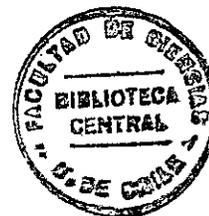


UCHFE
B. Ambiental
V152
C.I

FACULTAD DE CIENCIAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

PATRONES ESPACIO-TEMPORALES DE REGIMENES DE FUEGO EN LA REGION
DE LOS LAGOS DURANTE LOS ULTIMOS 3000 AÑOS

Seminario de título
Entregado a la
Universidad de Chile
en cumplimiento parcial de los requisitos
para optar al título de
Biólogo con Mención en Medio Ambiente



por
Marcela Alejandra Valenzuela Saavedra
julio, 2007
Santiago – Chile

Director de seminario de título: Dr. Patricio Moreno Moncada



“PATRONES ESPACIO-TEMPORALES DE REGIMENES DE FUEGO EN LA REGIÓN DE LOS LAGOS DURANTE LOS ÚLTIMOS 3.000 AÑOS”

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Biólogo con Mención en Medio Ambiente.

MARCELA ALEJANDRA VALENZUELA SAAVEDRA

Dr. Patricio Moreno Moncada
Director Seminario de Título

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Patricio Moreno Moncada', written over a horizontal line.

Comisión de Evaluación Seminario de Título

Dr. Ramiro Bustamante Araya
Presidente Comisión

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ramiro Bustamante Araya', written over a horizontal line.

Dr. Luis Felipe Hinojosa
Corrector

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis Felipe Hinojosa', written over a horizontal line.



Santiago de Chile, julio de 2007



Mis primeros años los viví en la ciudad de los Andes y cuando tenía la edad de seis años llegué a Santiago. De mi padre Julio, adquirí el amor por la naturaleza y de mi madre Elsa, la fuerza y la constancia para seguir adelante y creer que siempre se puede lograr ser mejor, además me inculcó el amor por los estudios y el trabajo; mi familia se completaba con mi hermana Paula hasta el 2003, año en que nació mi hija Amanda, la motivación y el amor más importante de mi vida.

Ingresé a la Carrera de Licenciatura en Ciencias Ambientales con mención en Biología de la Universidad de Chile el año 1996, después de congelar un par de veces la carrera pude licenciarme y ahora aquí estamos dando el último paso para terminar y obtener mi título profesional, pero como soy una estudiante de corazón seguiremos un par de años más en la Facultad cursando un magíster.... Así que nos vemos pronto.

INDICE DE CONTENIDOS



	Páginas
Agradecimientos.....	ii
Resumen.....	.iii
1. INTRODUCCION.....	1
1.1. Regímenes de Fuego.....	5
1.2. Objetivos.....	9
1.3. Hipótesis.....	10
1.4. Área de Estudio.....	11
1.5. Actividad Volcánica.....	16
1.6. Humanos en la Región.....	18
1.6.1 Asentamientos Pre-Hispánicos.....	18
1.6.2 Asentamientos Post-Hispánicos.....	19
2. MATERIALES Y METODOS.....	22
2.1 Análisis de sedimentos.....	22
2.1.1 Litología y estratigrafía.....	23
2.1.2 Perdida por ignición.....	23
2.1.3 Procesamiento de carbón.....	24
2.1.4 Análisis de partículas macroscópicas de carbón.....	24
2.1.5 Cronología.....	25
2.1.6 Reconstrucción de Historia local de fuego.....	26

	Páginas
3. RESULTADOS.....	27
3.1 Análisis de Sedimentos.....	27
3.2 Cronología.....	29
3.3 Análisis de Partículas macroscópicas de Carbón.....	31
3.4 Historia local de fuego.....	33
4. DISCUSIÓN.....	39
5. CONCLUSIONES.....	43
6. BIBLIOGRAFIA.....	45
7. ANEXO 1	53



INDICE DE FIGURAS.

	Páginas
• Figura 1. Partículas macroscópicas de carbón observadas con Lupa.....	6
• Figura 2. Área de estudio.....	12
• Figura 3. Columna estratigráfica de Lago Campanario.....	28
• Figura 4. Columna estratigráfica de Lago Proschle	28
• Figura 5. Imagen Radiografías de Lago Campanario y Lago Proschle.....	29
• Figura 6. Columna estratigráfica ajustada de Lago Campanario	30
• Figura 7. Columna estratigráfica ajustada de Lago Proschle	30
• Figura 8. Gráfico Tasa de acumulación de Lago Campanario.....	32

	Páginas
• Figura 9. Gráfico Tasa de acumulación de Lago Proschle.....	32
• Figura 10. Comparación entre eventos de fuego y densidad inorgánica de Lago Campanario.....	34
• Figura 11. Comparación entre eventos de fuego y densidad inorgánica de Lago Proschle	34
• Figura 12. Registro de Tasa de acumulación (partículas de carbón/cm ² /año) Región de los Lagos	35
• Figura 13. Gráfico CHAPS del registro de Lago Campanario.....	36
• Figura 14. Gráfico CHAPS del registro de Lago Proschle.....	37
• Figura 15. Registro de carbón macroscópico de Lago Campanario y parte de los resultados del análisis CHAPS.....	38
• Figura 16. Registro de carbón macroscópico de Lago Proschle y parte de los resultados del análisis CHAPS.....	38

INDICE DE TABLAS.

	Página
TABLA 1: Sitios de estudio historias locales de fuego en la Región de los Lagos	26
Tabla 2: Dataciones radiocarbónicas obtenidas de Lagos Campanario y Lago Proschle.....	31

AGRADECIMIENTOS

A mi familia y a mi hija, también a todos y cada uno de mis compañeros y profesores, en especial al laboratorio de Palinología.

Al proyecto Fondecyt nº 1030766 y al Instituto de Ecología y Biodiversidad por su apoyo a través de Beca de Pregrado del Proyecto ICM, código P05-002.



Resumen:

El análisis estratigráfico de partículas macroscópicas de carbón preservadas en sedimentos lacustres de Lago Campanario (41.6°S, 72.2°W) y Lago Proschle (41,5° S, 72.5° W), región de los Lagos, permiten desarrollar una reconstrucción de la historia local de fuego, que abarca los últimos 3000 años cal AP. Existe una marcada diferencia en variabilidad y tasas de acumulación de partículas de carbón entre ambos sitios, teniendo Lago Proschle menores valores de Tasa de acumulación y alta variabilidad a escala temporal centenal. Lago Campanario presenta una Tasa de acumulación decreciente en el tiempo diferenciando tres etapas, la de mayor actividad de fuego entre 1100-1300 años cal AP, una entre 600-900 años cal AP y otra desde 400 años cal AP hasta el presente. Esta tendencia decreciente de eventos de fuego puede ser apreciada en lago Proschle aunque de manera menos evidente, en él se observan dos periodos de alta magnitud de eventos de fuego, en torno a ~500 y 2400 años cal AP. Alrededor de los ~600 años cal AP en lago Campanario y ~ 700 años cal AP en lago Proschle se observa una disminución de los eventos de fuego que podrían asociarse a condiciones húmedas y/o frías contemporáneas con el inicio de la "Pequeña edad del Hielo".

Los antecedentes arqueológicos e históricos de la Región de los Lagos, permiten postular que los regímenes de fuego de los sitios de estudio durante los últimos 400 años pudieron haber sido influenciados por actividades humanas asociadas al proceso de descubrimiento, conquista e inmigraciones posteriores. En el marco de los últimos 3000 años la asociación entre cambio climático y actividades antropogénicas se presenta como gatillante principal, los datos del estudio no fundamentan la tesis de

eventos volcánicos como gatillante directo de fuego, pudiendo haber favorecido de manera indirecta su ocurrencia.

Al analizar patrones regionales de historias locales de fuego, se encuentran posibles asociaciones con patrones de cambio global tales como el inicio de la Pequeña Edad de hielo, y los Cambios Climáticos Rápidos (RCC) aportando un antecedente adicional sobre las posibles conexiones interhemisféricas de los cambios climáticos.

1. INTRODUCCION

El actual interglacial u Holoceno (los últimos 11.500 años) ha sido caracterizado a nivel global como un periodo de mucha variabilidad climática a escalas de tiempo milenial, centenal y decadal. Durante el Holoceno se desarrollaron las sociedades humanas y la agricultura, las cuales se vieron afectadas o moduladas por esta variabilidad ambiental natural. Estas interacciones han sido escasamente estudiadas pese a su relevancia histórica, siendo muy limitados los conocimientos que se tienen sobre éstos cambios climáticos en relación a su extensión, magnitud, recurrencia, origen de las señales y mecanismos de propagación (Mayewski y col. 2004).

Numerosos registros instrumentales han permitido detectar un aumento de temperaturas medias globales desde mediados del siglo XIX, cuya rapidez ha sido aun mayor en las últimas décadas del siglo XX. Esta tendencia es, a juicio de algunos autores, un calentamiento sin precedentes en el contexto del último milenio (Mann y col. 1999), otros estudios en cambio la consideran como un ciclo más dentro de la alta variabilidad del clima Holocénico (Esper y col. 2002; Soon y col. 2003). Conocimientos sobre la variabilidad climática presente y pasada permitirán entender hasta qué punto esta tendencia está influenciada por ciclos y condiciones naturales y cuánto ha sido influenciada por la actividad humana.

Los sistemas lacustres son ideales para estudiar los cambios ambientales en el pasado, dado que los sedimentos depositados en sus fondos registran las características del ambiente del lago y sus alrededores al momento de su depositación. Cada nivel de sedimento depositado es producto de una combinación de eventos climático-geomorfológicos y biológicos que almacena parte de la historia ambiental de la zona circundante (Vásquez, 2003).

Mediante la perforación y extracción de columnas de sedimentos lacustres podemos tener acceso a un archivo de cambios ambientales pasados. Las fluctuaciones ambientales que se infieren de un nivel estratigráfico a otro pueden relacionarse con cambios en el entorno inmediato del sitio, actividad tectónica, vulcanismo y en periodos más recientes, con la acción humana.

Basándose en la integración de aproximadamente 50 registros paleoclimáticos distribuidos a nivel global (glaciares, testigos de hielo, diatomeas, polen, anillos de árboles, entre otros), Mayewski y col. (2004) reconocieron seis periodos de cambios climáticos rápidos (en inglés RCC= Rapid Climate Change) registrados a nivel global, la cronología consenso de éstos eventos está establecida en los siguientes intervalos: 9000-8000, 6000-5000, 4200-3800, 3500-2500, 1200-1000, y 600-150 años calendario antes del presente (AP). Una conclusión de dicho estudio es que no todos los sitios o regiones responden de igual forma, ni sincrónicamente a estos cambios. Es interesante hacer notar que varios de estos eventos coinciden con colapsos importantes en diversas civilizaciones (Mayewski y col. 2004).

Numerosos estudios han detectado anomalías climáticas importantes durante los últimos mil años, las más importantes han sido la Pequeña Edad de Hielo -datada entre ~1300–1900 AD- y el Periodo Cálido Medieval, datado entre ~800–1300 AD (Soon y col. 2003). Estos eventos se encuentran ampliamente documentados en el Hemisferio Norte, y aun existe discusión respecto a su ocurrencia y eventual sincronía en el Hemisferio Sur. En una revisión de registros paleoambientales a nivel global realizada por Soon (2003), se describen las áreas en las cuales se puede afirmar objetivamente la presencia o ausencia de ellos, con una representatividad de ambos periodos en la porción sur de Sudamérica.

Aunque existe consenso que durante el siglo XX la actividad humana ha tenido un efecto significativo en el clima mundial observándose un incremento en las temperaturas medias globales por emanaciones de gases invernadero, algunos autores sostienen que este aumento en las temperaturas no sería mayor que el registrado durante el Periodo Cálido Medieval (Esper y col. 2002; Soon y col. 2003).

Distintos estudios en Chile han analizado dicho tramo temporal, Lara & Villalba (1993) reconstruyeron las temperaturas medias de verano para el sur de Sudamérica utilizando cronologías de anchos de anillos de alerce (*Fitzroya cupressoides*) que abarcan los últimos 3620 años. De acuerdo a estos autores, los eventos climáticos de la Pequeña edad de hielo y el Periodo cálido medieval estarían registrados en el sector argentino de Río Alerce (41° 10'S, 71° 50' W), no siendo tan aparentes en el registro chileno de la localidad de Lenca (41° 33'S, 72° 36' W), ambos sectores están distanciados por 80 Km. aproximadamente.

En el caso de la cronología de Lenca, se describe un intervalo de temperaturas sobre el promedio entre 80 AC y 160 AD, seguido por un intervalo con temperaturas bajo el promedio entre 300-470 y 1490-1700 AD, este último periodo estaría posiblemente relacionado con el la Pequeña edad de hielo descrita para el hemisferio norte . Este registro, constituye la cronología continua de anillos de árboles más larga en el Hemisferio Sur (Neira y col. 2000).

Mediante el análisis de un testigo de sedimentos lacustres provenientes de Lago Puyehue (40°S), Bertránd y col. (2005) detectaron un periodo húmedo entre 1490-1700 AD y uno seco entre 1700-1900 AD. Estos autores correlacionaron el periodo húmedo con la Pequeña Edad de Hielo Europea, pese a diferencias en el tipo de señal climática (precipitación versus temperatura) y de cronología.

Villalba y col. (2003) reconstruyeron variaciones de temperatura durante los últimos 350 años basados en anillos de *Nothofagus pumilio*, los cuales muestran al siglo XX como anómalamente cálido en el contexto de los últimos 400 años, con un segundo periodo cálido a fines del siglo XVIII y comienzos del siglo XI y tendencias bajo el promedio al comienzo del registro.

1.1. REGÍMENES DE FUEGO

El comportamiento histórico del fuego en los ecosistemas, es decir la combinación entre extensión, frecuencia e intensidad, determinan el régimen de fuego de un área determinada, por estas razones los regímenes varían geográficamente y han desempeñado un papel importante en la ecología y en la evolución de la vegetación en nuestro planeta.

La información de paleo regímenes de fuego en un lugar determinado puede ser obtenida principalmente de dos fuentes de información: los anillos de crecimiento de árboles marcados con cicatrices de fuego y la presencia de partículas de carbón preservadas en sedimentos lacustres. Las distintas fuentes proveen información complementaria respecto a regímenes de fuegos a múltiples escalas temporales y espaciales (10^0 - 10^4 años, 10^0 - 10^5 m²). Los datos de anillos de árboles proporcionan reconstrucciones con un alto nivel de resolución espacio-temporal, generalmente abarcando los últimos ~400 años. Los registros sedimentarios, en cambio, permiten trabajar a escalas de tiempo mayores pero con resoluciones temporales habitualmente de décadas entre muestras (Whitlock y col. 2003). Otra fuente de información que puede dar cuenta de los regímenes de fuego son los registros históricos, los cuales suelen tener extensiones espaciales y temporales muy acotadas.

Las partículas macroscópicas de carbón (Figura 1) pueden ser identificadas bajo la lupa como fragmentos negros, angulosos y generalmente planos, confundibles a primera vista con otras partículas de sedimentos como minerales o cutículas de insectos, razón por la cual es necesario diferenciarlo a través del patrón de fractura del carbón que es siempre anguloso (Whitlock & Larsen 2002),

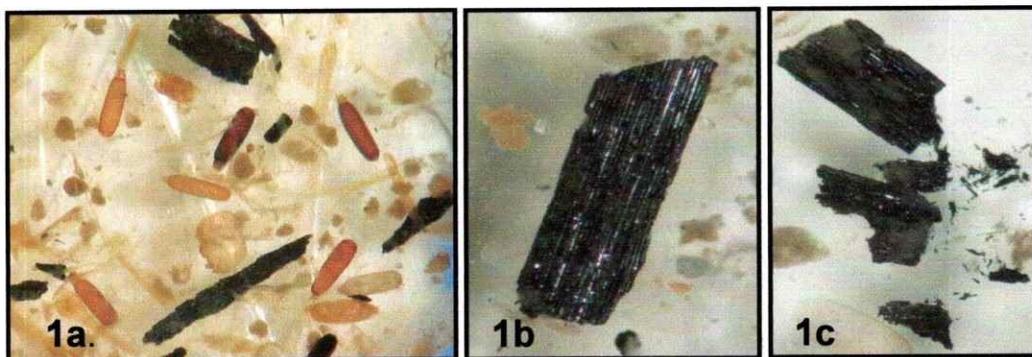


Figura 1. Partículas macroscópicas de carbón observadas con Lupa. 1a: Partículas macroscópicas de carbón en sedimentos lacustres. 1b. Partícula macroscópica de carbón. 1c. Patrón de ruptura de partículas macroscópicas de carbón.

La utilización de partículas macroscópicas de carbón preservadas en sedimentos lacustres para desarrollar reconstrucciones de historias de fuego ha aumentando en el último tiempo, mostrando el creciente interés de la comunidad científica y paleoecológica en el rol del fuego dentro de la dinámica natural de los ecosistemas, considerándolo como un proceso importante a distintas escalas de tiempo (Whitlock & Larsen 2002).

El documentar la historia de fuego con alta resolución espacio-temporal permite complementar y ampliar las reconstrucciones proporcionadas por la dendrocronología y los registros históricos, así como también provee una oportunidad para examinar cómo los regímenes de fuego fueron afectados por cambios climáticos y vegetacionales. Hoy en día existe un interés creciente en determinar cómo podrían verse afectados los regímenes de fuego en el futuro, a consecuencia de los cambios proyectados para las próximas décadas a causa del aumento de gases invernadero (Whitlock & Anderson 2002). En conjunto con estudios palinológicos, los estudios de regímenes de paleofuego pueden proporcionar evidencia sobre la frecuencia y tendencias seculares

de los eventos de fuego, así como posibles controles ambientales o culturales (Millsbaugh & Whitlock 1995).

La acumulación de carbón macroscópico en los sedimentos dependerá de las características del fuego, junto con los procesos de transporte y enterramiento de carbón. De acuerdo al modelo propuesto por Whitlock & Larsen (2002) y Whitlock & Anderson (2002) es posible agrupar las partículas de carbón preservadas en los sedimentos en carbón primario y secundario. El carbón primario es incorporado en los sedimentos durante y al poco tiempo después del evento de fuego, mientras que el secundario corresponde al carbón introducido posteriormente, durante los años sin fuego, como resultado de los procesos de retrabajo y escorrentía (Whitlock & Larsen 2002; Whitlock & Anderson 2002).

Las partículas macroscópicas de carbón (>100 μm de diámetro) tienen un área de dispersión bastante acotada, por lo cual aquellos niveles estratigráficos con abundancia de partículas, que sobrepasan los valores de variación de fondo (background), son considerados como eventos locales de fuego (Whitlock, 2001).

La interpretación de la serie temporal de carbón se basa en la capacidad de calibrar los valores máximos de carbón con acontecimientos de fuego de edad conocida, aportada ya sea por datos dendrocronológicos o documentos históricos (Whitlock & Larsen 2002). El éxito de las reconstrucciones de historias locales de fuego usando análisis de partículas macroscópicas de carbón, es demostrado por la correspondencia cronológica encontrada entre los años con eventos de fuegos inferidos a partir de anillos de árbol y los niveles estratigráficos con abundante presencia de partículas de carbón (Millsbaugh & Whitlock 1995).

En un año dado, la ocurrencia y severidad del fuego son gobernadas por los patrones particulares de clima y las condiciones meteorológicas locales, lo cual influye en la humedad del combustible, las condiciones para la ignición y el comportamiento del fuego. Los acontecimientos geomorfológicos relacionados con el fuego son determinados por la intensidad y duración del incendio, así como las características del relieve y de los ecosistemas involucrados. A escala de tiempo interanual, la disponibilidad de combustible y la estabilidad de los ecosistemas son afectadas por variaciones en el clima relacionadas con interacciones océano-atmósfera, tales como ENSO (El Niño/Oscilación del Sur). A escalas de tiempo mayores, la alternancia de períodos húmedos y secos durante los últimos siglos y milenios han cambiado la composición y estructura de los ecosistemas, las superficies afectadas, los regímenes de fuego y las características de la sedimentación posteriores a él (Whitlock, 2004).

1.2. OBJETIVOS

El objetivo general de la presente investigación es reconstruir los regímenes de fuego a través del análisis estratigráfico de partículas macroscópicas de carbón preservadas en los sedimentos lacustres superficiales de los Lagos Campanario y Proschle, Región de los Lagos, en el tramo temporal correspondiente a los últimos 3000 años.

Los objetivos específicos:

- Obtener un registro de eventos de paleo fuego a partir de los Lagos Campanario y Proschle, a través del análisis de partículas macroscópicas de carbón.
- Comparar los regímenes de fuego a nivel regional, utilizando registros de partículas de macroscópicas de carbón de los lagos Reflejos, Mellí, Lepué y El Salto, cercanos al área de estudio (Moreno, datos no publicados).
- Analizar el gatillante principal de los eventos de fuego en la Región de los Lagos durante los últimos 3000 años.

Si bien los estudios ambientales tienen un interés científico intrínseco, también resultan útiles cuando se estudia la distribución, el estado y el aprovechamiento de los recursos naturales de un lugar. La perspectiva histórico-reconstructiva de los estudios paleoambientales proporciona información útil para comprender el funcionamiento hidrológico de una zona, explicar mejor ciertos aspectos de la localización y características de los recursos bióticos y en general para detectar y comprender mejor las tendencias de la evolución del medio ambiente (Vásquez, 2003).

1.3. HIPÓTESIS

H1. Si los incendios en la zona de estudio durante los últimos 3000 años han sido gatillados principalmente por condiciones climáticas, entonces se encontrará un aumento en los eventos de fuego asociados a condiciones seco-cálidas de primavera-verano, precedidas de periodos húmedos y condiciones que favorezcan la acumulación de biomasa. Para poner a prueba esta hipótesis se comparará los patrones y cronologías de fuego inferidas a partir de estudios estratigráficos y dendrocronológicos.

H2. Si los incendios son mayoritariamente efecto de actividades antropogénicas entonces existirá una correspondencia cronológica entre aumento de los eventos de fuego con el establecimiento de asentamientos humanos y el crecimiento poblacional durante tiempos históricos. Para poner a prueba esta hipótesis se compilará información referida a patrones de ocupación humana en las inmediaciones de río Puelo y Estuario Reloncaví.

H3. Si el gatillante principal de los incendios en el área de estudio son eventos volcánicos, entonces se obtendrá una mayor tasa de acumulación de partículas de carbón en los sedimentos asociado a la depositación de tefras, que evidencien dichos eventos. Para validar esta hipótesis se analizará la correspondencia entre niveles piroclásticos y la acumulación de partículas de carbón en los sedimentos.

1.4. ÁREA DE ESTUDIO

Lago Campanario (41.6°S, 72.2°W, 47 m.s.n.m.) es un pequeño lago de aproximadamente ~2 hectáreas adyacente al río Puelo, se encuentra ubicado en una cuenca cerrada no conectada con el sistema fluvial del río, la cual está represada por morros de roca madre y una morrena lateral (Figura 2). Esta morrena fue depositada por un glaciar que cubrió el valle del río Puelo, constituyendo un tributario del gran lóbulo glacial que ocupó el Estuario y Seno Reloncaví durante la última glaciación (Lowell y col. 1995, Denton y col. 1999). El Río Puelo cruza la Cordillera de los Andes desde el Lago Puelo en Argentina, recorre alrededor de 110 km de territorio Chileno pasando por el Lago Tagua-Tagua para finalmente desembocar en el Estuario Reloncaví. Lago Proschle (41,5° S, 72.5° W, 100 m.s.n.m), se ubica 5 km al SE de Contao, en el tramo norte de Chiloé continental. El lago ocupa una pequeña cuenca cerrada ubicada en una depresión intermorrénica, tiene una batimetría simple con una sola depresión cóncava.

En la Región de los Lagos (39°-42° S) existe una cronología de avances y retrocesos de glaciares, la cual representa una oportunidad única para realizar estudios comparativos de cambios climáticos locales y globales (Denton y col. 1999). Varios estudios geológicos-glaciales y palinológicos recientes se han desarrollado en la Región de los Lagos, sin embargo todos éstos se han focalizado al periodo correspondiente a la última glaciación en el Valle Longitudinal, una depresión tectónica bordeada por la Cordillera de la Costa, la Cordillera de Los Andes y el borde marítimo de Seno Reloncaví.

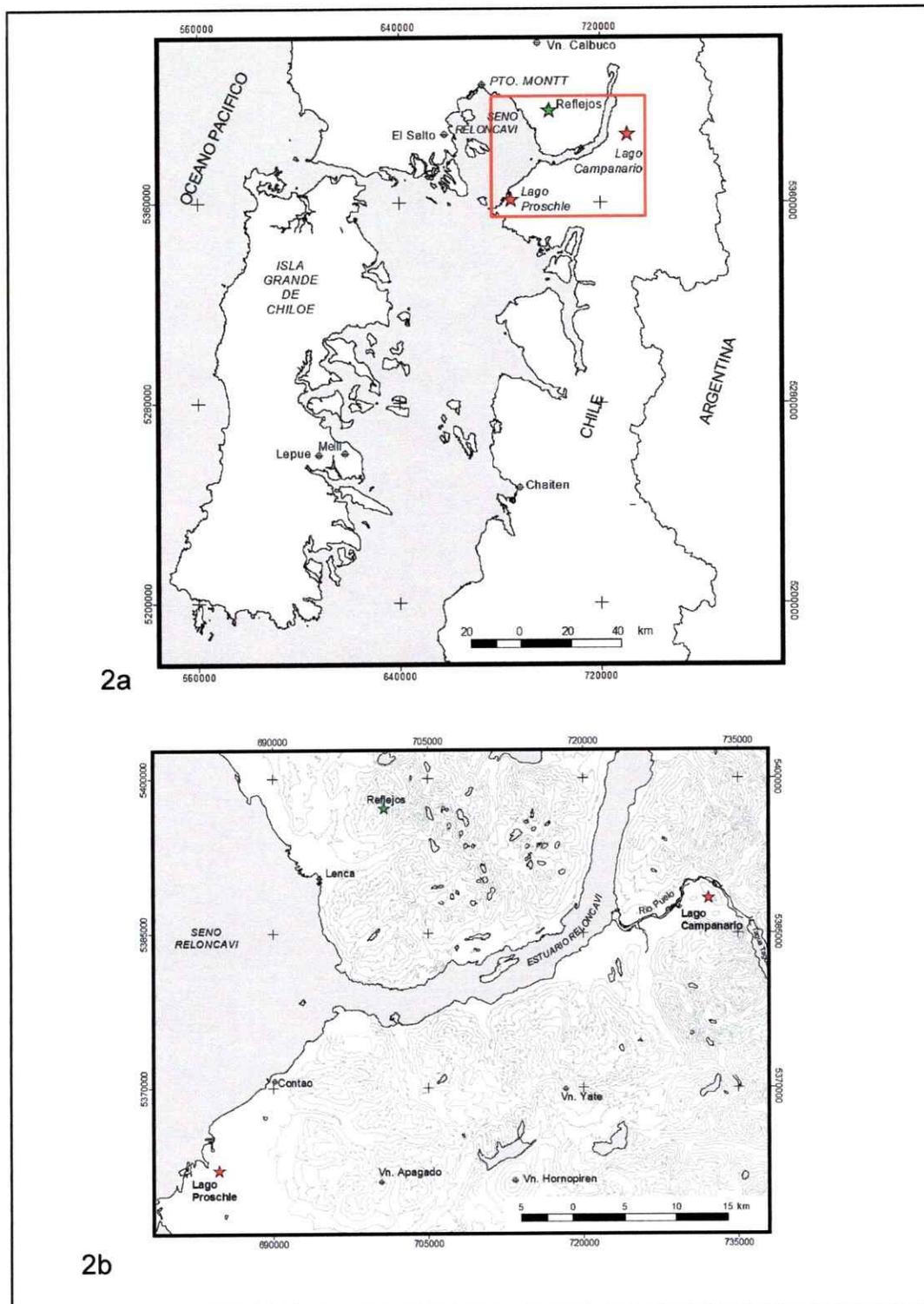


Figura 2. Área de estudio. 2a: Mapa simplificado de la Región de los Lagos, se pueden observar los sitios de estudio citados en el texto. 2b: Mapa de las inmediaciones de Lago Campanario, Lago Proschle y Volcanes citados en el texto.

Los bosques templado-lluviosos son la vegetación dominante en la región de Los Lagos en torno a 41° S, entre 0 y 1.200 metros de altitud. Factores tales como precipitación, condiciones edáficas, altitud, exposición, frecuencia e intensidad de los eventos de perturbación, ejercen influencias importantes sobre la estructura y composición de las comunidades de bosques en la región (Moreno & León 2003). Esta vegetación se estableció a continuación del término de la última glaciación en la región hace ~15.000 años AP y han experimentado importantes variaciones en sus componentes a raíz de frecuentes cambios ambientales. (Abarzúa y col. 2004, Moreno & León 2003).

Entre las formaciones de bosques templados lluviosos encontrados en esta región se reconocen los bosques Valdivianos, los Nordpatagónicos y los Subantárticos (Villagrán, 1993). El bosque Valdiviano tiene una alta diversidad de especies arbóreas y es el más heterogéneo en estructura y asociaciones florísticas, la altura del dosel arbóreo usualmente sobrepasa los 30 metros. Estas comunidades se presentan en el valle Longitudinal y bajo 400 metros de altitud en las cadenas montañosas (Cordillera de la Costa y los Andes). Los bosques lluviosos Nordpatagónicos sustituyen a los bosques lluviosos Valdivianos a mayor altitud, es una formación compleja e integrada por distintas asociaciones dependiendo de las condiciones edáficas, el régimen de perturbación y la continentalidad de los sitios, con presencia y ocasional dominancia de coníferas resistentes al frío. Los bosques subantárticos caducifolios aparecen cerca del límite arbóreo con las especies *Nothofagus pumilio* y *N. antarctica* como dominantes a 1.000 -1.200 m.s.n.m., acompañados por árboles y arbustos siempreverdes.

El clima de la Región de Los Lagos es templado-lluvioso con leve influencia mediterránea. Las precipitaciones anuales varían entre 1300 mm en la depresión intermedia y 4000 mm en las cuencas cordilleranas, las que se concentran en el período mayo-septiembre, sin que se registre ningún mes con precipitaciones inferiores a 40 mm (Fuente: Dirección Meteorológica de Chile).

En el área de Seno Reloncaví las precipitaciones son producidas por frecuentes sistemas frontales que cruzan la zona, disminuyendo durante los meses de verano. Los cambios latitudinales de los vientos del oeste en la región pacífica sur oriental resultan de la interacción entre la célula de alta presión pacífica subtropical y el cinturón de baja presión polar. Las variaciones estacionales en el gradiente de temperatura del ecuador fuerzan un desplazamiento en el anticiclón del Pacífico, que permite la penetración de los frentes a Chile central (31° S) durante los meses de invierno. Durante el verano, el anticiclón subtropical del Pacífico se intensifica forzando a los vientos oeste a permanecer al sur de los 38° S dando lugar a un gradiente de precipitación de verano que desaparece totalmente hacia el norte, y disminuye en la zona debido a una frecuencia más baja de los frentes y la intensificación del efecto de sombra de lluvia causado por la Cordillera de la Costa (Aceituno y col. 1993; Miller, 1976).

Variaciones interanuales en las precipitaciones del centro y sur de Chile están fuertemente asociadas a fenómenos ENSO. Durante eventos El Niño (fase negativa o cálida del fenómeno) hay una tendencia a la ocurrencia de inviernos lluviosos (Junio-Julio-Agosto), con valores sobre el promedio en la región comprendida entre los 30° y 35° S. El sector comprendido entre las latitudes 35° y 38° S muestran una anomalía de precipitaciones de primavera (Octubre-Noviembre) durante eventos El Niño, mientras que la región ubicada entre los 38° a 41°S experimenta un déficit de precipitación durante el verano siguiente (Enero-Febrero-Marzo). Durante eventos La Niña (Fase positiva o fría del fenómeno ENSO) ocurren anomalías de precipitación de signo opuesto (Montecinos & Aceituno 2003).

Estudios dendrocronológicos realizados en la región de los Lagos han permitido reconstruir condiciones pasadas de precipitación, temperatura y caudales de ríos. A los trabajos anteriormente mencionados de Lara & Villalba (1993) y Villalba y col. (2003), se agregan estudios de Lara y col. (2005) que describen correlaciones significativas entre cronologías de *Austrocedrus chilensis* y el caudal del Río Puelo (Lara y col. 2005).

1.5. ACTIVIDAD VOLCANICA

Chile es conocido como tierra de volcanes, gracias a su posición geográfica inserta en el llamado círculo de Fuego del Pacífico. En Chile hay 150 volcanes potencialmente activos (correspondientes al 10% a nivel mundial) de los cuales 62 tienen registro histórico de actividad (González-Ferrán, 1995). El cinturón de los Andes Meridionales, que se extiende entre 33° y 45° S tiene 19 volcanes activos, los que totalizan 129 erupciones en los últimos 100 años, constituyendo la región volcánica de mayor vigor eruptivo en Chile, aunque las erupciones son relativamente tranquilas, sus efectos se ven incrementados notablemente por la cubierta glacial (hielo-nieve) generando avalanchas (González-Ferrán, [sin año]).

En relatos de los periodos de descubrimiento-conquista y colonización de nuestro país, es posible encontrar mención a la ocurrencia de erupciones volcánicas sólo cuando han afectado a núcleos humanos. Los registros relativamente continuos comienzan a mediados del siglo XVII (González-Ferrán, 1995).

En el área cercana a Lago Campanario y Lago Proschle, se encuentran los volcanes Apagado, Hornopirén y Yate que han tenido fuerte actividad Holocénica (Figura 2b). Esta actividad, que prevaleció probablemente durante gran parte del Pleistoceno, ha acumulado considerables depósitos de cenizas y escorias de diferente composición y edades (Besoain y col. 2000). En la parte mas austral de la zona volcánica de los andes del Sur existen registros de varias erupciones Holocénicas datadas mediante radiocarbono (Naranjo & Stern 2004).

El Volcán Hornopirén (41°53' S, 72°26' W) corresponde a un estrato volcán, asociado a la actividad de la zona de falla Liquiñe-Ofqui, su edad se estima Holocénica-reciente, (González-Ferrán, 1995). No hay registros históricos de actividad de este volcán previo al siglo XIX. Hay relatos respecto a erupciones en el año 1835 AD y eventualmente en 1872 AD (Petit-Breuilh, 1995). El Volcán Apagado (41°53' S, 72°35' W) también llamado Hualiaque o Hualaihué, corresponde a un estrato volcán con caldera de explosión, cuya estructura cratérica alcanza unos 6 km de diámetro, su edad se estima Holocénica-reciente (González-Ferrán, 1995). No registra actividad volcánica en tiempos históricos, sólo un reconocimiento de la presencia de lavas negras en la costa de Hualaihué en 1872 (Petit-Breuilh, 1995). El Volcán Yate (41°47' S – 72°23' W) es un macizo volcánico, también llamado Llenquiman, cuya cima cratérica se encuentra cubierta de hielo y desde la cual descienden importantes glaciares hacia las laderas orientes y sur-occidental. Su edad se estima Pleistocénica superior-reciente (González-Ferrán, 1995). No registra actividad volcánica en tiempos históricos (Petit-Breuilh, 1995). Aunque éste último se trata de un volcán apagado e inactivo, se han descrito dos flujos aluvionales en la ladera norte del volcán, uno en Julio de 1896 presuntamente por lluvias y otro en Diciembre de 1871 asociado a un intenso derretimiento del casquete glaciario presumiblemente por altas temperaturas. Normalmente estos derretimientos conocidos como lahares son inducidos por brusca actividad, con o sin emisión de lava, la sola emisión de vapores puede entregar la energía necesaria para el derretimiento de nieves (Hauser, 1985)

1.6. HUMANOS EN LA REGIÓN

1.6.1. Asentamientos Pre-Hispánicos

La llegada del hombre a las regiones boscosas del territorio chileno ocurrió hace ~13.000 años AP (Heusser, C. 1994). Se especula que las primeras poblaciones humanas eran muy pequeñas y que poseían tecnologías rudimentarias, ello ha llevado a suponer que probablemente no tuvieron un efecto significativo sobre las áreas forestales (Armesto y col. 1994; Donoso & Lara, 1996).

El poblamiento en el borde costero de la Región de los Lagos está bien representado en numerosos y variados conchales de origen antropogénico que evidencian el poblamiento ancestral. Muñoz & Pino (2002) describen un número importante de sitios geológicos y arqueológicos en Seno Reloncaví e Isla Grande de Chiloé, los cuales demuestran la naturaleza recolectora, cazadora y pescadora de estos pueblos ancestrales.

Dentro del área de Seno de Reloncaví se destacan sitios en torno a los sectores Ilike, Piedra Azul y Puntilla Tenglo, con edades radiocarbónicas de 3.860, 3.750 y 3.870 años AP. respectivamente. También existen dataciones entre 5.580-4.448 años ¹⁴C AP en Piedra Azul y 5.030-4.305 años ¹⁴C AP en Puente Quilo. La presencia de distintos niveles cronológicos de ocupación en un mismo sitio y entre sitios distintos apoya el modo nómada de vida de la población indígena que habitó tempranamente los sectores litorales (Muñoz & Pino 2002).

Otra utilización que se hizo del fuego fue el desmonte de terrenos para agricultura y asentamientos de los colonos. El Padre Felipe Gómez de Vidaurre en 1748 describe: “El calor proviene de la malísima practica que se tiene de incendiar los bosques con el fin de ahorrar fatigas en cortarlos para tener tierras nuevas...cada uno se cree dueño de hacer uso de estos incendios sin responsabilidad, ni al gobierno ni al daño ajeno.....” (Elizalde, 1970)

A partir de agosto de 1846 comenzaron a llegar inmigrantes alemanes a la zona con el fin de colonizar territorios. Sin embargo el proceso propiamente tal de colonización comenzó en 1850 fomentado por Vicente Pérez Rosales, con la llegada del primer grupo al puerto de Corral. Luego prosiguió con la llegada en 1852, de un segundo grupo a la bahía de Melipulli, desde 1853 conocida como Puerto Montt. Entre 1846 y 1875 llegaron a Chile 6.000 alemanes. En 1875, entre Valdivia y Puerto Montt, vivían 4.500 colonos alemanes (Tampe, 2003).

Los colonos alemanes quemaron extensas áreas forestales en la zona de los Lagos. Se contrató indígenas para quemar grandes áreas y los incendios de bosques afectaron cientos de miles de hectáreas, provocando gran destrucción por el uso indiscriminado del fuego (Elizalde, 1970; Armesto y col. 1994). La gran sequía de 1863 fue una oportunidad para los colonos que lograron reducir a cenizas centenares de miles de hectáreas de selvas, gran parte de las cuales eran inservibles para el cultivo agrícola o el pastoreo, como la quema del alerzal entre Puerto Varas y Puerto Montt que cubría una superficie de 27.500 hectáreas (Elizalde, 1970).

En 1871 se inicia la exploración de Seno Reloncaví, Lago Llanquihue y Río Puelo a cargo de Fernando Vidal Gormaz, quien describe un gran número de astilleros: “En Chilco encontramos también algunas embarcaciones madereras i mucha jente que se ocupaba de la labranza de durmientes i de tablillas de alerce. Ya ha nuestra entrada a Reloncaví pudimos notar que los astilleros de Llaguepe, Chaparano, Cuitúe, el Cajon, Chilco i Llecumo se encontraban bien concurridos de jente i embarcaciones”

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis estratigráfico de partículas macroscópicas de carbón se realizó en los sedimentos lacustres superficiales de Lago Campanario (41.6° S, 72.2° W) y Lago Proschle (41.5° S, 72.5° W).

El muestreo en Lago Campanario se realizó durante el mes de marzo de 2004 y en Lago Proschle durante enero de 2005. Mediante un barreno de pistón de barra cuadrada (Wright y col. 1984, Wright, 1967) se extrajeron múltiples testigos de sedimento superpuestos de aproximadamente un metro de longitud cada uno, los que abarcan desde la interfase agua-sedimento (testigos SC) hasta la base del relleno sedimentario lacustre de cada uno de los lagos. Dichos testigos fueron mantenidos en una cámara fría a 5°C en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, para preservar la estratigrafía fina de los testigos y la integridad físico-química de los sedimentos.

2.1. ANÁLISIS DE SEDIMENTOS

La caracterización de los sedimentos se realizó mediante imágenes de Rayos X tomadas a los testigos, las cuales permitieron identificar estructuras sedimentarias (gradación granulométrica, contactos concordantes/discordantes, sedimentación pelágica/clástica, etc.), además se realizaron distintos análisis para obtener mas información de los sedimentos, estos análisis se describen a continuación:

2.1.1 LITOLOGÍA Y ESTATIGRAFÍA. Durante el muestreo de los sedimentos se realizaron las observaciones de textura necesarias para la caracterización litológica de los testigos, datos que junto con el análisis de Rayos X y pérdida por ignición nos permiten documentar la estratigrafía de la columna sedimentaria.

2.1.2 PERDIDA POR IGNICIÓN (PPI). A través de la quema sucesiva de los sedimentos se obtuvieron datos sobre el contenido de materia orgánica, carbonatos y siliciclastos, calculados como pérdida sucesiva de peso en las muestras. Para esto se extrajeron porciones continuas de 1cm^3 a partir de cada centímetro de longitud de los testigos, las cuales fueron pesadas y enfriadas a temperatura ambiente en una cámara de vacío entre cada una de las distintas fases del PPI. Primero fueron secadas en una estufa SHELDON 1370 GX a 105° por una noche, posteriormente fueron quemadas en una Mufla THERMOLYNE 30400 a 550°C por dos horas y a 925°C por cuatro horas obteniéndose de la primera quema el contenido de materia orgánica y de la segunda el de carbonatos (material incinerado) y siliciclastos (residuo final) (modificado de Bengtsson & Enell 1986 y Dean, 1974). Los datos de PPI permitieron identificar la unión exacta entre los testigos y de esta manera obtener un registro continuo de sedimentos, sin hiatos entre segmentos sucesivos. La pérdida de peso después de cada quema fue utilizada para calcular el porcentaje de materia orgánica e inorgánica, siliciclastos y carbonatos, además de los respectivos valores de densidad seca.

2.1.3 PROCESAMIENTO DE CARBÓN. Los sedimentos fueron procesados según el método Oregon (Millsbaugh & Whitlock 1995), para lo cual se tomaron en forma continua y contigua 2cc de material sedimentario a partir de cada centímetro de longitud de los testigos. Estas muestras fueron disgregadas en KOH al 10% y tamizadas a través de mallas de 106 y 212 μm para separar las partículas macroscópicas de carbón de los sedimentos. El carbón en ambos tamices se analiza inicialmente de forma separada para corroborar que ambos rangos muestren tendencias similares.

2.1.4 ANÁLISIS DE PARTÍCULAS MACROSCÓPICAS DE CARBÓN. Todas las partículas de carbón mayores 100 μm de diámetro obtenidas en el procesamiento anterior fueron individualizadas y contadas en una lupa ZEISS KL1500 LCD. Los resultados son convertidos a concentración de carbón (número de partículas de carbón por cm^3) y luego divididos por el tiempo de depositación (años por cm.). Este último dato se calcula a partir de las edades interpoladas a partir de un modelo de edad, lo cual posibilita el cálculo de las tasas de acumulación de carbón o influjo (partículas/ $\text{cm}^2/\text{año}$). Esto permite documentar la historia de fuego del sitio de estudio considerando explícitamente los eventuales sesgos introducidos por variaciones en las tasas de acumulación de sedimento a lo largo de la columna sedimentaria.

Con la finalidad de describir diferentes aspectos de los regímenes de fuego y analizar la serie temporal, los datos se procesaron en el programa CHAPS (Long y col. 1998), el cual permite separar el componente de baja frecuencia o background del componente de alta frecuencia o peak.

El background representa los efectos combinados de la vegetación y clima en la producción de carbón junto con las características de transporte y sedimentación de éste (carbón secundario), mientras que los peak representan variaciones rápidas y de corto tiempo (pulso) en el influjo relacionado a un solo episodio de fuego o varios episodios dependiendo del tiempo de depositación (carbón primario). El programa CHAPS permite analizar las tasas de acumulación de carbón en intervalos uniformemente espaciados, efectúa una descomposición estimando el background y los peak además de entregar información sobre frecuencia, magnitud e intervalos libres de fuego.

El análisis de la serie temporal de tasas de acumulación de carbón mediante el programa CHAPS se realizó sobre la base de intervalos uniformemente espaciados de 15 años en el registro de Lago Campanario, lo cual corresponde al promedio de los tiempos deposicionales, utilizando además un valor umbral de 1.1 para los peak de fuego. En Lago Proschle se utilizó un intervalo de 28 años y un valor umbral de 1.1

2.1.5 CRONOLOGÍA. Se extrajeron muestras de sedimento a distintos niveles en los testigos de ambos lagos, las cuales fueron elegidas a partir la estratigrafía de los sedimentos. Estas muestras fueron enviadas al Lawrence Livermore AMS Laboratory USA, donde se les determinó la edad radiocarbónica a través del método AMS. La cronología interpolada de cada nivel en la columna sedimentaria se obtuvo mediante regresiones a partir de los fechados radiocarbónicos. Las dataciones radiocarbónicas se calibraron a años calendario antes del presente y antes/después de Cristo con una calibración estándar a través del programa CALIB 5.0.

Con el programa R (Ihaka & Gentleman, 1996) se generaron los modelos de edad con spline 0.1, el cual nos permite generar una interpolación a partir polinomios, definidos sobre sub-intervalos, que se unen entre sí obedeciendo a ciertas condiciones de continuidad.

2.1.6 RECONSTRUCCION DE HISTORIA LOCAL DE FUEGO. Con los datos obtenidos se reconstruyó la historia local de fuego en torno a Lago Campanario y Lago Proschle, además se comparó la cronología obtenida con otras reconstrucciones de fuego generadas mediante métodos y ambientes deposicionales muy similares a los sitios de estudio y con reconstrucciones dendroclimáticas (variaciones de temperatura y precipitación) que otros autores han realizado para la misma zona, o cercanas al área de estudio. Dichos sitios se describen en la Tabla 1, sus respectivas ubicaciones a nivel regional son mostradas en la Figura 2.

TABLA 1: Sitios de estudio historias locales de fuego en la Región de los Lagos.

Sitio	Ubicación	Altitud	Fuente	Autor
Reflejos	41°33'S, 72°35' W	800 m.s.n.m	carbón macroscópico, continuo/contiguo	Moreno, P.
Lepué	42°48'S, 73°42' W	152 m.s.n.m	carbón macroscópico, continuo/contiguo	Moreno, P.
Mellí	42°46'S, 73°05' W	70 m.s.n.m	carbón macroscópico, continuo/contiguo	Abarzúa y Moreno
El Salto	41°38'S, 73°05' W	67 m.s.n.m	carbón macroscópico, continuo/contiguo	Moreno, P.

3. RESULTADOS

3.1 Análisis de Sedimentos.

Los resultados de pérdida por ignición y columnas estratigráficas de Lago Campanario (testigos 0405SC, 0405AT1 y 0405AT2) y Lago Proschle (testigos 0505SC, 0505AT1 y 0505BT1) se muestran en las Figuras 3 y 4 respectivamente. En ellas se presenta un registro integrado de sedimentos para cada lago, eliminando superposiciones e hiatos asociados a intervalos entre segmentos adyacentes en el registro sedimentario. Se muestran la posición de los fechados radiocarbónicos y la correspondencia de profundidad con su respectivo testigo. La metodología asociada a la obtención de estos registros continuos junto con el análisis individual de cada testigo para ambos lagos se presenta en el Anexo 1.

El principal componente de las litologías corresponde a una matriz de Gytija (barro orgánico lacustre) carente de carbonatos (valores $\leq 5\%$ obtenidos mediante este método caen en el rango de error del método), presencia de limos, y laminaciones de niveles clásticos de posible origen volcánico. El alto porcentaje de agua de los testigos 0401SC y 0505SC correspondientes a la interfase agua-sedimento (entre 97-86 %), impide la obtención de un testigo lo suficientemente compacto y denso para ser analizado mediante imágenes de rayos X. Se observa la presencia en ambos lagos de un nivel clástico de origen volcánico en con una edad de ~2400 años cal AP, edad determinada mediante dataciones radiocarbónicas y correlación estratigráfica con otros registros datados a nivel regional (Figura 5).

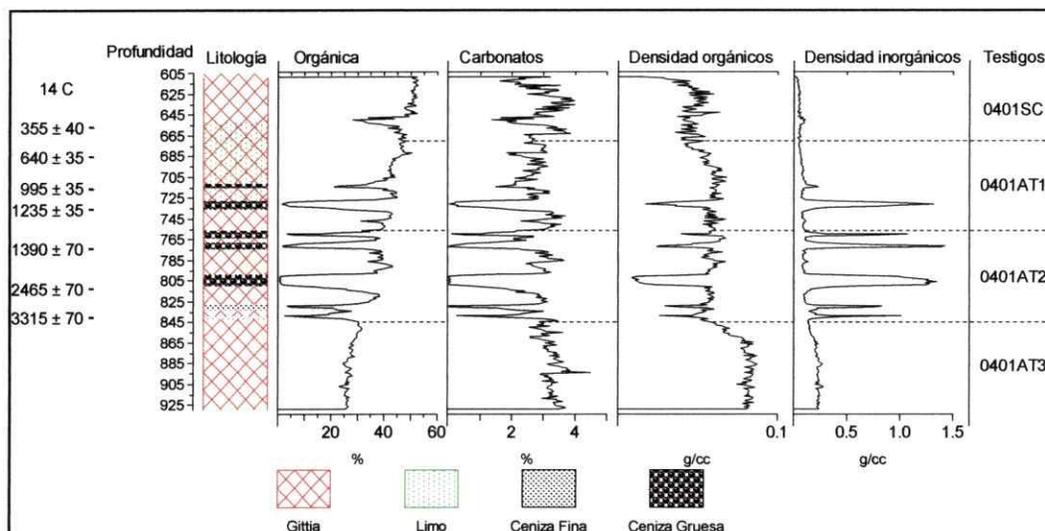


Figura 3. Columna estratigráfica de Lago Campanario. Se muestra la posición de los fechados radiocarbónicos obtenidos por AMS y la correspondencia de profundidad con cada testigo analizado. Las tefras presentes en la columna se representan y diferencian a nivel macroscópico según su textura. Ceniza gruesa ~ 2mm, ceniza fina ~ 1/16 mm.

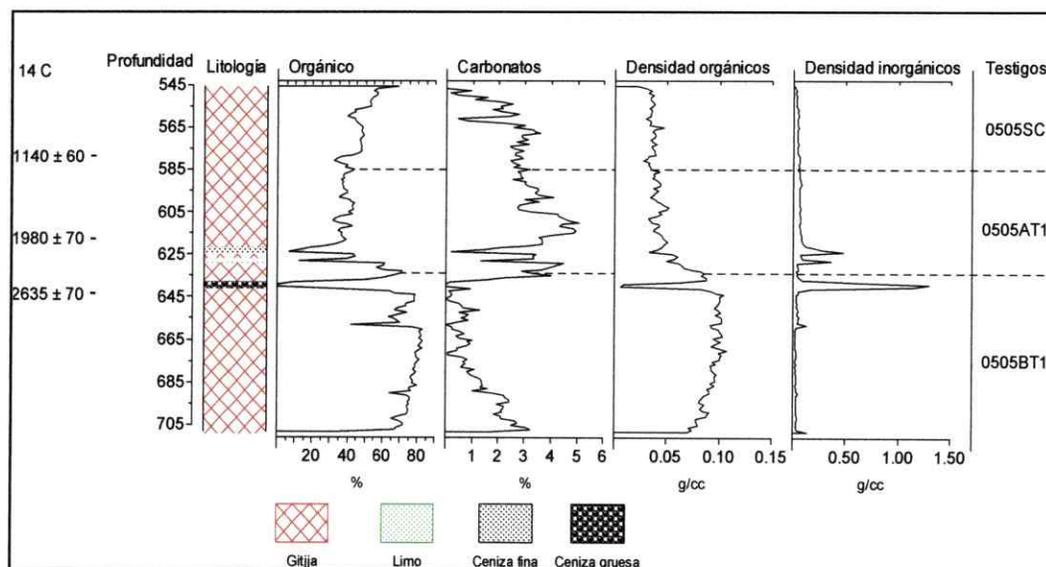


Figura 4. Columna estratigráfica de Lago Proschle. Se muestra la posición de los fechados radiocarbónicos obtenidos por AMS y correspondencia de profundidad con cada testigo analizado. Las tefras presentes en la columna se representan y diferencian a nivel macroscópico según su textura. Ceniza gruesa ~ 2mm, ceniza fina ~ 1/16 mm.

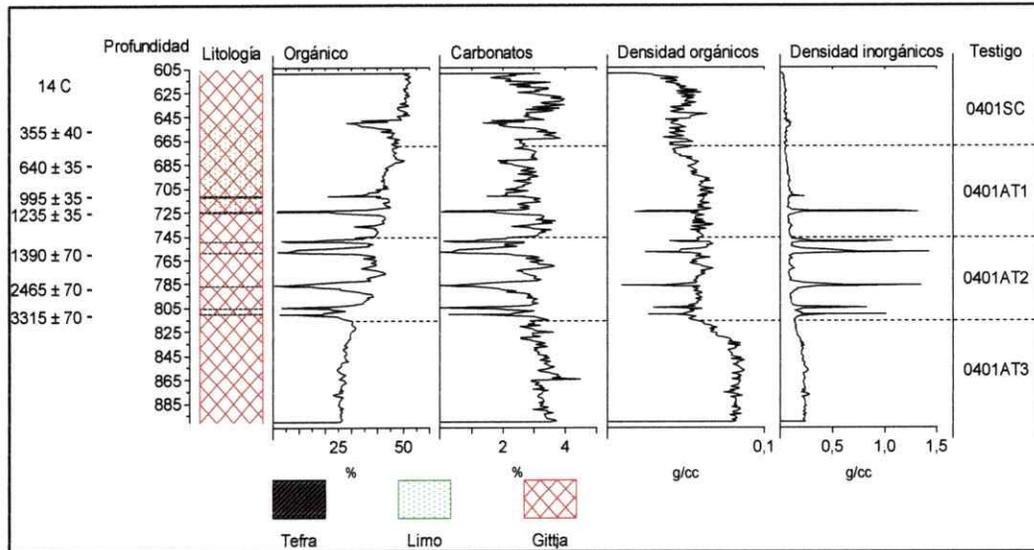


Figura 6. Columna estratigráfica ajustada de Lago Campanario. Los niveles clásticos fueron forzados al nivel menor de resolución correspondiente a 1 cm. Se muestra en la columna estratigráfica la posición de los fechados radiocarbónicos obtenidos por AMS y la correspondencia de profundidad con cada testigo analizado.

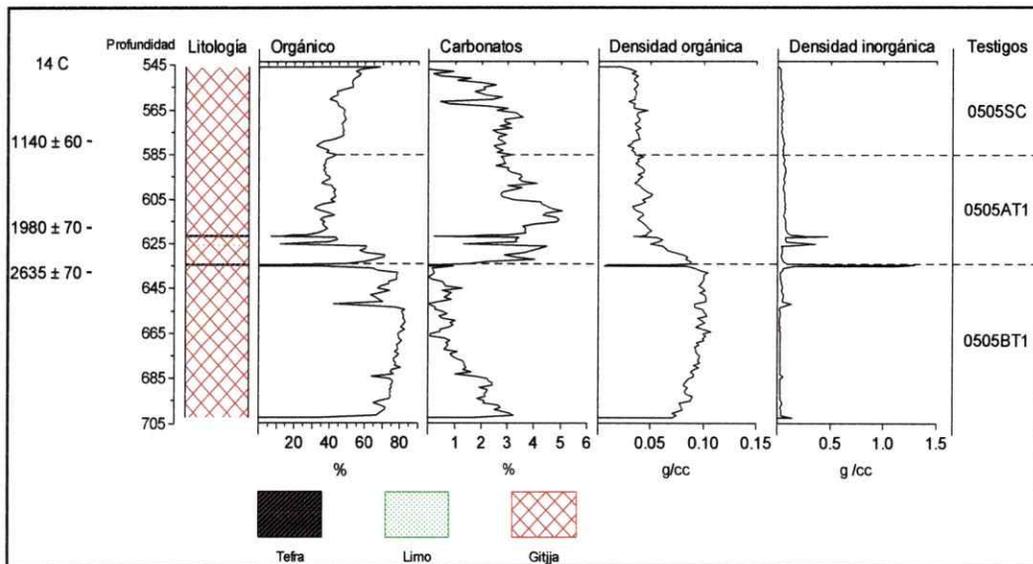


Figura 7. Columna estratigráfica ajustada de Lago Proschle. Los niveles clásticos fueron forzados al nivel menor de resolución correspondiente a 1 cm. Se muestra en la columna estratigráfica la posición de los fechados radiocarbónicos obtenidos por AMS y la correspondencia de profundidad con cada testigo analizado.

Tabla 2: Dataciones radiocarbónicas realizadas en el registro sedimentario de los lagos Campanario y Proschle. Los valores de profundidad son expresados en cm bajo la superficie del lago, AP= años antes del presente (mediana de probabilidad) y AC/AD.: años antes/después de Cristo, valores calibrados a través del programa CALIB 5.0.

Testigo	Lago	Profundidad modificada	$\delta^{13}\text{C}$	Años $^{14}\text{C} \pm 1$ σ error	Años AP.	Años AC/AD	Cams #
0401SC	Campanario	657	-30.21	355±40	390	1549 AD	124604
0401AT1	Campanario	686	-30.27	640±35	604	1347 AD	124605
0401AT1	Campanario	716	-30.13	995±35	852	1097 AD	124603
0401AT1	Campanario	736	-25	1235±35	1103	846 AD	125919
0401AT2	Campanario	774	-25	1390±70	1267	701 AD	128963
0401AT2	Campanario	813	-25	2465±70	2444	595 AD	128984
0401AT2	Campanario	841	-25	3315±70	3481	1542 AC	128985
0505SC	Proschle	579	-25	1140±60	993	947 AD	128986
0505AT1	Proschle	618	-25	1980±70	1869	81 AD	128987
0505BT1	Proschle	638	-25	2635±70	2718	685 AC	128988

La cronología de Lago Campanario se sustenta sobre siete fechados radiocarbónicos obtenidos de la porción superior de los sedimentos y la asignación de la edad -54 AD al techo del registro. El registro abarca un tramo temporal de aproximadamente 3500 años, con una tasa de depositación promedio de 15.48 años/cm, con un valor mínimo de 0.7 años/cm. y valor máximo de 47.9 años/cm. La cronología de Lago Proschle se sustenta en tres fechados radiocarbónicos, obtenidos de la porción superior de los sedimentos y la asignación de la edad -55 AD al techo del registro. El registro abarca un tramo temporal de aproximadamente 2700 años, con una tasa de depositación promedio de 28.4 años/cm, con un valor mínimo de 20.71 años/cm y valor máximo de 35.13 años/cm.

3.3 Análisis de Partículas macroscópicas de Carbón

Los valores de la tasa de acumulación de carbón junto con las cronologías de Lago Campanario y Proschle se muestran en la Figura 8 y 9, respectivamente. La cronología utilizada en ambos sitios fue desarrollada a partir de splines sobre la base de las profundidades corregidas y edades calendario listadas más arriba.

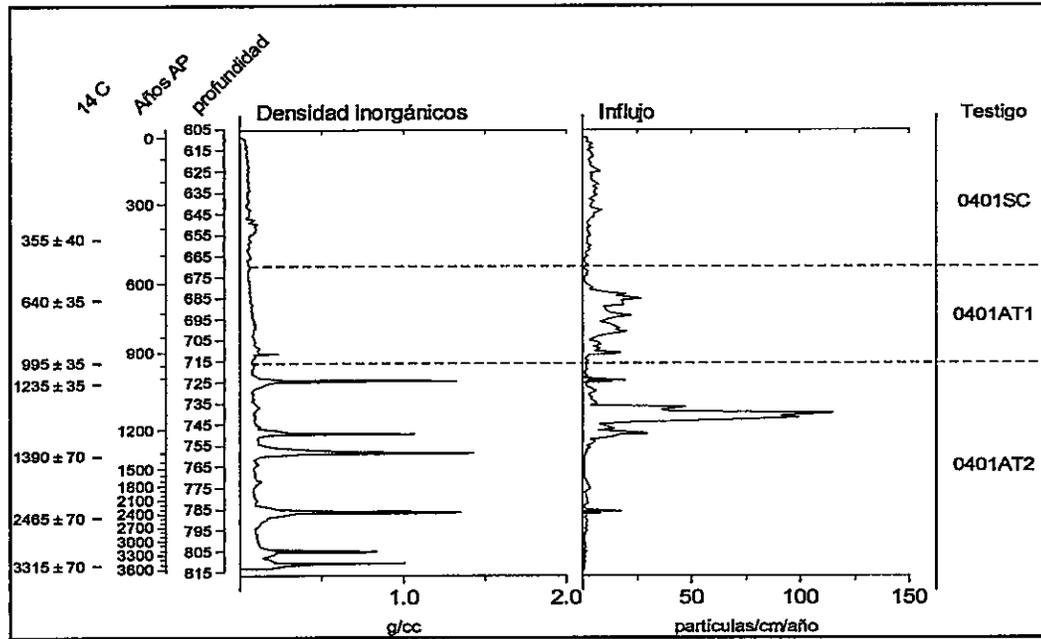


Figura 8. Gráfico tasa de acumulación de carbón macroscópico de Lago Campanario. Se presenta el influjo de carbón, densidad de materia inorgánica, fechados radiocarbónicos y cronología de Lago Campanario. Años AP.: años calendario antes del presente.

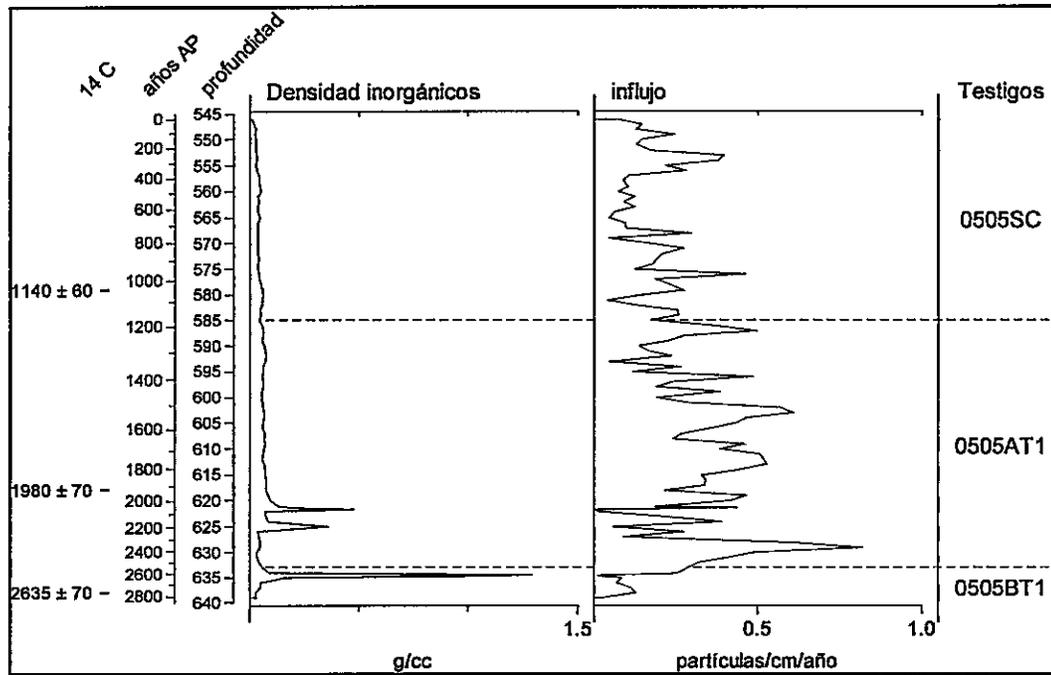


Figura 9. Gráfico tasa de acumulación de carbón macroscópico de Lago Proschle. Se presenta el influjo de carbón, densidad de materia inorgánica, fechados radiocarbónicos y cronología de Lago Campanario. Años AP.: años calendario antes del presente.

Se aprecia una marcada diferencia en la variabilidad y las tasas de acumulación de partículas macroscópicas de carbón entre ambos sitios, Lago Proschle evidencia alta variabilidad pero bajos valores de influjo al ser comparado con Lago Campanario. Este último sitio presenta una tasa de acumulación decreciente en el tiempo pudiendo diferenciarse tres etapas, la de mayor actividad de fuego entre 1100-1300 años cal AP, la segunda entre 600-900 años cal AP y una tercera que cubre los últimos 400 años, se reconoce otro pequeño pulso de actividad de fuego en 2300 años cal AP (Figura 8). Esta tendencia decreciente en los eventos de fuego también puede ser apreciada en lago Proschle aunque de manera menos evidente, entre 700-350 años cal AP se observa el periodo más amplio de baja actividad de fuego (Figura 9).

Las figuras 10 y 11 corresponden a la superposición de los valores de influjo y densidad de materia inorgánica para cada sitio de estudio, en ellos se puede examinar la correspondencia entre eventos volcánicos y eventos de fuego. El aumento de densidad inorgánica de los sedimentos corresponde a niveles clásticos de posible origen volcánico.

3.4 Historia local de fuego.

El análisis regional de tendencias de paleofuegos se centró en los valores de influjo durante los últimos 3000 años en cada uno de los sitios de estudio (ver Tabla 1), dichos valores se muestran en la Figura 12.

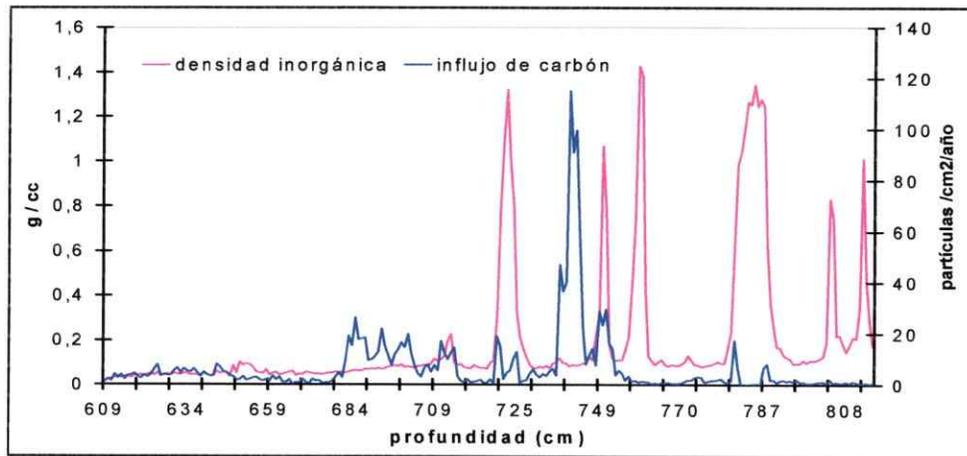


Figura 10. Comparación entre tasa de acumulación de carbón macroscópico y densidad inorgánica de los sedimentos de Lago Campanario. El aumento de densidad inorgánica de los sedimentos denota niveles clásticos de posible origen volcánico.

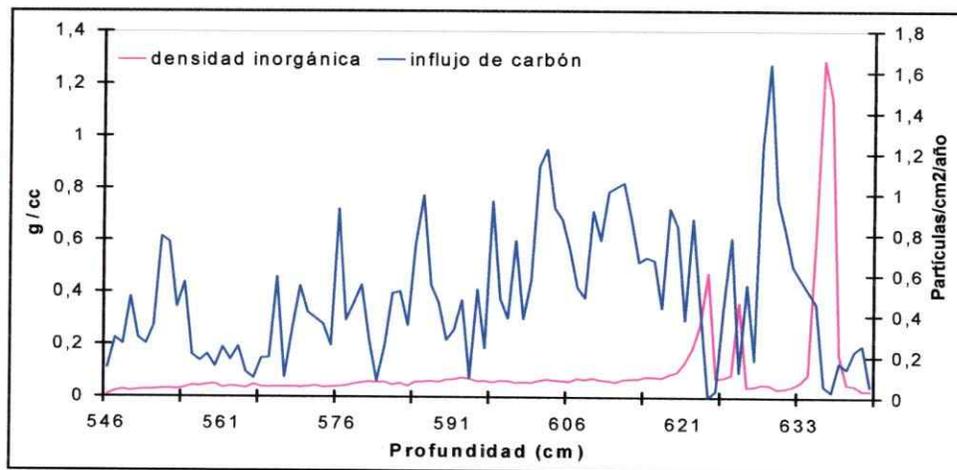


Figura 11. Comparación entre tasa de acumulación de carbón macroscópico y densidad inorgánica de los sedimentos de Lago Proschle. Aumento de densidad inorgánica de los sedimentos denota niveles clásticos de posible origen volcánico.

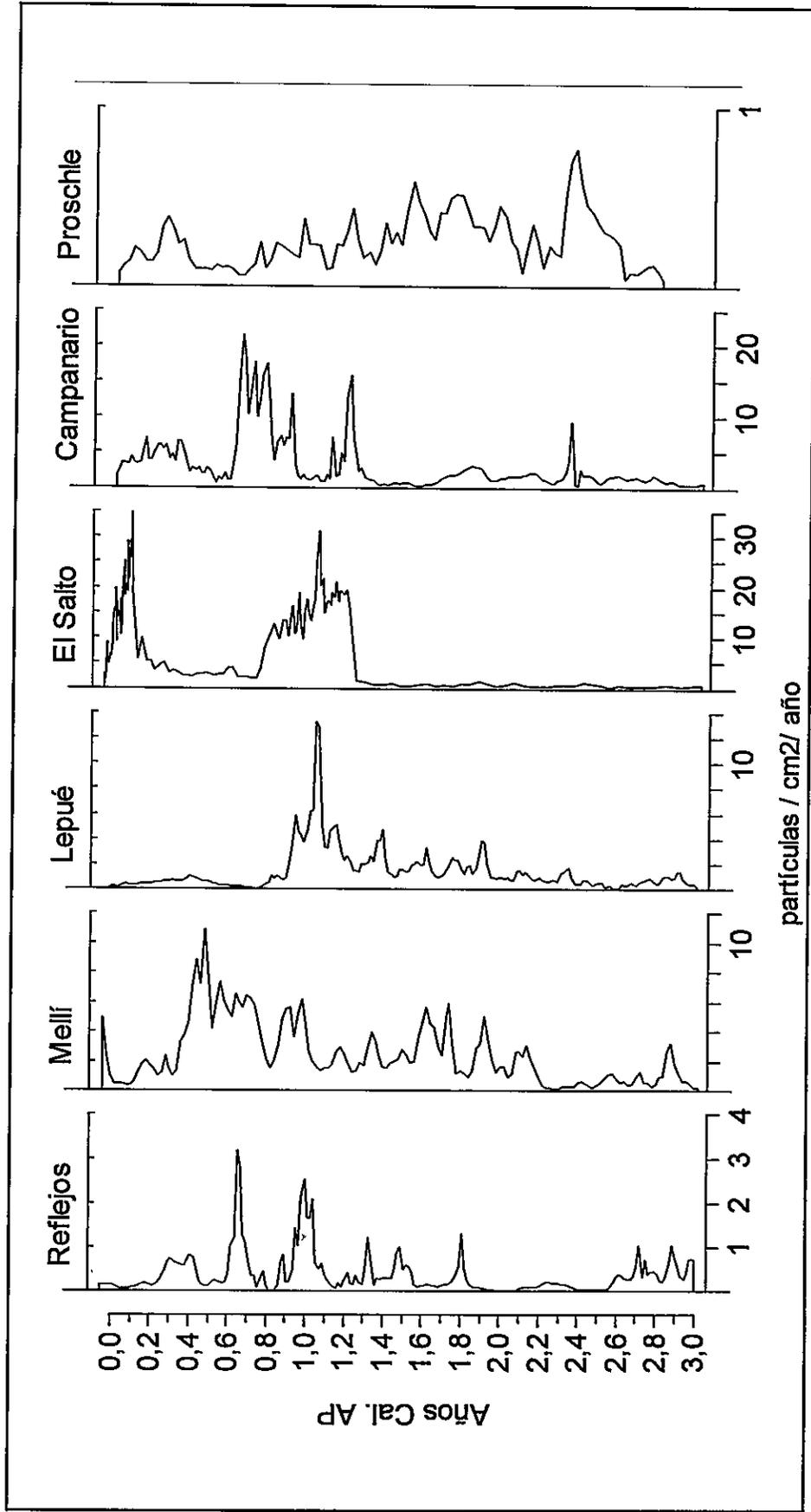


Figura 12. Registro de tasa de acumulación o influjo de varios lagos en la Región de los Lagos. La cronología se presenta como años calendario antes del presente.

El influjo (partículas carbón/cm²/año), background (media móvil de partículas de carbón/cm²/año), peaks de fuego, frecuencia (valor suavizado de frecuencia de peak), magnitud (valor suavizado de influjo bajo peak) y tiempo entre eventos de fuego (TbtwP) en Lago Campanario obtenido a través del programa CHAPS se observan en la Figura 13 y de Lago Proschle en la Figura 14.

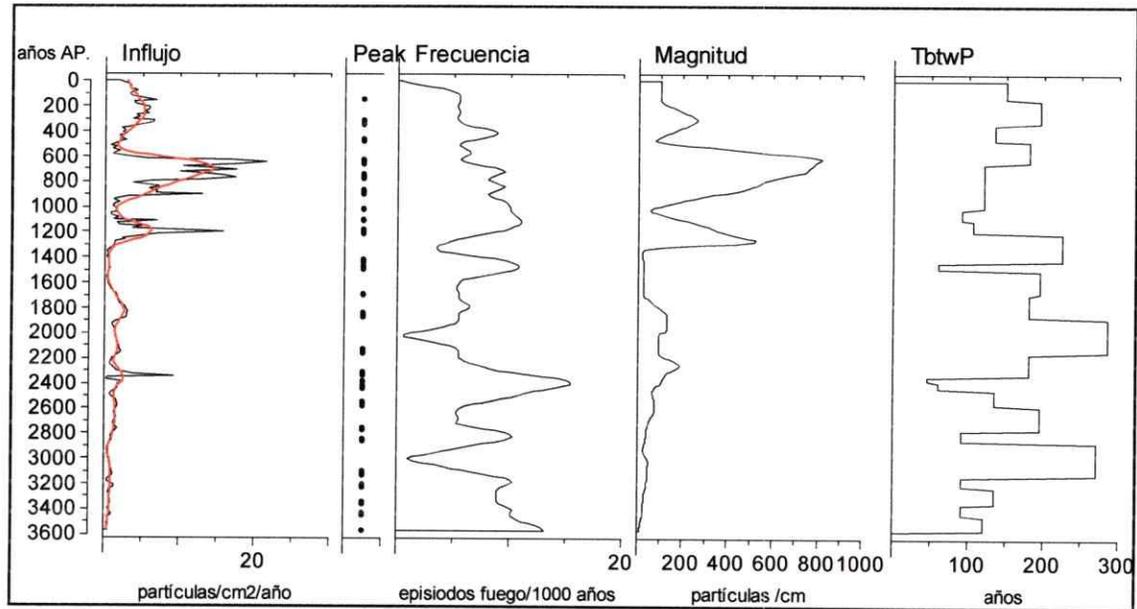


Figura 13: Gráfico CHAPS del registro de Lago Campanario. La curva en rojo corresponde al background de carbón sobre los valores de influjo de carbón (partículas/cm²/año). peak: máximos de desviación positiva que sobrepasan el valor umbral correspondiente a 1.1. TbtwP: tiempo transcurrido entre eventos de fuego

La tasa de acumulación o Influjo de Lago Campanario nos muestra una intensa actividad de fuego entre 600-900 años cal AP, se puede observar un cambio en la magnitud de los eventos en torno a ~1300 años cal AP evidenciado por el aumento en las tasas de depositación de partículas macroscópicas de carbón (ver columnas de influjo y magnitud), aumento que no está asociado a un cambio en la frecuencia de los eventos.

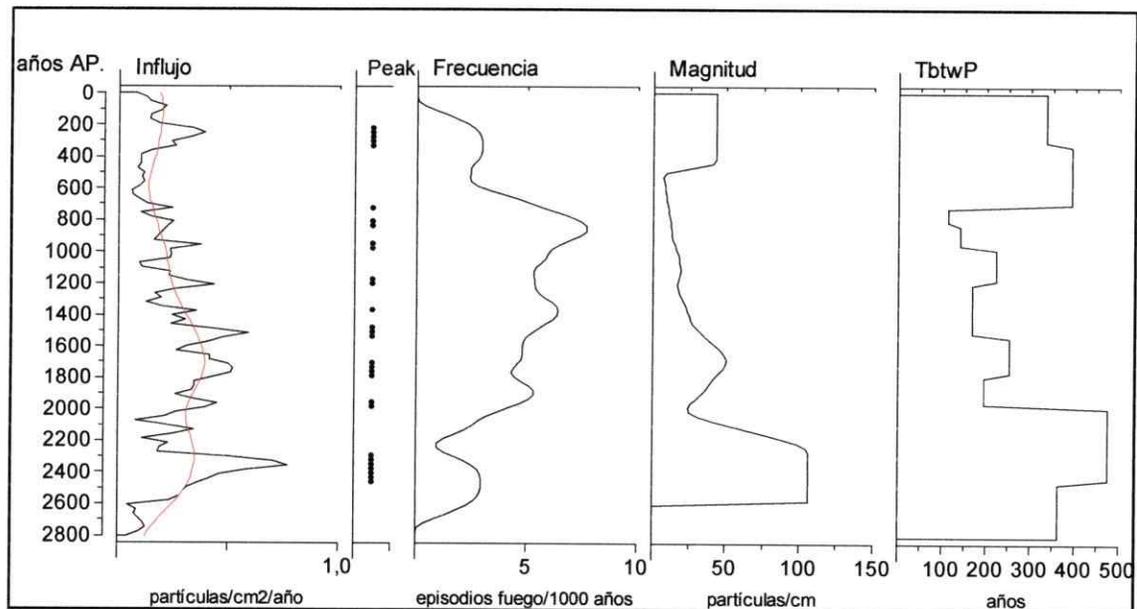


Figura 14: Gráfico CHAPS del registro de Lago Proschle. La curva en rojo corresponde al background de carbón sobre los valores de influjo de carbón (partículas /cm²/ año). peak: máximos de desviación positiva que sobrepasan el valor umbral correspondiente a 1.1. TbtwP: tiempo transcurrido entre eventos de fuego

Existe una alta variabilidad en la actividad de fuego de Lago Proschle, se observan dos periodos de alta magnitud de eventos de fuego, asociados a dos peak de influjo en torno a ~500 y 2400 años cal AP, la mayor frecuencia de eventos de fuego se observa entre ~2200-800 años cal AP evidenciado por la disminución de la ventana entre eventos de fuego.

En las Figuras 15 y 16 se muestran los valores de Tasa de acumulación o influjo de partículas macroscópicas de carbón, algunos resultados del análisis CHAPS de Lago Campanario y Lago Proschle y su relación temporal con eventos climáticos de posible extensión global.

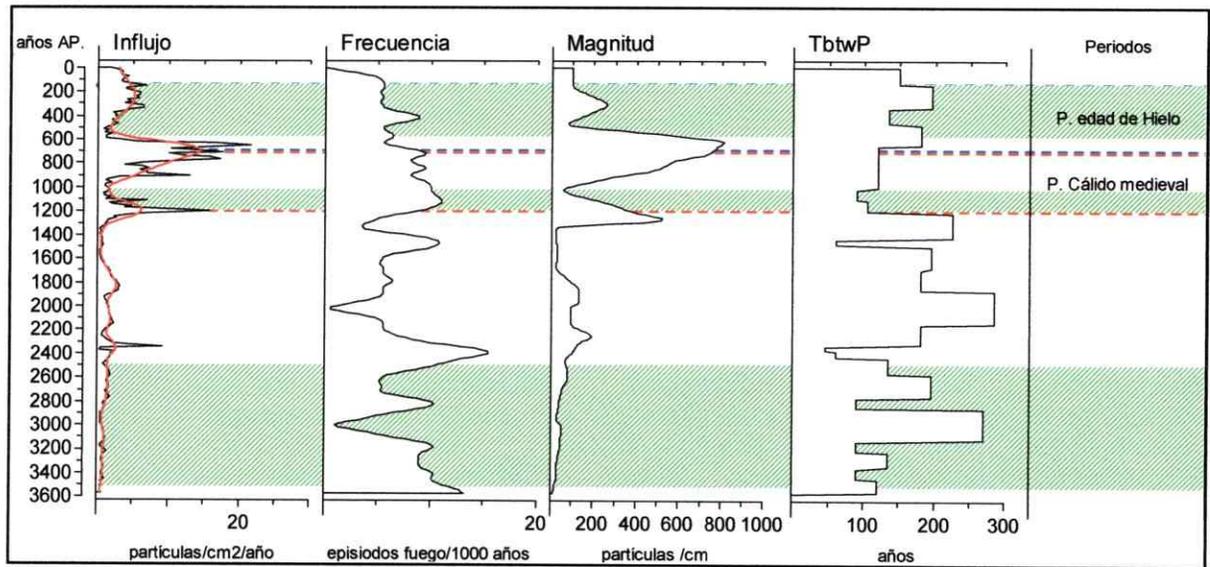


Figura 15. Registro de carbón macroscópico de Lago Campanario y parte de los resultados del análisis CHAPS. Mediante líneas segmentadas se muestra la extensión temporal de la Pequeña Edad de Hielo y el Periodo Cálido medieval según Soon y col. (2003). El achurado verde corresponde a los RCC descritos por Mayewski y col. (2004)

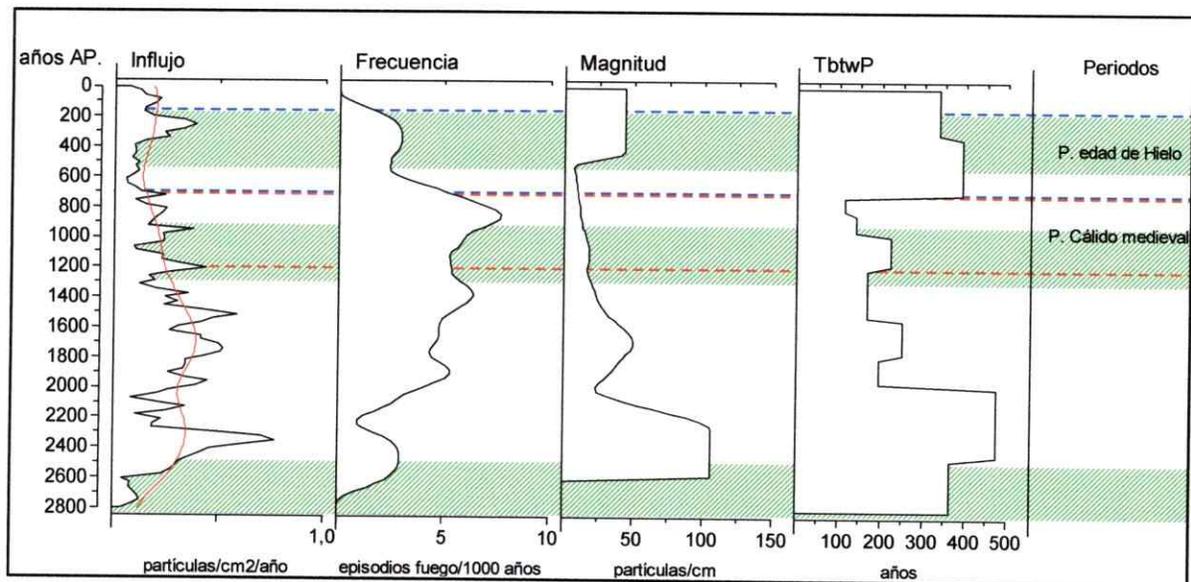


Figura 16. Registro de carbón macroscópico de Lago Proschle y parte de los resultados del análisis CHAPS. Mediante líneas segmentadas se muestra la extensión temporal de la Pequeña Edad de Hielo y el Periodo Cálido medieval según Soon y col. (2003). El achurado verde corresponde a los RCC descritos por Mayewski y col. (2004)

.4. DISCUSIÓN

Los regimenes de fuego de Lago Campanario y Lago Proschle muestran una alta variabilidad interna y entre registros durante los últimos 3000 años. Mientras en Lago Proschle se observan bajos valores de influjo y alta variabilidad, lo que podría estar asociado a las tasas de depositación de este lago, en Lago Campanario se visualiza un cambio en la actividad de fuego pasando desde una baja o casi nula actividad de fuego (Figura 8) a una actividad frecuente pero muy variable durante los últimos 1400 años, patrón que también es observado en algunos registros a nivel regional (Figura 13)

Alrededor de 600 años cal AP se observa una disminución en los eventos de fuego de Lago Campanario (Figuras 14 y 16), lo cual podría explicarse como un aumento de precipitaciones asociadas posiblemente al inicio de "la Pequeña Edad de Hielo", registrada también para Lago Puyehue (Beltrán y col. 2005). Este periodo también se asocia a las temperaturas de verano bajo el promedio descritas por Lara & Villalba (1993) entre 1490-1700 AD, conformando un periodo frío-húmedo en este tramo temporal. En Lago Proschle también se puede observar un periodo de baja actividad de fuego en este intervalo temporal (Figuras 15 y 17), aunque su inicio estaría en torno a ~700 años cal AP, lo cual presenta una correspondencia temporal con los registros globales descritos por Soon y col. (2003)

En los lagos de la región, se observa un aumento de los eventos de fuego entre 1000-1300 años cal AP, contemporáneos con el RCC de 1200-1000 años cal AP, descrito por Mayewski y col. (2004) como tendiente a condiciones secas. Dichas condiciones se superponen con el Periodo Calido Medieval descrito por Soon y col. (2003), y podrían haber favorecido al aumento de fuego registrado en Lago Campanario entre 900-600 años cal AP.

Mayewski y col. (2004) describen el RCC entre 3500-2500 años cal AP como condiciones húmedas, lo cual es compatible con la baja frecuencia y magnitud registradas en Lago Campanario durante este periodo. En Lago Proschle la cronología acotada por las dataciones no abarca este tramo temporal, sin embargo se aprecia condiciones de baja actividad de fuego al inicio del registro (Figuras 15 y 17).

Se observan aumentos en la tasa de acumulación y magnitud de los eventos de fuego durante los últimos 400 años cal AP en Lago Campanario y Lago Proschle, que podrían estar asociados a la colonización europea de la zona (~1500 AD colonización española, ~1850 AD colonización alemana), lo cual es compatible con la tesis que las actividades antropogénicas han influenciado la frecuencia de los eventos de fuego en los sitios de estudio durante este tramo temporal. Esto reafirmado por relatos históricos que mencionan la utilización indiscriminada que los colonos dieron al fuego, ya sea para someter a los pueblos indígenas o para la apertura del bosque con fines agrícolas y de asentamientos urbanos.

Al analizar los registros de los Lagos Campanario y Proschle, junto con los de los otros lagos a nivel regional, se observa mayor depositación de partículas de carbón en periodos anteriores a la colonización europea (Figura 8), la cual podría estar asociada a actividades antropogénicas pre-hispánicas dado que existe registro de ocupaciones en el sector litoral de Seno Reloncaví y boscoso en el sitio Marifilo-1 desde 4.000 años cal AP.

Si pensamos que actividades antropogénicas fueron el gatillante principal de los fuegos en la región, la descripción de los pueblos originarios de la zona como principalmente recolectores, cazadores, pescadores y con una fuerte tradicionalidad —que se representa por los usos medicinales y rituales de los bosques— podría presentar una ligera contradicción, especialmente por la intencionalidad que le ha dado el hombre occidental a la utilización del fuego. Apareciendo así, la combinación de fuegos pre-hispánicos más bien restringidos y condiciones climáticas adecuadas para la expansión de fuego a grandes áreas como gatillante principal de los eventos durante los últimos 3.000 años.

Eventos de fuego gatillados por eventos volcánicos, mostrarían peak de fuego asociados a depositación de niveles clásticos de origen volcánico o inmediatamente posterior a ello. En la figura 11 se aprecia una correspondencia en lago Campanario de un nivel clástico de posible origen volcánico con aumento en el influjo de carbón, (ver profundidad 750 cm.), en lago Proschle podemos observar aumentos en la Tasa de acumulación de carbón posteriores a la depositación de los niveles clásticos (figura 12).

El análisis de sedimentos realizado no muestra la presencia de flujos de material incandescente que pudieran haber iniciado directamente los eventos de fuego en el área de estudio, la relación observada entre el aumento en la acumulación de partículas macroscópicas de carbón posteriores a la presencia de tefras o asociadas a la depositación de ellas en algunos niveles de ambos lagos, permite sugerir una relación indirecta entre los regímenes de fuego y la depositación de niveles clásticos pudiendo estos últimos favorecer — a través de la muerte de la cubierta vegetal presente en el área afectada por la depositación de material de origen volcánico — la acumulación de combustible seco, el cual asociado a condiciones climáticas adecuadas favorecieran el inicio, ocurrencia o propagación de incendios en el área de estudio.

5. CONCLUSIONES

Los regímenes de fuego en la Región de los Lagos durante los últimos 3000 años han presentado alta variabilidad, en especial a escala centenal, en concordancia con la alta variabilidad climática Holocénica.

Algunas de las variaciones en los registros de partículas macroscópicas de carbón son observadas en otros sitios del área de estudio, por lo cual se pueden interpretar como señales regionales gatilladas por variaciones climáticas, las cuales podrían asociarse a cambios en el régimen de precipitación que favorecieran la ocurrencia de fuego.

Cambios en los regímenes de fuego de la región podrían asociarse a patrones de cambio global tales como el inicio de la Pequeña Edad de hielo, y los RCC con condiciones secas entre 1200-1000 años cal AP y las condiciones húmedas entre 2500-3500 años cal AP aportando un antecedente adicional sobre las conexiones interhemisféricas de los cambios climáticos.

Basándonos en los antecedentes arqueológicos e históricos de la Región de los Lagos, es posible postular que los regímenes de fuego de Lago Campanario y Lago Proschle durante los últimos 400 años pudieron haber sido influenciados por actividades humanas asociadas al proceso de descubrimiento, conquista e inmigraciones posteriores. En el marco de los últimos 3000 años la asociación entre cambio climático y actividades antropogénicas se presenta como el gatillante principal durante este tramo temporal.

Los datos de este estudio no apoyan la tesis de que eventos volcánicos fueran el gatillante principal u originaran directamente eventos de fuego. La presencia de posibles tefras ejemplifican la ocurrencia y depositación de material de origen volcánico, que pudieron generar el escenario adecuado para la ocurrencia de eventos de fuego provocando la muerte de la cubierta vegetal y mediante ello la acumulación de combustible seco altamente inflamable, lo que junto con condiciones ambientales propicias dieran inicio o favorecieran la propagación de fuego.

Se requiere ampliar el presente trabajo, obteniendo información sobre los cambios vegetacionales que ocurrieron en la región durante este tramo temporal y poder contrastar dichos registros, con los regimenes de fuego ya que existe amplia literatura que documenta la relación entre eventos de fuego y especies sensibles a las perturbaciones.

La dendrocronología en la Región de los Lagos ha generado un número considerable de cronologías que han conducido un progreso importante en la comprensión de los cambios y fluctuaciones del clima durante los últimos 1000 años, por lo que el desarrollo de una cronología de los sedimentos mejor acotada, especialmente en los últimos 200 años, permitirá analizar de mejor forma las distintas variaciones observadas en el clima y los regimenes de fuego para la región. También el fortalecimiento de la cronología con dataciones de ^{14}C y ^{210}Pb nos permitirán desarrollar un análisis a escalas temporales menores y observar mejor la interacción de los regimenes de fuego con fenómenos de magnitud global tales como ENSO.

BIBLIOGRAFIA

ABARZÚA, A. VILLAGRÁN, C & MORENO, P.I. (2004) Deglacial and postglacial climate history in east-central Isla Grande de Chiloé, southern Chile (43°S). *Quaternary Research* 62: 49-59

ACEITUNO, P., FUENZALIDA, H., & ROSENBLUTH, B. 1993. Climate along the extratropical west coast of South America. En H. A. MOONEY, E. R. FUENTES, AND B. KROMBERG, *Earth Systems Responses to Global Change* (Eds.), Academic Press, San Diego: 61–70.

ADÁN, L. ME. R, BECERRA. M, & Godoy, M. 2004. Ocupación arcaica en Territorios Boscosos y Lacustres de la Región Precordillerana Andina del Centro-Sur de Chile. El sitio Marifilo-1 de la Localidad de Pucura. *Chungara, Revista de Antropología Chilena*, volumen especial: 1121- 1136.

ARMESTO, J. VILLAGRÁN, C. & DONOSO, C. 1994. Desde la era glacial a la industrial: La historia del bosque templado Chileno. *Ambiente y desarrollo* marzo: 66-72.

BERTRAND, S. BOËS, X. CASTIAUX, J. CHARLET, F. URRUTIA, R. ESPINOZA, C. LEPOINT, G. CHARLIER, B & FAGEL, N. (2005). Temporal evolution of sediment supply in Lago Puyehue (Southern Chile) during the last 600 yr and its climatic significance. *Quaternary Research* 64 163 – 175.

BENGTSSON, L. & ENELL, M. 1986. Chemical analysis. En BERGLUND, E. (ed.) Palaeoecology and Palaeohydrology. Wiley: Chichester; cap. 2: 423–451.

BESOAIN, E, PERALTA, M, & MASSARO, S. 2000. Mineralogía y génesis de algunos suelos de cenizas volcánicas de Chiloé continental, Chile. Agricultura Técnica 60 numero 2.

DEAN WEJ. 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. Journal of Sedimentary Petrology 44: 242–248.

DENTON, G.H., LOWELL, T.V., MORENO, P.I., ANDERSEN, B, & SCHLUCHTER, C. 1999. Geomorphology, stratigraphy, and radiocarbon chronology of Llanquihue Drift in the area of the southern Lake District, Seno Reloncaví, and Isla Grande de Chiloé, Chile. Geografiska Annaler 81A: 167–229.

DONOSO, C & LARA, A. 1996. Utilización de los bosques nativos en Chile: Pasado, Presente y Futuro. En ARMESTO, J. VILLAGRAN, C. & KALIN, M. Ecología de los bosques nativos de Chile. Cap 19:363-387.

ELIZALDE, R.1970. La Sobrevivencia de Chile, La conservación de sus recursos naturales renovables (segunda edición). Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Agricultura: Cap. 1 y 2.

ESPER, J, COOK, E & SCHWEINGRUBER, F. 2002. Low-Frequency Signals in Long Tree-Ring Chronologies for Reconstructing Past Temperature Variability. *Science*: 295: 2250-2252.

GONZÁLES- FERRAN, O. (sin año). Peligro y riesgo volcánico en Chile: antecedentes históricos y pronóstico. Registro Bsngm 5465, Biblioteca Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago.

GONZÁLES- FERRAN, O (1995). Volcanes de Chile. Instituto geográfico militar. 449-452

HAUSER, A. 1985. Flujos Aluvionales de 1870 y 1896 Ocurridos en la Ladera norte del Volcán Yates, X Región: su implicancia en la evaluación de riesgos naturales. *Revista Geológica de Chile*. 25-26: 125-133.

HEUSSER, C. J. (1994) Paleoindians and fire during the late Quaternary in southern South America. *Revista Chilena de Historia Natural* 67: 435-442.

IHAKA R. & GENTLEMAN R. 1996. R: a language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 5: 299-314.

LARA, A. & VILLALBA, R. 1993. A 3,620-year temperature reconstruction from Fitzroya cupressoides tree rings in southern South America. *Science* 260: 1104-1106.

LARA, A., URRUTIA, R., VILLALBA, R., LUCKMAN, B.H., SOTO, D., ARAVENA, J.C., MC PHEE, J., WOLODARSKY-FRANKE, A., PEZOA, L. & LEÓN, J. 2005. The Potential of tree-rings for streamflow and estuary salinity reconstruction in the Valdivian Rainforest Eco-region, Chile. *Dendrochronología* 22: 155-161.

LONG, C. J., WHITLOCK, C. BARTLEIN, P & MILLSPAUGH S. 1998. A 9000-yr history from the Oregon Coastal Range based on a high-resolution charcoal study. *Canadian Journal of Forest Research* 28, 774-787.

LOWELL, T. V., HEUSSER, C. J., ANDERSEN, B. G., MORENO, P.I., HAUSER, A., DENTON, G. H., HEUSSER, L. E., SCHLUCHTER, C. & MARCHANT, D. 1995. Interhemispheric correlation of Late Pleistocene glacial events. *Science*, 269: 1541-1549.

MANN, M., BRADLEY, R. & HUGHES, M. 1999. Northern Hemisphere Temperatures during the Past Millennium: Inferences, Uncertainties, and Limitations, *Geophysical Research Letters* 26:759-762.

MAYEWSKI, P., ROHLING, E., STAGER, J.C., KARLEN, W., MAASCH, K., MEEKER, D., MEYERSON, E., GASSE, F., VAN KREVELD, S. HOLMGREN, K., LEE-THORP, J., ROSQVIST, G. RACK, F., STAUBWASSER, M., SCHNEIDER, R., STEIG, E. (2004) Holocene climate variability. *Quaternary Research* 62: 243- 255.

MILLER, J. 1976. The climate of Chile. En W. SCHWERDTFEGER. (Ed.) *Climates of Central and South America*. Elsevier Amsterdam. 113-145.,

MILLSPAUGH, S. & WHITLOCK, C. 1995. A 750 year fire history based on lake sediments records in Central Yellowstone National Park. *Holocene*. 5: 283-292.

MONTECINOS, A. & P. ACEITUNO, 2003. Seasonality of the ENSO-Related Rainfall Variability in Central Chile and Associated Circulation Anomalies. *Journal of Climate*, 16(2), 281-296.

MORENO, P. & LEON, A. 2003. Abrupt vegetation changes during the last Glacial-Holocene transition in mid-latitude South America. *Journal of Quaternary Science* 18(8): 787-800.

MUÑOZ, J. & PINO, M. 2002. Sitios geológicos y poblamiento ancestral del Borde costero del Seno Reloncaví, Región de los Lagos, Chile: su importancia histórica, científica, cultural y turística. Simposio Internacional de Geología Ambiental para la Planificación del Uso del Territorio, noviembre 2002, Puerto Varas: 124-127.

NEIRA, E. & LARA, A. 2000. Desarrollo de cronologías de ancho de anillos para alerce (*Fitzroya cupressoides*) en Contao y Mirador, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 73(4): 693-703.

PETIT-BRUILH, M. EUGENIA. 1995. Geografía histórica y cronología eruptiva de los volcanes: Tronador, Yate-Apagado-Hornopiren, Huequi-Michinmávida-Chaitén, Corcovado y Yanteles-Nevado: segundo Informe de Avance. Proyecto X Región, SERNAGEOMIN, Temuco.

ROTHHAMMER, F. COCILOVO, J. LLOP, E. & QUEVEDO, S. 2000. Orígenes y microevolución de la población chilena. En HIDALGO, J. SCHIAPPACSE, V. NIEMEYER, H. ALDUNATE, C. & SOLIMANO, I. (EDS) Culturas de Chile. Prehistoria, desde sus orígenes hasta los albores de la conquista. Editorial Andrés Bello. Cap XX: 403-414.

TAMPE, E. SJ. 2003. Puerto Montt, crónicas y testimonios de 150 años, ediciones Moyra Holzapfel.

SOON, W, BALIUNAS. S.; IDSO C.; IDSO S.; LEGATES D.R. 2003. Reconstructing Climatic and Environmental Changes of the Past 1000 Years: A Reappraisal. Energy & Environment, 14 (2-3): 233-296(64)

VÁZQUEZ, L. 2003. "El escenario paleoambiental de la región". En: VELÁZQUEZ, A., A. TORRES Y G. BOCCO. (eds.). Las enseñanzas de San Juan. Investigación participativa para el manejo de recursos naturales. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT. México: 79-93.

VILLAGRÁN, C. 1993. Excursion guide. En International Workshop: The Quaternary of Chile. Santiago, Chile.

VILLALBA, R., LARA, A., BONINSEGNA, J., MASIOKAS, M., DELGADO, S., ARAVENA, J., ROIG, F., SCHMELTER, A., WOLODARSKY, A. & RIPALTA, A. 2003. Large-Scale Temperature Changes across the Southern Andes: 20th-Century Variations in the Context of the Past 400 Years. *Climatic Change: Springer* 59(1-2): 177-232.

WHITLOCK, C. 2001. Variations in Holocene fire frequency: a view from the western United States, *Biology and Environment: proceedings of the Royal Irish academy*, 101B (1-2): 65-77.

WHITLOCK, C. 2004. Forests, fires and climate. *Nature* 432: 28-29.

WHITLOCK, C & ANDERSON, R. 2002. Fire History Reconstructions Based on Sediment Records from Lakes and Wetlands En: VEBLEN, T., BAKER, W., MONTENEGRO, G & SWETNAM, T. (Eds) *Fire and Climate Change in the Americas*. Springer-Verlag, Berlin.

WHITLOCK, C & LARSEN, C. 2002. Charcoal as a Fire Proxy. En: SMOL, J.P., BIRKS, H.J.B., LAST, W.M. (Eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Vol. 3 Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 75-97.

WHITLOCK, C., SHAFER, S.H., & MARLON, J. 2003. The role of climate and vegetation change in shaping past and future fire regimes in the northwestern U.S., and the implications for ecosystem management. *Forest Ecology and Management* 178: 5-21.

WRIGHT JR, H. 1967. A square rod piston sampler for lake sediments, *Journal of Sedimentary Petrology*, 37: 975-976.

WRIGHT, H, MANN, D & GLASER, P. 1984. Piston cores for peat and lake sediments, *Ecology*, 65: 657-659.

ANEXO 1

ANEXO 1

Las columnas estratigráficas para cada testigo analizado de Lago Campanario y Lago Proschle se presentan a continuación. Estos análisis individuales nos permiten obtener el registro continuo que se presentan en las Figuras 3 y 4 de la sección resultados. El eje Y de las figuras corresponde a la profundidad obtenida en terreno para cada testigo respecto al espejo de agua, se presentan los resultados del análisis de pérdida por ignición y se describen los componentes litológicos de los sedimentos.

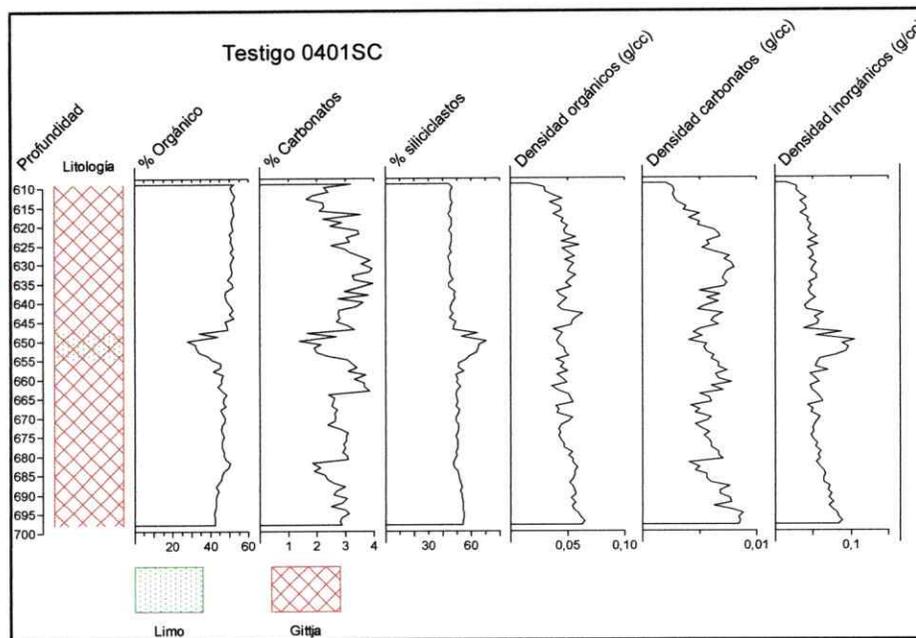


Figura A1. Columna estratigráfica y valores de pérdida por ignición del testigo 0401SC de Lago Campanario correspondiente a la interfase agua-sedimento. Los datos de porcentaje de materia inorgánica son omitidos por ser la imagen especular del porcentaje de materia orgánica.

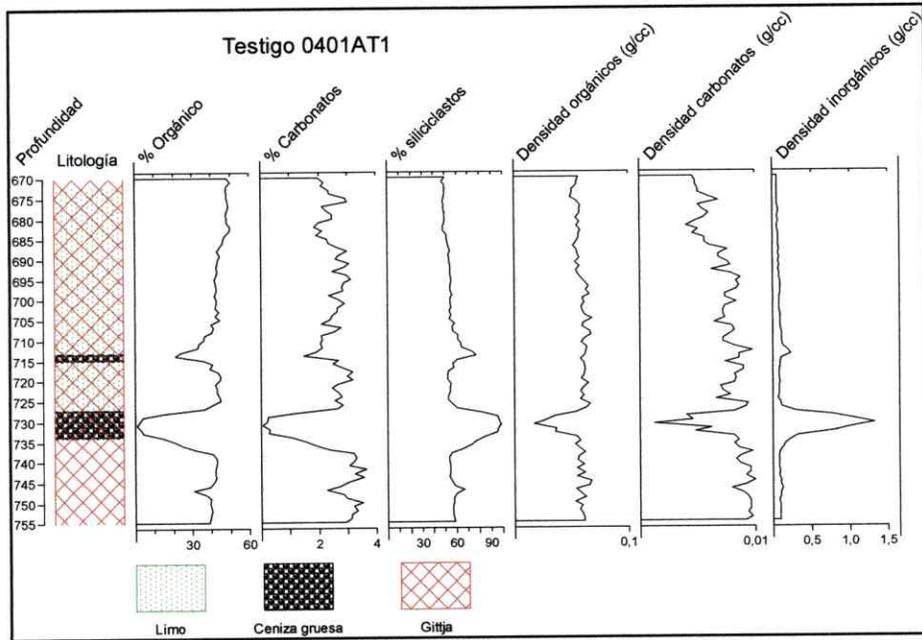


Figura A2. Columna estratigráfica y valores de pérdida por ignición del testigo 0401AT1 de Lago Campanario. Los datos de porcentaje de materia inorgánica son omitidos por ser la imagen especular del porcentaje de materia orgánica. Las tefras presentes en la columna se representan y diferencian según su tamaño de grano. Ceniza gruesa ~ 2mm, ceniza fina ~ 1/16 mm.

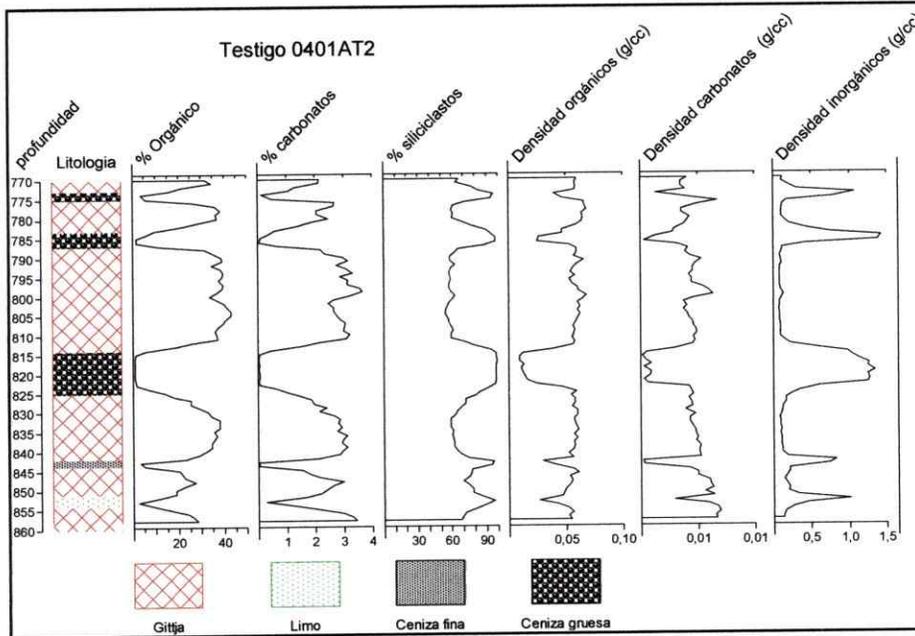


Figura A3. Columna estratigráfica y valores de pérdida por ignición del testigo 0401AT2 de Lago Campanario. Los datos de porcentaje de materia inorgánica son omitidos por ser la imagen especular del porcentaje de materia orgánica. Las tefras presentes en la columna se representan y diferencian según su tamaño de grano. Ceniza gruesa ~ 2mm, ceniza fina ~ 1/16 mm.

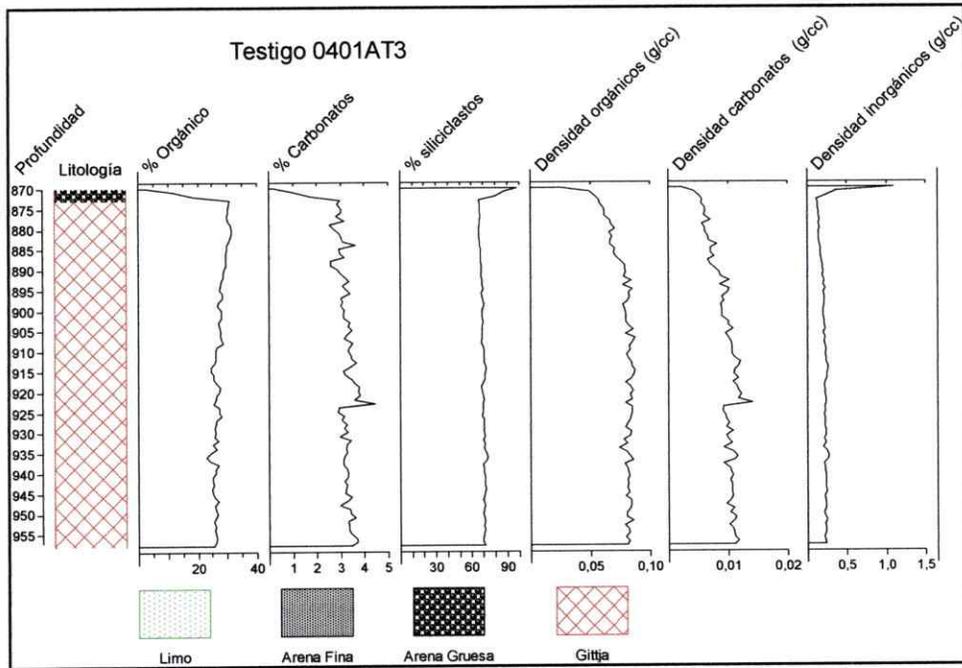


Figura A4. Columna estratigráfica y valores de pérdida por ignición del testigo 0401AT3 de Lago Campanario. Los datos de porcentaje de materia inorgánica son omitidos por ser la imagen especular del porcentaje de materia orgánica. Las tefras presentes en la columna se representan y diferencian según su tamaño de grano. Ceniza gruesa ~ 2mm, ceniza fina ~ 1/16 mm.

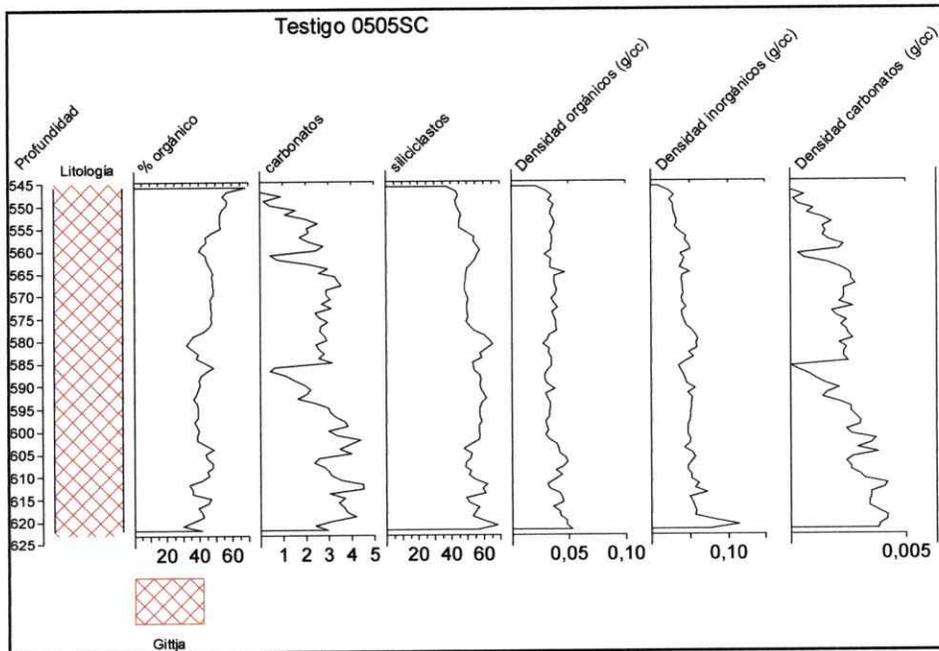


Figura A5. Columna estratigráfica y valores de pérdida por ignición del testigo 0505SC de Lago Proschle correspondiente a la interfase agua-sedimento. Los datos de porcentaje de materia inorgánica son omitidos por ser la imagen especular del porcentaje de materia orgánica.

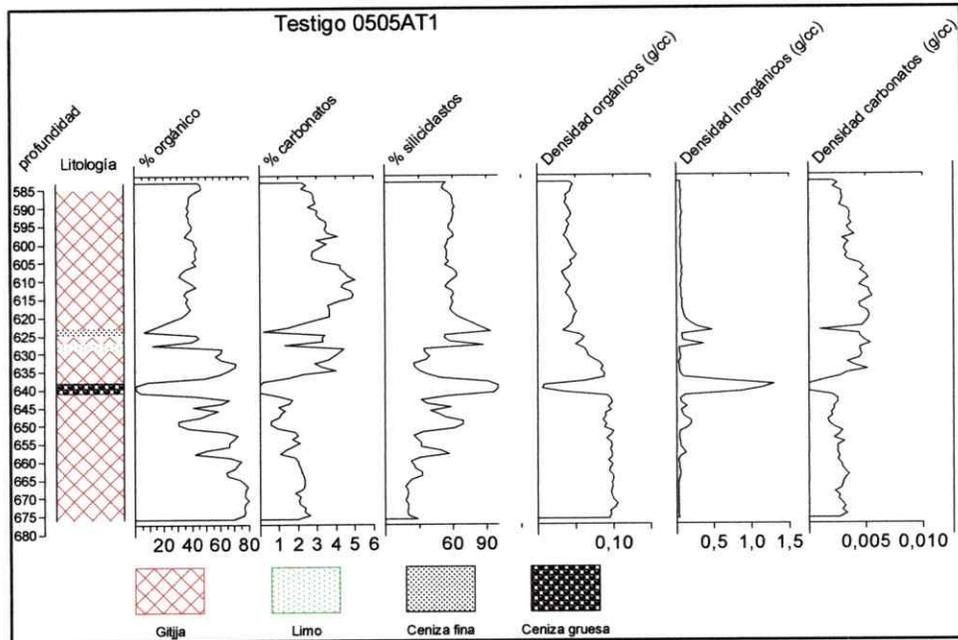


Figura A6. Columna estratigráfica y valores de pérdida por ignición del testigo 0505AT1 de Lago Proschle. Los datos de porcentaje de materia inorgánica son omitidos por ser la imagen especular del porcentaje de materia orgánica. Las tefras presentes en la columna se representan y diferencian según su tamaño de grano. Ceniza gruesa ~ 2mm, ceniza fina ~ 1/16 mm

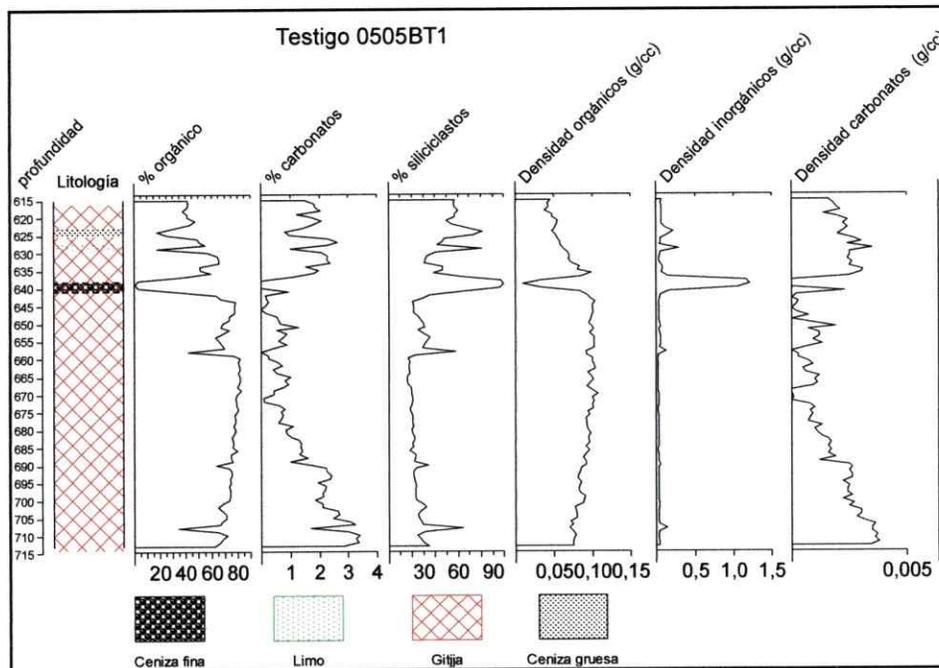


Figura A7. Columna estratigráfica y valores de pérdida por ignición del testigo 0505BT1 de Lago Proschle. Los datos de porcentaje de materia inorgánica son omitidos por ser la imagen especular del porcentaje de materia orgánica. Las tefras presentes en la columna se representan y diferencian según su tamaño de grano. Ceniza gruesa ~ 2mm, ceniza fina ~ 1/16 mm

Las variaciones mostradas por el análisis de pérdida por ignición nos permiten correlacionar los testigos de cada lago hasta obtener un registro continuo de sedimentos, eliminando las superposiciones y los hiatos presentes en la estratigrafía maestra.

En la Figura B se ejemplifica la metodología de correlación de los distintos testigos de Lago Proschle. En un primer paso se utilizan las curvas de pérdida por ignición para realizar una comparación entre los testigos a correlacionar con sus profundidades originales (obtenidas en terreno), en esta oportunidad se realizó a través de la curva de densidad seca inorgánica, la cual nos permite tener una correlación confiable ya que es independiente del porcentaje de muestra que se analice (Figura B1). Luego se procede a superponer y unir puntos presentes en los distintos testigos, corrigiendo las profundidades (Figura B2), posteriormente se eliminan las superposiciones e hiatos y se genera una única curva continua y sin hiatos que corresponde al registro completo de sedimentos para la porción analizada del lago (Figura B3).

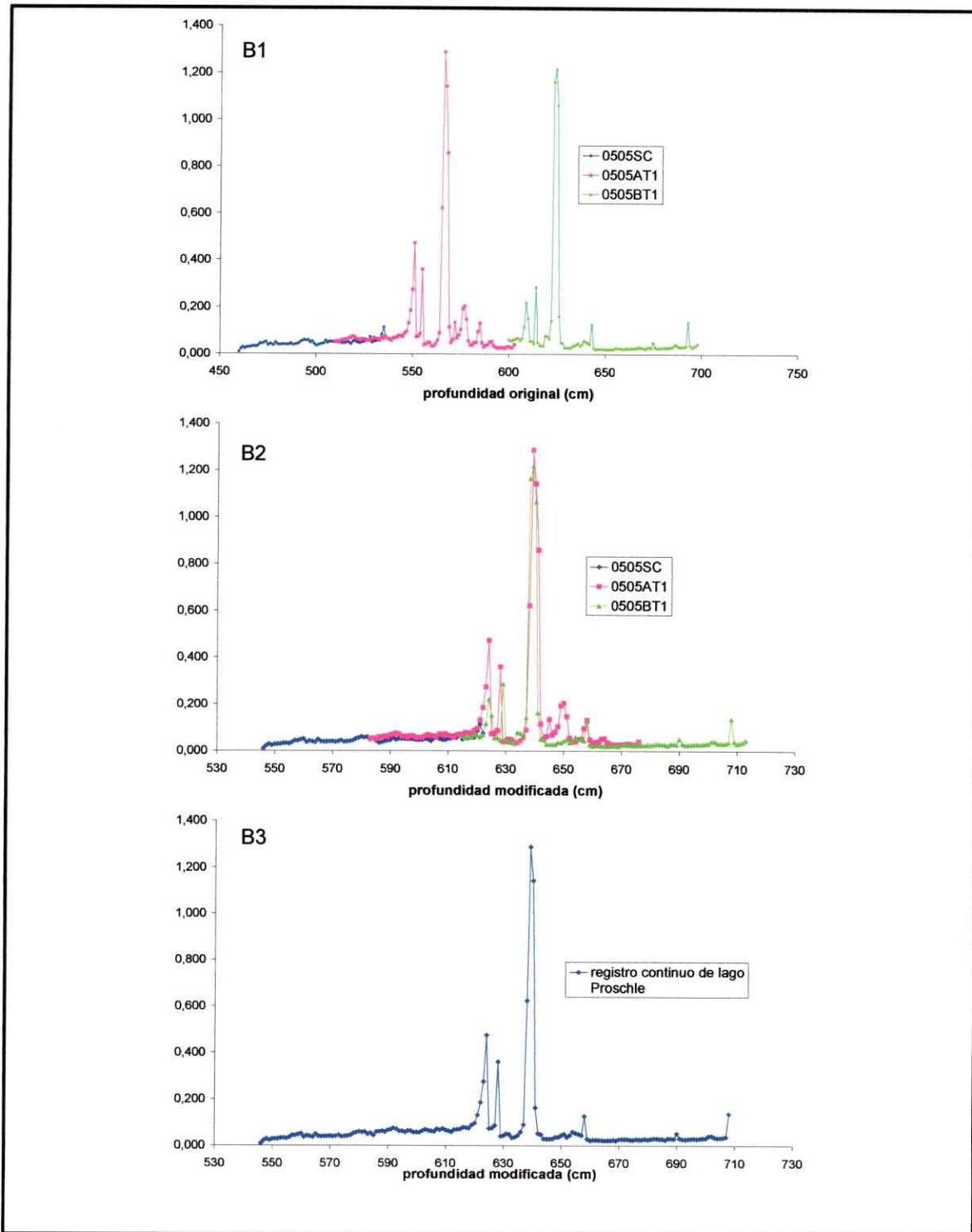


Figura B: Correlación de los testigos 0505SC, 0505AT1 y 0505BT1 de Lago Proschle. Las curvas utilizadas corresponden a la densidad seca inorgánica obtenidas del análisis de pérdida por ignición. B1 corresponde a las profundidades originales, B2 corresponde a la correlación de las curvas y la corrección de las profundidades, B3 muestra el registro continuo y completo para Lago Proschle eliminando hiatos y superposiciones en los sedimentos.