

# Propiedades químicas de suelos desarrollados sobre distintos materiales originales bajo bosques de *Austrocedrus chilensis*<sup>1</sup>

## Chemical properties of soils developed from different parent materials in *Austrocedrus chilensis* forests

Daniela Morales<sup>2,3</sup>

Ludmila La Manna<sup>2,3,4</sup>

Carlos Buduba<sup>2,5</sup>

Originales: Recepción: 31/08/2009 - Aceptación: 26/11/2009

### RESUMEN

En este trabajo se caracterizaron las propiedades químicas del horizonte A de los suelos desarrollados a partir de distintos materiales originarios, sobre los cuales habitan bosques de *Austrocedrus chilensis*. Se seleccionaron cinco sitios, ubicados en el Valle 16 de Octubre y en el Parque Nacional Los Alerces de la Provincia del Chubut, Argentina. De cada sitio se tomaron muestras compuestas del horizonte A para la caracterización de las propiedades químicas. Todos los suelos analizados presentaron elevados contenidos de materia orgánica y nitrógeno. Los suelos originados a partir de materiales glaciarios presentaron los máximos valores de bases de intercambio, capacidad de intercambio catiónico y contenido de fósforo, diferenciándose significativamente de los suelos volcánicos. Dentro de los suelos volcánicos se detectaron diferencias en función de la granulometría del material: los suelos derivados de ceniza (< 2mm) tendieron a presentar mayores valores de capacidad de intercambio catiónico y bases de intercambio que los suelos de pumita (> 2mm).

### ABSTRACT

The purpose of this work was to characterize the soil chemical fertility of *Austrocedrus chilensis* soils developed from different parent materials. Five sampling sites with *A. chilensis* dense forests were selected in 16 de Octubre Valley and Los Alerces National Park (Chubut province, Argentina). In each of them three to six plots were installed. In each plot a clod from the A horizon was collected for chemical analyzes. All the soils showed high soil chemical fertility, with high organic matter content and nitrogen. The soils developed from glaciuvial deposits showed higher content of exchangeable cations, cation exchange capacity and phosphorous than volcanic soils. Volcanic soils properties varied according to the granulometry of the parent material. Soils developed from volcanic ash tended to present higher cation exchange capacity and exchangeable cations than soils originated from pumicite.

- 1 Trabajo financiado mediante el subsidio N° 1022 de la UNPSJB (Director: Dr. M. Rajchenberg).
- 2 Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB). Ruta 259 km 4. (9200) Esquel. Chubut. Argentina. [dmorales@ciefap.org.ar](mailto:dmorales@ciefap.org.ar)
- 3 Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP). Ruta 259 km 4. (9200) Esquel. Chubut. Argentina.
- 4 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).
- 5 EEA INTA Esquel. Chacabuco 513. (9200) Esquel. Chubut. Argentina.

**Palabras clave**

ciprés de la cordillera • nutrientes • material originario

**Keywords**

cypress • nutrients • parent material

**INTRODUCCIÓN**

Los depósitos piroclásticos constituyen los materiales originarios de la mayoría de los suelos de la región, incluyendo cenizas volcánicas, capas de lapilli, o bien depósitos de origen glacial contaminados con arenas volcánicas (1, 16, 29). El sector de mayores precipitaciones, hacia el oeste, está constituido por suelos pertenecientes al orden Andisols, que se desarrollan sobre una sucesión de capas de cenizas volcánicas y piroclastos de tipo andesítico (15, 31). En este sector, las cenizas volcánicas son coherentes y poco susceptibles a los transportes eólicos, siendo capaces de sostener una vegetación boscosa que las protege de la erosión (23). En esta región los suelos tienen alto porcentaje de materia orgánica, principalmente en el horizonte superficial, que proporciona una buena fertilidad edáfica; se caracterizan por la presencia de alófono, arcilla amorfa que les otorga aptitud forestal, dado que presenta elevada capacidad de intercambio catiónico y una gran capacidad de retención hídrica por su alta porosidad y baja densidad aparente (23).

En los suelos sometidos a un ligero desecamiento, ubicados más al este que los anteriores, las sustancias amorfas tienden a organizarse y aparecen formando minerales de arcilla tipo imogolita. Estos suelos retienen menos cantidad de agua que los alofánicos pero más que aquellos con minerales secundarios de naturaleza cristalina. Asimismo, en los sitios donde las precipitaciones son todavía más escasas, aparecen las arcillas cristalinas de neoformación (5).

*Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Sern & Bizarri, (ciprés de la cordillera), es una especie forestal endémica de los bosques andino patagónicos que constituye un importante recurso económico y ecológico para la región, tanto por su madera de alta calidad y buena forma, como por su rol ambiental y paisajístico (11, 30). En Argentina se encuentra en Neuquén, Río Negro y Chubut entre los 37°7' y 43°44' de latitud sur (34). Su distribución abarca un amplio gradiente de precipitaciones, decreciente en el sentido oeste-este, que define tres tipos de formaciones. En las zonas de precipitaciones superiores a 1.600 mm anuales *A. chilensis* forma bosques mixtos con *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. Entre los 600 y 1.600 mm se presenta como rodales puros de distinta densidad (10). Con la disminución de la precipitación hacia el este, el bosque se torna más abierto, primero en forma de bosquetes en el ecotono bosque-estepa y, finalmente, con individuos aislados en la estepa (46).

Esta especie se desarrolla en una amplia diversidad de suelos (e.g., depósitos glaciales, aluviales, andesita, pumita) con texturas que varían desde franco arenosas hasta arcillosas (13, 14, 26). Investigaciones previas evidenciaron importantes diferencias en las propiedades físicas del suelo en función del material original (25, 26), pero es escasa la información sobre las condiciones químicas. Estudios sobre la economía de nutrientes en especies arbóreas de la región andino patagónica evidenciaron que

el ciprés tiene gran capacidad de conservación de nutrientes, con bajos requerimientos de nitrógeno, fósforo y potasio y altos requerimientos de calcio (12, 32).

La fertilidad del suelo se relaciona con el material originario, la profundidad efectiva y el clima, pudiendo ser determinante en la productividad potencial de un sitio. En los suelos profundos el bosque es más denso y alcanza alturas de hasta 30 m, mientras que en suelos pedregosos y someros el bosque es más abierto y de menor altura (8). Los rodales de *A. chilensis* con valores máximos de área basal y altura dominante se asocian a suelos desarrollados a partir de materiales volcánicos o aluviales (28).

Por otra parte, la fertilidad química del suelo puede estar relacionada con la aparición y desarrollo de enfermedades forestales. En el caso de *A. chilensis* su población se ve afectada por una enfermedad conocida como "mal del ciprés", cuya causa biótica es una especie del género *Phytophthora* (*Phytophthora austrocedrae* Gresl. y EM. Hansen), recientemente descripta (19, 20). Según los últimos registros, esta enfermedad se encuentra en plena expansión, afectando una importante superficie de bosque (21). Si bien podría existir una relación entre la fertilidad química y el desarrollo de esta enfermedad, al igual que lo reportado en otros lugares para diversas afecciones forestales (24, 40), este aspecto nunca ha sido considerado.

Existen muy pocos estudios que caractericen la fertilidad edáfica en bosques de *A. chilensis*. Este trabajo intenta contribuir al conocimiento sobre dicho aspecto, teniendo como objetivo caracterizar algunos parámetros químicos de suelos desarrollados bajo diferentes materiales originarios en los cuales habitan bosques puros y densos de la especie.

### **Hipótesis**

El horizonte superficial de los suelos bajo bosque de *A. chilensis* desarrollados a partir de depósitos piroclásticos presenta mayor fertilidad química que aquellos originados a partir de otros materiales.

### **Predicción**

Mayores contenidos de materia orgánica, nitrógeno y bases de intercambio en los horizontes A de suelos desarrollados a partir de depósitos piroclásticos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El área de estudio se centró en el Valle 16 de Octubre, provincia del Chubut, Argentina (42° 48' a 43° 10' S y 71° 23' a 71° 43' O), ubicado entre el límite con Chile al oeste y la localidad de Trevelin al este, y en un sector del Parque Nacional Los Alerces. Se seleccionaron cinco sitios, correspondientes a bosques puros y densos de *A. chilensis*. Los sitios se ubicaron en un gradiente de precipitación, abarcando un rango desde 690 mm hasta 1.600 mm, e incluyeron distintas geomorfologías y suelos desarrollados sobre diferentes materiales originarios (26) (tabla 1, pág. 188).

**Tabla 1.** Características climáticas, geomórficas y edáficas de los sitios de muestreo.  
**Table 1.** Climatic, geomorphic and edaphic features of the samplings sites.

Sitio	Material originario	Precipitación (mm)	Geomorfología	Clasificación de suelos
Nant y Fall	Depósito glacifluvial	690	Planicie glacifluvial	Humic Udivitrand, Endoaquert, Vertic Endoaquoll
Los Rifleros	Ceniza volcánica sobre depósito glacifluvial	888	Planicie glacifluvial	Aquic Hapludoll, Típic Hapludoll, Típic Vitraquand, Andic Argiudoll, Aquic Udivitrand, Andic Hapludoll, Aquic Hapludand
Los Cipreses	Ceniza volcánica sobre andesita	1.105	Ladera de montaña	Andic Hapludoll, Aquic Hapludoll, Lithic Udivitrand, Humic Udivitrand
Río Grande	Depósito aluvial con aporte de ceniza volcánica	1.200	Planicie de inundación y ladera de montaña	Humic Udivitrand, Aquic Hapludand, Andic Hapludoll, Aquandic Endoaquoll, Fluvic Hapludoll
Lago Futalaufquen	Pumita	1.600	Ladera de montaña	Humic Udivitrand

Extraída y modificada de La Manna (26)

En cada sitio se seleccionaron entre tres y seis parcelas de 200 m<sup>2</sup>. En cada parcela se tomó una muestra compuesta del horizonte A del suelo, mediante un muestreo sistemático (38). Las muestras fueron secadas al aire y tamizadas por malla de 2 mm. Se realizaron las siguientes determinaciones analíticas: materia orgánica por el método de ignición (MO) (9), nitrógeno (N) por el método Kjeldahl (4), fósforo disponible (P) (3), azufre (S) (2), bases de intercambio: calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y sodio (Na) (39), capacidad de intercambio catiónico (CIC) (37), pH actual (1:1) y pH en fluoruro de sodio (pH NaF) (1:50). El pH NaF se utilizó como indicador de la presencia de alófanos (22).

Las variables químicas del suelo fueron comparadas según los distintos sitios. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) de un factor y posterior comparación de medias de Bonferroni (35, 43). Los supuestos del ANOVA fueron evaluados con las pruebas de Levene y Kolmogorov Smirnov (42). Aquellas variables que no cumplieron los supuestos del ANOVA fueron analizadas mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y contrastes de a pares mediante la prueba de Comparación de Rangos Medios (36). Para llevar a cabo el análisis de los datos, los programas estadísticos utilizados fueron SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) para Windows versión 11.5 y Statistix versión 8.1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los valores de referencia que se consideran para el área de estudio, no se detectaron problemas de deficiencia de nutrientes. Sin embargo, se observaron variaciones en función del material original, de la granulometría del material volcánico y de las precipitaciones. En la mayoría de los suelos analizados en bosques de *A. chilensis* del área de estudio se detectó la presencia de alófono. Esto se evidenció a partir de los valores de pH NaF superiores a 9,2. Sólo en Nant y Fall, cuyos suelos son de origen glaciario, se registraron valores inferiores a 9,2 (figuras 1a, 1b) (22).

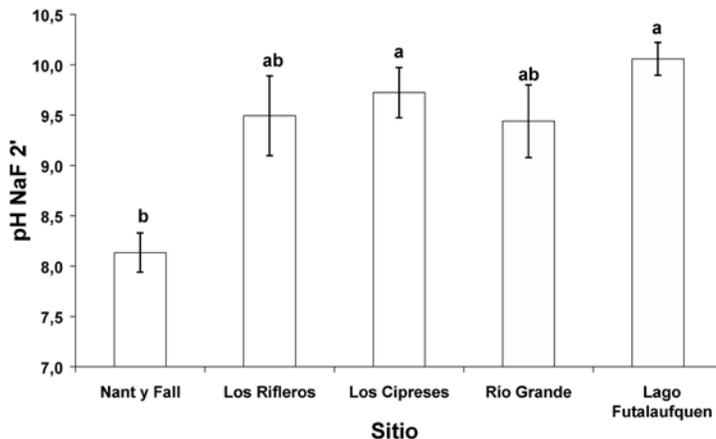


Figura 1a

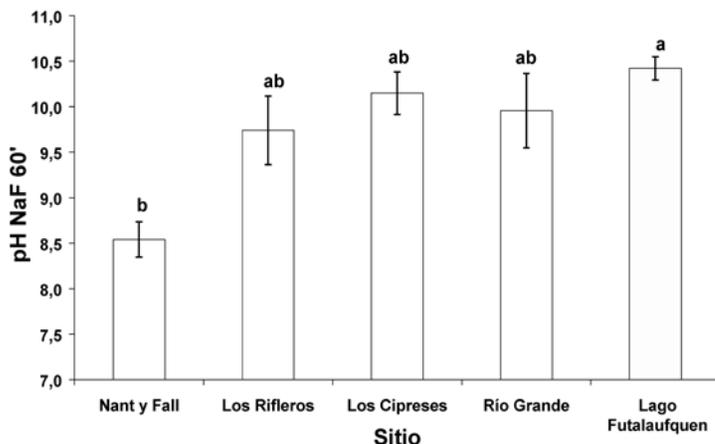


Figura 1b

Letras distintas indican diferencias significativas entre los sitios de muestreo ( $p < 0,05$ ).

Different letters indicate significant differences between sampling sites ( $p < 0.05$ ).

Referencias: ■ bajo, ■ medio, ■ alto, ■ muy alto, de acuerdo con los parámetros utilizados para suelos de la región (Laboratorio de Suelos, CIEFAP - UNPSJB).

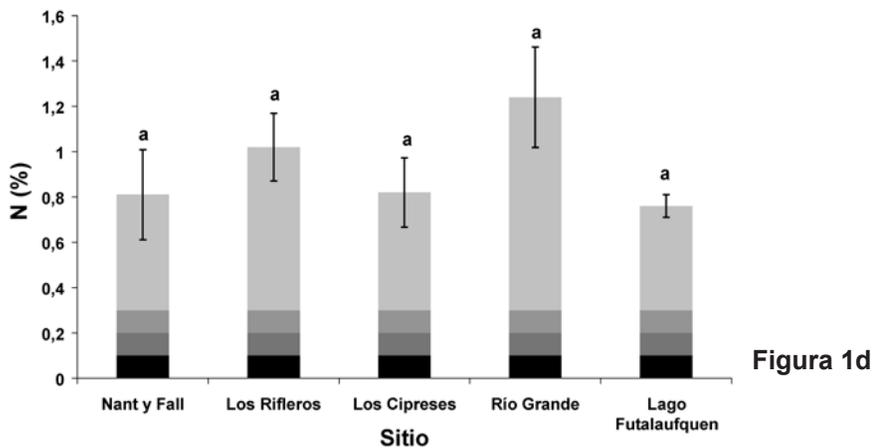
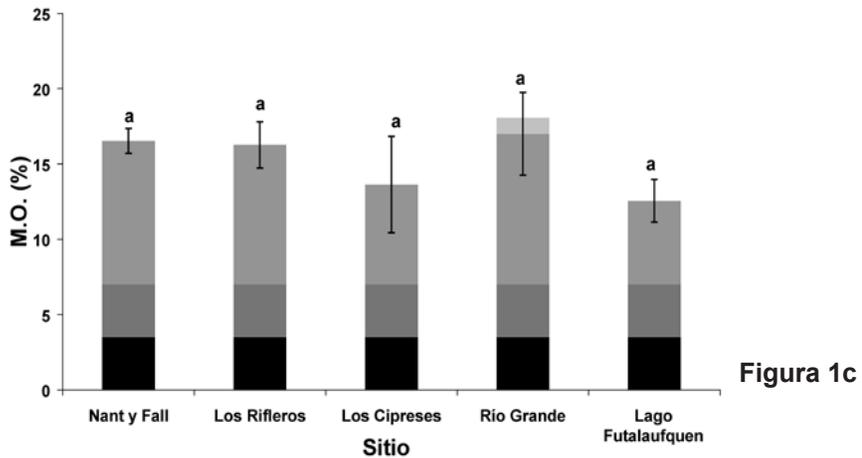
References: ■ low, ■ medium, ■ high, ■ highest, according to reference values for the Patagonian Andean region (Laboratory of Soils, CIEFAP - UNPSJB).

**Figura 1.** Valores medios  $\pm 1$  error estándar de las variables químicas del horizonte A en sitios con bosque denso de *A. chilensis*.

**Figure 1.** Mean and standard error of chemical soil properties of the A horizon in *A. chilensis* forests.

Todos los suelos presentaron altos contenidos de MO (figura 1c) y N (figura 1d) y no hubo diferencias significativas entre los distintos materiales originarios. Los suelos volcánicos suelen tener altos contenidos de materia orgánica dado que se forman complejos con la MO que favorecen su acumulación con enlaces muy estables atribuidos a la alta superficie específica del material volcánico y carga variable, que retardan la biodegradación y permiten una mayor conservación de la MO en los suelos (33, 47).

La relación C/N fue aproximadamente 20 para los suelos de ceniza volcánica (tabla 2, pág. 191), lo cual sugiere que existe un equilibrio entre la mineralización y la inmovilización. Similares valores fueron reportados en la región y estaría asociado a la gran estabilidad del complejo alófano-ácidos fúlvicos (32, 33). En estos suelos el ritmo de mineralización y humificación estaría dominado por el material originario, es decir por la ceniza volcánica (33).

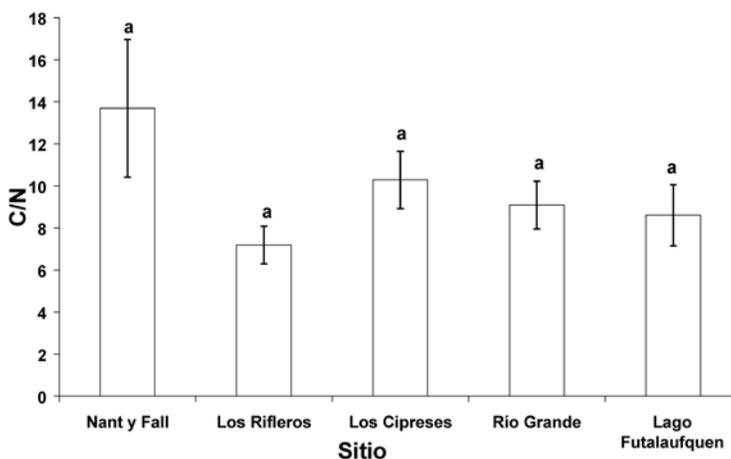


**Tabla 2.** Valores medios y error estándar de las propiedades químicas del horizonte A en bosques de *A. chilensis*.

**Table 2.** Mean and standard error of chemical soil properties of the A horizon in *A. chilensis* forests.

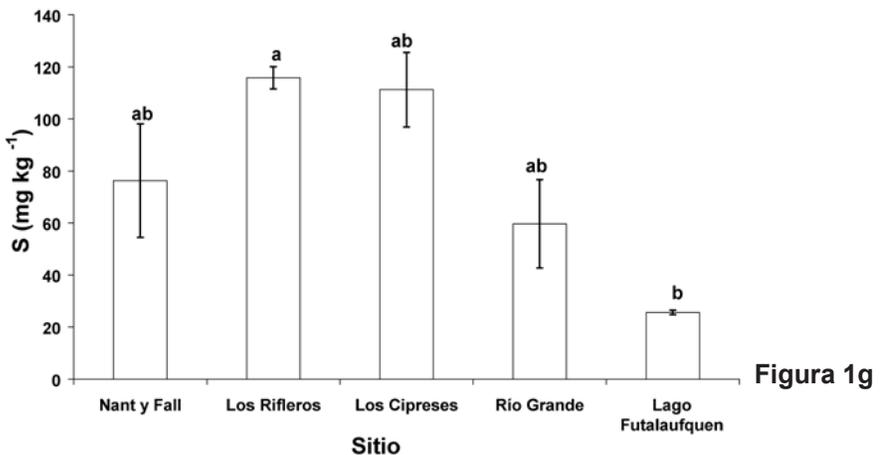
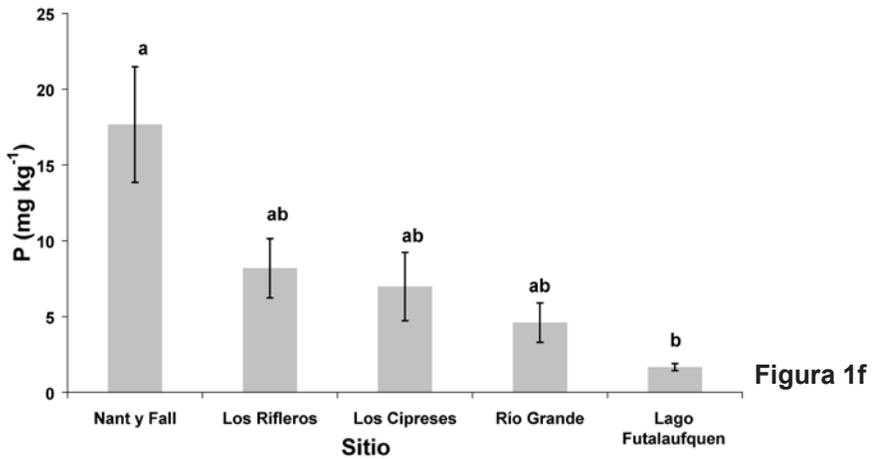
Variabes químicas	Suelos glaciarios	Suelos ceniza volcánica	Suelos pumita	Nivel de significancia
pH NaF 2'	8,13 ± 0,19 <sup>b</sup>	9,55 ± 0,19 <sup>a</sup>	10,06 ± 0,16 <sup>a</sup>	0,004
pH NaF 60'	8,54 ± 0,19 <sup>b</sup>	9,94 ± 0,19 <sup>a</sup>	10,42 ± 0,18 <sup>a</sup>	0,006
Materia orgánica (%)	16,53 ± 0,82 <sup>a</sup>	15,98 ± 1,47 <sup>a</sup>	12,55 ± 2,00 <sup>a</sup>	0,373
Nitrógeno (%)	0,37 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,46 ± 0,05 <sup>a</sup>	0,25 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,276
Relación C/N	27,08 ± 5,60 <sup>a</sup>	19,51 ± 1,30 <sup>a</sup>	27,34 ± 8,68 <sup>a</sup>	0,380
Fósforo mg kg <sup>-1</sup>	18,1 ± 3,70 <sup>a</sup>	6,59 ± 1,07 <sup>b</sup>	1,64 ± 0,29 <sup>b</sup>	0,004
Azufre mg kg <sup>-1</sup>	76,28 ± 21,78 <sup>a</sup>	108,93 ± 5,57 <sup>a</sup>	63,28 ± 6,47 <sup>a</sup>	0,243
pH actual	6,57 ± 0,25 <sup>a</sup>	5,91 ± 0,06 <sup>a</sup>	5,92 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,057
Calcio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	23,63 ± 2,65 <sup>a</sup>	15,68 ± 1,11 <sup>b</sup>	6,33 ± 2,05 <sup>b</sup>	0,002
Potasio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1,50 ± 0,11 <sup>a</sup>	0,71 ± 0,08 <sup>b</sup>	0,31 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,001
Magnesio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	9,25 ± 0,99 <sup>a</sup>	6,07 ± 0,39 <sup>b</sup>	3,92 ± 1,30 <sup>b</sup>	0,004
Sodio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,92 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,70 ± 0,05 <sup>b</sup>	0,61 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,024
Suma de Bases (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	35,30 ± 2,68 <sup>a</sup>	23,17 ± 1,41 <sup>b</sup>	11,18 ± 2,90 <sup>b</sup>	0,001
Sat. Bases (%)	20,22 ± 3,71 <sup>a</sup>	14,72 ± 1,14 <sup>a</sup>	9,99 ± 2,75 <sup>a</sup>	0,113
CIC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	194,46 ± 24,02 <sup>a</sup>	166 ± 11,31 <sup>ab</sup>	114,73 ± 13,81 <sup>b</sup>	0,055

Los suelos de pumita y los suelos glaciarios presentaron valores superiores de relación C/N, con un promedio de 27, sin diferenciarse significativamente de los suelos de ceniza volcánica (figura 1e y tabla 2).



**Figura 1e**

Otra de las características de los suelos volcánicos es la retención de P disponible, causada por el Al amorfo activo asociado tanto a fracciones minerales (alófono) como orgánicas (complejo humus-Al) (47). Estos coloides son anfóteros dado que no poseen cargas permanentes sino que dependen del pH del medio teniendo la capacidad de adsorber tanto cationes como aniones (7). Los Andisoles se caracterizan por presentar una capacidad de retención de P mayor al 85% (41). Si bien en todos los suelos analizados se obtuvieron valores bajos de P disponible, en los suelos volcánicos los valores fueron mínimos variando entre 2 y 8 mg kg<sup>-1</sup> (figura 1f). Si bien el S se presenta también en forma aniónica en el suelo, no existieron diferencias entre los distintos materiales originales. Esto estaría asociado a la menor facilidad de retención del SO<sub>4</sub><sup>=</sup> respecto del anión H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> (figura 1g) (7, 17).



No hubo diferencias significativas entre los suelos derivados de cenizas volcánicas y los suelos de pumita. Sin embargo, los valores de Ca, K, Mg, P, S, N, MO, CIC, suma de bases y saturación de bases tendieron a ser menores en los últimos.

Según los valores de referencia utilizados en la región por el Laboratorio de Suelos del Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (CIEFAP – UNPSJB), en los suelos de pumita se observaron valores bajos de Ca y de K siendo de  $6,33 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  y de  $0,31 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , respectivamente (figuras 1h, 1i). En los suelos de ceniza volcánica los valores Ca fueron medios, oscilando entre 13 y  $17 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (figura 1h).

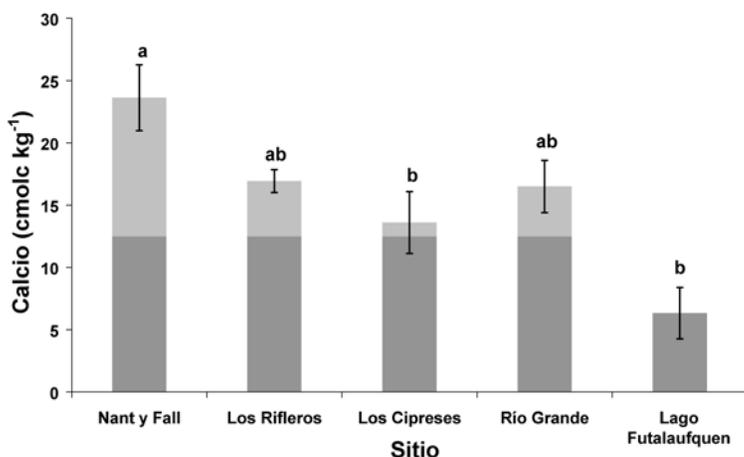


Figura 1h

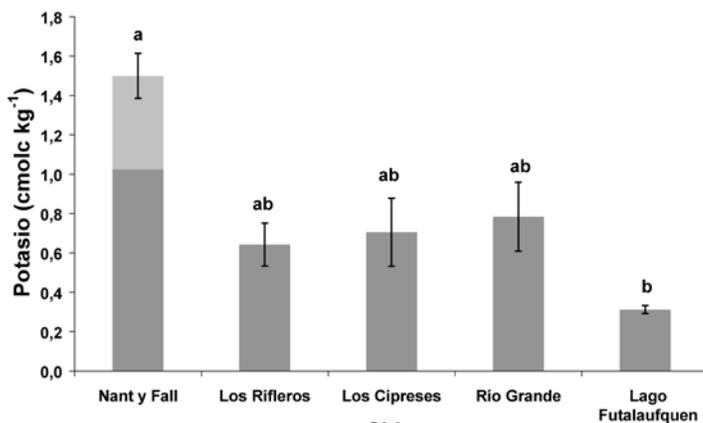


Figura 1i

Los valores de Mg fueron altos tanto en los suelos de ceniza como en los de pumita (figura 1j). Los valores de Na fueron bajos en los suelos mencionados, evidenciando que no hay problemas de sodicidad (figura 1k).

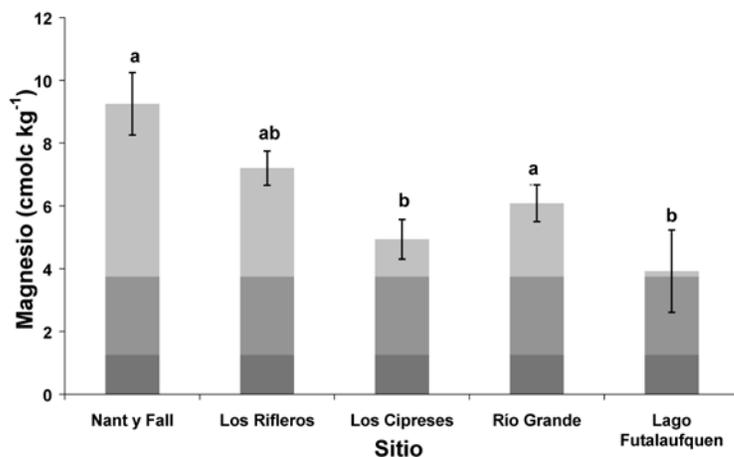


Figura 1j

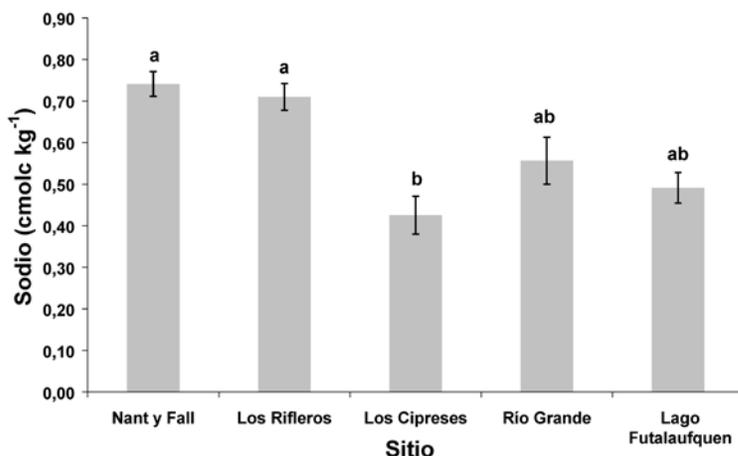


Figura 1k

La suma de bases de intercambio varió entre 19,62 y 25,67 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> en los suelos de ceniza volcánica y fue de 11,18 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> en los suelos de pumita (figura 1l, pág. 195). La saturación de bases en los suelos de ceniza osciló entre 13,24 y 15,91% y en los suelos de pumita fue del 10% (figura 1m, pág. 195).

Los suelos de pumita poseen una particularidad, a diferencia de los otros suelos de la región: el material tiene su origen en depósitos volcánicos de un tamaño superior a 2 mm, mayor al de la ceniza.

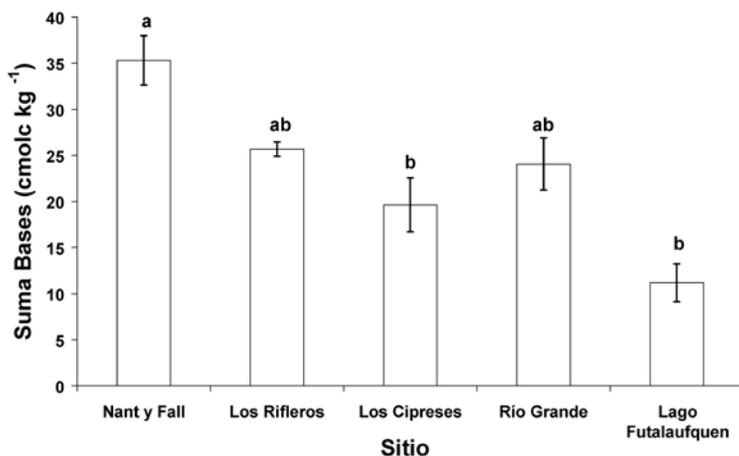


Figura 1l

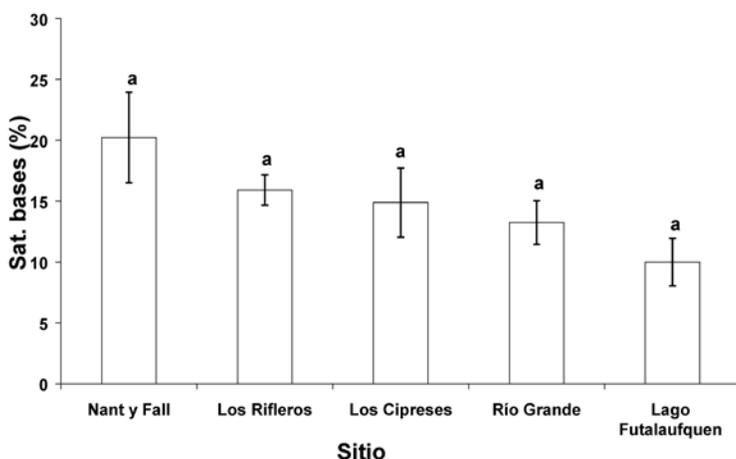


Figura 1m

Esta variación estaría influenciada por las características de las erupciones volcánicas: cuanto más violentas, el material grueso (como la pumita) se produce en mayor porcentaje y es expelido a mayor distancia; en cambio, cuando prevalece la calma, se originan cenizas volcánicas finas formando sedimentos homogéneos (23). La granulometría de los depósitos también está condicionada por la distancia a los volcanes, siendo más probable encontrar material grueso al oeste, en cercanías de los conos eruptivos (44). Esta diferencia genética determina una menor superficie específica para la pumita, respecto de la ceniza. A su vez, en este sitio las precipitaciones son superiores con respecto a los de ceniza lo que promueve una mayor lixiviación de las bases (tabla 1, pág. 188). Por otra parte, la textura gruesa en estos suelos disminuye la presencia de partículas alofánicas activas y de complejos húmicos, lo cual se refleja en los valores inferiores de CIC obtenidos correspondiendo a  $115 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , mientras que en los suelos de ceniza los valores de CIC fueron en promedio  $166 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (tabla 2, pág. 191).

Donde el material originario predominante es glaciario (Nant y Fall), los suelos son de texturas arcillosas, ricos en montmorillonita y presentan características vérticas (27). Las diferencias en el material originario se reflejaron en los mínimos valores de pH NaF y máximos valores de cationes, CIC, P, pH actual y saturación de bases, mostrando características muy contrastantes con los suelos volcánicos (tabla 2, pág. 191). Los contenidos de Ca y K fueron medios siendo de  $23,62 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  y de  $1,49 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  respectivamente (figuras 1h, 1i, pág. 193). Los valores de Mg fueron altos correspondiendo a  $9,25 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (figura 1j, pág. 194) y se registraron bajos valores de Na (figura 1k, pág. 194). Las distintas bases de intercambio y la suma de bases fueron significativamente mayores respecto de los suelos volcánicos, tanto de ceniza como de pumita (tabla 2). Si bien no se registraron diferencias significativas en el pH actual del suelo, los valores de pH tendieron a ser mayores en los suelos glaciarios, con un valor medio de 6,57 (figura 1n).

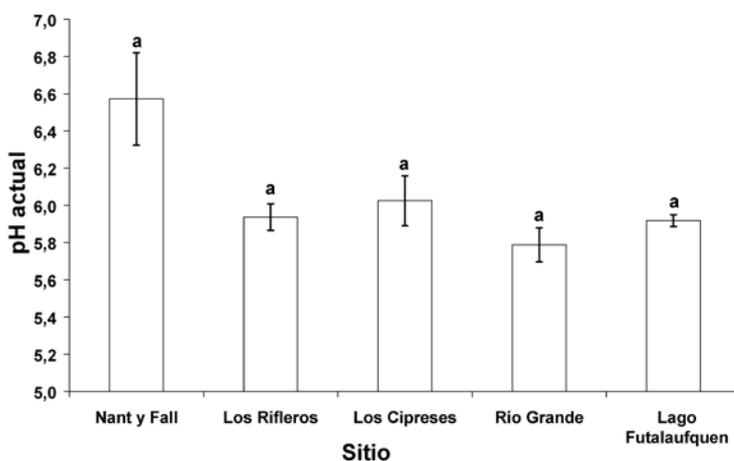


Figura 1n

Estos resultados podrían relacionarse no sólo con las características intrínsecas del material sino también con las menores precipitaciones registradas en este sitio (tabla 1, pág. 188), lo cual sugiere un menor lavado de bases (45).

En lo que respecta a la CIC se obtuvieron altos valores cuyo promedio fue de  $194 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , lo cual estaría atribuido a la textura arcillosa, principalmente a la presencia de montmorillonita que posee una importante sustitución isomórfica y superficie específica (18), y al elevado contenido de MO. La CIC fue incluso significativamente mayor a la registrada en los suelos de pumita (figura 1ñ, pág 197).

Los valores de P fueron superiores en los suelos glaciarios, con un promedio  $18 \text{ mg kg}^{-1}$ , donde no se evidenció la presencia de alófono, y por lo tanto el suelo no tiene capacidad de retener aniones (tabla 2, pág. 191).

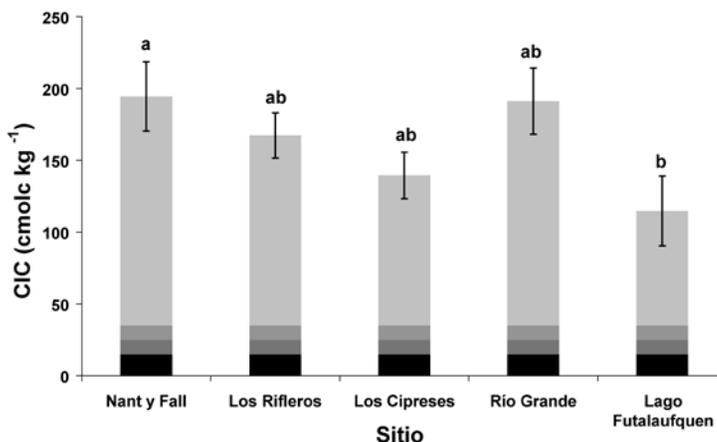


Figura 1ñ

Si bien se podría presuponer que los suelos volcánicos son más fértiles que los suelos no volcánicos en cuanto a sus características químicas (6), en este estudio no hubo evidencias al respecto. Los suelos glaciarios resultaron altamente fértiles desde el punto de vista químico, con altos valores de materia orgánica y nutrientes. Esto podría estar asociado a la edad de los suelos y a la diferencia mineralógica de las arcillas (alófono vs montmorillonita). Sin embargo, los suelos derivados a partir de depósitos glaciarios presentan una baja fertilidad física. Estudios anteriores realizados en esta área han evidenciado grandes diferencias en la fertilidad física del suelo en función del material original (28). Si bien la fertilidad química está asociada al establecimiento y crecimiento de los bosques, parecería que en estos suelos la fertilidad física tiene mayor influencia sobre el crecimiento de los árboles.

En los suelos derivados de depósitos glaciarios las propiedades físicas constituyen una limitante para el desarrollo de los bosques. Estos suelos poseen texturas arcillosas y en profundidad alcanzan contenidos de arcillas superiores al 70%, siendo un impedimento para el enraizamiento, de manera que los sistemas radicales crecen superficialmente, manifestando una baja profundidad efectiva (26). Asimismo presentan estructuras cuneiformes, baja macroporosidad y anegamiento a escasa profundidad, que determinan una deficiente permeabilidad y aireación en el suelo, afectando el estado sanitario de esta especie (27). En estos suelos los rodales evidencian un escaso crecimiento, con predominio de árboles de diámetro a 1,30 m de altura (DAP) menor a 15 cm, con valores bajos de área basal y altura dominante (28).

Por el contrario, los suelos volcánicos analizados en este estudio presentan una alta fertilidad física atribuida principalmente a la presencia de alófono. Estos suelos son profundos, bien drenados con baja densidad aparente y poseen una alta retención hídrica que favorece la provisión de agua en la época de sequía. En los sitios Los Rifleros, Los Cipreses y Lago Futralaufquen predominan árboles de 5 a 35 cm de diámetro, con valores intermedios de área basal y altura dominante (28). En Río Grande, cuyos suelos son aluviales con aporte de ceniza, y aledaños a cursos de agua, se desarrollan bosques de *A. chilensis* con los máximos valores de diámetro, área basal y altura dominante (28).

## CONCLUSIONES

Los suelos derivados de ceniza volcánica son de gran importancia para el desarrollo de los bosques y poseen propiedades particulares y únicas. No obstante, las principales características parecieran no centrarse en la fertilidad química del horizonte superficial. Los valores de MO y N fueron muy similares en todos los suelos analizados. Los suelos de ceniza tendieron a presentar en general valores intermedios en las propiedades químicas, y las diferencias con los suelos de pumita estuvieron determinadas por la diferente granulometría.

Asimismo, los suelos desarrollados a partir de depósitos glaciarios, que registran las menores precipitaciones, tendieron a presentar los mayores contenidos de bases de intercambio, CIC y P, difiriendo notablemente de los suelos volcánicos. De esta manera, no existieron evidencias para validar la hipótesis planteada respecto de que los suelos desarrollados a partir de depósitos piroclásticos presentan mayor fertilidad química que los suelos desarrollados a partir de otros materiales originales.

Los datos presentados permiten contar con valores de referencia de las principales propiedades químicas de los suelos en que se desarrollan los bosques de *A. chilensis* en la región oeste de la Provincia del Chubut.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Apcarian, A.; Irisarri, J. 1993. Caracterización mineralógica de suelos desarrollados sobre cenizas volcánicas en las provincias de Neuquén y Río Negro (República Argentina). Actas II Jornadas de Vulcanología, Medio ambiente y Defensa Civil. Zapala, Neuquén. 23 p.
2. Bardsley, C.; Lancaster, J. 1965. Sulphur. In: Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy, Inc., Publisher. Madison. Wisconsin. USA. 1102-1116 p.
3. Bray, R.; Kurtz, L. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59: 39-45.
4. Bremner, J. 1960. Determination of Nitrogen in soil by the Kjeldahl method. J. Agr. Sci. 55: 1-23.
5. Colmet Dâage, F.; Marcolin, A.; López, C.; Lanciotti, M.; Ayesa, J.; Bran, D.; Andenmaten, E.; Broquen, P.; Girardin, J.; Cortés, G.; Irisarri, J.; Besoain, E.; Sadzawka, A.; Sepúlveda, G.; Massaro, S.; Millot, G.; Bouleau, P. 1988. Características de los suelos derivados de cenizas volcánicas de la cordillera y precordillera del Norte de la Patagonia. Bariloche. Convenio INTA - ORSTOM. San Carlos de Bariloche, Río Negro. 167 p.
6. \_\_\_\_\_; Lanciotti, M.; Marcolin, A. 1995. Importancia Forestal de los suelos volcánicos de la Patagonia Norte y Central. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Bariloche. 28 p. J. Agr. Sci. 55: 1-23.
7. Conti, M. 2000. Principios de Edafología, con énfasis en suelos argentinos. 2da ed. Editorial Facultad de Agronomía, Buenos Aires. 430 p.
8. Correa, M. 1998. Flora Patagónica. Parte I. Colección Científica del INTA, Buenos Aires. 398 p.
9. Davies, B. 1974. Loss-on ignition as an estimate of soil organic matter. Soil Sci. Proc. 38, 150.
10. Dezzotti, A.; Sancholuz, L. 1991. Los bosques de *Austrocedrus chilensis* en Argentina: ubicación, estructura y crecimiento. Bosque. Chile. 12(2): 43-52.

11. Díaz-Vaz, J. 1985. *Austrocedrus chilensis*. Descripción anatómica. Bosque 6(1): 49-50.
12. Diehl, P. 2005. Indicadores de conservación de nitrógeno y fósforo en especies arbóreas de la Región Andino Patagónica. Tesis doctoral de la Universidad Nacional del Comahue. Bariloche. 213 p.
13. Donoso, C. 1982. Reseña ecológica de los bosques mediterráneos de Chile. Bosque 4: 117-146.
14. \_\_\_\_\_. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. Editorial Universitaria, Santiago de Chile, Chile. 484 p.
15. Etchevehere, P. 1972. Los suelos de la Región Andino-Patagónica. En: Dimitri, M. (Ed.). La Región de los bosques Andino Patagónicos, Sinopsis general. Colección Científica del INTA, Buenos Aires. 83-95 p.
16. Ferrer, J. 1981. Geografía y propiedades de los suelos de la Patagonia. Relatorio. Actas Primeras Jornadas de Suelos de Patagonia. Neuquén y San Carlos de Bariloche.
17. Fieldes, M.; Perrot, K. 1966. The nature of allophane in soils. III. Rapid field and laboratory test for allophane. New Zealand. J. Sci. 9: 623-629.
18. Foth, H. 1985. Fundamentos de la ciencia del suelo. Ed. Continental S.A. México. 433 p.
19. Greslebin, A.; Hansen, E. 2007. La causa del "mal del ciprés". Patagonia Forestal 13(1): 5-8.
20. \_\_\_\_\_.; Hansen, E.; Sutton, W. 2007. *Phytophthora austrocedrae* sp. nov., a new species associated with *Austrocedrus chilensis* mortality in Patagonia (Argentina). Mycological Research 11 (3): 308-316.
21. Havrylenko, M.; Rosso, P.; Fontela, S. 1989. *Austrocedrus chilensis*: contribución al estudio de su mortalidad en Argentina. Bosque 10: 29-36.
22. Irisarri, J. 2000. La propuesta de reclasificación de los Andepts de Argentina, de acuerdo al Orden Andisoles. Workshop Soil Taxonomy. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, AICET, Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, 18-27 p.
23. \_\_\_\_\_.; Mendía, J. 1997. Relaciones suelo-paisaje en la evaluación de la potencialidad forestal de la Región Central Andino Patagónica, Argentina. Bosque 18(1): 21-30.
24. Jung, T.; Blaschke, H.; Oßwald, W. 2000. Involvement of soilborne *Phytophthora* species in Central European oak decline and the effect of site factors on the disease. Plant Pathology 49: 706-718.
25. La Manna, L. 2004. La declinación de los bosques de *Austrocedrus chilensis*: relación entre el "mal del ciprés" y el sitio. Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires. 291 p.
26. \_\_\_\_\_. 2005. Caracterización de los suelos bajo bosque de *Austrocedrus chilensis* a través de un gradiente climático y topográfico en Chubut, Argentina. Bosque 26: 137-153.
27. \_\_\_\_\_.; Buduba, C.; Irisarri, J.; Valenzuela, F. 2004. Vertisoles en los bosques de *Austrocedrus chilensis*. Revista Científica Agropecuaria. 8(1): 73-78.
28. \_\_\_\_\_.; Bava, J.; Collantes, M.; Rajchenberg, M. 2006. Características estructurales de los bosques de *Austrocedrus chilensis* afectados por "mal del ciprés" en Patagonia, Argentina. Bosque 27: 135-145.
29. Laya, H. 1977. Edafogénesis y paleosuelos de la formación típica Río Pireco (Holoceno). Revista de la Asociación Geológica Argentina 32(1): 6-23.
30. Loguercio, G.; Burschel, P.; Rey, M. 1999. El bosque de Ciprés de la Cordillera: su conservación y uso. Esquel: Centro Forestal CIEFAP. Folleto de divulgación 14, 22 p.
31. López, C. 1996. La carta de suelos en apoyo a la evaluación del potencial forestal de las tierras de la Región Andino Patagónica norte. En: Moscatelli, G.; Panigatti, J.; Di Giacomo, R. (Eds.). Utilización de la cartografía para el uso sustentable de las tierras. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires. 78-91 p.

32. Mazzarino, M. 2005. Indicadores de Economía de Nutrientes y fertilidad de los suelos en Bosques de Ciprés. Actas I Reunión sobre ecología, conservación y uso de los bosques de Ciprés de la Cordillera. Centro de Investigación y Extensión forestal Andino Patagónico (CIEFAP). Esquel Chubut Argentina. 29-33 p.
33. Mussini, E.; Crespo, G.; Bianco, H. 1984. Evolución de la materia orgánica de la Provincia del Neuquén. Ciencia del Suelo 2: 53-60.
34. Pastorino, M.; Fariña, M.; Bran, D.; Gallo, L. 2006. Extremos geográficos de la distribución natural de *Austrocedrus chilensis* (Cupressaceae). Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 41: 307-311.
35. Plá, L. 1986. Análisis multivariado: método de Componentes Principales. Serie de matemática, número 27. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington D. C.
36. Ramsey, F.; Schafer, D. 1997. The Statistical Sleuth: a course in methods of data analysis. Duxbury Press, Belmont, USA. 742 p.
37. Richter, M.; Conti, M.; Maccarini, G. 1982. Mejoras en la determinación de cationes intercambiables y capacidad de intercambio catiónico en los suelos. Rev. Fac. de Agronomía 3(2): 145-155.
38. Roberts, T.; Henry, J. 2000. El muestreo de suelos: los beneficios de un buen trabajo. Informaciones Agrónomicas del Cono Sur. INPOFOS 8: 7-10.
39. Schollenber, C.; Simon, R. 1945. Determination of exchange capacity and exchangeable bases in soil - ammonium acetate method. Soil Sci. 59: 13-25.
40. Simpfendorfer, S.; Harden, T. 2000. Effect of calcium on the growth and virulence of *Phytophthora clandestine*. Australian Journal of Experimental Agriculture 40: 47-52.
41. Soil Survey Staff. 1999. Keys to soil taxonomy. 9<sup>a</sup>. USDA-NRCS. US. Gov. Print Office, Whashington D. C.
42. Sokal, R.; Rohlf, F. 1999. Introducción a la Bioestadística. Editorial Reverté, México D. C. 362 p.
43. Steel, R.; Torrie, J.; Dickey, D. 1997. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. 3<sup>rd</sup> edition. McGraw - Hill, Inc. USA. 666 p.
44. Strahler, A. 1992. Geografía Física. Ediciones Omega. Barcelona, España. 629 p.
45. Thompson, L.; Troeh, F. 1988. Los suelos y su fertilidad. Editorial Reverté. Barcelona, España. 649 p.
46. Veblen, T.; Kitzberger, T.; Burns, B.; Rebertus, A. 1996. Perturbaciones y dinámica de regeneración en bosques andinos del sur de Chile y Argentina. Chile. 169-197 p.
47. Wada, K. 1985. The distinctive properties of Andosols. Advances in Soil Science 2: 173-229.

### Agradecimiento

A la Ing. Agr. María Virginia Alonso por su guía y asistencia en el Laboratorio de Suelos CIEFAP-UNPSJB.