



IV Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles

“Una oportunidad para el desarrollo sustentable”

Villa La Angostura, Neuquén, Argentina, 31 de Octubre al 2 de Noviembre de 2018

ACTAS

 **INTA Ediciones**

Colección
INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN



IV Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles

"Una oportunidad para el desarrollo sustentable"

Villa la Angostura, Neuquén, Argentina, 31 de octubre al 2 de noviembre

Rusch, Verónica

Actas. IV Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles /
Verónica Rusch; Gonzalo Caballé; Santiago Varela, Juan Pablo Diez. -- 1ª ed.
San Carlos de Bariloche: Ediciones INTA, 2018

749 p.

Libro digital

ISSN: 1667-4014

1. Ganadería. 2. Producción Forestal. 3. Sustentabilidad.
4. Ambiente. 5. Productor



Agradecemos a todos los revisores de trabajos, que entregaron su tiempo y sus conocimientos, para ayudar a los autores a presentar sus investigaciones y actividades de una mejor manera.

MIEMBROS DEL COMITÉ CIENTÍFICO

Gonzalo Caballé, Presidente Comité Científico

Dr. Gabriel Stecher	AUSMA, UNCo	Dr. Nahuel Pachas	University of Queensland, Australia
Dra. Pamela Quinteros	CIEFAP	Dra. Guillermina Dalla Salda	INTA, EEA Bariloche
Lic. Jaime Salinas	INFOR, Sede Patagonia, Chile	Dra. Ma Victoria Lantschner	INTA, EEA Bariloche
Dr. Javier Gyenge	INTA, EEA Balcarce	Dr. Alejandro Aparicio	INTA, EEA Bariloche
Dra. María Elena Fernández	INTA, EEA Balcarce	Lic. Leonardo Claps	INTA, EEA Bariloche
Dr. Pablo Laclau	INTA, EEA Bariloche	Dra. Paula Marchelli	INTA, EEA Bariloche
Ms. Karina Cancino	INTA, EEA Bariloche	Dr. Alejandro Martínez	INTA, EEA Bariloche
Ms. Santiago Varela	INTA, EEA Bariloche	Dr. Federico Letourneau	INTA, EEA Bariloche
Ms. Ma Belén Rossner	INTA, EEA Cerro Azul	Dr. Ignacio Gasparri	INTA, EEA Bariloche
Ms. Juan José Verdoljak	INTA, EEA Corrientes	Ms. Victoria Cremona	INTA, EEA Bariloche
Dr. Axel Von Muller	INTA, EEA Esquel	Dr. Marcos Easdale	INTA, EEA Bariloche
Ms. Sebastian Ormaechea	INTA, EEA Manfredi	Ing. Verónica Rusch	INTA, EEA Bariloche
Ms. Marcelo de León	INTA, EEA Manfredi; U.N.Cba.		
Ing. Luis Colcombet	INTA, EEA Montecarlo		
Ms. Hugo Fassola	INTA, EEA Montecarlo		
Dra. Natalia Aguilar	INTA EEA Sáenz Peña		
Dr. Pablo Peri	INTA, EEA Santa Cruz		
Dra. Verónica Gargaglione	INTA, EEA Santa Cruz		
Ms. Héctor Bahamonde	INTA, EEA Santa Cruz		
Dr. Carlos Kunst	INTA, EEA Santiago del Estero		
Ing. Marcelo Navall	INTA, EEA Santiago del Estero		
Ms. Adriana Gómez	INTA, EEA Santiago del Estero		
Dr. Dardo López	INTA, Est. Ftal. Villa Dolores		
Ing. Carlos Carranza	INTA, Est. Ftal. Villa Dolores		
Ms. Carlos Rossi	U.N. de Lomas de Zamora		
Dr. Tomás Schlichter	UBA, FAUBA		



DESCOMPOSICIÓN Y LIBERACIÓN DE NUTRIENTES EN RAÍCES FINAS DE ÑIRE BAJO USO SILVOPASTORIL EN PATAGONIA SUR

DECOMPOSITION AND NUTRIENT RELEASE OF ÑIRE FINE ROOTS UNDER SILVOPASTORAL USE IN SOUTHERN PATAGONIA

Gargaglione, Verónica (1,2); Héctor A. Bahamonde (1,2); Pablo L. Peri (1,2,3)

⁽¹⁾ EEA INTA SANTA CRUZ, Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina

⁽²⁾ Universidad Nacional de la Patagonia Austral, ICASUR, Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina

⁽³⁾ CONICET, CIT Santa Cruz, Argentina contacto: gargaglione.veronica@inta.gob.ar; Casilla de Correo N 332 (9400) Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina.

Resumen

La descomposición de raíces finas es un proceso fundamental relacionado al ciclo de carbono y nutrientes en los ecosistemas terrestres. A pesar de su importancia, estos procesos han sido escasamente estudiados en los bosques de Patagonia. El objetivo de este trabajo fue estudiar la descomposición y liberación de nutrientes de raíces finas de ñire (*Nothofagus antarctica*) en dos condiciones de uso: bosque primario (cobertura arbórea de 80-90%, sin intervención) y bosque bajo uso silvopastoril (cobertura arbórea de 50-60%, con pastoreo de ganado). Se pusieron a descomponer en tres estancias al sur de Santa Cruz bolsitas enterradas conteniendo raíces finas (< 2mm), las cuales fueron colectadas a los 60, 160, 290, 380, 475, 670, 735, y 820 días posteriores de descomposición. En cada fecha se analizó % de materia orgánica y concentración de nitrógeno (N), fósforo (P), calcio (Ca) y potasio (K) del material remanente. Se ajustó un modelo de descomposición exponencial negativo para determinar la constante de descomposición (k). No se encontraron diferencias significativas en la tasa de descomposición entre bosque primario y bosque silvopastoril. La tasa de descomposición fue de 0,07 año⁻¹, y al finalizar el ensayo las raíces aún contaban con 77-88% de material sin descomponer. Tampoco se encontraron diferencias significativas en la dinámica de liberación de nutrientes entre las dos condiciones de uso. El N fue inmovilizado en casi todo el período mientras que P y K fueron liberados en una alta proporción desde el inicio. El Ca por su parte presentó un patrón inmovilización-liberación alternado. El presente estudio presenta los primeros datos de descomposición y liberación de nutrientes en bosques de ñire en Patagonia y esta información es clave para el entendimiento del ciclo de nutrientes en estos ecosistemas. Asimismo, el uso silvopastoril del bosque no parece afectar los procesos de descomposición subterráneos.

Palabras clave: carbono, biomasa subterránea, suelo, silvopastoril.

Abstract

*Decomposition of fine roots is a fundamental ecosystem process that relates to carbon (C) and nutrient cycling in terrestrial ecosystems. However this important ecosystem process has been hardly studied in Patagonian forests. The aim of this work was to study root decomposition and nutrient release from fine roots of ñire (*Nothofagus antarctica*) under two use conditions: primary forest (80-90% crown cover, without intervention) and silvopastoral use (50-60% crown cover, with cattle grazing). Bags containing fine roots (< 2mm) were buried, decomposed in situ and collected after 60, 160, 290, 380, 475, 670, 735, y 820 days. On each date, % of organic matter and nitrogen (N), phosphorus (P), calcium (Ca) and potassium (K) concentration were analyzed. A negative exponential decay model was adjusted to determine the decomposition constant (k). No significant differences were found in root decomposition between primary forest and silvopastoral forest, k was around 0.07 year⁻¹ and at the end of the period roots retained 77-88 % of their original mass. Likewise, no significant differences were found in nutrient release according to forest use. N was immobilized almost all the period meanwhile P and K were released from de initial and Ca had and immobilization-release pattern. This study presents the first root decomposition data of ñire forests in*



Patagonia and this kind of information is important to understand carbon and nutrients cycling in these ecosystems. Likewise, silvopastoral use of nire forests would not affect belowground decomposition processes.

Keywords: carbon, belowground biomass, soil, silvopastoral systems.

INTRODUCCIÓN

En Patagonia Sur existe una amplia zona cordillerana que contiene bosques nativos de *Nothofagus antarctica* (ñire), una especie muy distribuida en la región, que se extiende desde los 36° 30' hasta los 56° 00' de latitud Sur y tiene la habilidad de crecer en una amplia gama de calidades de sitio diferentes. En cuanto al uso actual de estos bosques, en general se realiza la extracción de leña en pequeña escala (consumo local de las estancias) y un gran porcentaje de ellos son utilizados bajo la implementación de sistemas silvopastoriles, en donde el ganado (principalmente ovino y bovino) se alimenta del estrato herbáceo que crece en el sotobosque (Peri y Ormaechea, 2013).

Las raíces finas representan un importante aporte al ciclo de nutrientes en el sistema, ya que en muchos casos presentan un alta tasa de recambio, es decir nacen, mueren y se descomponen más rápido que otros componentes, lo cual repercute en el ciclo de muchos nutrientes y en la absorción y liberación de carbono (C) (Jackson et al., 1997; Rao et al., 2001; Son y Hwang, 2003; Larreguy et al., 2012). Asimismo, la producción de raíces finas usualmente excede la producción de los componentes aéreos (Dornbush et al., 2002) por lo que la muerte y descomposición del sistema radicular representa uno de los ingresos más importantes de nutrientes al sistema. Las condiciones ambientales de precipitación y temperatura, como así también la calidad del sustrato a descomponer, pueden influir en las tasas de descomposición (Bontti et al., 2009). En este sentido, no existen antecedentes de estudio de la descomposición de raíces finas de ñire y menos aún en ambientes tan australes como los de Patagonia Sur, caracterizados por temperaturas medias frías y temporadas completas con suelos congelados. Tampoco existen antecedentes que evalúen diferencias en la descomposición entre un bosque primario y un bosque bajo manejo silvopastoril. Estos últimos se caracterizan por tener condiciones microambientales diferentes (Bahamonde et al., 2009) y un sotobosque en general rico en gramíneas que también aporta sustrato aéreo y subterráneo para descomponer. En este sentido, Bahamonde et al. (2012) y Caldentey et al. (2001) estudiando descomposición de hojarasca en distintas densidades arbóreas *N. antarctica* y *N. pumilio*, encontraron que la materia orgánica se descomponía más rápido en bosques bajo uso silvopastoril o abiertos, respectivamente, en comparación a los bosques primarios, aunque se desconoce si existen diferencias en cuanto a la descomposición subterránea. El presente estudio pretende generar información de base que es clave para el entendimiento de los ciclos de carbono y nutrientes en estos sistemas australes, conocimiento que reviste importancia a nivel local y regional en el marco de un manejo sustentable de los ecosistemas naturales. En la actualidad existen pocos estudios respecto a la dinámica, uso y distribución de nutrientes en los diferentes compartimientos aéreos y subterráneos en bosques de *Nothofagus* (Caldentey, 1992; Veblen et al., 1996; Frangi et al., 2004; Frangi et al., 2005, Gargaglione, 2011) y la mayoría de estos estudios se realizaron solamente con la porción aérea. Asimismo, las raíces finas y las micorrizas de algunas especies, al descomponerse, pueden aportar al suelo más de cuatro veces nitrógeno (N) y más de 10 veces de fósforo (P) que el respectivo aporte de esos nutrientes a través de la caída de hojarasca (Bowen, 1984, Frangi et al., 2004). En *N. antarctica* se han observado elevadas concentraciones de



nutrientes en el componente raíces, sobre todo las raíces finas y medias, las cuales representaron para todos los nutrientes (con excepción del N) el destino principal luego de las hojas (Gargaglione, 2013). El hecho de que las raíces presenten concentraciones altas demuestra que ejercen un rol fundamental a nivel de ecosistema mediante su potencial aporte en el ciclo de nutrientes. Es este sentido, y a diferencia de las hojas que en muchas especies caducifolias presentan altas reabsorciones que pueden exceder hasta el 50% (Killingbeck, 1996; Aerts, 2000), en raíces finas de distintos tipos funcionales de plantas no se han encontrado diferencias significativas en la concentración de N, Ca y Mg entre raíces vivas y muertas (Gordon y Jackson, 2000). Incluso para el caso de nutrientes que sí presentaron concentraciones significativamente inferiores (P y K) en raíces muertas, la tasa de reabsorción informada fue del orden del 30 %, mucho inferior a las observadas en hojas (Gordon y Jackson, 2000). Esta capacidad de las raíces de ceder nutrientes es de fundamental importancia en la dinámica de nutrientes del sistema, por lo es necesario realizar estudios de descomposición de este componente para cuantificar y entender mejor esta dinámica. Por todo lo expuesto, el objetivo del presente estudio fue estimar la tasa de descomposición y liberación de nutrientes de raíces finas de árboles de ñire creciendo en un bosque primario (BP) vs. un bosque bajo uso silvopastoril (BSP). La principal hipótesis es que "las condiciones micro ambientales especiales (mayor entrada de luz y detritos provenientes tanto de pastos como de árboles) que presenta un sistema silvopastoril de *N. antarctica*, comparado a un bosque primario, harían que el sistema silvopastoril presente una mayor tasa de descomposición de raíces finas, realizándose todo el proceso en un menor lapso de tiempo".

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios de estudio

Se seleccionaron tres estancias (repeticiones) con bosques de ñire al SO de la provincia de Santa Cruz. En cada estancia se encontraba el bosque en dos situaciones diferentes: rodales de bosque primario sin intervención, con alta cobertura arbórea (80-90%), sin uso con ganado evidente; y bosque maduro, abierto, de baja cobertura arbórea (50-60%) con uso de ganadería ovina o bovina. Las estancias seleccionadas fueron: Cancha Carreras (51° 13' 21" S, 72° 15' 34" O); Morro Chico (51°57' 24"SL; 71°31' 48" WL) y Tres Marías (51° 19' 05 SL''; 72° 10' 47 WL''). La precipitación media anual de toda la zona es de alrededor de 390 mm año⁻¹ y la temperatura media anual es de 4,9°C. Los suelos se caracterizan como molisoles e inceptisoles con textura ligeramente arenosa y pH moderadamente ácido. La vegetación del sotobosque está dominada por gramíneas como *Agrostis capilaris*, *Bromus setifolium*, *Dactylis glomerata*, *Deschampsia flexuosa*, ciperáceas del género *Carex* y, en menor proporción, *Festuca gracillima*.

Mediciones del Suelo

Para caracterizar el suelo se tomaron al azar cinco muestras compuestas por cinco sub-muestras (a 30 cm de profundidad) en cada sitio. Estas fueron secadas al aire y transportadas al laboratorio para determinar: carbono orgánico (C), nitrógeno total (N), contenido de fósforo disponible (P), potasio intercambiable (K), pH y textura.



Mediciones de Descomposición

Tanto en bosque primario como silvopastoril, se excavaron cinco cuadrantes de 20 x 40 cm a 30 cm de profundidad y las raíces de *N. antarctica* (< 2 mm de diámetro) fueron colectadas de su sitio natural. En el laboratorio, las raíces fueron lavadas con agua destilada, secadas al aire hasta peso constante, cortadas a 10 cm de largo y puestas en bolsitas de descomposición de polietileno de 15 x 20 cm de malla de 0,35 mm (5 gramos por bolsita). Cinco sub-muestras fueron pesadas y secadas en estufa a 65 °C para calcular el peso seco inicial del material a incubar y para analizar la concentración inicial de C, N, P, K y Ca.

En noviembre de 2012, las bolsitas de descomposición fueron colocadas en una parcela de 1 m² (8 bolsitas x 3 repeticiones x dos condiciones = 48). Todas fueron enterradas horizontalmente (a 10 cm de profundidad) y cubiertas con el suelo removido. Las muestras fueron luego colectadas a los 60, 160, 290, 380, 465, 660, 735 y 820 días. En cada muestreo, las bolsitas fueron llevadas al laboratorio donde el material fue removido de la bolsa, limpiado para quitar el suelo adherido con pinceles, pesadas en fresco y luego secadas a 60 °C por 48 h para obtener el peso seco. Se determinó materia orgánica por pérdida por ignición (4 h, 500 °C) por lo que los contaminantes inorgánicos (principalmente partículas de suelo) fueron excluidos. Adicionalmente, las muestras en cada fecha fueron analizadas para determinar la concentración de los macronutrientes (N, P, K y Ca). La cantidad absoluta de cada nutriente fue obtenida multiplicando la materia orgánica remanente por la concentración de cada uno.

Análisis de Datos

La tasa de descomposición (*k*) fue calculada del porcentaje de materia orgánica remanente usando el modelo de descomposición propuesto por Olson (1963): $mt/m_0 = \exp(-kt)$, donde *mt* es la masa al tiempo *t*, *m*₀ es la masa inicial, la constante *k* es el coeficiente de descomposición y *t* es el tiempo transcurrido (año). Se realizaron ANOVAs para detectar diferencias significativas entre las constantes de descomposición de acuerdo al uso del bosque (primario o silvopastoril). En caso de encontrar diferencias significativas las medias fueron separadas utilizando el test de Tukey (*p* < 0,05). Para el caso de la dinámica de nutrientes a lo largo del tiempo los datos fueron analizados con ANOVA para medidas repetidas tomado como factor al uso del bosque y sub-factor cada fecha de muestreo.

RESULTADOS

Los análisis de suelo determinaron que tanto el bosque primario como el silvopastoril presentaron suelo de textura arenosa con valores de pH entre 5,8 y 6,3 (Tabla 1). No se encontraron diferencias significativas para la concentración nutrientes y aunque el bosque primario presentó el doble de P que el silvopastoril esta diferencia tampoco fue significativa debido a la alta variabilidad que presentó este último (Tabla 1).

Luego de dos años de descomposición en el terreno, la masa remanente de raíces finas aún sin descomponer fue de 77 y 88 % para bosque primario y bosque silvopastoril, respectivamente. Asimismo, si bien el bosque primario presentó mayor descomposición que el sistema silvopastoril,



estas diferencias no fueron significativas en ninguna de las fechas de muestreo (Figura 1). Tampoco se encontraron diferencias significativas ($p = 0,12$) en la tasa de descomposición (k) de raíces entre bosques primario y silvopastoril. El modelo de Olson ajustó un valor k de alrededor de $0,07 \text{ año}^{-1}$, lo que indicaría 11,2 años para la desaparición del 50 % del material y 85,2 años para lograr el 95%.

Tabla 1. Características del suelo de los tres sitios estudiados en el sur de Santa Cruz. Se estudiaron tres estancias que contenían bosque primario (sin intervención y sin ganadería BP) y bosque con uso silvopastoril (BSP). Entre paréntesis se observa el desvío estándar de la media. Ns: indica que no existieron diferencias significativas.

Sitio	K (meq/100 g)	C (%)	N (%)	C:N	P (ppm)	pH
BP	1,21 (0.29)	7,74 (2.28)	0,55 (0.20)	14,23 (1.45)	43,14 (3.0)	5,89 (0.36)
BSP	1,09 (0.52)	6,57 (4.86)	0,50 (0.38)	13,03 (0.55)	23,24 (25.8)	5,84 (0.14)
Significancia	ns	ns	ns	ns	ns	ns

BP: Bosque Primario; BSP: bosque con uso silvopastoril

Luego de dos años de descomposición en el terreno, la masa remanente de raíces finas aún sin descomponer fue de 77 y 88 % para bosque primario y bosque silvopastoril, respectivamente. Asimismo, si bien el bosque primario presentó mayor descomposición que el sistema silvopastoril, estas diferencias no fueron significativas en ninguna de las fechas de muestreo (Figura 1). Tampoco se encontraron diferencias significativas ($p = 0,12$) en la tasa de descomposición (k) de raíces entre bosques primario y silvopastoril. El modelo de Olson ajustó un valor k de alrededor de $0,07 \text{ año}^{-1}$, lo que indicaría 11,2 años para la desaparición del 50 % del material y 85,2 años para lograr el 95%.

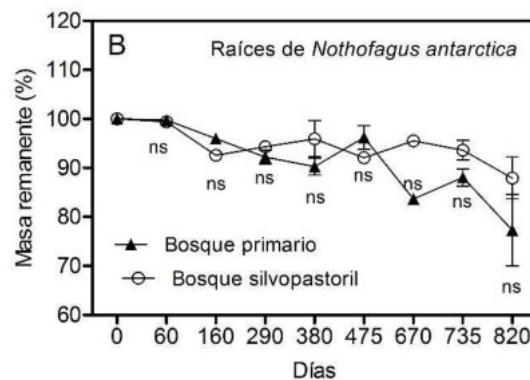


Figura 1. Masa remanente (en %) de raíces finas de ñire (*Nothofagus antarctica*) descomponiendo en un bosque primario (triángulos) y en un bosque bajo uso silvopastoril (círculos) al sur de la provincia de Santa Cruz, Patagonia, Argentina. Las barras verticales muestran el error estándar de la media y ns indica que no existieron diferencias significativas en cada fecha de muestreo.

La liberación de nutrientes de las raíces finas en descomposición no varió significativamente entre bosque primario y bosque silvopastoril, para ningún nutriente estudiado (Figura 2). En el caso



del N, se observó inmovilización durante el primer período de descomposición y una liberación recién a partir de los 820 días. Al final del período de descomposición, la masa remanente aún contenía cerca de un 80% del contenido inicial del N (Figura 2 A). Un patrón diferente fue observado para el caso del P, el cual fue liberado en alta proporción desde el inicio, quedando con un 40-50% del contenido inicial después de 60 días, para luego continuar liberándose con una tasa un poco más desacelerada (Figura 2 B). El patrón seguido por Ca fue de inmovilización al inicio, liberación a los 290 y 380 días y luego otro período de inmovilización desde los 475 días hasta el final (Figura 2 C). Por último, K presentó una alta liberación desde el inicio (60%) y solo un 20-30% del K inicial fue retenido en las raíces al final del período de descomposición (Figura 2 D).

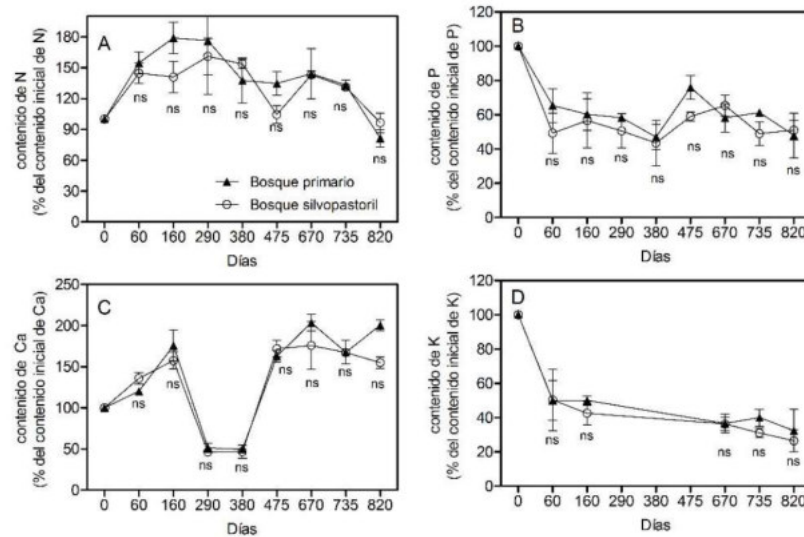


Figura 2. Dinámica de liberación de N, P, Ca y K (A, B, C y D) en raíces de ñire (*Nothofagus antarctica*) en bosques primarios y bajo uso silvopastoril al sur de la provincia de Santa Cruz. Las barras verticales indican el error estándar de la media, ns indica que no hubo diferencias significativas.

DISCUSIÓN

Actualmente no existen estudios previos que hayan evaluado la descomposición de raíces finas de ñire. Los valores encontrados en este estudio (77-88 % de masa remanente al final del período) fueron similares a los informados para raíces finas (< 3 mm) de *Fagus sylvatica* en bosques de Alemania (Scheu y Schauer mann 1994) y para bosques de *Picea abies* al este de Finlandia (Palviainen et al. 2004). Con respecto a la dinámica de liberación de nutrientes, si bien existen algunos estudios de descomposición de hojarasca en especies de *Nothofagus* (Decker y Boerner 2006; Bahamonde et al. 2012; Moretto y Martínez Pastur 2014), la información existente de descomposición de raíces es escasa. En el presente estudio, observamos diferentes patrones de liberación durante el período de descomposición según cada nutriente en particular: N fue inmovilizado mientras que P y K fueron liberados desde el inicio del período de descomposición. Por su parte, Ca presentó un período inicial de inmovilización seguido por liberación y luego de nuevo inmovilización. En este sentido, nuestros resultados son concordantes con Hobbie et al. (2010), quienes encontraron que la mayoría de las



especies de árboles en Polonia presentaban inmovilización inicial de N. Asimismo, Diehl et al. (2003) informaron que el N es el nutriente más limitante en los bosques de *Nothofagus*, con lo cual es de esperarse que los microorganismos lo inmovilicen por ser también limitante para ellos. Con respecto al P, distintos autores han informado ambos patrones en la descomposición de raíces según diferentes especies y sitios: inmovilización y liberación (i.e. Ostertag y Hobbie 1999; Bachecha et al. 2016), con lo cual, el proceso que predomina puede estar relacionado con la calidad del sustrato a descomponer, su presencia en el suelo y/o las características de los microorganismos actuantes. Algo a destacar es los *Nothofagus* presentan asociaciones con ectomicorrizas, (Diehl et al., 2008) las cuales podrían estar ayudando a que este nutriente no sea tan limitante en estos suelos y se promueva su liberación. Para el caso del Ca, nuestros resultados son concordantes con diversos autores que también han informado un patrón de dos fases en la dinámica de este nutriente para detritos aéreos en bosques templados fríos: con una fase de incremento (inmovilización) inicial, seguido por una fase de liberación más tardía (Berg et al. 1987; Laskowski et al., 1995; Osono y Takeda 2004). A pesar de que existen diferencias entre los detritos aéreos y subterráneos, este patrón también se aplicaría para raíces en descomposición de ñire. Por último, K fue el único nutriente que mostró altas tasas de liberación desde el inicio del estudio. Esto es concordante con distintos trabajos que muestran este mismo patrón para diferentes sitios y especies (Laskowski et al. 1995; Osono y Takeda 2004), dado que este nutriente no forma componentes estructurales sino que existe en solución dentro de las células de las plantas, con lo cual, el K es altamente móvil y por lo tanto lixiviado rápidamente desde los detritos en descomposición (Osono y Takeda 2004).

Con respecto al uso del bosque, no se pudo corroborar la hipótesis propuesta que decía que, al igual que lo informado para descomposición de hojarasca por otros autores, "existiría una mayor tasa de descomposición de raíces en el sistema silvopastoril comparado con el bosque primario". Contrariamente, en este estudio se observó que tanto para la descomposición de raíces finas como para la dinámica de liberación de los nutrientes estudiados, no se encontraron diferencias significativas según el bosque sea primario o esté bajo uso silvopastoril. Pareciera que las bajas temperaturas fueron el principal factor determinando la tasa de descomposición de las raíces finas de ñire en los sitios estudiados, ya que los cambios microclimáticos derivados por la apertura del dosel superior (principalmente luz) en los rodales bajo uso silvopastoril no determinaron cambios respecto al bosque sin intervenir. Estos resultados en parte concuerdan con Carrera et al. (2008) quienes informaron que el disturbio del pastoreo afectó la descomposición aérea de gramíneas pero no afectó los procesos de descomposición de raíces en pastizales de Patagonia Norte. Asimismo, estos resultados indicarían que, si bien las variaciones microclimáticas detectadas en los BSP por Bahamonde et al. (2009) y que si afectaron la descomposición de detritos aéreos, no tuvieron influencia en los procesos de descomposición subterránea.

Bibliografía

Aerts, R., Chapin, F. S. 2000. The mineral nutrition of Wild plants revisited: A Re-evaluation of Processes and Patterns. *Advances in Ecological Research*, 30: 1-67.

Bahamonde, H. A., Peri, P.L., Martínez Pastur, G., Lencinas, M. V. 2009. Variaciones microclimáticas en bosques primarios bajo uso silvopastoril de *Nothofagus antarctica* en dos calidades de sitio en Patagonia Sur. *Actas 1º Congreso Nacional Silvopastoril*. Posadas, Misiones, 14-16 de Mayo de 2009.



- Bacheга, L. R., Bouillet, J. P., de Cássia Piccolo, M., Saint-André, L., Bouvet, J. M., Nouvellon, Y., Laclau, J. P. 2016. Decomposition of *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium* leaves and fine roots in tropical conditions did not meet the Home Field Advantage hypothesis. *Forest Ecology and Management*, 359, 33-43.
- Bahamonde, H. A., Peri, P. L., Alvarez, R., Barneix, A., Moeretto, A., Martínez Pastur, G. 2012. Litter decomposition and nutrient dynamics in *Nothofagus antarctica* forests under silvopastoral use in Southern Patagonia. *Agroforestry systems*, 84: 345-360.
- Berg, B., Staaf, H., & Wessen, B. 1987. Decomposition and nutrient release in needle litter from nitrogen-fertilized scots pine (*Pinus sylvestris*) stands. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2(1-4), 399-415.
- Bontti, E. E., Decant, J. P., Munson, S. M., Gathany, S., Przeslowska, A., Haddix, M. L., Owens, S., Burke, I. C., Parton, W. J., Harmons, M. E. 2009. Litter decomposition in grasslands of central North America (US Great Plains). *Global Change Biology*, 15: 1356-1363.
- Bowen, G.D. 1984. Tree roots and the use of soil nutrients. Pp. 147-179 en: Bowen, G.D., Nambiar, E.K.S. (Eds.), *Nutrition of Plantation Forest*, Academic press, London.
- Caldentey, J. 1992. Acumulación de nutrientes en rodales naturales de lenga (*Nothofagus pumilio*) en Magallanes, Chile. *Ciencias Forestales*, 8: 19-25.
- Caldentey, J., Ibarra, M., Hernández, J., 2001. Litter fluxes and decomposition in *Nothofagus pumilio* forests stands in the region of Magallanes, Chile. *Forest Ecology and Management*, 148: 145-157.
- Decker, K. L., Boerner, R. E. 2006. Mass loss and nutrient release from decomposing evergreen and deciduous *Nothofagus* litters from the Chilean Andes. *Austral ecology*, 31(8), 1005-1015.
- Diehl, P., Mazzarino, M.J., Funes, F., Fontenla, S., Gobbi, M., Ferrari, J. 2003. Nutrient conservation strategies in native Andean - Patagonian forest. *Journal of Vegetation Science*, 14: 63-70.
- Diehl, P., Mazzarino, M. J., Fontenla, S. 2008. Plant limiting nutrients in Andean-Patagonian woody species: Effects of interannual rainfall variation, soil fertility and mycorrhizal infection. *Forest Ecology and Management*, 255: 2973-2980.
- Dornbush, M. E., Isenhardt, T. M., Raich, J. W. 2002. *Quantifying fine root decomposition: an alternative to buried litterbags*. *Ecology*, 83: 2985-2990.
- Frangi, J. L., Barrera, M. D., Puigdefábregas, J., Yapura, P. F., Arambarri, A. M., Richter, L. L., 2004. *Ecología de los bosques de Tierra del Fuego*, en Arturo, M., Frangi, J., Goya, J., (Eds.) *Ecología y Manejo de los Bosques de Argentina*. Editorial de la Universidad Nacional de la Plata.
- Frangi, J.L., Barrera, M.D., Richter, L.L., Lugo, A.E. 2005. Nutrient cycling in *Nothofagus pumilio* forest along an altitudinal gradient in Tierra del Fuego, Argentina. *Forest Ecology and Management*, 217: 80-94.
- Gargaglione, V., Peri P. L., Rubio, G. 2013. Partición diferencial de nutrientes en árboles de *Nothofagus antarctica* creciendo en un gradiente de calidades de sitio en Patagonia Sur. *Bosques* 34 (3): 291-302.
- Gordon, W. S., Jackson, R. B. 2000. Nutrient Concentration in fine roots. *Ecology*, 81 (1): 275-280.
- Hobbie, S. E., Oleksyn, J., Eissenstat, D. M., & Reich, P. B. 2010. Fine root decomposition rates do not mirror those of leaf litter among temperate tree species. *Oecologia*, 162(2), 505-513.
- Jackson, R. B., Mooney, H. A., Schulze, E. D. 1997. A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrient contents. *Proceeding of the National Academy of Sciences, USA* 94: 7362-7366.
- Killingbeck, K. T. 1996. Nutrients in senesced leaves: keys to the search for potential resorption proficiency. *Ecology*, 77: 1716-1727.
- Larreguy, C., Carrera, A. L., Bertiller, M. B. 2012. Production and turnover rates of shallow fine roots in rangelands of the Patagonian monte, Argentina. *Ecology Research*, 27: 61-68.
- Laskowski, R., Niklińska, M., Maryański, M. 1995. The dynamics of chemical elements in forest litter. *Ecology*, 1393-1406.
- Moretto, A., Martínez Pastur, G. 2014. Litterfall and leaf decomposition in *Nothofagus pumilio* forests along an altitudinal gradient in Tierra del Fuego, Argentina. *J. FOR. SCI*, 60(12), 500-510.
- Palviainen, M., Finér, L., Kurka, A. M., Mannerkoski, H., Piirainen, S., Starr, M. 2004. Decomposition and nutrient release from logging residues after clear-cutting of mixed boreal forest. *Plant and soil*, 263(1), 53-67.
- Osono, T., Takeda, H. 2004. Potassium, calcium, and magnesium dynamics during litter decomposition in a cool temperate forest. *Journal of Forest Research*, 9(1), 23-31.
- Ostertag, R., Hobbie, S. E. 1999. Early stages of root and leaf decomposition in Hawaiian forests: effects of nutrient availability. *Oecologia*, 121(4), 564-573.



Peri P.L., Ormaechea, S. 2013. Relevamiento de los bosques nativos de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Santa Cruz: base para su conservación y manejo, 88 pp. Ediciones INTA, Buenos Aires. ISBN 978-987-679-219-6.

Rao, I. M., Plazas, C., Ricaurte, J. 2001. Root turnover and nutrient cycling in native and introduced pastures in tropical savannas. En: Horst W, Schenk, M K, Burkert A, Claassen N, Flessa H, Frommer W. B., Goldbach, H.E., Olf H.W, Römheld V., Sattelmacher B., Schmidhalter U, Schubert S, von Wirén N., Wittenmayer L. (eds). Plant nutrition: food security and sustainability of agro-ecosystems. Springer, New York, pp 976–977.

Scheu, S., Schauer mann, J. 1994. Decomposition of roots and twigs: effects of wood type (beech and ash), diameter, site of exposure and macrofauna exclusion. *Plant and Soil*, 163(1), 13-24.

Son Y, Hwang J. H. 2003. Fine root biomass, production and turnover in a fertilized *Larix leptolepis* plantation in central Korea. *Ecological Research*, 18: 339–346.

Veblen, T.T., Donoso, C., Kitzberger, T., Rebertus, A.J. 1996. Ecology of southern Chilean and Argentinean *Nothofagus* forests. Pp. 293–353 En: Veblen, T., Hill, R., Read, J. (Eds.). *The Ecology and Biogeography of Nothofagus Forests*, Yale University Press, New Haven.