



Evaluación de parámetros biológicos y bioquímicos en un suelo bajo distintas especies forestales de la Patagonia Argentina

Evaluation of biological and biochemical parameters in a soil under different forest species of the Argentinian Patagonia

Gabriela Cristina Sarti,¹ Diana N. Effrona²

¹Profesor Adjunto dedicación exclusiva. Cátedra de Química Inorgánica y Analítica. Universidad de Buenos Aires, Argentina. Facultad de Agronomía. Argentina. Correo electrónico: karibu@agro.uba.ar

²Universidad de Buenos Aires-Argentina, Facultad de Agronomía.

Recibido: 18 de enero de 2019.

Aprobado: 3 de mayo de 2019.

RESUMEN

En los sistemas forestales, la descomposición de la hojarasca es la principal vía de entrada de los nutrientes en el suelo y es uno de los puntos clave del reciclado de la materia orgánica y nutrientes. La tasa a la cual se descomponen todos los restos vegetales depende de factores ambientales y del material aportado por las distintas especies forestales. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la cubierta vegetal sobre parámetros biológicos y bioquímicos en un suelo debajo de dos especies forestales nativas ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis* (Don) Flor. et Boutl.),

radal (*Lomatia hirsuta* Diels.), una especie exótica Roble europeo (*Quercus robur*) y un área adyacente al bosque que posee sólo vegetación arbustiva. Se estudió la actividad de las enzimas β -glucosidasa, fosfatasa, proteasa y recuentos de microorganismos. En la hojarasca de cada especie forestal, se midieron los niveles de N, P, lignina y celulosa. Los resultados mostraron que la actividad biológica fue mayor en el suelo bajo las especies forestales que en el área adyacente al bosque. A su vez, la hojarasca que corresponde al roble europeo, presentó los menores contenidos de sustancias recalcitrantes como lignina y celulosa y los mayores contenidos de N y P, esto facilitaría la actividad de los microorganismos del suelo facilitando la descomposición del material vegetal. Se concluyó que desde el punto de vista microbiológico la implantación de la especie Roble propiciaría una mejor calidad del suelo forestal.

Palabras clave: actividades enzimáticas; ciprés de la cordillera; radal; roble europeo.

ABSTRACT

In forest systems, the decomposition of litterfall is the main route of entry of nutrients into the soil and is one of the key points of recycling organic matter and nutrients. The rate at which all plant debris decomposes depends on environmental factors and the material provided by different forest species. The objective of this work was to evaluate the effect of vegetation cover on biological and biochemical parameters in a soil beneath two native forest species of the Mountain range (*Austrocedrus chilensis* (Don) Flor. et Boutl.), radal (*Lomatia hirsuta* Diels.), an exotic European Oak (*Quercus robur*) and an area adjacent to the forest that has only shrub vegetation. The activity of the enzymes β -glucosidase, phosphatase, protease and microorganism counts were studied. In the leaf litter of each forest species, the levels of N, P, lignin and cellulose were measured. The results showed that the biological activity was higher in the soil under the forest species than in the area adjacent to the forest. At the same time, the litterfall corresponding to the European oak, presented the lowest contents of recalcitrant substances such as lignin and cellulose and the highest contents of N and P, this would facilitate the activity of soil microorganisms facilitating the decomposition of plant material. It was concluded that from the microbiological point of view the implantation of the species Roble would propitiate a better quality of the forest soil.

Keywords: enzymatic activities; cypress of mountain range; radal; european oak.

INTRODUCCIÓN

Los bosques son ecosistemas de gran importancia para mitigar los efectos producidos por el cambio climático debido a su capacidad de almacenar carbono en su biomasa. Proveen de hábitat esenciales para una amplia gama de especies de flora y fauna, minimizan la degradación de los suelos y contribuyen en mantener los ciclos del agua, nutrientes y energía.

La producción y velocidad de descomposición de los residuos orgánicos aportados por el dosel del bosque condicionan el espesor de la hojarasca acumulada sobre el suelo, siendo las hojas la fracción mayoritaria de este material. En los sistemas forestales, la descomposición de la hojarasca es la principal vía de entrada de los nutrientes en el suelo y es uno de los puntos clave del reciclado de la materia orgánica y nutrientes Molina *et al.*, (2018). Esta hojarasca está formada por una amplia gama de compuestos que se los clasifica principalmente en seis grupos principales:

- a) celulosa,
- b) hemicelulosa,
- c) lignina,
- d) fracción soluble en agua (aminoácidos, azúcares simples, ácidos alifáticos),
- e) constituyentes solubles en alcohol (grasas, aceites, ceras, resinas),
- f) proteínas.

Los polisacáridos son los carbohidratos más abundantes, dominando habitualmente las hexosas sobre las pentosas (Beltrán *et al.*, 2017). Todas las fracciones son incorporadas al suelo en forma gradual garantizando la contribución permanente de nutrientes al suelo. Por otro lado, estos distintos tipos de cubiertas vegetales afectan las propiedades físicas, químicas, biológicas y bioquímicas de los suelos (Capulin *et al.*, 2018).

La tasa a la cual se descomponen todos los restos vegetales depende de factores ambientales como la temperatura, precipitaciones y además también depende de las diferentes especies forestales (Moreno Valdez *et al.*, 2018). Por lo tanto, para evaluar la calidad de un suelo es necesario contar con indicadores físicos, químicos y biológicos que diferirán según el tipo de suelo, cubierta vegetal, clima, época de muestreo y uso. Por esta razón es necesario contar con valores de referencia para cada tipo de suelo. Antes de la utilización del concepto de calidad del suelo se empleaban solamente parámetros físicos y químicos como indicadores, los parámetros biológicos han sido incorporados posteriormente.

Los parámetros biológicos tales como las actividades enzimáticas son considerados indicadores sensibles y tempranos de los cambios del suelo ante perturbaciones y pueden ser entonces utilizados para predecir la tendencia de la calidad del suelo a largo

plazo (Burns *et al.*, 2013). Gran parte de la actividad enzimática proviene de la masa de microorganismos presentes en el suelo. Estos microorganismos juegan un rol fundamental en la sustentabilidad de los diversos ecosistemas desarrollando funciones esenciales como el ciclado de nutrientes para el crecimiento vegetal, formación de humus del suelo, mejora de las propiedades físicas y mantenimiento de la biodiversidad de los ecosistemas. Diversos estudios sostienen que la composición de la comunidad microbiana del suelo puede ser influenciada por las especies vegetales presentes (Quintero *et al.*, 2014). Por otra parte, las variaciones de la población microbiana son temporales, en función a la disponibilidad de los sustratos más lábiles. (Kätterer *et al.*, 2014)

Este trabajo tiene por objetivo estudiar el efecto de la cubierta vegetal sobre parámetros biológicos y bioquímicos en un suelo debajo de dos especies forestales nativas Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis* (Don) Flor. et Boutl.), radial (*Lomatia hirsuta* Diels.), una especie exótica roble europeo (*Quercus robur*) y un área adyacente al bosque que posee sólo vegetación arbustiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El área en estudio se encuentra en la Estación Forestal INTA de Trevelín, Chubut, Argentina Lat. 43° Sur, Longitud 71° 31´ Oeste, altitud 470 m. s. n. m. La superficie de la estación es de 3.020 ha. El suelo corresponde a un Andisol. El material originario está compuesto por cenizas volcánicas mezclado con material coluvial. El clima se caracteriza por tener precipitaciones promedio de 942 mm anuales, produciéndose el 80,6 % de las mismas entre los meses de abril y setiembre. La temperatura máxima media anual es de 15,7 °C y la mínima media anual de 3,4 °C. En la estación, hay extensas superficies de bosque nativo y numerosas parcelas experimentales implantadas con diversas especies. Los suelos de la estación forestal están clasificados como Andisoles, los cuales a través de la meteorización del material parental desarrollan estructuras no cristalinas y complejos *Al-Humus* que definen sus propiedades, entre ellas se distingue carga variable, alta capacidad de fijación de fósforo, baja densidad aparente y formación de agregados estables (Dörner *et al.*, 2009).

En el sitio de estudio, se seleccionó una zona de bosque nativo donde las principales especies forestales son Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis* (Don) Flor. et Boutl.) y Radal (*Lomatia hirsuta* Diels.) y el resto de la vegetación presente está compuesta por las especies: Laura (*Schinus patagonicus*), Vinagrillo (*Rumex acetocella*), Maitén (*Maytenus boaria*), Rosa mosqueta (*Rosa eglanteria*), Tabaco indio (*Verbascum thapsus*), Cebadilla patagónica (*Bromus patagonicus*) y Festuca (*Festuca*

arundinacea) y una zona de bosque implantado con la especie forestal roble europeo (*Quercus robur*) de 50 años de edad.

Se seleccionaron diez árboles al azar de cada una de las especies con portes similares con un buen estado sanitario. Las muestras fueron recolectadas en mes de octubre del año 2017. Se tomaron muestras superficiales (0-10cm) previo despeje del material vegetal superficial y a una misma distancia del tronco de los árboles seleccionados. Debajo de cada uno de los árboles, se tomaron cuatro muestras de las cuales se hizo una muestra compuesta por árbol sobre las cuáles se efectuaron las determinaciones analíticas. Las muestras húmedas se guardaron en bolsas plásticas que se mantuvieron refrigeradas hasta su análisis en el laboratorio. Las muestras fueron tamizadas por malla de 4 mm o 2 mm según la determinación a realizar. Los resultados se expresaron en base a suelo secado al aire hasta peso constante.

Determinaciones analíticas sobre muestras de suelo

Las siguientes determinaciones se realizaron sobre las diez muestras compuestas tomadas debajo de cada especie y en el área adyacente al bosque, los análisis se efectuaron por duplicado.

Se determinaron las actividades enzimáticas extracelulares involucradas en los ciclos del C (β -glucosidasa), del N (proteasas) y del P (fosfatasa ácida). En los casos de la β -glucosidasa y fosfatasa, la actividad enzimática se midió incubando la muestra con un sustrato específico (p-nitrofenil glucósido y p-nitrofenil fosfato de sodio respectivamente) y posterior determinación colorimétrica del p-nitrofenol formado. La actividad proteasa se determinó incubando el suelo con caseína y posterior determinación colorimétrica de la tirosina liberada.

Las siguientes determinaciones se realizaron sobre cuatro de las diez muestras compuestas tomadas debajo de cada especie y los análisis se efectuaron por duplicado. Recuento de bacterias totales, amilolíticas, actinomicetes y hongos totales: se efectuaron suspensiones y diluciones adecuadas de suelo para efectuar los recuentos en medios de cultivo sólidos.

Determinaciones analíticas sobre material vegetal

Determinación de nitrógeno total:

Se realizó una digestión ácida con ácido sulfúrico concentrado y una mezcla de sulfato ferroso y sulfato de cobre. El nitrógeno orgánico fue convertido en sulfato de amonio, la solución se alcalinizó y el amonio liberado fue titulado con una solución de ácido sulfúrico. Los resultados se expresaron en g de N Kg.⁻¹ materia seca.

Determinación del fósforo total

Se realizó una extracción del fósforo presente con solución extractora de HCl 0,1N y NH_4F 0,03N. Posteriormente, se agitó, filtró y sobre una alícuota del filtrado se agrega una mezcla de una solución de molibdato de amonio y ácido ascórbico obteniéndose un producto coloreado que fue leído a 660 nm. Los resultados se expresaron en g P kg^{-1} materia seca.

Determinación de lignina y celulosa

Se utilizó el método de la fibra ácido-detergente. Sobre 1g de la muestra molida se realizó una hidrólisis ácida utilizando bromuro de etiltrimetilamonio como detergente y ácido sulfúrico durante 1 hora. Se aprovechó la facultad del bromuro de etiltrimetilamonio para desnaturalizar proteínas. Se secó a 110 °C y se pesó el material obtenido. El resultado se calculó como porcentaje del material de partida. La fibra está compuesta por celulosa y lignina y en ella se puede medir estos materiales por separados. Los resultados se expresaron en g de lignina 100 g^{-1} de materia seca y g de celulosa 100 g^{-1} de materia seca.

Análisis estadístico

El análisis estadístico para las variables β -glucosidasa, fosfatasa ácida y proteasa se realizó con el software *Infostat versión 1.8*, la distribución normal de los datos se analizó con la prueba de Levene y la homogeneidad de varianzas mediante test de Shapiro-Wilkins los datos fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza de una vía correspondiente a un diseño completamente aleatorizado.

Las diferencias entre medias de tratamiento fueron determinadas mediante el test de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las enzimas involucradas en los ciclos del carbono, fósforo y nitrógeno tales como β -glucosidasa, fosfatasa ácida y proteasa mostraron diferencias significativas entre las actividades de dichas enzimas en el suelo bajo las especies forestales estudiadas y el área adyacente a bosque, siendo en todos los casos mayor ($p < 0,05$) la actividad en el suelo bajo la influencia de las especies forestales.

Al comparar entre las especies forestales, la especie Roble europeo mostró los mayores valores de actividad β -glucosidasa y fosfatasa ácida siendo los mismos $600\text{ mg p-nitrofenol g}^{-1}$ suelo y $900\text{ g p-nitrofenol g}^{-1}$ suelo respectivamente. Para el caso de la actividad proteasa, no se observaron diferencias significativas entre las especies forestales estudiadas (Figura 1, Figura 2, Figura 3).

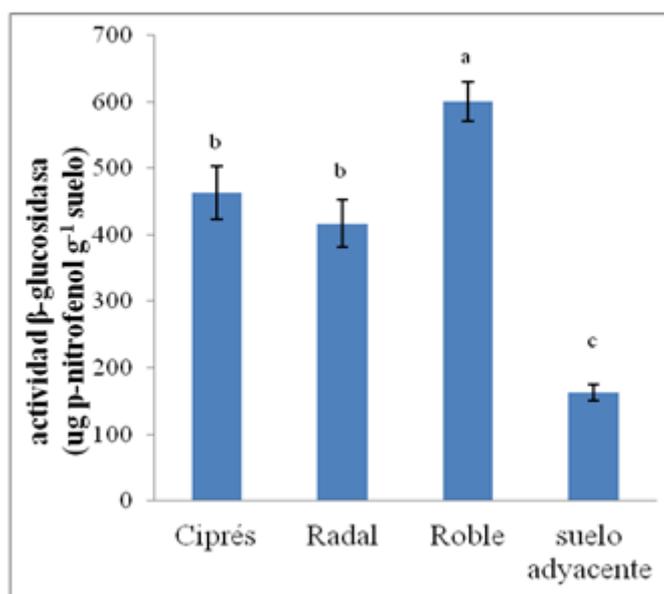


Fig. 1. - Valores medios de actividad de β -glucosidasa medidos en el suelo bajo las especies forestales en estudio y el suelo adyacente.

Letras distintas para cada variable medida en el suelo indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

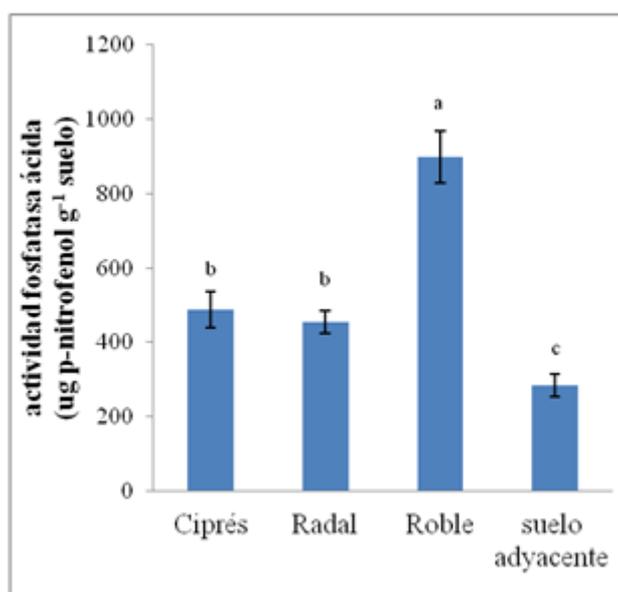


Fig. 2. - Valores medios de actividad fosfatasa ácida medidos en el suelo bajo las especies forestales en estudio y el suelo adyacente.

Letras distintas para cada variable medida en el suelo indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

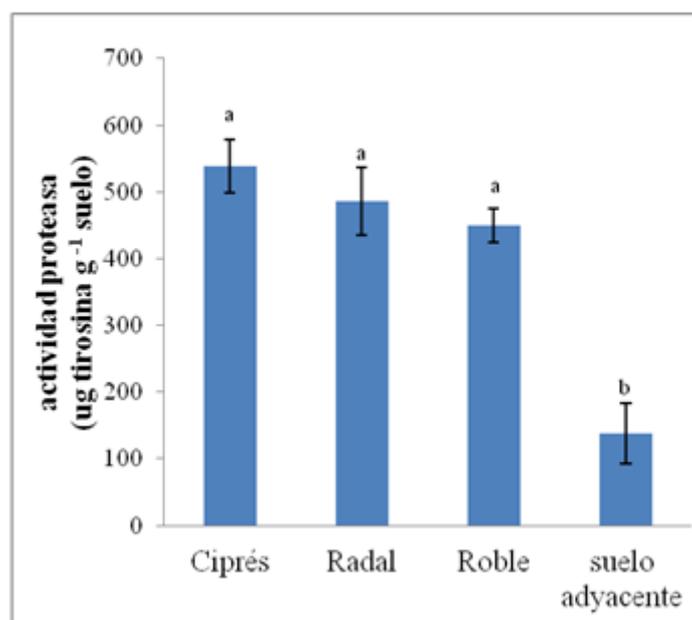


Fig. 3. - Valores medios de actividad proteasa medidos en el suelo bajo las especies forestales en estudio y el suelo adyacente.

Letras distintas para cada variable medida en el suelo indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Teniendo en cuenta las especies forestales estudiadas, los recuentos de flora bacteriana total, hongos y actinomicetes fueron mayores en el suelo bajo la especie roble. Para el caso del recuento de la flora bacteriana total y los actinomicetes los recuentos bajo la especie roble fueron significativamente mayores que para las otras especies. Para todas las variables estudiadas los menores recuentos se obtuvieron en el suelo adyacente a las forestaciones (Tabla 1).

Tabla 1. - Recuentos de hongos, bacterias y actinomicetes medidos en el suelo bajo las especies forestales ciprés de la cordillera. (*Austrocedrus chilensis* (Don) Flor. et Boutl.), radal (*Lomatia hirsuta* Diels.) y roble europeo (*Quercus robur*) y el suelo adyacente.

	Flora bacteriana total	Actinomicetes totales	Hongos totales
	Log10	UFC g ⁻¹	
Suelo bajo ciprés	10,0 (b)	3,9 (b)	5,3 (a)
Suelo bajo radal	9,1 (b)	4,3(b)	4,8 (a)
Suelo bajo roble	15,0 (a)	5,0 (a)	5,4 (a)
Suelo adyacente	7,2 (c)	2,7(c)	3.0 (b)

Letras diferentes entre filas indican diferencias significativas entre especies forestales ($P < 0,05$).

En la tabla 2, se muestran los contenidos de sustancias recalcitrantes como lignina y celulosa como también los contenidos de N y P foliar aportados por cada especie forestal y los resultados muestran que la hojarasca correspondiente a la especie roble posee el

menor contenido de sustancias recalcitrantes como también los mayores valores de N y P foliar (Tabla 2).

Tabla 2. - Valores de lignina, celulosa, N y P en hojas senescentes de las especies forestales en estudio ciprés de la cordillera. (*Austrocedrus chilensis* (Don) Flor. et Boutl.), radial (*Lomatia hirsuta* Diels.) y Roble europeo (*Quercus robur*).

	Lignina (%)	Celulosa (%)	N foliar (gkg-1)	P foliar (gkg-1)
Ciprés	8,0 b	13,5a	9,4b	1,60ba
Radal	15,1a	13,1a	8,8b	0,89b
Roble	5c	10,3b	45a	3,9 a

Letras distintas para cada variable medida en el suelo indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

Teniendo en cuenta el recuento de cada uno de los tipos de microorganismos en estudio, los resultados más contrastantes se hallaron en el suelo bajo las especies forestales y el suelo adyacente al bosque, encontrándose para todas las variables estudiadas los mayores valores en el suelo bajo las especies forestales (Tabla 1). Villegas, (2004) al comparar suelo de un bosque de pino (*Pinus patula*) y un suelo con cultivos agrícolas (rico en materia orgánica), encontró que el desarrollo de la población bacteriana es menor en el caso del bosque de pino, esto lo atribuye a que la capa de hojarasca que se acumula bajo la conífera (*Pinus patula*) inhibe el desarrollo de algunos microorganismos para la interacción raíz- suelo. Sin embargo, el trabajo presentado por Li, (2015) sugiere que la mayor tasa de actividad enzimática se encuentra en bosques de pino.

En el caso de las especies forestales estudiadas, los recuentos de flora bacteriana total, hongos y actinomicetes son mayores en el suelo bajo la especie roble (Tabla 1).

Este hecho podría explicarse teniendo en cuenta la diferente composición del material vegetal aportado por cada una de las especies forestales. Los datos mostrados en la tabla 2 que posicionan al roble europeo como la especie que proporciona una hojarasca con los mayores contenidos de N y P y los menores contenidos de sustancias recalcitrantes, implicaría que sus residuos poseen una composición química sencilla de fácil degradación, esto favorecería el mayor desarrollo de la flora bacteriana en el suelo bajo esta especie. Defrieri *et al.*, (2007) en un trabajo con especies nativas de un bosque nativo de Chaco, Argentina, encontró para el caso de las actividades enzimáticas proteasa y fosfatasa diferencias significativas en la utilización de distintas fuentes carbonadas según la especie forestal en estudio. Resultados similares fueron hallados por Ushio *et al.*, (2008), quienes encontraron que la composición de la comunidad microbiana mostró diferencias significativas entre especies de coníferas y latifoliadas, atribuyendo estas diferencias al efecto que las especies forestales poseen sobre propiedades del suelo tales como pH, C total y N, los cuales podrían ser factores de importancia que influyen la composición de la comunidad microbiana del suelo.

El mayor contenido de N y P en la hojarasca que corresponde a la especie roble (Tabla 2), refuerza la idea que estos residuos vegetales serían los más fácilmente descomponibles y adecuados para el desarrollo de una prolífera actividad microbiana especialmente para el caso de bacterias y esto se vincula con los mayores valores encontrados de actividad β -glucosidasa y fosfatasa ácida en el suelo bajo esta especie forestal (Figura 1) y (Figura 2). Sin embargo, no se encuentra asociación entre la actividad proteásica (Figura 3) con el N foliar aportado por la hojarasca del roble (Tabla 2), debido a que no hay diferencias significativas entre la actividad de la enzima en ninguna de las especies forestales estudiadas. Resultados similares vinculados a la falta de asociación entre niveles de N y actividad proteasa fueron hallados por Defrieri *et al.*, (2010) en un andisol de bosque implantado con pino y fresno.

En este trabajo se observa que, las distintas hojarascas aportadas por las especies forestales producen cambios en las comunidades microbianas, y en los niveles de enzimas extracelulares liberadas. Estos resultados coinciden con Alvear *et al.*, (2007) quienes propusieron que los cambios en la comunidad de microorganismos del suelo dependen del origen y composición cualitativa y cuantitativa de la materia orgánica presente.

Los resultados muestran la gran dependencia que existe entre los parámetros biológicos y el tipo de cubierta vegetal, encontrándose las situaciones más contrastantes al comparar el área adyacente al bosque y el suelo bajo la influencia de las especies forestales que aportan un mayor contenido de residuos vegetales de variable composición química.

La hojarasca que corresponde a la especie roble, por poseer menor contenido de sustancias recalcitrantes y los mayores contenidos de N y P facilitaría la descomposición del material vegetal y esto se vincularía con los mayores recuentos microbianos y actividades enzimáticas para el suelo debajo de esta especie. Se concluye que los indicadores estudiados mostraron una tendencia hacia una mejor calidad de suelo desde el punto de vista microbiológico cuando se encuentra bajo la especie forestal roble.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVEAR, M., REYES, F., MORALES, A., ARRIAGADA, C. y REYES, M., 2007. Actividad biológica y agregados estables al agua en dos tipos de formaciones vegetales de un bosque templado del Centro-Sur de Chile con perturbación antrópica. *Ecología austral* [en línea], vol. 17, no. 1, pp. 113-122. [Consulta: 27 febrero 2019]. ISSN 1667-782X. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1667-782X2007000100010&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

- BELTRÁN PINEDA, M.E., ROCHA GIL, Z.E., BERNAL FIGUEROA, A.A. y PITA MORALES, L.A., 2017. Microorganismos funcionales en suelos con y sin revegetalización en el municipio de Villa de Leyva, Boyacá. *Revista Colombia Forestal* [en línea], vol. 20, no. 2. [Consulta: 23 abril 2019]. DOI <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2017.2.a05>. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/colfor/article/view/10400>.
- BURNS, R.G., DEFOREST, J.L., MARXSEN, J., SINSABAUGH, R.L., STROMBERGER, M.E., WALLENSTEIN, M.D., WEINTRAUB, M.N. y ZOPPINI, A., 2013. Soil enzymes in a changing environment: Current knowledge and future directions. *Soil Biology and Biochemistry* [en línea], vol. 58, pp. 216-234. [Consulta: 27 febrero 2019]. ISSN 0038-0717. DOI 10.1016/j.soilbio.2012.11.009. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071712004476>.
- CAPULIN-GRANDE, J., SUÁREZ-ISLAS, A., RODRÍGUEZ-LAGUNA, R., MATEO-SÁNCHEZ, J.J., RAZO-ZÁRATE, R. y ISLAS-SANTILLÁN, M., 2018. Influence of fire on soil and vegetation properties in two contrasting forest sites in Central México. *Ciencia e investigación agraria* [en línea], vol. 45, no. 2, pp. 128-137. [Consulta: 27 febrero 2019]. ISSN 0718-1620. DOI 10.7764/rcia.v45i2.1798. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-16202018000200128&lng=es&nrm=iso&tlng=en.
- DEFRIERI, R.L., EFFRON, D., PRAUSE, J., TORTAROLO, F., SARTI, G. y JIMÉNEZ, M.P., 2007. Ecosistema forestal nativo: influencia de las especies forestales sobre algunas propiedades microbiológicas en un monte chaqueño argentino. En: E. BEDMAR, C. OLMEDO, A. THUAR y E. CASTRO (eds.), *Biología de Suelos*. Argentina: Río Cuarto, ISBN 978-950- 665-438-2.
- DEFRIERI, R.L., SARTI, G., TORTAROLO, M.F. y EFFRON, D., 2010. Propiedades bioquímicas y microbiológicas en un suelo de la Patagonia argentina con especies forestales implantadas. *XXII Congreso Argentino de Ciencia del Suelo*. Rosario, Argentina: Congreso Argentino de Ciencia del Suelo, ISBN 978-987-24771-1-0.
- DÖRNER, J., DEC, D., PENG, X. y HORN, R., 2009. EFECTO DEL CAMBIO DE USO EN LA ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA Y LA FUNCIÓN DE LOS POROS DE UN ANDISOL (TYPIC HAPLUDAND) DEL SUR DE CHILE. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal* [en línea], vol. 9, no. 3, pp. 190-209. [Consulta: 23 abril 2019]. ISSN 0718-2791. DOI 10.4067/S0718-27912009000300003. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-27912009000300003&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- KÄTTERER, T., BÖRJESSON, G. y KIRCHMANN, H., 2014. Changes in organic carbon in topsoil and subsoil and microbial community composition caused by repeated additions of organic amendments and N fertilisation in a long-term field experiment in Sweden. *Agriculture, Ecosystems & Environment* [en línea], vol.

- 189, pp. 110-118. [Consulta: 27 febrero 2019]. ISSN 0167-8809. DOI 10.1016/j.agee.2014.03.025. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880914001613>.
- LI, J., COOPER, J.M., LIN, Z., LI, Y., YANG, X. y ZHAO, B., 2015. Soil microbial community structure and function are significantly affected by long-term organic and mineral fertilization regimes in the North China Plain. *Applied Soil Ecology* [en línea], vol. 96, pp. 75-87. [Consulta: 27 febrero 2019]. ISSN 0929-1393. DOI 10.1016/j.apsoil.2015.07.001. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139315300378>.
- MOLINA, N.F., BARRIOS, J.R. y LEON, S.I., 2018. Caída y descomposición de hojarasca en los bosques ribereños del manantial de Cañaverales, Guajira, Colombia. *Acta Biológica Colombiana* [en línea], vol. 23, no. 1, pp. 115-123. [Consulta: 23 abril 2019]. ISSN 1900-1649. DOI 10.15446/abc.v23n1.62342. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/62342>.
- MORENO VALDEZ, M.E., DOMÍNGUEZ GÓMEZ, T.G., ALVARADO, M. del S., COLÍN, J.G., CORRAL RIVAS, S. y GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, H., 2018. Aporte y descomposición de hojarasca en bosques templados de la región de El Salto, Durango. *Revista mexicana de ciencias forestales* [en línea], vol. 9, no. 47, pp. 70-93. [Consulta: 23 abril 2019]. ISSN 2007-1132. DOI 10.29298/rmcf.v9i47.180. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-11322018000300070&lng=en&nrm=iso&tlng=es.
- QUINTERO, A.C., BARLIZA, J.C., PELÁEZ, J.D.L. y TURIZO, C.E.T., 2014. Caracterización de materia orgánica aportada por hojarasca fina en los bosques de ribera del río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta Colombia). *RIAA* [en línea], vol. 5, no. 1, pp. 171-184. [Consulta: 27 febrero 2019]. ISSN 2145-6453. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5344959>.
- USHIO, M., WAGAI, R., BALSER, T.C. y KITAYAMA, K., 2008. Variations in the soil microbial community composition of a tropical montane forest ecosystem: Does tree species matter? *Soil Biology and Biochemistry* [en línea], vol. 40, no. 10, pp. 2699-2702. [Consulta: 27 febrero 2019]. ISSN 0038-0717. DOI 10.1016/j.soilbio.2008.06.023. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071708002241>.
- VILLEGAS, J.C., 2004. ANÁLISIS DEL CONOCIMIENTO EN LA RELACIÓN AGUA-SUELO-VEGETACIÓN PARA EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA. *Revista EIA* [en línea], no. 1, pp. 73-79. [Consulta: 27 febrero 2019]. ISSN 1794-1237. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1794-12372004000100008&lng=en&nrm=iso&tlng=es.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.
Copyright (c) 2019 Gabriela Cristina Sarti