



Universidad Austral de Chile
Facultad de Ciencias
Escuela de Ciencias

PROFESOR PATROCINANTE
ROBERTO GODOY BORQUEZ
INSTITUTO DE BOTANICA
FACULTAD DE CIENCIAS

**MINERALIZACION DE NITROGENO EN BOSQUES SIEMPREVERDES DE
LA CORDILLERA DE LOS ANDES, SUR DE CHILE**

Tesis de Grado presentada como
parte de los requisitos para optar al
**Grado de Licenciado en Ciencias
Biológicas.**

LEONARDO JORGE ALMONACID MUÑOZ
VALDIVIA-CHILE
2006

*A mi familia y a la parte
más importante de ésta, Mi madre.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Roberto Godoy, por su ayuda y apoyo en la realización de este trabajo y en todo a lo que concierne a la formación como científico.

Agradezco a la Mg. Mónica Barrientes por su ayuda y apoyo, especialmente en el trabajo de laboratorio, parte vital de este trabajo.

Agradezco al proyecto Fondecyt N° 1050313 por el financiamiento de mi tesis.

Agradezco el apoyo de mi familia, especialmente el de mi madre.

INDICE DE CONTENIDOS

1. RESUMEN	1
1.1.SUMMARY	2
2. INTRODUCCIÓN	3
3. MATERIAL Y METODOS	7
3.1. Caracterización del área de estudio	8
3.2. Caracterización parcelas experimentales	9
3.3. Aporte de hojarasca	14
3.4. Estimación y fraccionamiento de mantillo	14
3.5. Ensayo de mineralización	15
3.6. Variables microclimáticas	17
3.7. Análisis estadísticos	18
4. RESULTADOS	19
4.1. Hojarasca	19
4.2. Mantillo	23
4.3. Variables microclimáticas	25
4.4. Mineralización	27
5. DISCUSION	31
6. LITERATURA CITADA	37
7. ANEXOS	44

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Área de estudio comuna de Panguipulli, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.	7
Figura 2A.	Vista aérea microcuenca con bosque siempreverde prístino, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.	10
Figura 2B.	Vista aérea microcuenca con bosque siempreverde alterado, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.	10
Figura 3A.	Aporte mensual de hojarasca en bosque siempreverde prístino, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.	20
Figura 3B.	Aporte mensual de hojarasca en bosque siempreverde alterado, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.	20
Figura 4A.	Aporte estacional de hojarasca en bosque siempreverde prístino, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.	21
Figura 4B.	Aporte estacional de hojarasca en bosque siempreverde alterado, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.	21
Figura 5.	Contenido de Nitrógeno, Fósforo, Ca, Na y Mg en la hojarasca de bosques siempreverdes, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.	22
Figura 6A.	Contribución de mantillo bosque siempreverde prístino, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.	24
Figura 6B.	Contribución de mantillo bosque siempreverde alterado, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.	24
Figura 7.	Precipitación mensual del área de estudio en las microcuencas boscosas, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.	26

Figura 8.	Temperatura mensual del suelo, en las microcuencas boscosas, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.	26
Figura 9A.	Montos de amonificación, nitrificación y mineralización neta, en muestras de suelo incubada <i>in situ</i> en bosque siempreverde pristino, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.	29
Figura 9B.	Montos de amonificación, nitrificación y mineralización neta, en muestras de suelo incubada <i>in situ</i> en bosque siempreverde alterado, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.	29
Figura 10A.	Montos estacionales de amonificación, nitrificación y mineralización neta, en muestras de suelo incubada <i>in situ</i> , para el bosque siempreverde pristino, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.	30
Figura 10B.	Montos estacionales de amonificación, nitrificación y mineralización neta, en muestras de suelo incubada <i>in situ</i> , para el bosque siempreverde alterado, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.	30

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición y estructura de bosques siempreverde pristino, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.	11
Tabla 2. Composición y estructura de bosques siempreverde alterado, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.	11
Tabla 3. Caracterización química del perfil de suelo en bosques siempreverde pristino, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.	13
Tabla 4. Caracterización química del perfil de suelo en bosques siempreverde alterado, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.	13

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 APORTES DE HOJARASCA BOSQUES SIEMPREVERDES PRÍSTINO Y ALTERADO.	44
Tabla 5. Aporte de hojarasca bosque siempreverde prístino, Cordillera de los Andes, X Región Chile.	45
Tabla 6. Aporte de hojarasca bosque siempreverde alterado, Cordillera de los Andes, X Región Chile.	45
ANEXO 2 MONTOS DE MANTILLO BOSQUES SIEMPREVERDES PRÍSTINO Y ALTERADO.	46
Tabla 7. Monto total de mantillo bosque siempreverde prístino.	47
Tabla 8. Monto total de mantillo bosque siempreverde alterado.	47
ANEXO 3 MINERALIZACIÓN BOSQUE SIEMPREVERDE PRÍSTINO Y ALTERADO.	48
Tabla 9. Bosque siempreverde prístino control	49
Tabla 10. Bosque siempreverde prístino cilindro	51
Tabla 11. Bosque siempreverde alterado control	53
Tabla 12. Bosque siempreverde alterado cilindro	55
Tabla 13. Amonificación neta, nitrificación neta y mineralización neta bosque siempreverde prístino.	57
Tabla 14. Amonificación neta, nitrificación neta y mineralización neta bosque siempreverde alterado.	58

1. RESUMEN

En los bosques templados de Chile libres de contaminación antropogénica, los aportes de nitrógeno vía atmosférica son mínimos, por lo que las principales fuentes de nitrógeno para los ciclos biogeoquímicos ocurren vía fijación biológica y aportes desde la materia orgánica. Se postula que para una zona edafoclimática de la precordillera andina, en suelos de origen volcánico con bosques siempreverdes se presentan diferencias en la N-min, atribuido fundamentalmente a los montos de los aportes de hojarasca y mantillo (cuali-cuantitativo), como producto de los cambios en composición y estructura del rodal, resultante de intervenciones antrópicas selectivas. El objetivo del estudio es establecer el comportamiento mensual, estacional y anual de la mineralización de nitrógeno, como resultante de los aportes de hojarasca y mantillo, para 2 siempreverdes (prístino y alterado). Con el fin de cuantificar los aportes de hojarasca, mantillo y N-min, se realizó un monitoreo continuo durante un período anual, desde agosto de 2005 hasta julio de 2006. Los resultados de aportes de hojarasca son de 3,88 y 4,70 $\text{ton ha}^{-1} \text{año}^{-1}$, los montos mantillo alcanzaron 17,09 y 14,89 ton ha^{-1} , para el bosque siempreverde prístino y alterado, respectivamente. La mineralización neta alcanzó 8,0 y 0,7 $\text{kg ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ ss, para el bosque prístino y alterado, respectivamente. El bosque siempreverde prístino presentó un menor aporte de hojarasca comparado con el bosque alterado, sin embargo mostró una mayor cantidad de mantillo, lo que sería el factor determinante para los elevados montos de N-min en el ecosistema boscoso prístino, en comparación con el alterado.

1.1. SUMMARY

The absence of antropogénic contamination in the temperate forest ecosystems of Chile is characteristic and the nitrogen atmospheric contributions is low, reason why the main nitrogen sources for the biogeochemistry cycles happen via biological fixation and contributions from the organic matter. It is postulated that for a soils climatic zone of the Andean mountain Range, in grounds of volcanic origin whit evergreen forests fundamentally appear differences in the N-min, attributed to the amounts of the contributions of leaf litter and organic layer (cuali-quantitative), like product of the changes in composition and structure of the forest, resultant of human selective interventions. The objective of the study is to establish the monthly, seasonal and annual behavior of the mineralization of nitrogen, as resulting of the contributions of leaf litter and organic layer, for 2 evergreen forest (pristine and altered). With the purpose of quantifying the contributions of leaf litter, organic layer and N-min, a continuous measurements was made during an annual period, from August of 2005 to July of 2006. The results of litterfall are 4.70 and 3.88 $\text{ton ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$, and the organic layer is 14.89 and 17.09 ton ha^{-1} , for the pristine and altered forest siempreverde, respectively. The net mineralization reached 8.0 and 0.7 $\text{kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ss, for the pristine and altered forest, respectively. The evergreen pristine forest presented a smaller contribution of litterfall compared with the altered forest, nevertheless showed a greater amount of organic layer, is putative determining factor for the high amounts of N-min in the pristine wooded ecosystem, in comparison with the altered.

2. INTRODUCCION

Los bosques templados de Chile en particular en áreas remotas en la Cordillera de los Andes, ofrecen un escenario único para el estudio de los ciclos biogeoquímicos, debido a su condición libre de contaminación ambiental (Pérez *et al.*, 2003).

Estos ecosistemas se desarrollan bajo condiciones restrictivas de nutrientes, como fósforo y nitrógeno, macroelementos esenciales para los seres vivos, ya que son constituyentes de aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos, entre otros compuestos secundarios de las plantas (Steubing *et al.*, 2002).

El ingreso de elementos a este tipo de ecosistema ocurre principalmente a través de la atmósfera, vía depositación húmeda y seca, por meteorización del basamento rocoso y por fijación biológica, para de esta forma contribuir a los ciclos biogeoquímicos (Hedin & Hetherington, 1996).

La depositación húmeda se presenta de dos formas, como agua de precipitación que transporta elementos disueltos en ella y como depositación oculta, que corresponde a entradas de elementos a través de la neblina, la cual adquiere una especial relevancia en bosques de alta montaña (Wheathers *et al.*, 2000). La depositación seca, se refiere al transporte de gases a través de la atmósfera por las corrientes de aire, la que constituye una porción importante de la depositación atmosférica, especialmente en los bosques de la depresión intermedia de Chile (Oyarzún *et al.*, 2002). Sin embargo, bosques libres de contaminación antropogénica, como lo son los bosques Chilenos, que no se encuentran afectados por altos niveles de depositación de nitrógeno atmosférico, como es característico de los bosques de Europa y Norte América (Lovett & Lindberg, 2003), los aportes de nitrógeno inorgánico ($\text{N-NO}_3^- + \text{N-NH}_4^+$) por depositación húmeda y seca son mínimos.

En estudios realizados en la Cordillera de los Andes en un bosque de *Nothofagus pumilio* se han registrando $3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Godoy *et al.*, 1999) y en la Cordillera de la Costa montos inferiores a $1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Hedin *et al.*, 1995, Oyarzún *et al.*, 1995), debido a que la química de la precipitación del sur de Chile, es una de las más limpias del mundo (Weathers & Likens, 1997).

En consecuencia, en los ecosistemas boscosos del Sur de Chile, donde las entradas de nitrógeno inorgánico vía atmosférica son de las mas bajas del mundo (Galloway *et al.* 1996; Weathers & Likens, 1997; Weathers *et al.*, 2000), el crecimiento vegetal y la actividad de procesos microbiológicos dependen primariamente del ciclo interno del nitrógeno, de la descomposición de la materia orgánica depositada en el suelo, proceso que es afectado por variables bióticas y químicas como la relación C/N y variables microclimáticas como la temperatura, precipitaciones y pH (Waring & Schlesinger, 1985).

Los compuestos orgánicos nitrogenados de la hojarasca y materia orgánica del suelo en general pueden ser utilizados, por la biota sólo después del proceso de mineralización, el cual es indispensable para generar la disponibilidad de nutrientes, aún cuando es conocido que los hongos micorrízicos, constituyen un factor relevante en los ecosistemas y pueden acceder a formas nitrogenadas orgánicas (Smith & Read, 1997).

La mineralización de nitrógeno que corresponde a la conversión biótica de nitrógeno orgánico a inorgánico principalmente NH_4^+ y NO_3^- (Persson *et al.*, 2000) es un proceso clave en ciclo interno de los ecosistemas boscosos, ya que la mayoría del N del suelo disponible para las plantas es derivado desde la mineralización microbiológica del N contenido en la materia orgánica del suelo y detritus (Raison *et al.*, 1986). Este proceso es llevado a cabo por el edafón del sitio, entre los que destacan bacterias y hongos.

El proceso de mineralización es regulado por varios factores, la interacción entre estos factores determinan la velocidad de la descomposición de la materia orgánica y la posterior mineralización.

La temperatura va a afectar directamente a los microorganismos responsables de la descomposición de la materia orgánica y del proceso de mineralización, la temperatura óptima para estos microorganismos varia entre los 25 y 35 °C, con una base de 5°C (Ortega & Mardonez, 2003). El pH del suelo afecta la descomposicion de la materia orgánica, debido a que, este proceso es inhibido en suelos fuertemente ácidos (Henry & Boyd, 1988). Por último el contenido de humedad en el suelo, crea un ambiente pobre en oxígeno, alterando la actividad microbiana.

En cuanto a los factores bióticos y químicos que afectan la mineralización del nitrógeno, destaca la relación C/N de la materia orgánica del suelo, ya que la relación C/N regula la descomposición de la materia orgánica y por ende, el proceso de mineralización.

Hipótesis

Para una zona edafoclimática de la precordillera andina, en suelos de origen volcánico con bosques siempreverdes se presentan diferencias en la N-min, atribuido fundamentalmente a los montos de los aportes de hojarasca y mantillo, como producto de los cambios en composición y estructura del rodal, resultante de intervenciones antrópicas selectivas.

Objetivo general

Establecer los montos mensuales, estacionales y anuales de la mineralización de nitrógeno, como resultante de los aportes de hojarasca y mantillo, para 2 bosques siempreverdes de composición y estructuras distintas, bosque prístino y alterado resultante de intervenciones antrópicas selectivas, en la Cordillera de los Andes, X Región de Chile.

Objetivos específicos

1. Estimar los aportes de hojarasca en forma mensual para 2 bosques siempreverdes de composición y estructura distinta, para un periodo anual.
2. Determinar el monto total y fraccionamiento de mantillo en los 2 bosques siempreverdes en estudio, bosque prístino y alterado en la Cordillera de los Andes.
3. Cuantificar las variables microclimáticas en forma mensual (precipitación y T° suelo) en las parcelas experimentales de bosques siempreverdes, con el fin de caracterizar el sitio y determinar su influencia en los procesos de N-min en el ecosistema.
4. Determinar los montos mensuales, estacionales y anuales de N-min *in situ* en 2 bosques siempreverdes prístino y alterado de distinta composición y estructura, como producto de intervenciones antrópicas selectivas, en la Cordillera de los Andes, Sur de Chile.
5. Comparar el N-min con variables de aportes de hojarasca y condiciones microclimáticas del área de estudio para el bosque prístino y alterado en estudio.

3. MATERIAL Y METODOS

El área de estudio corresponde al predio San Pablo de Tregua propiedad de la Universidad Austral de Chile, ubicado en el sector precordillerano la comuna de Panguipulli provincia de Valdivia ($39^{\circ} 35' S - 72^{\circ} 04' O$), (Figura 1).



Figura 1: Área de estudio del Predio San Pablo de Tregua, comuna de Panguipulli, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.

3.1. Caracterización del área de estudio

El clima es del tipo templado lluvioso de montaña y presenta una temperatura media anual de 11°C y una precipitación que fluctúa entre los 4000 y 5000 mm al año. En cuanto a las condiciones estacionales, el sector presenta veranos cortos y secos con una temperatura media máxima del aire de 20 °C en febrero, mientras que durante el invierno se presenta una abundante humedad y una temperatura media del aire de 5 °C en agosto, e incluso eventos de nieve.

El terreno del predio es de tipo montañoso, con topografía compleja aunque también presenta terrenos planos. El suelo del sector es originado de ceniza volcánica, es un suelo profundo, que presenta una buena infiltración, buen drenaje y una buena capacidad de retención de agua, la textura es franco-limoso a franco-arenoso, con un pH ácido o moderadamente ácido. En este perfil de suelo se distinguen dos estratos: El primero corresponde a ceniza 50-120 cm de espesor, el otro es material pumicitico, también de origen volcánico que esta sobre lava andesíticas, basálticas y sedimentos fluvo-glaciales.

El predio esta constituido florísticamente en un 89 % por bosque adulto con especies como, *Nothofagus dombeyi*, *Laureliopsis philippiana* *Saxegothaea conspicua* y *Podocarpus nubigena*, además de bosques de altura de *Nothofagus dombeyi*-*Nothofagus pumilio*, en un 7 % por renovales, principalmente de *Nothofagus alpina* y *Nothofagus obliqua* y en un 2 % por matorral pradera, en la que crece principalmente *Chusquea culeu* y finalmente en un 2 % por plantaciones nativas y exóticas de *Nothofagus alpina* y *Pseudotsuga menziessi*, respectivamente.

3.2. Caracterización de las parcelas experimentales

La microcuenca del bosque siempreverde prístino tiene un tamaño de 73,2 ha está ubicado a 850 m s.n.m , en el bosque prístino se delimitó una parcela experimental de 1000 m², en la que se instalaron los instrumentos para el estudio (Figura 2A).Las especies arbóreas dominantes son *L. philippiana* en todas las clases diamétricas hasta los 70 cm, presentando una distribución diamétrica de tipo J inversa lo que refleja una continua regeneración, *S. conspicua* la que presenta individuos en las clases diamétricas superiores y carece en las clases inferiores, lo que indica que no se esta produciendo un proceso de regeneración, *D. diacanthoides* e individuos emergentes de *N. dombeyi*.

El bosque siempreverde alterado se incluye en una microcuenca de 5,01 ha, está ubicado a 700 m s.n.m con exposición Noreste, dentro de éste rodal se delimitó una parcela experimental de 1000 m² (Figura 2B) en la que se instalaron los instrumentos para el estudio. Las especies dominantes son *Laureliopsis philippiana* que presenta individuos de hasta 55 cm de dap, *S. conspicua*, que presenta individuos entre los 85 y 90 cm de dap, *D. diacanthoides* que presenta individuos sobre los 65 cm alcanzando hasta los 170 cm de dap y *Nothofagus dombeyi*, además de especies que no se encuentran presentes en el bosque prístino, como, *Myrceugenia planipes* con individuos en las clases diamétricas más pequeñas hasta los 25 cm de dap y *Amomyrtus luma*.

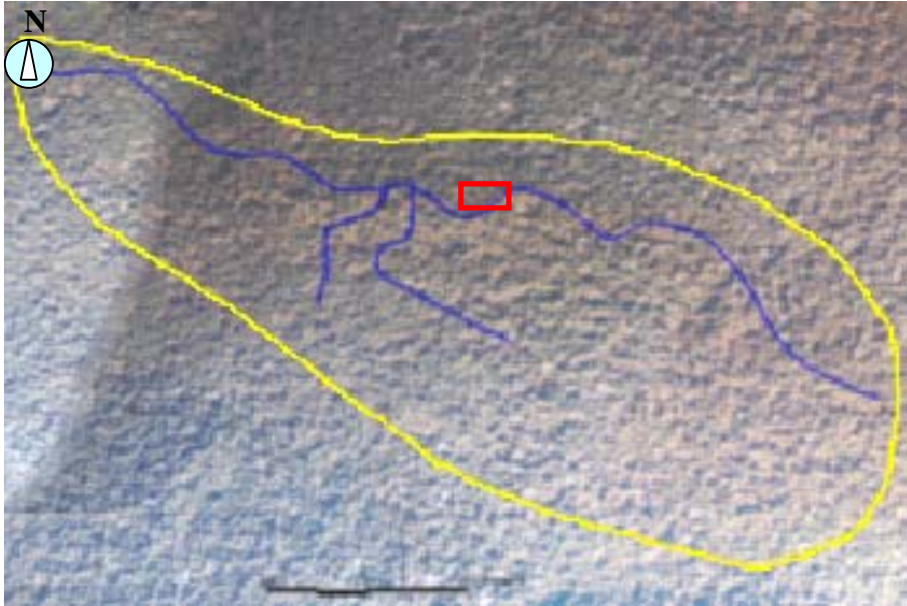



Figura 2 A: Vista aérea de la microcuenca y parcela experimental () bosque siempreverde prístino.

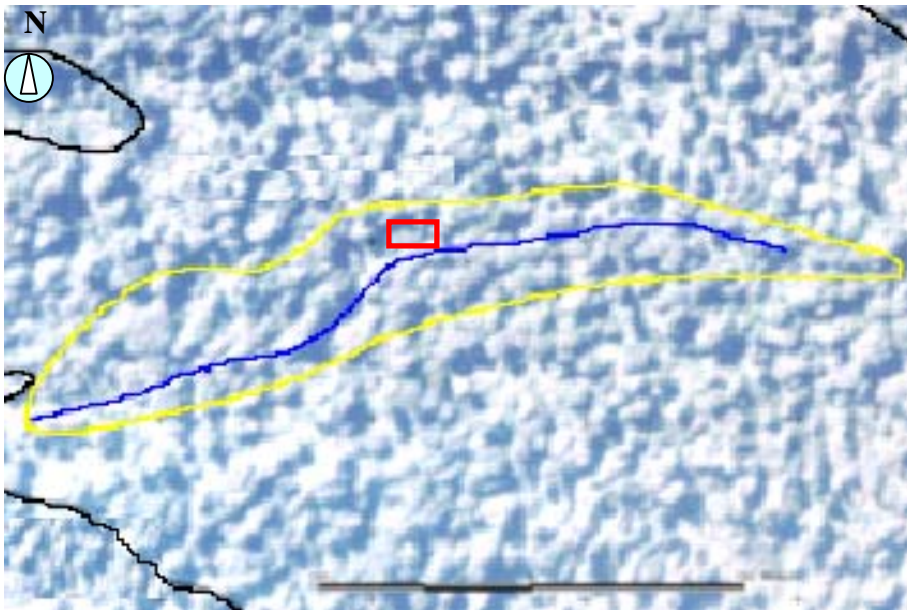



Figura 2 B: Vista aérea de la microcuenca y parcela experimental () bosque siempreverde alterado.

Tabla 1: Composición y estructura del bosque siempreverde prístino en el predio San Pablo de Tregua, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.

Especie	Densidad N° arb/ha	Área basal m²/ha	DCM (cm)	Altura media (m)
<i>Laurelia philippiana</i>	328	29,92	19,24	13,5
<i>Saxegothaea conspicua</i>	78	66,39	58,92	19,6
<i>Nothofagus dombeyi</i>	8	17,77	98,00	38,0
<i>Dasyphyllum diacanthoides</i>	5	0,07	7,60	8,4
Total	418	114,16	32,32	19,9

DCM: Diámetro cuadrático medio.

Tabla 2: Composición y estructura del bosque siempreverde alterado en el predio San Pablo de Tregua, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.

Especie	Densidad N° arb/ha	Área basal m²/ha	DCM (cm)	Altura media (m)
<i>Laurelia philippiana</i>	270	29,38	21,00	14,1
<i>Saxegothaea conspicua</i>	75	31,33	41,14	17,1
<i>Dasyphyllum diacanthoides</i>	43	25,96	49,75	21,9
<i>Nothofagus dombeyi</i>	8	0,03	4,23	6,2
<i>Myrceugenia planipes</i>	495	11,68	9,78	9,5
<i>Amomyrtus luma</i>	10	0,04	4,23	6,2
Total	900	98,42	20,90	12,6

DCM: Diámetro cuadrático medio.

(Según Donoso, P., comunicación personal).

El suelo del bosque siempreverde prístino presenta un pH al agua de 4,7 – 5,4 en los 0-20 y 20-40 cm de profundidad, respectivamente, mientras que su pH en KCl es levemente mas bajo, 4,5 y 4,9 a los 0-20 y 20-40 cm de profundidad, respectivamente. Para las muestras de suelo de los 0-20 y 20-40 cm de profundidad, respectivamente. El carbono total (Ct) alcanza un 11 y 8,9 %, el nitrógeno total (Nt) 1,75 y 0,68 %, la relación carbono nitrógeno (C/N) a diferencia de Ct y Nt aumenta al incrementarse la profundidad de 6,3 a 13,1, también se observa una baja cantidad de fósforo disponible 2,8 y 1,4 % que disminuye, a medida que aumenta la profundidad, debido a que aumenta su capacidad de fijación. Las concentraciones de cationes en general disminuyen a medida que se aumenta en profundidad, los valores son para Na 25-20, K 100-45, Ca 67-34 y Mg 29-14 mg kg⁻¹, para 0 – 20 y 20 – 40 cm de profundidad, respectivamente.

En el bosque siempreverde alterado se observan valores similares de pH en H₂O 4,8 - 5,2 y en KCl 4,6 - 4,8 a los 0 - 20 y 20 - 40 cm de profundidad, respectivamente. Para las muestras de suelo de los 0-20 y 20-40 cm de profundidad, respectivamente los valores de Ct son 10,6 - 9,6 %, Nt 0,91 - 0,87 % y la relación C/N 11,7 - 11,0. el fósforo disponible, alcanzó concentraciones de 3,0 - 2,3, mg kg⁻¹, Los cationes al igual que en bosque prístino disminuyen a medida que aumenta la profundidad, Na 18 – 14 , K 115 – 75 , Ca 218 – 129 y el Mg 42 – 26 mg kg⁻¹, respectivamente . En general las concentraciones de cationes en el suelo del bosque siempreverde alterado, son mayores que la del bosque prístino.

Tabla 3: Caracterización química del perfil de suelo en bosque siempreverde pristino, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.

Prof (cm)	pH H ₂ O	pH KCl	Ct (%)	Nt (%)	C/N	P (Olsen)	Na	K	Ca	Mg
							Acetato de amonio pH 4,8-DTPA ppm			
0-20	4,7	4,5	11	1,75	6,3	2,8	25	100	67	29
20-40	5,4	4,9	8,9	0,68	13,1	1,4	20	45	34	14

Tabla 4: Caracterización química del perfil de suelo en bosque siempreverde alterado, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.

Prof (cm)	pH H ₂ O	pH KCl	Ct (%)	Nt (%)	C/N	P (Olsen)	Na	K	Ca	Mg
							Acetato de amonio pH 4,8-DTPA ppm			
0-20	4,8	4,6	10,6	0,91	11,7	3	18	115	218	42
20-40	5,2	4,8	9,6	0,87	11	2,3	14	75	129	26

3.3. Aporte de hojarasca

Para la recolección de la hojarasca en cada una de las parcelas experimentales, se instalaron 12 colectores de 50 · 50 cm distribuidos en forma regular, el contenido de cada colector fue recolectado mensualmente y depositado en bolsas, para su posterior traslado al laboratorio de botánica. La hojarasca es secada en estufa con circulación de aire (60° C), hasta peso constante y luego es pesada para determinar la cantidad de biomasa que se expresa en $\text{kg ha}^{-1} \text{mes}^{-1}$ para cada una de las parcelas experimentales (Steubing *et al.*, 2002).

3.4. Estimación y fraccionamiento de mantillo

La recolección de mantillo se realizó mediante 4 subcuadrantes ubicados en los vértices de una superficie de 2 · 2 m, ubicados en forma regular a través de un transecto para el bosque prístino y el alterado respectivamente, con 24 repeticiones para cada parcela experimental.

Una vez el material en el laboratorio se seca en estufa con circulación de aire a 60° C hasta peso constante, para luego pesar cada una de las muestras. Después de pesar cada una de las muestras, con el fin de determinar un monto total por parcela experimental, se separó cada una de ellas en cuatro fracciones, la primera fracción denominada (Oa) corresponde a material leñoso, ramas y pequeños trozos de madera, la segunda (Ob) corresponde a material vegetal reconocible a simple vista como hojas enteras y musgos, la tercera fracción (Oc) esta compuesta por materiales en avanzado proceso de descomposición y la última fracción (Od) es humus donde ya no existe sustancias vegetales reconocibles (Schlatter *et al.*, 2003). Luego se pesa cada muestra de cada horizonte por separado con el fin de ser expresados los valores en ton ha^{-1} .

3.5. Ensayo de mineralización

Para el desarrollo del ensayo se instalaron 6 tubos de pvc, de 10 cm de largo, los cuales se depositaron en cada una de las parcelas. Los tubos se instalan en forma vertical, cubiertos de una tapa en su parte superior para evitar la lixiviación de los nutrientes a causa de las precipitaciones (Raison *et al.*, 1986). En forma simultánea, se obtiene una muestra compuesta de suelo 0-10 cm profundidad y de volumen equivalente, en un lugar próximo donde se encuentran los tubos y que corresponde al tiempo cero del periodo mensual incubado correspondiente, a utilizar en posteriores cálculos.

Después de un mes, se recolectan las muestras incubadas y la porción de suelo que se obtiene se deposita en bolsas de plástico, las que se sellan y rotulan para ser transportadas al laboratorio de botánica en cajas aislantes refrigeradas donde se procede a su análisis. Cada mes durante el estudio se repite este procedimiento.

Una vez en el laboratorio el suelo se tamiza, con un tamiz de 2 mm de diámetro, para eliminar restos de material vegetal, raíces, insectos, etc, que puedan alterar los resultados del análisis, y para obtener una muestra homogénea y representativa del período en estudio.

Paralelamente un volumen de 10 gr de suelo húmedo se deposita sobre papel de aluminio y se seca en estufa a 100 ° C, con el objeto de determinar su contenido de humedad para los cálculos posteriores.

Para realizar el análisis químico del N-inorgánico después del tamizado se depositan 30gr de suelo en recipientes de plástico y se mezclan con 60 mL de KCl (solución de extracción 0,1 N).

El recipiente se tapa herméticamente y se agita durante 60 minutos para lograr una muestra homogénea, una vez completado este proceso se deja decantar por 30 minutos y así lograr una

muestra del sobrenadante relativamente limpia, que se pueda filtrar sin problemas. Luego el contenido del recipiente se vierte en embudos con papel filtro, donde se filtra un mínimo de 20 mL de solución para la determinación de NH_4^+ y NO_3^- , respectivamente.

Una vez obtenido el filtrado se depositan 20 mL de solución en un balón de destilación, además se agrega una pequeña cantidad de óxido de magnesio, previamente secado a 500°C , el cual permitirá la determinación de NH_4^+ de la solución. Después se lleva a cabo una destilación simple, cuya solución final se recibe, hasta completar 60 mL en un vaso precipitado que contiene 10 mL de solución indicadora, la solución obtenida se titula con HCl 0,01N. Este procedimiento se realiza por triplicado para cada muestra de suelo y por período analizado.

Posterior a la determinación de amonio a la misma solución que se encuentra en el balón de destilación, y que ya paso por la determinación de amonio, se le agrega Devarda's alloy y se procede a realizar una nueva destilación igual a la anterior, cuando se obtienen los 60 mL del destilado se procede a su titulación con HCl 0,01 N. Este procedimiento se realiza por triplicado para cada muestra de suelo y por periodo analizado (Bremner, 1965).

Una vez obtenido el resultado de la titulación de las muestras de amonio nitrato, se procede a calcular la concentración de estas, en la alícuota, que corresponde a nuestra muestra de 20 mL obtenida del extracto del suelo.

$$C \text{ Alícuota} = \frac{V \text{ muestra} - V \text{ blanco} \times PM (14,01) \times N \text{ HCl} (0,01)}{V \text{ alícuota} (20 \text{ ml})}$$

V alícuota (20 ml)

V muestra: Corresponde al volumen de HCl utilizados en la titulación de las muestras.

V blanco: Corresponde a los mL de HCl utilizados en la titulación del blanco.

PM: Peso molecular del nitrógeno.

N: Normalidad del HCl utilizado para titular.

V alícuota: Volumen de muestra que se obtuvo del filtrado.

Una vez obtenido este valor para cada una de las muestras, se procede a calcular la concentración en el suelo.

$$C \text{ suelo} = \frac{C \text{ alícuota} (V \text{ KCl } 60 \text{ ml} + V \text{ humedad})}{M \text{ suelo seco}}$$

C alícuota: Corresponde al valor calculado anteriormente.

V KCl: Corresponde a la cantidad de KCl utilizado para la extracción de las muestras.

V humedad: Corresponde a la cantidad de humedad en ml de las muestras.

3.6. Medición de variables microclimáticas

La precipitación fue medida fuera del bosque con un pluviógrafo de registro continuo, mediante un data-logger.

La temperatura del suelo fue obtenida con un sensor data-logger enterrados entre 5 y 10 cm de profundidad, los valores reportados para el periodo mensual fueron calculados para obtener la media mensual.

3.7. Análisis estadísticos

Para comparar los montos anuales de aporte de hojarasca y mantillo entre el bosque siempreverde prístino y alterado se realizó un análisis de varianza con sus respectivas pruebas de normalidad y homocestividad.

Para los valores de amonificación neta, nitrificación neta y mineralización neta, se realizó un análisis de varianza para comprobar, si existía diferencia estadísticamente significativa entre los bosques en estudio.

4. RESULTADOS

4.1. Hojarasca

El bosque siempreverde prístino presenta un aporte de hojarasca de $3,88 \text{ ton ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, el cual es continuo durante el año de estudio (Fig.3A). Como es de esperar para un rodal siempreverde, donde durante todo el año se produce la caída de hojas desde el dosel. Sin embargo, los máximos aportes se concentran entre los meses de enero y abril con $2,75 \text{ ton ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ siendo un 70% del total anual (Fig.3A). Este máximo de aporte se atribuye como una respuesta fisiológica de las especies frente a condiciones edafoclimáticas características del periodo estival, como por ejemplo períodos de estrés hídricos, durante los meses de mayor temperatura donde la mayor caída de hojas podría ser una respuesta de las especies para evitar la pérdida de agua debido a la evapotranspiración. En cuanto al aporte estacional los mayores montos se presentan en la estación de verano, seguido de otoño (Fig.4A).

El bosque siempreverde alterado, presentó un aporte total anual de $4,70 \text{ ton ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Fig.3B). Si bien, también presentó un aporte continuo durante el estudio, este fue más homogéneo, durante los distintos meses y en mayor cantidad, en comparación con el bosque prístino, lo que puede ser atribuido a la diferencia que presentan ambos bosques, en estructura y composición, ya que el bosque prístino tiene una menor cobertura de copas y casi la mitad de número de árboles por hectárea que el bosque alterado, siendo este no un dato menor, si pensamos que un mayor número de árboles y cobertura de copas se traducen en un mayor aporte potencial de hojas.

Estacionalmente los valores de hojarasca son bastante similares entre las estaciones, sin embargo, con valores un poco más elevados durante las estaciones de primavera y verano (Fig.4B).

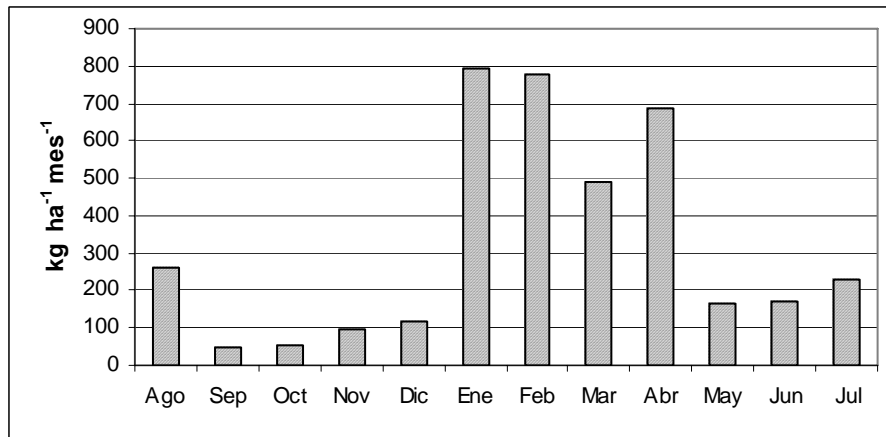


Figura 3 A: Aporte mensual de hojarasca bosque siempreverde pristino Cordillera de los Andes, X Región de Chile.

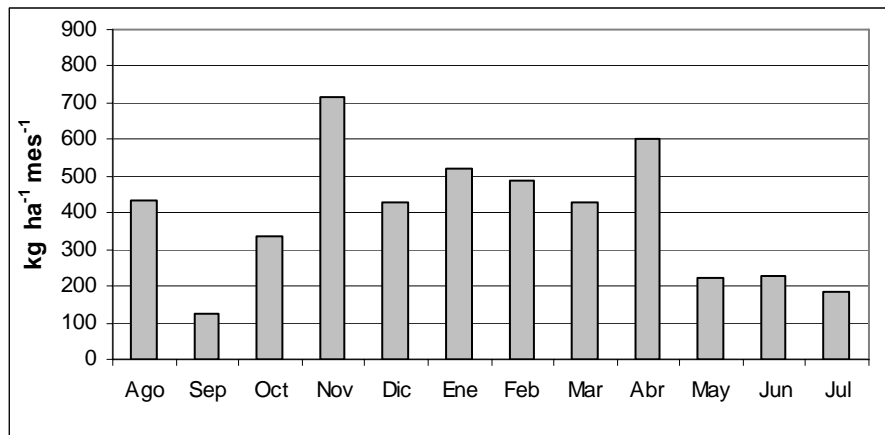


Figura 3 B: Aporte mensual de hojarasca bosque siempreverde alterado Cordillera de los Andes, X Región de Chile.

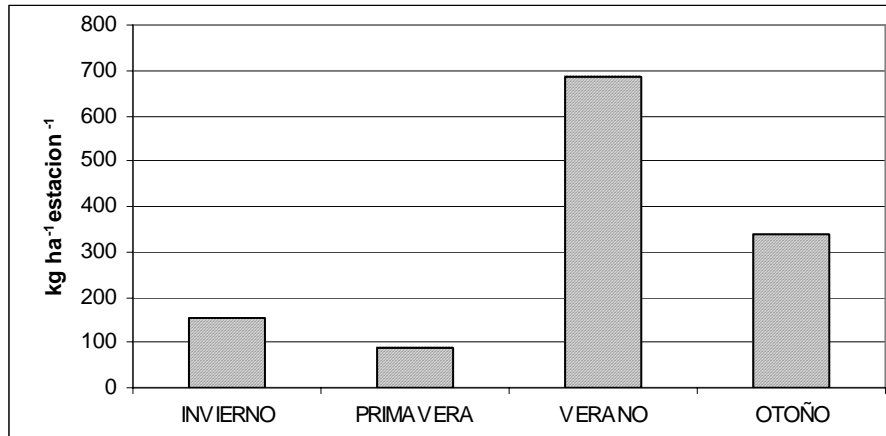


Figura 4 A: Aporte estacional de hojarasca bosques siempreverde pristino, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.

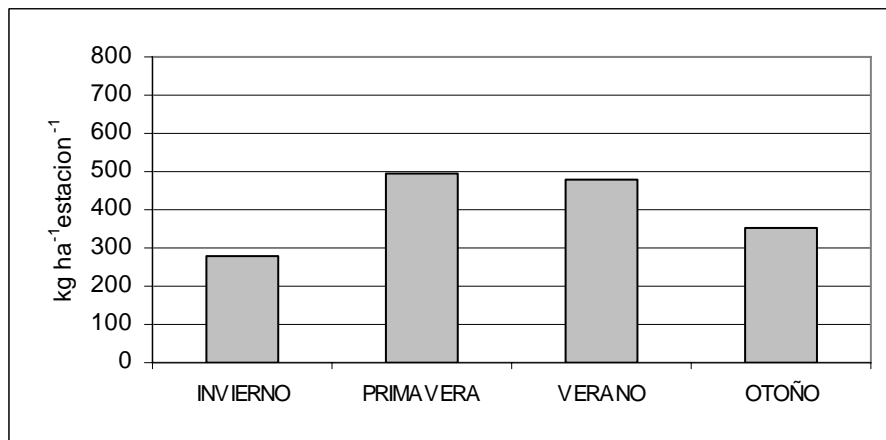


Figura 4 B: Aporte estacional de hojarasca bosques siempreverde alterado, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.

En base a estudios realizados por (Thibo, 2003) se realizaron extrapolaciones para el contenido de nutrientes N, P, y cationes K, Ca y Mg de la hojarasca en los bosques de estudio.

En la Figura 5, se indica la cantidad de nutrientes de la hojarasca del bosque siempreverde prístino y alterado, respectivamente.

Para el bosque siempreverde prístino se determino por extrapolación mayores montos de, nitrógeno, seguido por calcio, potasio, magnesio y fósforo los valores fueron 30,67 – 40,0 – 9,94 - 4,25 y 2,73 kg ha⁻¹ año⁻¹

Mientras que para el bosque siempreverde alterado presento una mayor cantidad de calcio, seguido por el nitrógeno, potasio, magnesio y fósforo, los valores fueron, 64,58 - 48,22 - 22,88 - 13,49 y 2,74 kg ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente.

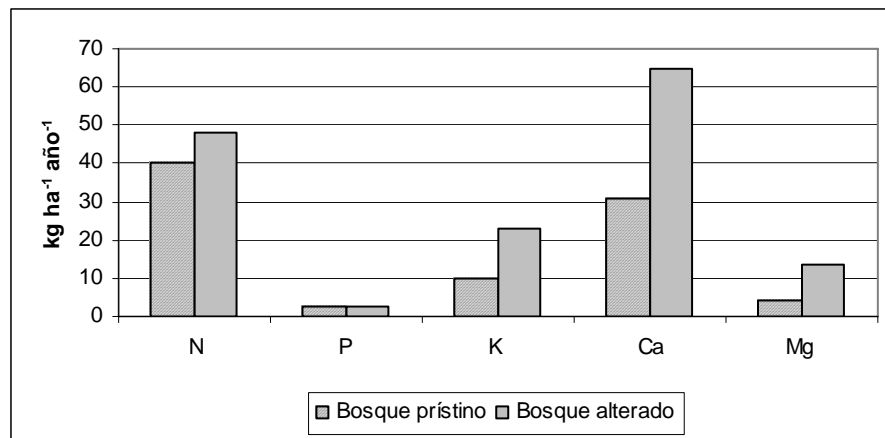


Figura 5: Contenido de, Nitrógeno, Fósforo, Ca, Na y Mg en la hojarasca de bosques siempreverdes, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.

4.2. Mantillo

El monto total de mantillo presente en el bosque siempreverde prístino, fue de 17,09 ton ha⁻¹, repartido en los distintos horizontes. El horizonte Oa presentó 7,51 ton ha⁻¹, mientras que el horizonte Ob 0,93 ton ha⁻¹, el horizonte Oc 5,48 ton ha⁻¹ y el horizonte Od 3,17 ton ha⁻¹ (Fig.6A).

El bosque prístino presentó un aporte total de 17,09 ton/ha, mientras que el alterado 14,89 ton/ha. Siendo el prístino mayor en 2,20 ton ha⁻¹ esta diferencia se debe principalmente al horizonte Oa que corresponde al material leñoso presente en el suelo del bosque.

El monto total de mantillo presente en el bosque siempreverde alterado, fue de 14,89 ton ha⁻¹, repartido en los distintos horizontes, el horizonte Oa presentó 4,93 ton ha⁻¹, mientras que el horizonte Ob 2,64 ton ha⁻¹, el horizonte Oc 3,79 ton ha⁻¹ y el horizonte Od 3,52 ton ha⁻¹ (Fig.6B).

La cantidad de mantillo que se acumula en cada bosque, es un 12% menor en el bosque siempreverde alterado que en el bosque siempreverde prístino, a pesar de que el bosque siempreverde alterado presenta un mayor aporte de hojarasca, esta diferencia se debe principalmente a la mayor cantidad de material en el horizonte Oa del bosque prístino.

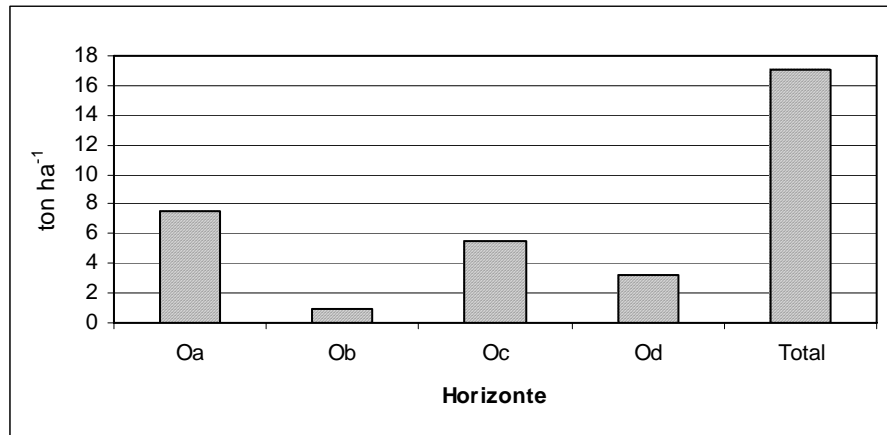


Figura 6A: Contribución de mantillo bosque siempreverde pristino Cordillera de los Andes, X Región de Chile.

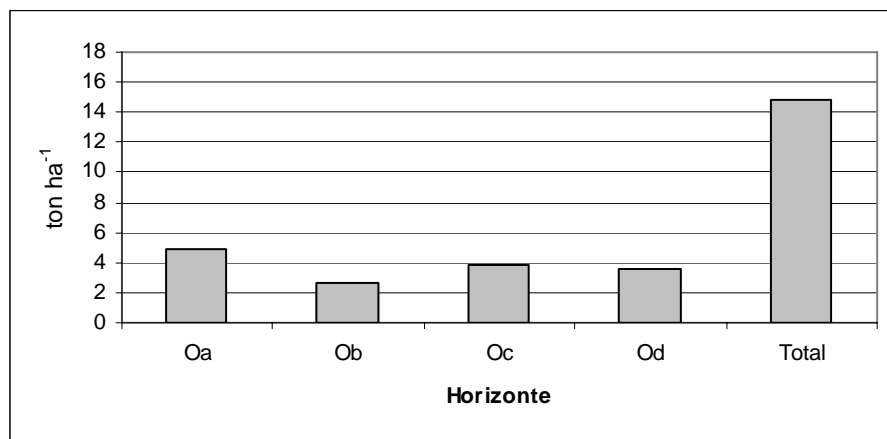


Figura 6B: Contribución de mantillo bosque siempreverde alterado Cordillera de los Andes, X Región de Chile.

4.3. Variables microclimáticas

La Figura 7, muestra los montos de precipitación mensual del área de estudio, la precipitación anual alcanzo los 5017 mm, la máxima precipitación se registro durante los meses de junio y julio, con 953 y 749 mm, respectivamente. Mientras que los valores mínimos se registraron durante los meses de febrero y octubre con 124 y 138 mm, respectivamente.

La Figura 8, muestra la temperatura mensual del área de estudio, la temperatura media anual fue de 8° C y presento un marcado comportamiento estacional, las temperaturas medias máximas se concentraron en enero y febrero con 10,6 y 10 °C, respectivamente, mientras que los valores mínimos se presentaron en septiembre y octubre, con 4,8 y 5,4 ° C, respectivamente.

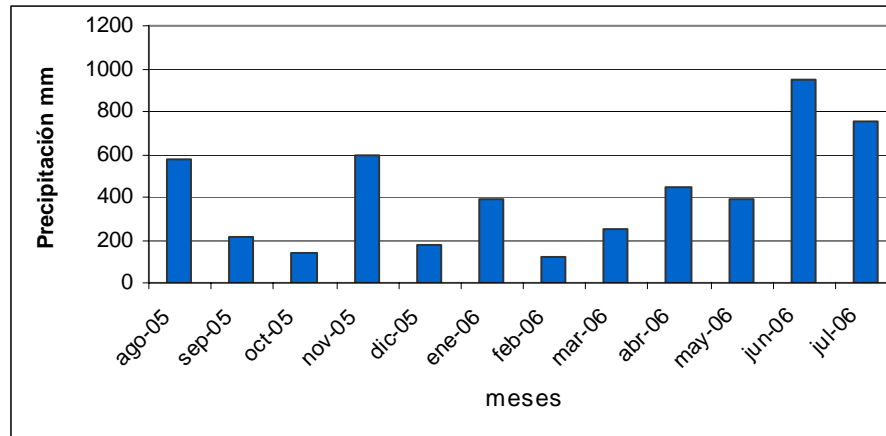


Figura 7: Precipitación mensual del área de estudio en las microcuencas boscosas, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.

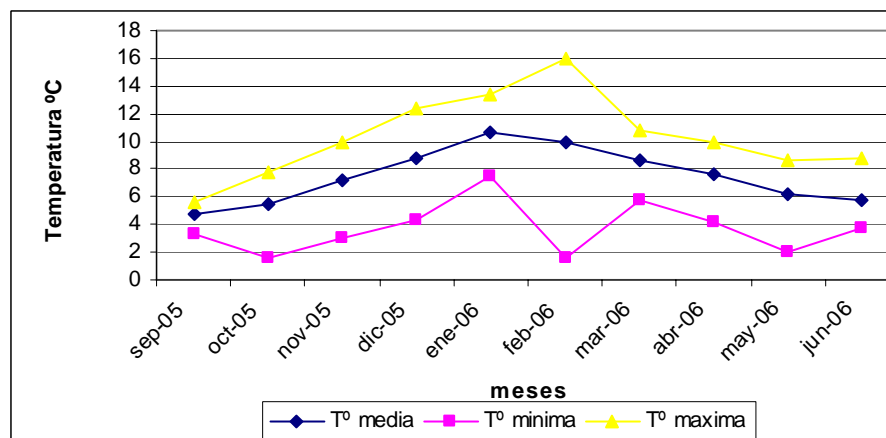


Figura 8: Temperatura mensual del suelo, en las microcuencas boscosas, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.

4.4. Mineralización de nitrógeno

En la Figura 9A y 9B, se comparan los valores de amonificación neta, nitrificación neta y mineralización neta para el bosque siempreverde prístino y alterado, respectivamente. El bosque siempreverde prístino presentó una mineralización neta de $8,0 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ss, una amonificación neta de $1,09 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ss y una nitrificación neta de $6,2 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ss durante el periodo de estudio, concentrándose los mayores valores durante el período estival, atribuido a condiciones edafoclimáticas, que favorecen la mineralización de la materia orgánica, como por ejemplo la temperatura del suelo. Los valores máximos de mineralización en este bosque, se presentan durante el mes de febrero, donde los montos de, N-NH_4^+ , N-NO_3^- y N-min fueron de $9,7 - 3,0$ y $12,7 \text{ mg N kg}^{-1}$ ss, respectivamente. Valores similares a los descritos, se observan en septiembre y marzo, mientras que los montos más bajos de mineralización se presentan en enero, octubre y diciembre.

En la Figura 9A muestra los valores mensuales de amonificación neta, nitrificación neta y mineralización neta para el bosque siempreverde prístino, el que presentó sus valores máximos durante los meses de verano que alcanzaron $2,39 - 4,27$ y $6,66 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ss, respectivamente. Los resultados del bosque siempreverde alterado mostraron valores inferiores a los del bosque siempreverde prístino, con una amonificación neta de $0,19 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ss, una nitrificación neta de $0,46 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ss y una mineralización neta de $0,7 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ss, durante el período de estudio, concentrándose los valores máximos en este bosque en el mes de Agosto, donde los montos de, N-NH_4^+ , N-NO_3^- y N-min fueron $2,5 - 4,8$ y $7,3 \text{ mg N kg}^{-1}$ ss, respectivamente. Valores similares se observan en mayo y julio, mientras que los montos más bajos se presentan en enero, abril y junio (Fig.9B).

Esta tendencia de la mineralización de nitrógeno *in situ*, con bajos montos de mineralización durante todas las estaciones, constituye una particularidad pues no refleja variaciones temporales y los montos mineralizados son valores considerados como de baja importancia.

En la Figura 10 B los valores estacionales de amonificación neta, nitrificación neta y mineralización neta para el bosque siempreverde alterado, se observa que presentó sus valores máximos durante los meses de invierno, que alcanzaron los 1,25 - 2,30 - 3,55 kg N ha⁻¹ año⁻¹ ss respectivamente, mientras que los valores fueron negativos durante todas las demás estaciones del año.

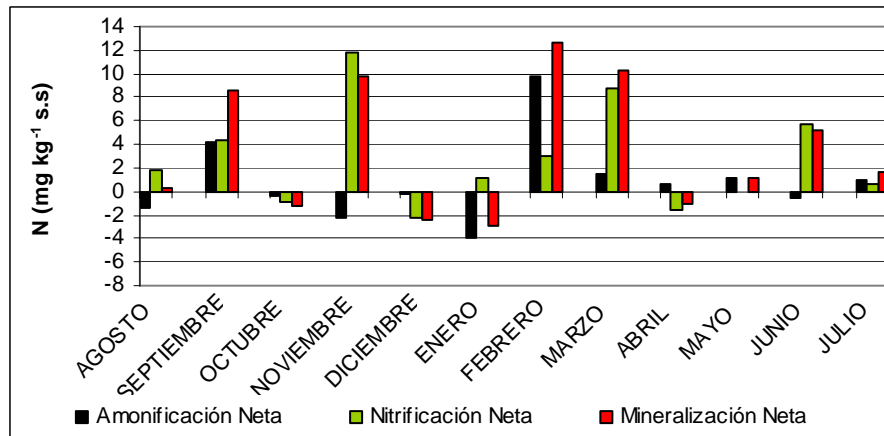


Figura 9 A: Montos de amonificación, nitrificación y mineralización neta, en muestras de suelo incubada *in situ*, para el bosque siempreverde pristino, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.

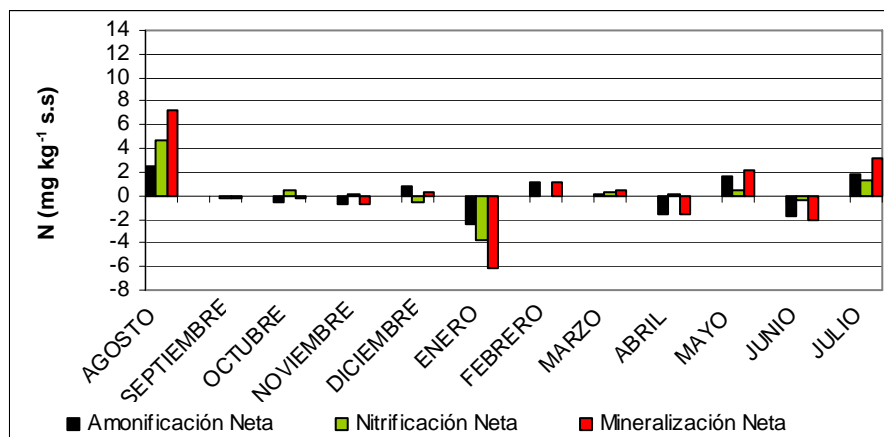


Figura 9 B: Montos de amonificación, nitrificación y mineralización neta, en muestras de suelo incubada *in situ*, para el bosque siempreverde alterado, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.

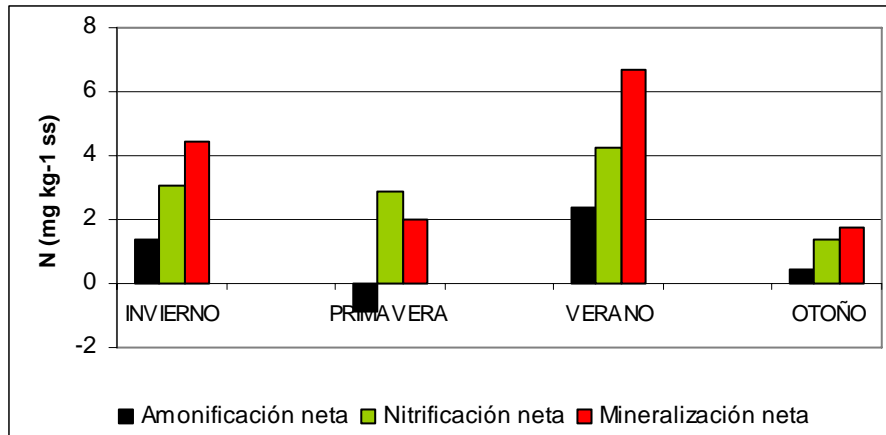


Figura 10 A: Montos estacionales de amonificación, nitrificación y mineralización neta, en muestras de suelo incubada *in situ*, para el bosque siempreverde pristino, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.

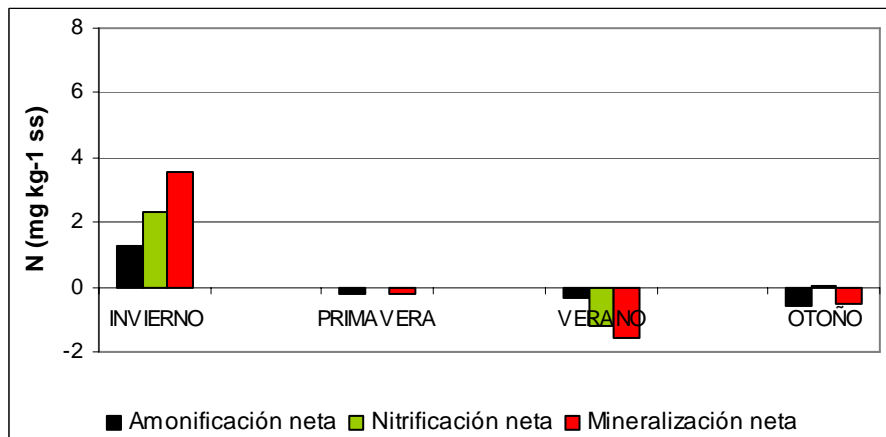


Figura 10 B: Montos estacionales de amonificación, nitrificación y mineralización neta, en muestras de suelo incubada *in situ*, para el bosque siempreverde alterado, Cordillera de los Andes, X Región de Chile.

5. DISCUSION

En bosques templados, la hojarasca y el material leñoso grueso (troncos y ramas) constituyen el principal aporte de materia orgánica y nutrientes al suelo. La acumulación de restos orgánicos en la superficie del suelo (mantillo) posee una estructura y composición característica en cada ecosistema. Un alto ingreso de litera mejora la estructura del suelo y su capacidad de retener humedad, condición básica para el potencial productivo de un bosque (Stevens, 1997). Por otro lado, el material leñoso grueso del bosque (incluyendo árboles muertos en pie) es un habitat importante para muchos organismos, un depósito significativo y longevo de carbono y una fuente de nutrientes para el ecosistema boscoso y acuático interconectados (Harmon *et al.*, 1996, Stewart & Burrows, 1994, Stevens, 1997, Gale, 2000). Este material tiene fases de degradación, cuya duración varía con la zona biogeoclimática, el tipo de disturbio, las condiciones de humedad y los organismos descomponedores asociados (Stevens, 1997) y puede permanecer en el bosque durante décadas (Harmon & Sexton, 1996).

Los montos anuales de hojarasca del bosque siempreverde prístino y alterado, fueron 3,88 y 4,70 $\text{ton ha}^{-1} \text{año}^{-1}$, respectivamente y no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). La caída de hojarasca durante el período de estudio fue constante durante todo el año, sin embargo el bosque siempreverde prístino presento sus máximos aportes entre los meses de enero y abril 2,75 $\text{ton ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ siendo un 70% del total anual. Este máximo de aporte se atribuye a una respuestas fisiológica de las especies frente a condiciones edafoclimáticas extremas, particularmente, pues constituye el período de menor precipitación y consecuentemente, las mayores temperaturas de carácter extremo.

El tipo de bosque tiene una fuerte influencia sobre la dinámica de la caída de hojarasca, especialmente en bosques siempreverdes, ya que la caída de hojas depende de condiciones internas y externas, siendo las condiciones externas variables de un año a otro (Cortés, 2000).

Dentro de los factores internos del bosque en la producción de hojarasca se pueden mencionar, el tipo de vegetación, exposición, densidad y área basal entre otros factores (Bray & Gorham, 1964).

Las características dasométricas de ambos bosques, muestran que el bosque siempreverde prístino presenta una densidad de 418 arb ha⁻¹, la cual es un 46 % menor que la densidad del bosque alterado que alcanza los 900 arb ha⁻¹.

Sin duda la diferencia en la composición florística también es un factor determinante en el estudio, debido a que en el bosque alterado se encuentran especies que no están presentes en el bosque prístino como, *M. planipes* y *A. luma* que en conjunto representan el 56 % de la densidad total del bosque alterado, siendo *M. planipes* la especie mas relevante en cuanto a densidad lo que se traduce en un mayor aporte de hojarasca.

Los montos anuales de hojarasca del bosque siempreverde prístino y alterado, se enmarcan dentro de los valores descritos para bosques siempreverdes ubicados entre los 40 y 41° S, que fluctúan entre 3,8 y 7,3 ton ha⁻¹ año⁻¹, descritos por Donoso (1992). Al igual que con valores determinados en bosques siempreverdes de la ladera occidental de la Cordillera de la Costa los que varían entre las 3,10 y 4,54 ton ha⁻¹ año⁻¹ (Donoso *et al.*, 1993). Estos valores son incluso similares a los determinados para bosques templados del hemisferio norte, para los que se estimó un valor de 3,5 ton ha⁻¹ año⁻¹ (Bray & Gorham, 1964). Sin embargo, son menores que los valores encontrados en la misma área de estudio para bosques caducifolios 5,77 ton ha⁻¹ año⁻¹ y para los

5,85 ton ha⁻¹ año⁻¹, en bosque secundario de *Nothofagus obliqua* en Paillaco, durante el año 2000, (Staelens *et al.*, 2005).

En general, la producción de hojarasca (litera fina) para bosques templados de Chile fluctúa entre 1,7 y 7,3 ton ha⁻¹ año⁻¹ (Donoso 1992, Godoy *et al.* 1998, Perez *et al.* 1998, Leiva & Godoy 2002). Perez *et al.*, (1998) estiman que la hojarasca aporta 10,7 y 22,6 kg N ha⁻¹ año⁻¹, para bosques dominados por *Fitzroya* y *Nothofagus* respectivamente. La calidad de la hojarasca en el bosque de *N. betuloides* es pobre en nutrientes, con una relación C/N muy alta, cuyo retorno potencial de los macroelementos provisto por la fracción foliar de la hojarasca, es de 25,5 kg N ha⁻¹, 1,1 kg P ha⁻¹ y 3,6 kg K ha⁻¹ (Leiva & Godoy, 2002). Perez *et al.*, (1991) registran 14 ton ha⁻¹ año⁻¹ de hojarasca acumulada para bosques mixtos de coníferas y laurifoliadas en Chiloé.

Los bajos aportes de hojarasca se podrían explicar como una estrategia conservativa de los nutrientes, para las especies vegetales que viven en sitios de baja fertilidad, cuyas hojas tendrían una mayor longevidad, que se traduce en un menor aporte (Eckstein *et al.*, 1999), como es lo observado para el bosque siempreverde prístino, que presentó los valores más bajos. Estudios para *N. pumilio* concluyen que el 40 y 60 % del N y P, respectivamente, son retranslocados previo a la abscisión de las hojas (Veblen *et al.*, 1996).

Las propiedades de la litera y disponibilidad de nutrientes en la absorción por las plantas y microorganismos, es un proceso de importancia fundamental en el ecosistema (Leiva & Godoy, 2002). La contribución de la litera fina al capital de nutrientes, es la resultante de los procesos de descomposición y la variación intra e interespecífica en la calidad de la litera es de importancia substancial para la calidad del sustrato y su posterior mineralización en el interior del bosque.

Los aportes de la hojarasca para el bosque siempreverde prístino presenta mayores montos de, nitrógeno, seguido por Ca, K, Mg y P los valores fueron 30,67 – 40,0 – 9,94 - 4,25 y 2,73 kg ha⁻¹ año⁻¹. Mientras que el bosque siempreverde alterado presento una mayor cantidad de calcio, seguido por el N, K, magnesio y P, los valores fueron, 64,58 - 48,22 - 22,88 - 13,49 y 2,74 kg ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente.

El contenido total de nutrientes retornado por la hojarasca hacia el suelo en bosques de *N. betuloides* y *N. obliqua* son de 3611 y 2298 kg ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente. (Cortes, 2000, Leiva & Godoy, 2002). Estos autores registraron aportes de nitrógeno del orden de 32,9 y 49,6 para bosques de *N. betuloides* y *N. obliqua*, respectivamente. Respecto de los aportes de fósforo, nuestros valores están en el rango de los valores señalados por Leiva & Godoy (2002). Respecto del calcio Leiva & Godoy (2002) determinaron 51 kg y 67 kg ha⁻¹ año⁻¹ para *N. betuloides* y *N. obliqua*, respectivamente. En general los bosques de *Nothofagus* en el sur de Chile retornan menos nutrientes que bosques templados deciduos de Europa (Mussche *et al.*, 1998, Gallardo *et al.*, 1998).

La caída de hojarasca tiene efectos en el suelo del bosque donde se acumula como mantillo. A pesar de un menor aporte de hojarasca, el bosque siempreverde prístino presentó una mayor cantidad de mantillo que el bosque siempreverde alterado, siendo estos 17,09 y 14,89 ton ha⁻¹, respectivamente, no presentando diferencia estadísticamente significativa (p<0,05). La mayor acumulación de mantillo en el bosque siempreverde prístino, podría ser reflejo de una menor velocidad de descomposición de la materia orgánica, por presentar especies con material recalcitrante, como es el caso de la conífera *S. conspicua*.

Vann *et al.* (2002) en estudios para bosques de Chiloé, señalan una gran similitud en el reservorio de nutrientes y ciclaje respecto de bosques del hemisferio norte y su variación sería atribuida al tipo de vegetación y suelo. En bosques templados de Chiloé bajo diferentes estados sucesionales, Carmona *et al.*, (2001) indican que el aporte de material leñoso fluctúa entre 18 y 413 ton ha⁻¹, este último el más alto registrado para ecosistemas templados del Norte y Sudamérica.

En cuanto a los montos de mantillo por horizonte, el bosque siempreverde prístino presentó mayores valores en el horizonte Oa (material leñoso) y Oc (material vegetal en descomposición). Mientras que el bosque siempreverde alterado presentó mayores valores en el horizonte Ob (hojas enteras) y Od (humus). Los mayores montos de mantillo para el horizonte Ob en el bosque alterado, se relacionan con el mayor aporte de hojarasca que presenta este bosque.

Las diferencias en la cantidad de mantillo acumulado y su variabilidad química, se pueden traducir en un aporte de nutrientes al suelo. Trabajos realizados por Vogt *et al.*, (1986) y Cortés (2000), muestran que el mantillo incluso presenta valores mayores de nutrientes que la hojarasca respectiva aportada en el ciclo anual, particularmente nitrógeno.

En cuanto a los montos de mineralización de nitrógeno, el bosque siempreverde prístino, presentó valores superiores durante todo el periodo de estudio ($8,0 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), en comparación con el bosque siempreverde alterado ($0,7 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), presentando diferencias estadísticamente significativas entre ambos bosques ($p < 0,05$).

A pesar de de que el bosque siempreverde prístino presenta un menor aporte de hojarasca, este presenta una mayor cantidad de mantillo, que se puede traducir en una mayor cantidad de nutrientes hacia el suelo.

Al comparar los montos de amonificación neta, nitrificación neta y mineralización neta en forma estacional, se puede observar que el bosque siempreverde prístino presentó sus valores máximos en verano, atribuible a condiciones edafoclimáticas favorables, como la temperatura. También se observaron valores positivos en todas las estaciones del año.

Por su parte, el bosque siempreverde alterado presenta un comportamiento totalmente opuesto presentando sus mayores valores durante el invierno y valores negativos durante el resto de las estaciones.

Para el bosque siempreverde alterado a pesar de presentar un mayor aporte de hojarasca, se determinaron valores de mineralización neta considerablemente más bajo, esto se puede atribuir, por ejemplo, a mayores pérdidas de NH_4^+ y NO_3^- desde el ecosistema, las que pueden ocurrir por lixiviación.

Por otra parte, una menor N-min se puede atribuir a una menor actividad biológica del suelo. Otra posible causa de los valores negativos de N-min se pueden atribuir a procesos de desnitrificación, o como de inmovilización por la biomasa radical o microbiana (Zamorano, 2000)

En general los montos de N-min en ambos bosques son bajos, al compararlos con bosques del hemisferio norte, donde los montos de mineralización neta de algunos bosques, alcanzan sobre los $100 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, debido principalmente a los elevados montos de contaminación antropogénica.

Como es de esperar, los valores se asemejan mas a valores encontrados en bosques de la zona, como los de Chiloé donde se han encontrado montos de mineralización de $6-12 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. (Pérez *et al.*, 2003) o en bosques de Paillaco donde los montos fueron alrededor de $6 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Cárcamo, 2004). Sin embargo, estos valores son considerablemente mayores a los determinados para el bosque siempreverde alterado de este trabajo ($0,7 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$).

6. LITERATURA CITADA.

Bray, T. & E. Gorham. (1964). Litter productions in forests of the world. In: Cragg, J.B. (Ed) *Advances in Ecological Research*. Academia Press. London. 2:101-107.

Bremner, J. (1965). Inorganic forms of nitrogen. In: Black, C.A et al.,(Eds.). *Methods of soil analysis*. Part 2. Agron. Monogr. American Society of Agronomy, Madison, WI. pp. 1179-1273.

Carmona M.R., Armesto J.J., Aravena J.C. y Perez C.A. (2001) Coarse woody debris biomasa in successional and primary temperate forests in Chiloé Island, Chile. *For. Ecol. Managm.* 164: 265-275.

Cárcamo, B., Puentes, L. & R. Godoy. (2004). Actividad biológica del suelo en un bosque de *Nothofagus obliqua* (Mirb) Oerst., centro-sur de Chile. *R.C. Suelo Nutr. Veg.* (4)2 14-25.

Cortés, M. (2000). Producción y descomposición de hojarasca fina en un bosque siempreverde de *Nothofagus betuloides* (Mirb.) Oerst. en la Cordillera de Los Andes, Antillanca 41°S. Tesis Facultad de Ciencias Forestales Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

Donoso, C., M Hernández & C. Navarro. (1993). Valores de producción de semillas y hojarasca de diferentes especies del tipo forestal siempreverde de la Cordillera de la Costa de Valdivia obtenidos durante período de 10 años. *Bosque* 14(2): 65-84

Donoso, C. (1992). Ecología Forestal: El bosque y su medio ambiente. Editorial Universitaria. 369 p.

Donoso, C. (1993). Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. Ed. Universitaria, Santiago, Chile.

Eckstein, R., P.S., Karlsson, M. Weih. (1999). Leaf life span and nutrient resorption as determinants of plants nutrients conservation in temperate-artic regions. *New Phytol.* 143:177-189

Gallardo J., A. Martin, I. Santa Regina (1998). Nutrients cycling in deciduos forest ecosystem of the Sierra Gata mountains: aboveground litter production and potential nutrient return. *Annals Sci. For.* 55:749-769.

Galloway J.N., W.C, Keene & G.E, Likens (1996) Processes controlling the composition of precipitation at a remote southern hemisphere location: Torres del Paine National Park, Chile. *J. Geophys. Res.* 101, 6883-987.

Godoy, R., C. Oyarzún & J. Bahamondes. (1999). Flujos hidroquímicos en un bosque de *Nothofagus pumilio* en el Parque Nacional Puyehue, sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 72:579-594.

Harmon, M.E. & J. Sexton (1996). Guidelines for measurements of woody detritus in forest ecosystems. Publication No. 20. Seattle, WALTER Network Office, University of Washington. 73 p.

Hedin, L.O. & E.D. Hetherington. (1996). Atmospheric and geologic constraints on the biogeochemistry of North and South American temperate rainforest. In: Lawford RG, Alaback PB & Fuentes, E, (Eds). High-altitude rainforest and associated ecosystems of the West Coast of the Americas. *Ecological Studies* 116, Springer Verlag. p.57-74.

Hedin, L.O., J. Armesto & A. Johnson. (1995). Patterns of nutrients loss from unpolluted, old-growth temperate forest: evaluation of biogeochemical theory. *Ecology* 76: 496-509.

Henry, D.F., & G.E. Boyd. (1988). Soil and fertilizer nitrogen. Soil fertility. p. 62-75. John Wiley and Sons, New York, USA.

Jeroen, S., R.Godoy, C. Oyarzún, K. Thibo & K. Verheyen.(2005). Nitrogen fluxes in throughfall and Litterfall in two *Nothofagus* forests in Southern Chile. *Gayana Bot.* 62:1-9.

Leiva, J. & Godoy, R. 2002. Production and decomposition of litterfall in *Nothofagus* forest in Southern Chile. in: De Schrijver et al. (eds.) Comparison of ecosystems functioning and biochemical cycles in temperate forest in southern Chile and Flanders. *Gent Academic Press* 103-106.

Lovett, G.M. & Lindberg. (2003). Atmospheric deposition and Canopy interactions of nitrogen in forests. *Canadian Journal of Forest Research*. 23: 1603-1616.

Mussche, S., B. Bussche, A. Schrijver, J. Neiryneck, L. Nachtergale & N. Lust. (1998). Nutrient uptake of a mixed oak/beechn forest in Flanders. *Silva Gandavensis* 63: 120-133.

Oyarzún, C.E., R. Godoy & S. Leiva. (2002). Depositación atmosférica de nitrógeno en un transecto del valle longitudinal-Cordillera de los Andes, centro-sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 75: 233-243.

Pérez, C. (1995). Los procesos de la descomposición de la materia orgánica de bosques templados Costeros: Interacción suelo, clima y vegetación. En Armesto J., C.Villagran, M. Arroyo (Eds). *Ecología de los bosques Nativos de Chile*, Santiago, Editorial Universitaria pp 301-315.

Pérez, C.A., J.J Armesto, C. Torrealba & M. Carmona. (2003). Litterfall dynamics and nitrogen efficiency in two evergreen temperate rainforest of Southern Chile. *Austral Ecology* 28:591-600.

Pérez, C.A., M.R. Carmona & J.J. Armesto. (2003). Fijación no-simbiótica, mineralización neta del nitrógeno y desnitrificación en bosques siempreverdes de Chiloe, Chile: Una comparación con otros bosques templados. *Gayana Bot.*60, (1):25-33.

Persson, T., A. Rudebeck, J. Jussy, M. Colin-Belgrand, A. Priemé, E. Dambrine, P. Karlsson & P. Sjöberg. (2000). Soil nitrogen turnover- Mineralization, nitrification and denitrification in European forest soils. *In: Schulze E-D (Ed) Cárboleson and Nitrogen Cycling in European Forest Ecosystems. Ecological Studies.* 142: 297-331

Raison, R.J., M.J. Connell & P.K. Khanna. (1986). Methodology for studying fluxes of soil mineral-N *in situ*. *Soil Biol Biochem* .19 (5)521-530.

Schlatter, J.E, R. Grez & V. Gerding (2003). Manual para el reconocimiento de suelos.3ª Ed. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile 114 pag.

Steubing, L.,R. Godoy & M. Alberdi. (2002). Metodos de ecologia vegetal, Editorial Universitaria 324 pag.

Smith, S.E. & D.J. Read. (1997). Mycorrhizal symbiosis, Academic Press.605 p.

Stevens V. (1997). The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importante of CWD in B.C. forests. Res. Br., B.C. Min. For., Victoria, B.C. Work. Pap. 30/1997.

Thibo, K. (2003). Belang van strooiselvalen doorvalwater in de nutrientencyclus van Nhotofagus-bossen in zuid-chili .105pp.Faculteit landbouwkundige en toegepaste biologische wetenschappen.Universiteit Gent.

Van Breemen N. (2002). Natural organic tendency. *Nature* 415: 381.

Veblen, T., Hill, R. y Read, J. (1996) . Epilogue: Commonalities and needs for future research. In Veblen, Th, Hill, R & Read J. (Eds.). The ecology and biogeography of *Nothofagus* forests, Yale University Press, 293-386.

Vitousek, P.M. & R.W. Howart. (1991). Nitrogen limitation on land and in the sea: how can it occur? *Biogeochemistry* 13:87-115

Vogt, K., C. Grier & D. Vogt. (1986). Production, turnover, and nutrient dynamics of above and belowground detritus of world forest. *Advances in Ecological Research* 15: 303-377.

Weathers, K.C. & G., Likens (1997) Clouds in southern Chile: An important source of nitrogen to nitrogen-limited ecosystems? *Environ. Sci. Technol.* 31, 210-13,

Weathers, K.C., G.M. Lovett, G.E. Likens & N.F Caraco. (2000). Cloudwaters inputs of nitrogen to forest ecosystems in Souther Chile; Forms Fluxes and sources. *Ecosystems* 3:590-595.

Zamorano, J. (2000). Actividad biológica aeróbica del suelo en un bosque de *Nothofagus betuloides* (Mir.) Oerst., Parque Nacional Puyehue. Tesis Ingeniería Forestal Valdivia, Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 60 p.

Anexo 1

Aportes de hojarasca bosques siempreverdes prístino y alterado

Tabla 5. Aporte de hojarasca bosque siempreverde prístino, Cordillera de los Andes, X Región Chile.

Parcela	Mes	Kg ha ⁻¹ mes ⁻¹
Bosque Siempreverde Prístino	Agosto 2005	259,40
	Septiembre 2005	48,73
	Octubre 2005	54,00
	Noviembre 2005	96,53
	Diciembre 2005	115,53
	Enero 2006	791,80
	Febrero 2006	777,83
	Marzo 2006	489,23
	Abril 2006	688,03
	Mayo 2006	163,73
	Junio 2006	169,30
	Julio 2006	227,80
	Total	3881,91

Tabla 6. Aporte de hojarasca bosque siempreverde alterado, Cordillera de los Andes, X Región Chile.

Parcela	Mes	kg ha ⁻¹ mes ⁻¹
Bosque Siempreverde Alterado	Agosto 2005	433,33
	Septiembre 2005	122,67
	Octubre 2005	338,30
	Noviembre 2005	715,57
	Diciembre 2005	430,37
	Enero 2006	519,77
	Febrero 2006	486,10
	Marzo 2006	426,50
	Abril 2006	601,77
	Mayo 2006	222,17
	Junio 2006	226,20
	Julio 2006	182,17
	Total	4704,92

Análisis estadístico montos anuales de hojarasca

Fuente de variación	MS	Gl	P
Peso	5661	22	0,4877

Diferencia estadística * (p<0,05)

Anexo 2

Montos de mantillo bosques siempreverdes prístino y alterado

Tabla 7. Monto total de mantillo bosque siempreverde prístino.

	Ton ha⁻¹	Oa	Ob	Oc	Od
E1	5.04	2.35	0.37	1.40	0.93
E2	3.92	1.96	0.24	1.17	0.55
E3	3.90	1.68	0.15	1.31	0.76
E4	4.24	1.53	0.17	1.61	0.93

(E1, E2, E3 y E4) Submuestras bosque Prístino expresado en toneladas.
 Oa: Horizonte a, Ob: Horizonte b, Oc: Horizonte c, Od: Horizonte d,

Tabla 8. Monto total de mantillo bosque siempreverde alterado.

	Ton ha⁻¹	Oa	Ob	Oc	Od
T1	3.14	1.40	0.65	0.68	0.41
T2	2.98	1.05	1.01	0.54	0.39
T3	1.51	0.73	0.48	0.18	0.13
T4	7.25	1.76	0.50	2.39	2.59

(T1, T2, T3 y T4) Submuestras bosque Alterado expresado en toneladas.
 Oa: Horizonte a, Ob: Horizonte b, Oc: Horizonte c, Od: Horizonte d

Anexo 3

Mineralización bosque siempreverde prístino y alterado

Tabla 9. Bosque siempreverde prístino control

Mes		NH ₄	NO ₃	V.H	C.alicuota NH ₄	C.alicuota NO ₃	C.suelo NH ₄	C.suelo NO ₃
Agosto	Blanco	0,45	0,48					
	I	0,73	0,78	20,40	1,96	2,10	5,26	5,63
	II	0,76	0,82		2,17	2,38	5,82	6,38
	III	0,77	0,94		2,24	3,22	6,01	8,64
Septiembre	Blanco	0,28	0,25					
	I	0,30	0,30	19,24	0,14	0,35	0,37	0,93
	II	0,30	0,30		0,14	0,35	0,37	0,93
	III	0,30	0,30		0,14	0,35	0,37	0,93
Octubre	Blanco	0,25	0,26					
	I	0,40	0,30	19,98	1,05	0,28	2,80	0,75
	II	0,40	0,30		1,05	0,28	2,80	0,75
	III	0,40	0,33		1,05	0,49	2,80	1,31
Noviembre	Blanco	0,30	0,27					
	I	0,40	0,34	20,70	0,70	0,49	1,88	1,32
	II	0,46	0,36		1,12	0,63	3,01	1,70
	III	0,44	0,35		0,98	0,56	2,64	1,51
Diciembre	Blanco	0,22	0,19					
	I	0,25	0,30	89,83	0,21	0,77	1,05	3,85
	II	0,25	0,27		0,21	0,56	1,05	2,80
	III	0,24	0,29		0,14	0,70	0,70	3,50
Enero	Blanco	0,27	0,22					
	I	0,48	1,06	20,34	1,47	5,88	3,94	15,76
	II	0,55	0,99		1,96	5,39	5,25	14,44
	III	0,48	0,89		1,47	4,69	3,94	12,57
Febrero	Blanco	0,50	0,39					
	I	0,67	0,86	18,86	1,19	3,29	3,13	8,65
	II	0,64	0,84		0,98	3,15	2,58	8,29
	III	0,65	0,89		1,05	3,50	2,76	9,21
Marzo	Blanco	0,34	0,32					
	I	0,37	0,33	20,51	0,21	0,07	0,56	0,19
	II	0,39	0,34		0,35	0,14	0,94	0,38
	III	0,37	0,33		0,21	0,07	0,56	0,19

Abril	Blanco		0,47	0,41					
	I		0,50	1,06	18,39	0,21	4,55	0,55	11,90
	II		0,50	1,47		0,21	7,43	0,55	19,40
	III		0,50	1,44		0,21	7,22	0,55	18,85
Mayo	Blanco		0,40	0,32					
	PE	I	0,47	0,66	20,47	0,49	2,38	1,32	6,39
		II	0,47	0,66		0,49	2,38	1,32	6,39
		III	0,47	0,65		0,49	2,31	1,32	6,20
Junio	Blanco		0,36	0,3					
	I		0,45	0,44	20,75	0,63	0,98	1,70	2,64
	II		0,45	0,44		0,63	0,98	1,70	2,64
	III		0,43	0,44		0,49	0,98	1,32	2,64
Julio	Blanco		0,33	0,28					
	I		0,34	0,53	20,70	0,07	1,75	0,19	4,71
	II		0,34	0,52		0,07	1,68	0,19	4,52
	III		0,34	0,52		0,07	1,68	0,19	4,52
Agosto	Blanco		0,29	0,25					
	I		0,35	0,76	20,50	0,42	3,57	1,13	9,59
	II		0,35	0,76		0,42	3,57	1,13	9,59
	III		0,35	0,77		0,42	3,64	1,13	9,77

NH₄⁺: mL de amonio titulado **NO₃⁻**:mL nitrato titulado **VH**: Volumen de Humedad del suelo **C.alicuota NH₄⁺**:
Concentración de amonio en la alícuota **C.alicuota NO₃⁻**: Concentración de Nitrato en la alícuota **C.suelo NH₄⁺**:
Concentración de amonio en el suelo **C.suelo NO₃⁻**: Concentración de amonio en el suelo.

Tabla 10. Bosque siempreverde prístino cilindro

Mes		N-NH ₄	N-NO ₃	V. H	C.alicota NH ₄	C.alicota NO ₃	C.suelo NH ₄	C.suelo NO ₃
Septiembre	Blanco							
	I	0,52	0,75	18,9	1,7	3,5	4,4	9,2
	II	0,49	0,76		1,5	3,6	3,9	9,4
	III	0,52	0,65		1,7	2,8	4,4	7,4
Octubre	Blanco	0,25	0,26					
	I	0,56	0,59	19,7	2,2	2,3	5,8	6,1
	II	0,47	0,52		1,5	1,8	4,1	4,8
	III	0,45	0,53		1,4	1,9	3,7	5,0
Noviembre	Blanco	0,3	0,27					
	I	0,44	0,69	19,6	0,98	2,94	2,6	7,8
	II	0,4	0,69		0,70	2,94	1,9	7,8
	III	0,45	0,68		1,05	2,87	2,8	7,6
Diciembre	Blanco	0,22	0,19					
	I	0,23	0,58	89,6	0,07	2,73	0,3	13,6
	II	0,23	0,56		0,07	2,59	0,3	12,9
	III	0,23	0,58		0,07	2,73	0,3	13,6
Enero	Blanco	0,27	0,22					
	I	0,32	0,27	17,16	0,35	0,35	0,9	0,9
	II	0,3	0,28		0,21	0,42	0,5	1,1
	III	0,32	0,29		0,35	0,49	0,9	1,3
Febrero	Blanco	0,5	0,38					
	I	0,52	1,42	18,71	0,14	7,29	0,4	19,1
	II	0,52	1,1		0,14	5,04	0,4	13,2
	III	0,52	1,12		0,14	5,18	0,4	13,6
Marzo	Blanco	0,34	0,32					
	I	0,39	0,94	19,14	0,35	4,34	13,4	11,5
	II	0,39	0,92		0,35	4,20	13,4	11,1
	III	0,38	1		0,28	4,76	10,7	12,6

Abril	Blanco	0,47	0,41					
	I	0,57	0,92	19,92	0,70	3,57	1,9	9,5
	II	0,6	0,95		0,91	3,78	2,4	10,1
	III	0,59	0,81		0,84	2,80	2,2	7,5
Mayo	Blanco	0,4	0,32					
	I	0,46	1,1	19,55	0,42	5,46	1,1	14,5
	II	0,47	1,2		0,49	6,16	1,3	16,3
	III	0,46	1,1		0,42	5,46	1,1	14,5
Junio	Blanco	0,36	0,3					
	I	0,48	0,63	20,40	0,84	2,31	2,3	6,2
	II	0,5	0,63		0,98	2,31	2,6	6,2
	III	0,5	0,63		0,98	2,31	2,6	6,2
Julio	Blanco	0,33	0,28					
	I	0,38	0,7	20,73	0,35	2,94	0,9	7,9
	II	0,38	0,73		0,35	3,15	0,9	8,5
	III	0,39	0,75		0,42	3,29	1,1	8,9
Agosto	Blanco	0,29	0,25					
	I	0,36	0,61	21,12	0,49	2,52	1,3	5,1
	II	0,36	0,62		0,49	2,59	1,3	5,2
	III	0,34	0,62		0,35	2,59	0,9	5,2
Septiembre	Blanco	0,28	0,26					
	I	0,3	0,67	20,8	0,14	2,87	0,38	5,76
	II	0,3	0,66		0,14	2,80	0,28	5,62
	III	0,3	0,67		0,14	2,87	0,28	5,76

NH⁺₄: mL de amonio titulado **NO⁻₃**:mL nitrato titulado **VH**: Volumen de Humedad del suelo **C.alicuota NH⁺₄**: Concentración de amonio en la alícuota **C.alicuota NO⁻₃**: Concentración de Nitrato en la alícuota **C.suelo NH⁺₄**: Concentración de amonio en el suelo **C.suelo NO⁻₃**: Concentración de amonio en el suelo.

Tabla 11. Bosque siempreverde alterado control

Mes		N-NH ₄	N-NO ₃	V.H	C.alicuota NH ₄	C.alicuota NO ₃	C.suelo NH ₄	C.suelo NO ₃
Agosto	Blanco	0,45	0,48	20,1	0,7	0,6	1,9	1,7
	I	0,55	0,57					
	II	0,58	0,56					
	III	0,59	0,49					
Septiembre	Blanco	0,28	0,25	17,7	1,0	0,8	2,5	2,2
	I	0,42	0,37					
	II	0,43	0,39					
	III	0,43	0,37					
Octubre	Blanco	0,25	0,26	18,28	0,4	0,1	0,9	0,2
	I	0,3	0,27					
	II	0,36	0,27					
	III	0,38	0,27					
Noviembre	Blanco	0,3	0,27	18,2	0,4	0,3	1,1	0,7
	I	0,36	0,31					
	II	0,38	0,31					
	III	0,38	0,31					
Diciembre	Blanco	0,22	0,19	86,85	0,21	0,14	1,0	0,7
	I	0,25	0,21					
	II	0,24	0,25					
	III	0,23	0,2					
Enero	Blanco	0,27	0,22	18,06	2,80	2,10	7,3	5,5
	I	0,67	0,52					
	II	0,47	0,51					
	III	0,62	0,54					
Febrero	Blanco	0,5	0,39	16,65	0,42	0,07	1,1	0,2
	I	0,56	0,4					
	II	0,54	0,4					
	III	0,53	0,42					
Marzo	Blanco	0,34	0,32	17,18	0,21	0,07	0,5	0,2
	I	0,37	0,33					
	II	0,38	0,33					
	III	0,36	0,33					

Abril	Blanco	0,47	0,41	17,26	1,68	1,40	4,3	3,6
	I	0,71	0,61					
	II	0,7	0,63					
	III	0,71	0,63					
Mayo	Blanco	0,4	0,32	19,32	0,70	0,84	1,9	2,3
	I	0,5	0,44					
	II	0,49	0,44					
	III	0,5	0,45					
Junio	Blanco	0,36	0,3	19,37	0,98	0,42	2,6	1,1
	I	0,5	0,36					
	II	0,51	0,35					
	III	0,5	0,36					
Julio	Blanco	0,33	0,28	18,3	0,21	0,07	0,5	0,2
	I	0,36	0,29					
	II	0,36	0,29					
	III	0,37	0,3					
Agosto	Blanco	0,29	0,25	19,32	0,56	0,35	1,5	0,9
	I	0,37	0,3					
	II	0,34	0,3					
	III	0,34	0,3					

NH₄⁺: mL de amonio titulado **NO₃⁻**: mL nitrato titulado **VH**: Volumen de Humedad del suelo **C.alicuota NH₄⁺**: Concentración de amonio en la alícuota **C.alicuota NO₃⁻**: Concentración de Nitrato en la alícuota **C.suelo NH₄⁺**: Concentración de amonio en el suelo **C.suelo NO₃⁻**: Concentración de amonio en el suelo.

Tabla 12. Bosque siempreverde alterado cilindro

Mes		N-NH ₄	N-NO ₃	V. H	C.alicota NH ₄	C.alicota NO ₃	C.suelo NH ₄	C.suelo NO ₃
Blanco Septiembre	I	0,56	0,55	18,8	2,0	2,1	5,2	5,5
	II	0,55	0,58		1,9	2,3	5,0	6,1
	III	0,52	0,58		1,7	2,3	4,4	6,1
Octubre	Blanco	0,25	0,26	16,3	0,9	1,0	2,3	2,5
	I	0,38	0,4		1,2	1,0	3,0	2,5
	II	0,42	0,4		1,0	0,6	2,5	1,4
Noviembre	Blanco	0,3	0,27	17,8	0,49	0,21	1,3	0,5
	I	0,37	0,3		0,42	0,21	1,1	0,5
	II	0,36	0,3		0,42	0,28	1,1	0,7
Diciembre	Blanco	0,22	0,19	87,77	0,07	0,07	0,3	0,3
	I	0,23	0,2		0,14	0,21	0,7	1,0
	II	0,24	0,22		0,14	0,21	0,7	1,0
Enero	Blanco	0,27	0,22	17,56	0,63	0,21	1,6	0,5
	I	0,36	0,25		0,42	0,21	1,1	0,5
	II	0,33	0,25		0,63	0,21	1,6	0,5
Febrero	Blanco	0,5	0,38	16,79	1,33	0,70	3,4	1,8
	I	0,69	0,48		1,33	0,63	3,4	1,6
	II	0,69	0,47		1,33	0,70	3,4	1,8
Marzo	Blanco	0,34	0,32	16,25	0,70	0,07	1,8	0,2
	I	0,44	0,33		0,91	0,07	2,3	0,2
	II	0,47	0,33		0,70	0,07	1,8	0,2

Abril	Blanco	0,47	0,41	17,97	0,42	0,21	1,1	0,5
	I	0,53	0,44					
	II	0,5	0,44					
	III	0,5	0,42					
Mayo	Blanco	0,4	0,32	18,52	1,05	1,54	2,8	4,0
	I	0,55	0,54					
	II	0,54	0,53					
	III	0,54	0,53					
Junio	Blanco	0,36	0,3	19,24	1,26	1,12	3,3	3,0
	I	0,54	0,46					
	II	0,54	0,46					
	III	0,56	0,44					
julio	Blanco	0,33	0,28	18,61	0,35	0,14	0,9	0,4
	I	0,38	0,3					
	II	0,39	0,32					
	III	0,38	0,32					
Agosto	Blanco	0,29	0,25	19,16	0,91	0,77	2,4	1,6
	I	0,42	0,36					
	II	0,42	0,36					
	III	0,42	0,36					
Septiembre	Blanco			20,82	0,56	0,63	1,51	1,27
	I	0,36	0,35					
	II	0,35	0,36					
	III	0,35	0,36					

Tabla 13. Amonificación neta, nitrificación neta y mineralización neta bosque siempreverde prístino.

Mg N kg ⁻¹ ss	N-NH ₄ ⁻	N-NO ₃ ⁻	N-min
AGOSTO	-1,5	1,8	0,3
SEPTIEMBRE	4,2	4,4	8,6
OCTUBRE	-0,4	-0,9	-1,3
NOVIEMBRE	-2,2	11,9	9,7
DICIEMBRE	-0,2	-2,3	-2,5
ENERO	-4,0	1,1	-3,0
FEBRERO	9,7	3,0	12,7
MARZO	1,5	8,8	10,3
ABRIL	0,6	-1,6	-1,0
MAYO	1,2	-0,1	1,1
JUNIO	-0,6	5,8	5,2
JULIO	1	0,6	1,6
Total	9,4	32,3	41,7

Tabla 14. Amonificación neta, nitrificación neta y mineralización neta bosque siempreverde alterado.

Mg N kg ⁻¹ ss	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N- min
AGOSTO	2,5	4,8	7,3
SEPTIEMBRE	0,0	-0,2	-0,2
OCTUBRE	-0,6	0,4	-0,2
NOVIEMBRE	-0,8	0,1	-0,7
DICIEMBRE	0,8	-0,5	0,3
ENERO	-2,4	-3,8	-6,2
FEBRERO	1,2	-0,1	1,1
MARZO	0,2	0,2	0,4
ABRIL	-1,6	0,1	-1,6
MAYO	1,7	0,5	2,2
JUNIO	-1,7	-0,4	-2,1
JULIO	1,8	1,3	3,1
Total	1,0	2,4	3,4

Análisis estadístico amonificación, nitrificación y mineralización neta.

Fuente de variación	MS	Gl	P
N-NH ₄	0,4580	48	0,000184*
N-NO ₃	1,37	48	0,000117*
N-Nmin	2,01	48	0,000117*

Diferencia significativa *(p< 0,05)