

Influencia de Especies Arbóreas Implantadas sobre Parámetros Biológicos y Bioquímicos en un Suelo Forestal de Chubut, Argentina

Diana N. Effron, Gabriela C. Sarti, María C. Quinteros y Silvia I. Catán
Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Avda San Martín 4453,
CP 1417DSE. Buenos Aires-Argentina (e-mail: effron@agro.uba.ar).

Recibido Jul. 25, 2011; Aceptado Oct. 03, 2011; Versión Final recibida Nov. 21, 2011

Resumen

Se estudió la influencia de algunas especies forestales sobre propiedades biológicas y bioquímicas de un suelo, con el propósito de contribuir a establecer criterios que logren un desarrollo sustentable para un sistema forestal. El sitio de estudio es un suelo forestal de Chubut, en la Patagonia Argentina. Se tomaron muestras superficiales de suelo de tres parcelas con una especie dominante cada una: Roble (*Quercus robur*), Fresno (*Fraxinus excelsior* L.) y Pino radiata (*Pinus radiata* D. Don.). En ellas se determinaron carbono de respiración, actividad deshidrogenasa, actividad fosfatasa ácida, número de bacterias totales y amilolíticas, actinomicetes y hongos totales, mientras que en las hojas se determinó fósforo. Los resultados mostraron diferencias importantes de estos parámetros para las diferentes especies estudiadas, diferencias que son explicadas por la composición química de las diferentes especies vegetales.

Palabras clave: suelo forestal, carbono de respiración, actividad deshidrogenasa, actividad fosfatasa ácida, recuentos microbianos

Influence of Implanted tree Species on Biological and Biochemical Parameters in a Forest soil of Chubut, Argentina

Abstract

The influence of some tree species on biological and biochemical properties of a forest soil was studied with the purpose of establishing criteria to achieve a sustainable development of a forest system. The study site is a forest soil of Chubut, in the Argentinean Patagonia. Surface soil samples were taken of three plots with a dominant species each one: Oak (*Quercus robur*), Ash (*Fraxinus excelsior* L.) and Radiata Pine (*Pinus radiata* D. Don.). Microbial respiration, dehydrogenase and acid phosphatase activities, counts of aerobic and amylolytic bacteria, actinomyces and fungi were determined in soil samples, while phosphorous was determined in leaves. The results showed important differences of these parameters for the different species considered in the study, differences that are explained by the different chemical composition of the vegetal species.

Keywords: forest soil, microbial respiration, dehydrogenase activity, acid phosphatase activity, microbial counts

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los bosques cumplen un rol fundamental en la retención de carbono al almacenar más del 40% del carbono terrestre, por lo cual poseen un enorme potencial para mitigar el cambio climático global (Seguel et al., 2008). Además los bosques conservan la mayor parte de la biodiversidad genética animal y vegetal y es ampliamente sabido que su destrucción continúa por falta de manejos sustentables. El conocimiento integral de estos ecosistemas permitirá contribuir a su preservación si se desarrollan estrategias de manejo que mantengan y protejan la calidad del suelo forestal. Los distintos tipos de cubiertas vegetales y especialmente las especies arbóreas dominantes en los sistemas forestales, afectan las propiedades químicas, biológicas y bioquímicas de los suelos (Priha et al., 2001; Chodak y Niklinska, 2010).

Dentro de los parámetros biológicos la actividad de la enzima intracelular deshidrogenasa y el carbono de respiración microbiana constituyen parámetros de la actividad biológica del suelo. La actividad de la enzima deshidrogenasa es considerada un indicador del metabolismo oxidativo y total de la actividad microbiana del suelo ya que es una enzima exclusivamente intracelular y teóricamente está sólo presente en células viables (Monokrousos et al., 2006). También la respiración microbiana es uno de los parámetros más comúnmente utilizados para cuantificar la actividad microbiana en un suelo. Puede variar con la temperatura del suelo, la humedad y las especies de plantas (Yohannes et al., 2011). Una evaluación de la diversidad microbiológica en suelos se basa no sólo en la cuantificación e identificación de los microorganismos involucrados, sino además en la investigación de su rol funcional a través del estudio de actividades de las enzimas liberadas por los mismos o de su capacidad de utilizar diferentes sustratos carbonados (Kjoller et al., 2000).

Por otro lado, la descomposición de la materia orgánica en el suelo constituye un proceso clave en el ciclo de los nutrientes, estando las comunidades microbianas y la actividad biológica del suelo íntimamente vinculadas a dichos ciclos (Ushio et al., 2008). La actividad de las enzimas extracelulares son una medida del potencial que tiene el suelo de llevar adelante los procesos bioquímicos responsables de la liberación de nutrientes para las plantas y microorganismos a través de la transformación de la materia orgánica (Allison y Vitousek, 2005). Entre ellas, la actividad de la enzima fosfatasa ácida se encuentra involucrada en el ciclo del fósforo del suelo y tiene un papel fundamental en la degradación de los residuos vegetales. Effron et al. (2006) encontraron que la actividad de esta enzima respondía fundamentalmente a las diferencias en contenido de carbono de la materia orgánica del suelo, generadas por diferentes especies forestales en un monte nativo del Chaco, Argentina.

El objetivo de este trabajo fue analizar parámetros biológicos (actividad de la enzima deshidrogenasa y carbono de respiración) y bioquímicos (actividad de la fosfatasa ácida) en un suelo bajo la influencia de las especies forestales: Roble (*Quercus robur*), Fresno (*Fraxinus excelsior* L.) y Pino radiata (*Pinus radiata* D. Don.).

MATERIALES Y MÉTODOS

El sitio de investigación 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. La temperatura máxima media anual es de 15,7 °C y la mínima media anual de 3,4 °C. Se seleccionaron al azar 10 árboles de cada una de las especies con un buen estado sanitario y con portes similares.

Se tomaron muestras superficiales (0-10cm) de suelo ubicadas en pie de colina de tres parcelas, de aproximadamente de 2 ha cada una, de bosque implantado con una especie dominante cada una: Roble (*Quercus robur*), Fresno (*Fraxinus excelsior* L.) y Pino radiata (*Pinus radiata* D. Don.) con igual tiempo de implantación (50 años). Las mismas fueron tomadas previo despeje del material vegetal superficial, y a una misma distancia del tronco de los árboles seleccionados.

Debajo de cada uno de los 10 árboles de cada especie, se tomaron 4 muestras de las cuales se hizo una muestra compuesta por árbol. Dichas muestras se obtuvieron en el mes de marzo del año 2010 y sobre ellas se efectuaron las determinaciones analíticas por duplicado. 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 seco a 105 °C hasta peso constante.

Análisis de las muestras de suelo y foliares

Carbono de respiración: se determinó midiendo el CO₂ liberado durante la incubación del suelo, el que es retenido por una solución de NaOH y valorando el NaOH remanente (Anderson, 1982).

Actividad de deshidrogenasa: Se incubó el suelo con una solución de una sal de amonio cuaternaria (cloruro de 2-p-iodofenil-3-p-nitrofenil-5-fenil tetrazolio o INT) que funciona como un aceptor artificial de electrones a un pH regulado de 7,6. El formazán derivado (INTF), producto de la reducción se determinó colorimétricamente. (Gong, 1996).

Actividad de fosfatasa ácida: se midió incubando la muestra con p-nitrofenil fosfato de sodio y posterior medición de la cantidad de p-nitrofenol liberado por espectrofotometría (Dick et al., 1996).

Recuentos 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 (Frioni, 2006).

Fósforo foliar: se determinó realizando una digestión con ácidos nítrico y perclórico y posterior determinación colorimétrica del contenido de fósforo según la técnica de Murphy-Riley (1962).

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza de una vía correspondiente a un diseño completamente aleatorizado, entre tratamientos correspondiente a las tres especies arbóreas. Las diferencias entre medias de tratamiento fueron determinadas mediante el test de Tukey ($p < 0,05$). Se utilizó el programa estadístico INFOSTAT /PROFESIONAL ® Versión 1.1- Universidad de Córdoba.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores hallados en el presente trabajo mostraron que la respiración microbiana, actividad de la enzima deshidrogenasa y fosfatasa ácida resultaron significativamente superiores en el suelo debajo de la especie Roble europeo y Fresno respecto del suelo debajo de Pino radiata ($p < 0,05$) (Figuras 1, 2 y 3).

Los recuentos de flora bacteriana total y de bacterias amilolíticas dieron valores significativamente superiores ($p < 0,05$) en el suelo asociado a la especie Roble europeo y Fresno respecto de los valores hallados para Pino, mientras que los actinomicetes y hongos no mostraron diferencias significativas entre especies (Tabla 1). Yohannes et al. (2011) estudiaron la influencia de distintas especies forestales sobre la respiración de un suelo de Etiopía en distintas condiciones abióticas y concluyeron que podría deberse a los diferentes canopeos de las especies de árboles que pueden incidir sobre varios factores, entre ellos, sobre la actividad microbiana del suelo y su diversidad. Nuestros resultados podrían explicarse teniendo en cuenta la diferente composición del material vegetal aportado por las distintas especies. Altos porcentajes de lignina y/o alta relación de lignina /celulosa indican la presencia de materiales más difíciles de degradar.

El porcentaje de lignina y la relación lignina/celulosa foliares para la especie Roble europeo (lignina: 6,0 %; lignina/celulosa: 0,53) determinados por Effron et al. (2010), para Fresno (lignina: 7,2 y lignina/celulosa 0,68) y Pino radiata (lignina: 14,3 %; lignina/celulosa 0,81) determinados por

Defrieri et al. (2010) muestran que para las especies Roble y Fresno dichos contenidos y relaciones son menores, que podría explicarse teniendo en cuenta que ambas especies son latifoliadas y la otra una conífera. Además para el suelo asociado a Roble europeo y Fresno, se halló un significativo mayor número de microorganismos, especialmente bacterias totales y amilolíticas, las cuales se desarrollan rápidamente cuando encuentran fuentes carbonadas y nitrogenadas fácilmente descomponibles. Villegas (2004) encontró un desarrollo de una población bacteriana mucho menor en suelos cubiertos con bosque de Pino (*Pinus patula*) que en cultivos agrícolas que lo atribuye a que la capa de hojarasca que se acumula bajo coníferas inhibe el desarrollo de algunos microorganismos necesarios para la interacción raíz-suelo.

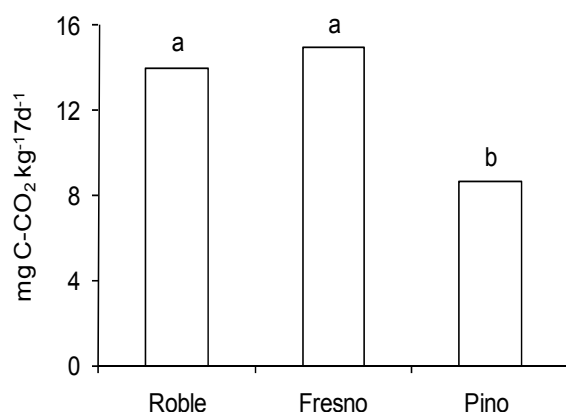


Fig.1: Valores medios del C-CO₂ medidos en el suelo debajo de cada especie forestal.

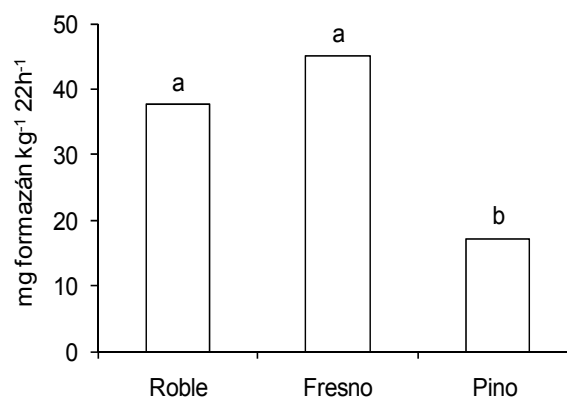


Fig. 2: Valores medios de actividad deshidrogenasa en el suelo debajo de cada especie forestal.

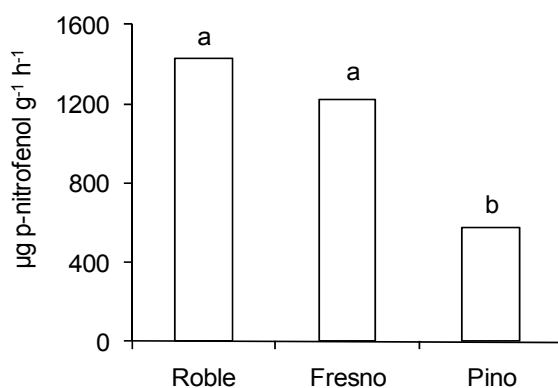


Fig. 3: Valores medios de actividad fosfatasa ácida en el suelo debajo de cada especie forestal.

Las letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre especies.

Tabla 1: Recuentos de bacterias, actinomicetes y hongos medidos en el suelo en U.F.C g⁻¹ suelo

	Bacterias aerobias totales	Bacterias amilolíticas	Actinomicetes	Hongos
Suelo bajo Roble	$5,5 \cdot 10^{18} \text{ a}$	$1,1 \cdot 10^6 \text{ a}$	$1,3 \cdot 10^6 \text{ a}$	$1,7 \cdot 10^4 \text{ a}$
Suelo bajo Fresno	$4,5 \cdot 10^{16} \text{ a}$	$3,2 \cdot 10^5 \text{ a}$	$2,8 \cdot 10^4 \text{ a}$	$2,6 \cdot 10^3 \text{ a}$
Suelo bajo Pino	$3,8 \cdot 10^{11} \text{ b}$	$1,0 \cdot 10^3 \text{ b}$	$3,7 \cdot 10^4 \text{ a}$	$2,7 \cdot 10^5 \text{ a}$

Effron et al. (2010) en un trabajo previo en el mismo sitio y trabajando con dos especies forestales, una conífera y otra latifoliada, encontraron valores más elevados de actividades enzimáticas extracelulares tales como fosfatasa ácida, β glucosidasa y proteasa en el suelo debajo de la especie latifoliada, hecho que podría explicarse teniendo en cuenta que estas enzimas participan en la transformación y ciclado de nutrientes, siendo mayor su actividad en aquel suelo donde hay mayor proporción de material vegetal fácilmente descomponible como sería en este caso. Priha et al. (2001) encontraron resultados similares a los hallados en este trabajo donde concluyeron que especies forestales tales como el Abedul (*Betula pendula* y *Betula pubescens*) presentaron mayores valores del carbono de respiración y de las actividades enzimáticas a las encontradas en el suelo bajo Abeto (*Picea mariana*). Ellos sugirieron que la razón puede ser las diferentes cantidades de carbono lábil liberadas por cada una de las especies, con la consecuente influencia sobre los microorganismos del suelo. Chodak y Niklinska (2010) encontraron que especies arbóreas como Aliso (*Alnus glutinosa*) generaron mayor acumulación de carbono y nitrógeno en el suelo y además presentan mayores y más activas comunidades microbianas en el suelo y que en las plantaciones con Pino (*Pinus sylvestris*) y Alerce (*Larix decidua*) ocurre lo contrario, lo cual indica que las especies latifoliadas estimulan un mayor crecimiento de la comunidad microbiana que las coníferas.

En cuanto a los valores más altos encontrados para la fosfatasa ácida en el suelo debajo de Roble y Fresno, además de poder explicarse por ser las especies que presentan residuos más fácilmente descomponibles, se determinó que se corresponden con mayores valores de fósforo foliar. Dichos valores, en unidades de g.kg^{-1} de suelo en hojas senescentes de las especies Roble, Fresno y Pino son 4,04; 4,70 y 1,19 respectivamente. Esto podría explicarse apoyando la hipótesis que la producción de enzimas por los microorganismos aumenta cuando son necesarias para degradar material fácilmente descomponible (Allison y Vitousek, 2005) como es el material presente en las hojas de Fresno y Roble.

CONCLUSIONES

Para el caso de los suelos bajo la influencia de Fresno y Roble, que corresponden a especies latifoliadas, los resultados obtenidos mostraron mayores valores para la respiración microbiana, la actividad de la enzima deshidrogenasa y mayores recuentos de bacterias aeróbicas totales y de bacterias amilolíticas, que para la especie Pino Radiata que es una conífera. No se hallaron diferencias significativas en el recuento de actinomicetes ni de hongos entre las especies. Los mayores valores de actividad fosfatasa ácida se encontraron en el suelo debajo de Roble y Fresno los cuales presentan mayores contenidos de fósforo foliar.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por un Proyecto de Ciencia y Técnica de la Universidad de Buenos Aires (Código G413) de la Programación Científica de los años 2008 - 2010.

REFERENCIAS

- Allison, S.D. y P.M. Vitousek, *Responses of extracellular enzymes to simple and complex nutrient inputs*, Soil Biol. Biochem: 37, 937-944 (2005).
- Anderson, J.P.E, *Soil respiration*, In Methods of Soil Analysis. Agronomy. ASA y SSSA by A. Page et al (Eds), pp 841-845, Madison, Wisconsin, USA (1982).
- Chodak, M. y M. Niklinska, *The effect of different tree species on the chemical and microbial properties of reclaimed mine soils*, Biol Fertild Soils: 46, 555-566 (2010).
- Defrieri, R.L., G. Sarti, M.F. Tortarolo y D. Effron. *Propiedades bioquímicas y microbiológicas en un suelo de la Patagonia argentina con especies forestales implantadas*, XXII Congreso Argentino de Ciencia del Suelo, Rosari, Argentina (2010).

Dick, R.P., D.P. Brakwell y R.F.Turco, *Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators*, In Methods for Assessing soil Quality. SSSA. Spec. Publ. Número 49 by J. Doran y Jones A. (Eds), pp 247-271, Madison, Wisconsin, USA, (1996).

Effron, D., R. L. Defrieri, G. Sarti y M. F. Tortarolo, *Indicadores del suelo en bosques de Chubut, Argentina como aporte al conocimiento de su diversidad biológica*, En Estrategias integradas de mitigación y adaptación a cambios globales, Primera edición, Editores: Lucas Fernández Reyes; Alejandra V. Volpedo y Alejo Pérez, pp 249-257, Buenos Aires, Argentina (2010).

Effron, D.N., M.P. Jiménez, R.L. Defrieri y J. Prause, *Relación de la actividad de fosfatasa ácida con especies forestales dominantes y con algunas propiedades del suelo de un bosque argentino*, Información Tecnológica: 17(1), 3-7 (2006).

Frioni, L., *Anexo práctico*, En Microbiología Básica Ambiental y Agrícola, 1° edición, Departamento Publicaciones Facultad Agronomía, pp 417-462, Montevideo, Uruguay (2006).

Gong, P. *Dehydrogenase activity in soil a comparison between the TTC and INT assay under their optimum conditions*, Soil Biol. Biochem: 29, 211-214 (1996).

Kjoller, A., M. Miller, S. Struwe, V. Wolters y A. Pflug, *Diversity and role of microorganisms*, In Carbon and nitrogen cycling in European forest ecosystems by E.D. Schulze, Springer-Verlag, pp 382-402, Berlin, Germany (2000).

Monokrousos, N., E. Papatheodorou, J. Diamantopoulou y G. Stamou, *Soil quality variables in organically and conventionally cultivated field sites*, Soil Biology y Biochemistry: 38, 1282-1289 (2006).

Murphy, J. y J. P. Riley, *A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters*, Anal. Chem.:27, 31-36 (1962).

Priha, O., S.J. Grayston, R. Hiukka, T. Pennanen y A. Smolander, *Microbial community structure and characteristics of the organic matter in soils under Pinus sylvestris, Picea abies and Betula pendula at two forest sites*, Biol. Fertil. Soils: 33, 17-24 (2001).

Seguel, A., R. Rubio, R. Carrillo, A. Espinosa y F. Borie, *Niveles de glomalina y su relación con características químicas y biológicas del suelo (andisol) en un relicto de bosque nativo del sur de Chile*, Bosque: 29(1), 11-22 (2008).

Ushio, M., R. Wagai, T. Balser y K. Kitayama. *Variations in the soil microbial community composition of a tropical montane forest ecosystem : does tree species matter?*, Soil Biology & Biochemistry: 40, 2699-2702 (2008).

Villegas, J. C., *Análisis del conocimiento en la relación agua-suelo-vegetación para el Departamento de Antioquia*, Revista EIA: 1, 73-79 (2004).

Yohannes, Y., O. Shibistova, A. Abate, M. Fetene y G. Guggenberger, *Soil CO₂ efflux in an Afromontane forest of Ethiopia as driven by seasonality and tree species*, Forest Ecology and Management: 261, 1090-1098 (2011).