afectadas, señalando que estas nuevas plantas probablemente utilizaron hábitat que estaban disponibles. Sin embargo, la introducción del Pino en la región sí habría afectado a las abundancias de los taxones nativos, tardado solo alrededor de 50 años en dominar el paisaje natural de la cuenca.

Por lo anteriormente expuesto en este estudio la hipótesis propuesta para esta investigación: *los cambios más importantes de la vegetación de la Región del Biobío comienzan durante el siglo XVII, debido a la introducción, diversificación e incremento lineal de las abundancias de las especies exóticas, reduciendo la abundancia de especies nativas, como consecuencia de los altos niveles de disturbios humanos, es aceptada.*



## Referencias Generales

- Arroyo M. T. K., Cavieres L.A. (1997) The Mediterranean-type climate flora of central Chile-What do we know and how can we assure its protection. *Noticiero de biología* 5, 48-56.
- Arroyo M, Martiorena C, Matthei O, Cavieres L (2000) Plant invasions in Chile: Present patterns and future predictions (385-421). En *Invasive species in a changing world*. Harold A. Mooney and Richard J. Hobbs (eds). Washington, United States of America.
- Camus P (2006) *Ambiente, Bosques y gestión forestal en Chile 1541-2005*. Ed. Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos. LOM. Santiago, Chile (374 pp.).
- Frêne C, Núñez A (2010) Hacia un nuevo modelo forestal en Chile. *Revista Bosque Nativo* 47, 25-35.
- Figueroa J, Castro S, Marquet P, Jaksic F (2004) Exotic plant invasion to the mediterranean region of Chile: Causes, history and impacts. *Revista Chilena de Historia Natural* 77, 465-483.
- Figueroa JA, Teillier S, Castro SA (2011) Diversity patterns and composition of native and exotic floras in central Chile. *Acta Oecologica* 37, 103 – 109
- INE (2007; 2011) Enfoque estadístico. VII Censo agropecuario y forestal. [http://www.ine.cl/canales/sala\\_prensa/noticias/2007/marzo/files/septimo\\_censo\\_agroagropecu\\_pdf.pdf](http://www.ine.cl/canales/sala_prensa/noticias/2007/marzo/files/septimo_censo_agroagropecu_pdf.pdf)
- Jiménez A, Pauchard A, Cavieres L, Marticorena A, Bustamante R (2008) Do climatically similar regions contain similar alien floras? A comparison between the mediterranean areas of central Chile and California. *Journal of Biogeography* 35, 614-624.
- Niemeyer H (2000) El escenario geográfico. En: Hidalgo J, Schiappacasse V, Niemeyer F, Aldunate C, Solinano I. *Culturas de Chile. Prehistoria. Desde sus orígenes hasta los albores de la conquista*. Editorial Andrés Bello, Santiago, Chile (6-8 pp.).

- Martcorena C, Rodríguez R (1995) Flora de Chile I: Pteridophyta-Gymnospermae. Universidad de Concepción, Concepción (351p.).
- Monroe JS, Wicander R, Pozo M (2008) Geología. Dinámica y evolución de la Tierra. 4ª edición. Paraninfo, España (356-379 pp).
- Pauchard A, Aguayo M, Peña E, Urrutia R (2006) Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: The case of a fast-growing metropolitan area (Concepción, Chile). *Biological Conservation* 127, 272-281.
- Pauchard A, García R, Langdon B, Fuentes N (2011) Invasiones de plantas introducidas en Chile y su impacto en la biodiversidad: Historia, estado actual y desafíos para su gestión (2-43). En *Successful and failed experiences in biodiversity conservation: Lessons and policy recommendations from the American Continent*. Eugenio Figueroa Ed. Santiago, Chile.
- Reiche K (1934-37) Geografía botánica de Chile. Traducción del alemán de Gualterio Looser. Tomo II, Ed. Impr. Universitaria, Santiago, Chile. (342-348 pp.).
- Roberts N (2002) *The Holocene an environmental history*. Blackwell publishers Ltda. (290 pp.).
- Sala OE, Stuart FC, Armesto JJ, Berlow E, Bloomfield J, Dirzo R, Huber-Sanwald E, Huenneke LF, Jackson RB, Kinzig A, Leemans R, Lodge DM, Mooney HA, Oesterheld M, Poff ML, Sykes MT, Walker DH, Walker M, Wall DH (2000) Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *SCIENCE' COMPASS* 287, 1770 – 1774.
- Torrejón F, Cisternas M, Araneda A (2004) Efectos ambientales de la colonización española desde el río Maullín al archipiélago de Chiloé, sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 77, 661-677.
- Torrejón F, 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, 729-736.

# Anexo 1

Resultados de la laguna La Señoraza



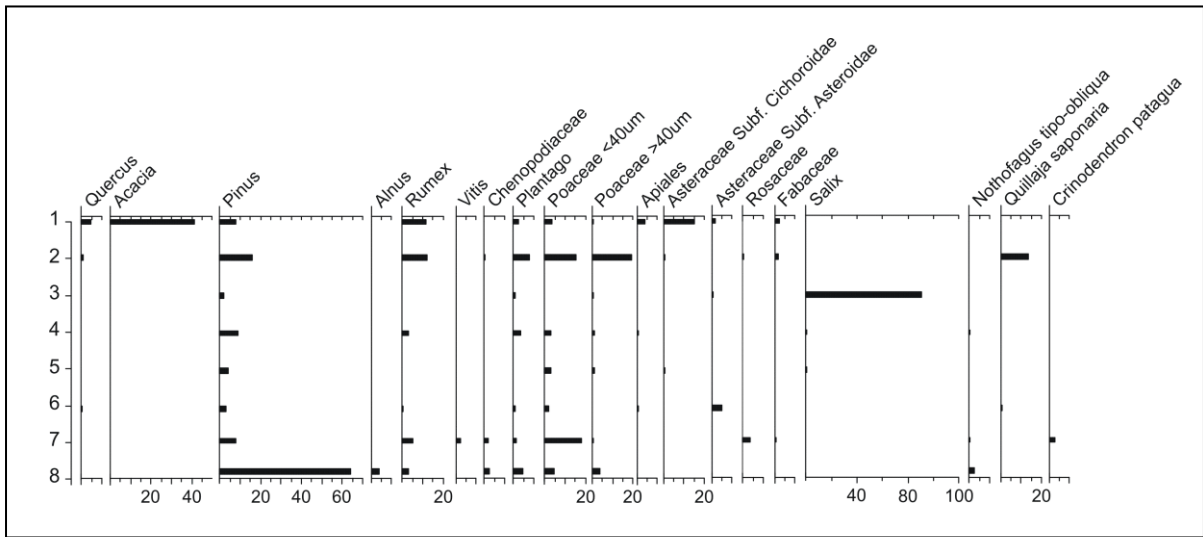


Figura 1: Diagrama de abundancias relativas (%) de los puntos de muestreo de lluvia polínica de la cuenca de la laguna La Señoraza. El punto 8 corresponde al sedimento superficial del núcleo sedimentario

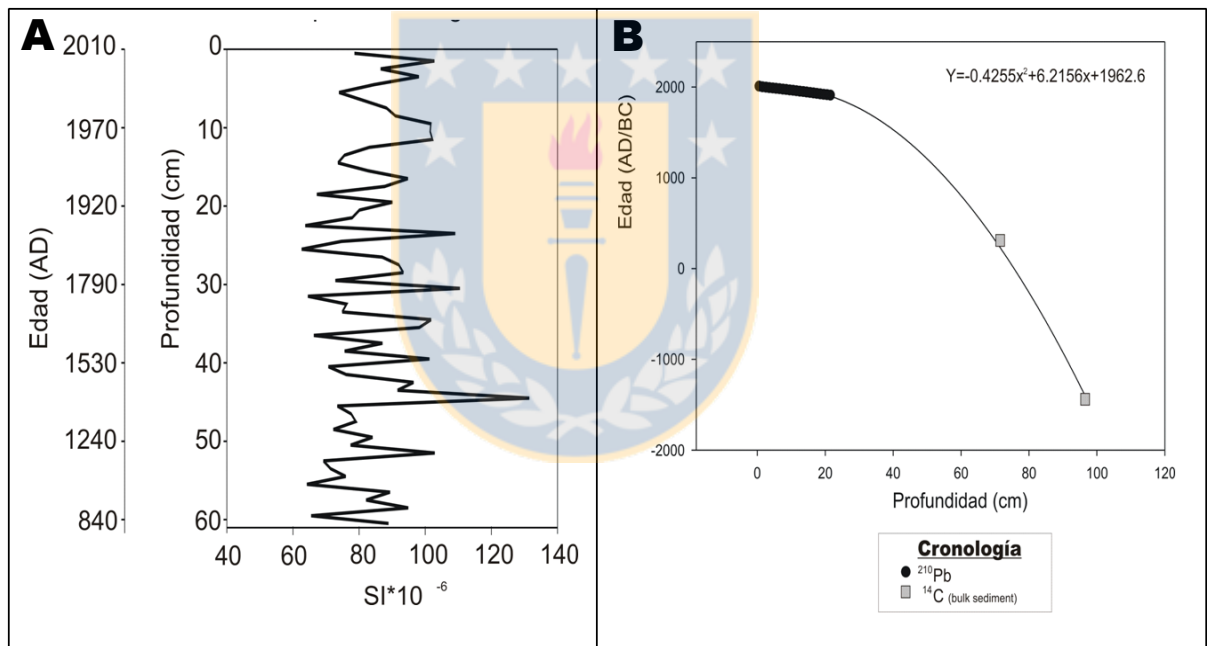


Figura 2: A) Susceptibilidad magnética del núcleo sedimentario de la laguna La Señoraza; B) Modelo de datación obtenido a partir de 22 dataciones de  $^{210}\text{Pb}$  y 2 dataciones radiocarbónicas

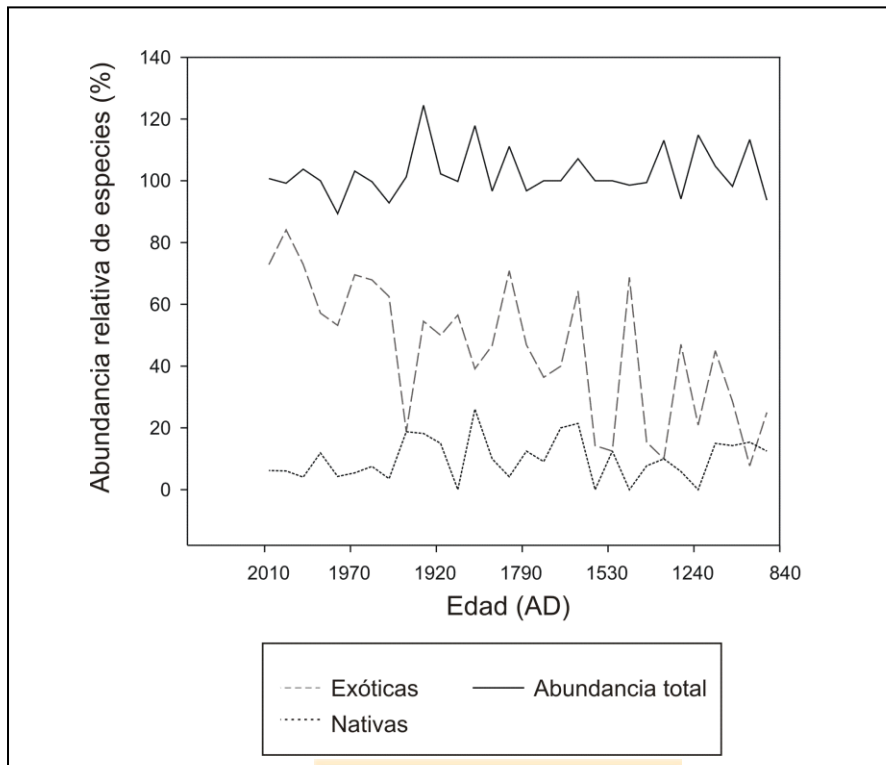


FIGURA 3: Abundancia relativa de taxones exóticos y taxones nativos a través del tiempo.



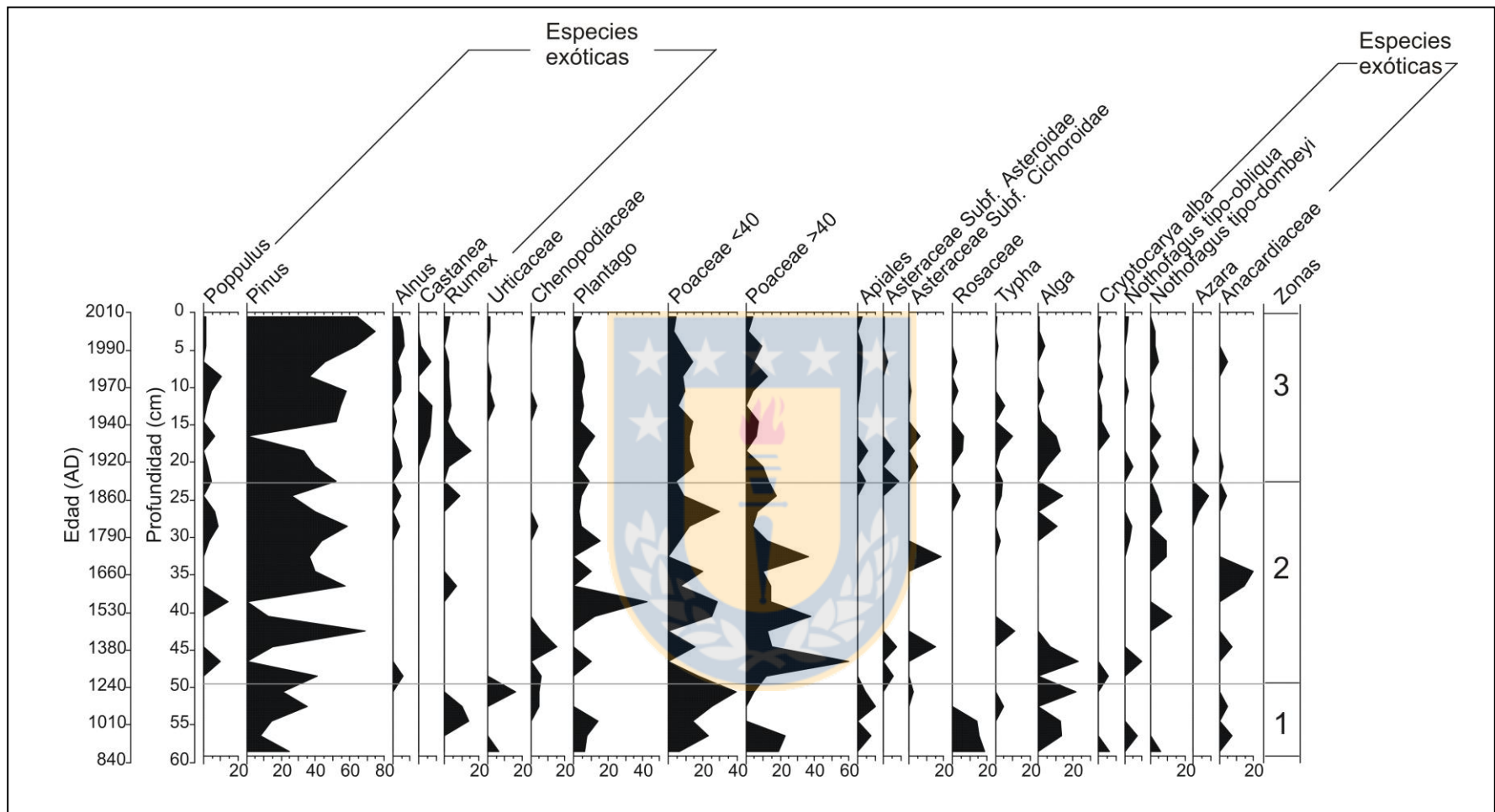


Figura 4: Diagrama polínico de abundancia relativa (%) de la cuenca de la Laguna La Señoraza. En el perfil se distinguen las zonas entregadas por el análisis CONISS.

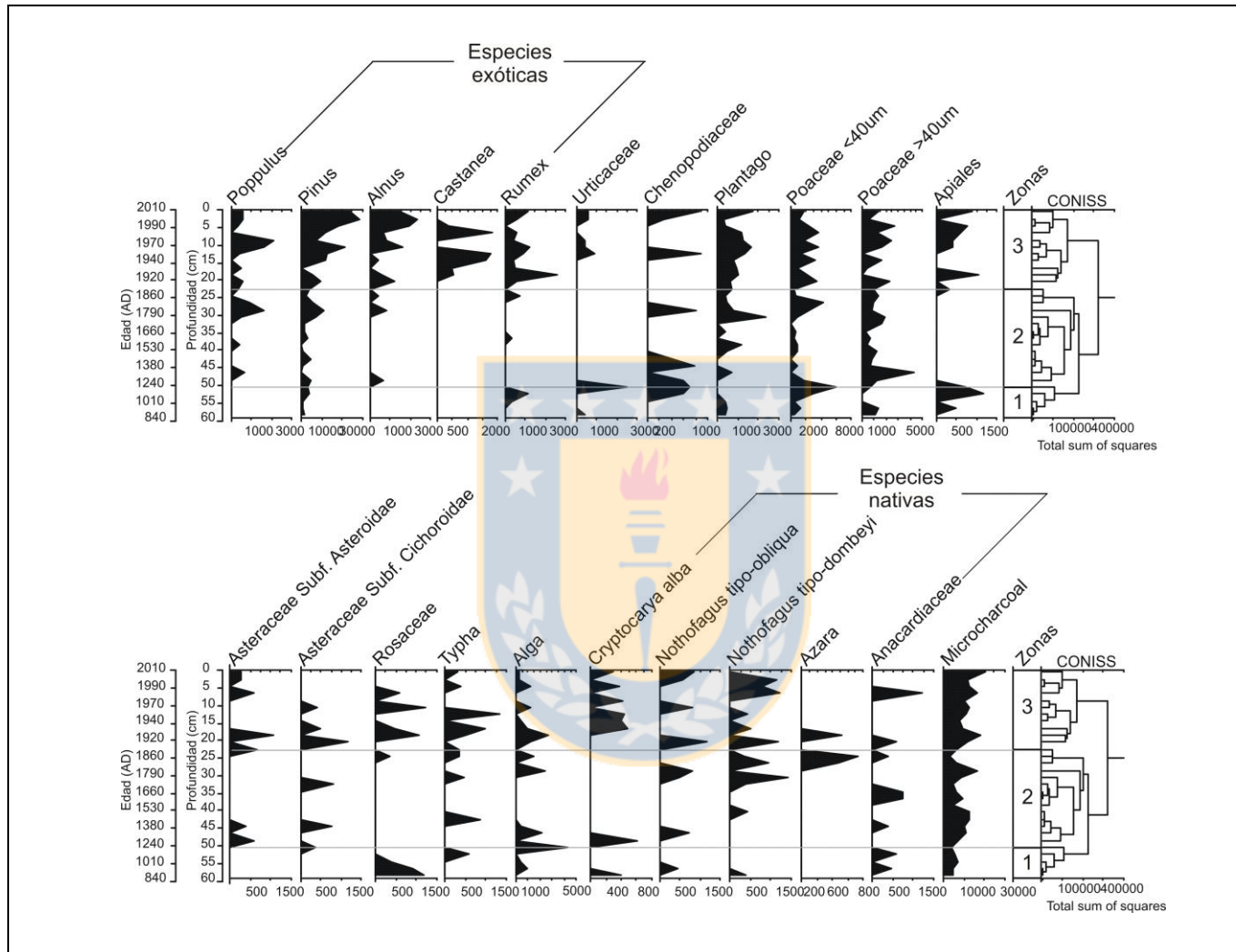


Figura 5: Diagrama polínico de abundancias absolutas (granos de polen/ml), obtenido a partir de la microsferas agregadas en el tratamiento químico. En la figura también se distinguen las zonas obtenidas a partir del análisis CONISS realizado en las abundancias relativas.