

2020, Volumen 5, Número 2: 536-543



Dossier

“Geoquímica y perspectiva ambiental de sistemas exógenos”

Editores invitados: Eleonora Carol & Carolina Tanjal

Influencia de monocultivos forestales y un pastizal nativo sobre propiedades bioquímicas y físicas en la llanura pampeana

Ana Eva Josefina Cristóbal Míguez¹, Erika Odila Pacheco Rudz¹ & Gabriela Sarti¹

¹Cátedra de Química Inorgánica y Analítica, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. amiguez@agro.uba.ar



Influencia de monocultivos forestales y un pastizal nativo sobre propiedades bioquímicas y físicas en la llanura pampeana

Ana Eva Josefina Cristóbal Míguez¹, Erika Odila Pacheco Rudz¹ & Gabriela Sarti¹

¹ Cátedra de Química Inorgánica y Analítica, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. amiguez@agro.uba.ar

RESUMEN. El objetivo de este trabajo fue estudiar la influencia de dos monocultivos forestales exóticos y un pastizal nativo sobre ciertas propiedades bioquímicas y física de un suelo en la provincia de Buenos Aires (Argentina). Se seleccionaron tres tipos de cubiertas vegetales: Pino (*Pinus elliottii* Engelm), Eucalipto (*Eucalyptus dunnii* Maiden) y un pastizal nativo. Se midieron las siguientes propiedades bioquímicas: carbono de respiración, glomalina total, carbono orgánico, y físicas: estabilidad de los agregados del suelo. Se encontraron mayores valores de respiración bajo la influencia del pastizal, mientras que la glomalina total, mostró mayores valores en suelos forestales. Los valores de estabilidad estructural tendieron a ser mayores en el suelo bajo la influencia del Pino. Se encontró una vinculación positiva entre los valores de glomalina y estabilidad estructural hallados bajo la influencia de las especies forestales en estudio con respecto al pastizal nativo. Los resultados sugieren que una estructura más estable del suelo no es suficiente para generar un mayor desarrollo microbiano.

Palabras clave: *Monocultivos, Propiedades bioquímicas y físicas, Glomalina, Desarrollo microbiano*

ABSTRACT. Influence of tree monocultures and a native pasture on biochemical and physical properties in Pampean plains. The goal of this study was to evaluate the influence of two exotic tree monocultures and a native grassland on certain biochemical and physical properties of a soil in Buenos Aires province (Argentina). Three types of plant formation were selected: forest monocultures of pine (*Pinus elliottii* Engelm) and eucalypts or gum trees (*Eucalyptus dunnii* Maiden), and a native pasture. Several properties were measured, including biochemical: respiratory carbon, total glomalin, organic carbon, and physical: stability of soil aggregates. Higher respiration values were found associated with the grassland, while total glomalin showed higher values in forest soils. Structural stability values tended to be higher in the soil associated with the pine forest. We found a positive link between glomalin values and structural stability recorded with respect to the tree forest species

compared to the native grassland. The results suggest that a more stable soil structure is not sufficient to generate greater microbial development.

Key words: *Monocultures, Biochemical and physical properties, Glomalin, Microbial development*

RESUMO. Influência de monoculturas florestais e uma pastagem nativa sobre propriedades bioquímicas e físicas na planície pampeana. O objetivo deste trabalho foi estudar a influência de duas monoculturas florestais exóticas e uma pastagem nativa em determinadas propriedades bioquímicas e físicas de um solo na província de Buenos Aires (Argentina). Foram selecionados três tipos de coberturas vegetais: pínus (*Pinus elliottii* Engelm), eucalipto (*Eucalyptus dunnii* Maiden) e uma pastagem nativa. Foram medidas as seguintes propriedades bioquímicas: carbono de respiração, glomalina total, carbono orgânico, e físicas: estabilidade dos agregados do solo. Foram encontrados valores de respiração mais altos sob a influência da pastagem, enquanto a glomalina total apresentou valores mais altos nos solos florestais. Os valores de estabilidade estrutural tenderam a ser maiores no solo sob a influência de pínus. Foi encontrada uma relação positiva entre os valores de glomalina e estabilidade estrutural encontrados sob a influência das espécies florestais em estudo, em comparação à pastagem nativa. Os resultados sugerem que uma estrutura mais estável do solo não é suficiente para gerar um maior desenvolvimento microbiano.

Palavras-chave: *Monoculturas, Propriedades bioquímicas e físicas, Glomalina, Desenvolvimento microbiano*

Introducción

El sistema productivo en la Argentina estriba en el uso de los recursos naturales. Su actividad esencialmente agropecuaria y agroindustrial, ha llevado a un alto porcentaje de tierras con importantes niveles de degradación y deterioro en sus propiedades físicas y químicas, que generan impactos ambientales negativos (Cobello, 2014). Los pastizales son uno de los ecosistemas más gravemente amenazados, ya que son fácilmente sometidos a una variedad de perturbaciones drásticas, que van desde el arrasamiento por ganado confinado exótico a la introducción de especies de plantas exóticas, para completar la sustitución por cultivos anuales perennes (Perelman *et al.*, 2017). Por su parte, la región de la llanura pampeana, que originariamente presentaba pastizales en la mayor parte de su extensión, en la actualidad, se ve ampliamente intervenida por el hombre, siendo los asentamientos urbanos y los monocultivos abundantes en toda su extensión. En cuanto a la extensión de monocultivos forestales, una de las principales plantaciones cultivadas en esta región es el Eucalipto, utilizado para la industria (fábrica de pasta y papel, tableros aglomerados, hornos de carbón vegetal, trozas para aserradero, postes, estacas, entre otros), como rompe-vientos y cortinas protectoras (FAO). Por su parte, el pino ha evolucionado en forma diferencial según las regiones del país, caracterizándose en la provincia de Buenos Aires por la ausencia parcial o total de intervenciones silvícolas. De manera que se presenta como plantaciones densas, sin raleos ni podas y en consecuencia, con bajo valor comercial. El pino se destaca por su madera versátil, con aplicaciones estructurales y decorativas, tales como marcos, paredes, vigas, chapas y tableros (Ferrere *et al.*, 2015). Tanto pino como eucalipto agotan las fuentes de agua y de nutrientes y limitan el crecimiento de la vegetación bajo su dosel, disminuyendo la biodiversidad, activando la erosión y mermando la fertilidad del suelo (Hernández *et al.*, 2008).

La pérdida de fertilidad de un suelo, implica la pérdida de la capacidad del sistema edáfico para desarrollar sus funciones. La calidad de un suelo puede ser evaluada indirectamente a través de diferentes atributos físicos, químicos y biológicos (Cruz *et al.*, 2004). La degradación física de un suelo se expresa a través de cambios en las propiedades de su estructura (Volterás & Amézquita Collazos, 2009) que afectan también a sus propiedades químicas y biológicas (Hakansson & Lipiec, 2000). Sin embargo, las propiedades físicas y físico-químicas sólo se alteran cuando la calidad del suelo sufre cambios drásticos, de manera que no son útiles para detectar cambios tempranos (Filip, 2002). Los productos de las actividades que realizan los diversos microorganismos

presentes en el suelo, pueden ser usados como biosensores para detectar los cambios tempranos en la biología y bioquímica del suelo (Alvear *et al.*, 2007). En este sentido, la respiración de los microorganismos edáficos es uno de los índices de actividad microbiana más utilizados. La respiración constituye una medida del carbono potencialmente mineralizable en el suelo y refleja la actividad global de la población microbiana siendo un indicador de la actividad descomponedora de la microflora edáfica (Kennedy & Papendick, 1995). Por otro lado, se encuentran los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), responsables de segregar glomalina, una glicoproteína que se adhiere a las partículas del suelo, contribuyendo a la formación de sus agregados (González Chávez *et al.*, 2004). La estabilidad de la estructura de un suelo, se asocia a su capacidad de mantener la arquitectura de la fase sólida y del espacio poroso, cuando estos se someten a la acción de fuerzas originadas principalmente por la acción del agua, siendo éste el factor de degradación y la cohesión de las partículas en estado húmedo el factor de resistencia. Esta característica edáfica es dinámica y podría ser considerada como un indicador sensible de tendencias a la recuperación o degradación de los suelos (Gabioud *et al.*, 2011). Los suelos con mayor riesgo de degradación física, corresponden a los de mayor inestabilidad estructural, dependiendo esto del contenido de materia orgánica, por estar condicionado, a su vez, por el tipo de cobertura o cultivo y la práctica de manejo (Fernández *et al.*, 2016).

El objetivo de este trabajo fue estudiar la influencia de dos monocultivos forestales exóticos y un pastizal nativo sobre ciertas propiedades bioquímicas y físicas de un suelo en la provincia de Buenos Aires.

Materiales y Métodos

El sitio de estudio se encuentra en la localidad de Luján, Provincia de Buenos Aires, en un establecimiento forestal perteneciente a Colerdige S.A. ($34^{\circ} 36' 36.32''$ Lat. S. y $59^{\circ} 12' 29.19''$ Long. O.). Esta región pampeana corresponde a la Pampa Ondulada cuyo paisaje está compuesto por lomas alargadas y planicies suavemente onduladas. Los suelos corresponden a la serie Mercedes (argiudol típico). El establecimiento presenta aproximadamente 600 hectáreas, en su mayoría plantaciones forestales, de diferentes especies y estados de desarrollo (Fig. 1).



Figura 1. Imagen satelital de las forestaciones de *Pinus elliottii* (abajo a la izquierda) y *Eucalyptus dunnii* (arriba a la derecha); extraída de Google Earth (2015).

En el mes de abril del año 2013 se extrajeron muestras de suelo debajo de tres coberturas vegetales diferentes (pino, eucalipto y pastizal), ubicadas en lotes linderos. La plantación de pino (*Pinus elliottii* Engelm) tenía 13 años, con ejemplares ubicados a 3 m x 3 m de distancia entre ellos, DAP: 18,5 cm y Altura: 9,8 m. La plantación de eucalipto (*Eucalyptus dunnii* Maiden) tenía 22 años, con ejemplares ubicados a 3,7 m x 2,5 m; DAP: 37,4 cm. Cabe aclarar que en el año 2010 la plantación de eucaliptos fue cosechada, produciéndose a posteriori el rebrote de la cepa. El pastizal nativo se componía de diversas gramíneas típicas de la zona, y herbáceas, entre ellas *Cortaderia selloana* y *Celosía argentea*.

El diseño experimental corresponde a un diseño completamente aleatorizado, seleccionándose al azar de cada forestación 5 árboles de buen estado sanitario y porte semejante. Para cada árbol, se extrajeron 4 muestras de suelo equidistantes a profundidad de 0 a 10 cm (superficie) para la realización de una muestra compuesta. También se tomaron 3 muestras compuestas de pastizal aledaño a las forestaciones. Todas estas muestras se conservaron en refrigerio y tamizaron con malla de 2 mm. Por último, a la misma profundidad se tomaron muestras sin disturbar de cada unidad de estudio.

Determinaciones analíticas

En las muestras se determinó carbono de respiración, carbono orgánico, glomalina total y la estabilidad estructural del suelo. Para la determinación del carbono de respiración se siguió la técnica descrita por Anderson (1982) midiéndose el dióxido de carbono liberado durante la incubación de un suelo por siete días, el que es retenido por una solución de NaOH y posterior valoración del NaOH remanente. Los resultados obtenidos se expresan en mg de C-CO₂ desprendidos/kg suelo en 7 días. El carbono orgánico se determinó por el método de Walkley & Black (Nelson & Sommers, 1982). La glomalina total (GT) se determinó mediante extracciones sucesivas con citrato de sodio 50 mM a pH 8,0 en autoclave por ciclos de 60 minutos hasta la desaparición del color pardo rojizo característico de la glomalina, con posterior determinación espectrofotométrica de acuerdo al método de Bradford para proteínas (Wright & Upadhyaya, 1994). Los niveles de GT se expresan en mg/g suelo. Por último, para determinar la estabilidad estructural en las muestras sin disturbar, se siguió la metodología propuesta por Le Bissonnais. Para ello se obtiene el diámetro medio ponderado (DMP) de agregados estables con tres pre-tratamientos para la evaluación de los mecanismos de desagregación: disgregación por compresión del aire ocluido que origina ruptura por efecto del estallido (Humectación rápida intensa: HR), desagregación mecánica debida al impacto de las gotas de lluvia (Desagregación mecánica: DM) y microfisuración por expansión diferencial (Humectación capilar lenta: (HCL) (Gabioud *et al.*, 2011).

Análisis estadístico

Se analizaron los resultados a través del análisis de varianza (ANOVA) y se compararon los pares de datos mediante análisis de Tukey. Se utilizó para esto el programa estadístico Infostat 2017, versión estudiantil.

Resultados y Discusión

Los valores promedios de carbono de respiración marcan una tendencia positiva para éste parámetro, en el suelo debajo del pastizal (9,07 mg C-CO₂/kg suelo/7d), mientras que las forestaciones presentan valores promedio de respiración menores y similares entre ellos (suelo bajo Pino: 6,24 mg C-CO₂/kg suelo/7d y suelo bajo Eucalipto: 6,80 mg C-CO₂/kg suelo/7d) (Fig.2a). Estos resultados se corresponden con un estudio donde se le atribuye al pastizal una alta producción de biomasa subterránea en comparación con suelos implantados y de uso agrícola (Yañez *et al.*, 2017). El gran número de raíces y raicillas que se encuentran en los primeros centímetros de suelo propias del pastizal, proporciona una amplia superficie rizosférica para el desarrollo de la

microbiota. De acuerdo con esto, estudios en la rizófera indican que una mayor actividad radical implica mayor actividad microbiana por la disponibilidad de nutrientes y materia orgánica (Zieher López *et al.*, 2013).

La tendencia observada hacia una menor respiración basal en el suelo bajo las forestaciones coincide con el trabajo de Hernández *et al.* (2008), donde al utilizar pino como monocultivo en un estudio de reforestación, los valores de carbono de respiración en el suelo descendieron en comparación con un suelo reforestado con eucaliptos. En éste trabajo, es además interesante discutir, sobre el estudio de índices metabólicos, los cuales están relacionados con mayores condiciones de estrés o ecosistemas no maduros. El pino presentó menores índices metabólicos en comparación con el eucalipto lo que estaría indicando que los organismos en estos suelos serían menos eficientes en la síntesis microbiana, al mineralizarse más C como CO₂ por unidad de biomasa microbiana producida. Asimismo, la actividad y estructura comunitaria de la biomasa microbiana son influenciadas por las diferentes especies arbóreas, debido a que la composición química de la hojarasca influye en la composición de las entradas orgánicas y mineralización de nutrientes.

Vallejo *et al.* (2005) y Vazquez *et al.* (2013) señalan que los cambios en el uso y manejo del suelo ocasionan variaciones en el contenido de carbono, donde una disminución en el contenido de materia orgánica refleja una disminución en la actividad microbiana. En nuestros resultados no encontramos diferencias significativas para el carbono orgánico bajo las distintas coberturas vegetales (14,64 g/kg para el eucalipto, 17,01 g/kg para el pino y 17,21 g/kg para el pastizal) (Fig. 2c). Aun así, los valores de carbono orgánico debajo del pastizal influyen positivamente en la actividad microbiana de respiración.

En contraposición a nuestros resultados no significativos, existen registros que indican que los pastizales contienen mayor cantidad de carbono orgánico que los bosques de Pino, argumentando que para este último el tipo de hoja acucifolia, rica en lignina, forma una hojarasca poco degradable (Bojorquez Serrano *et al.*, 2015). Por otro lado Lopez *et al.* (2015) en estudios efectuados en bosques de eucalipto no registran cambios en el contenido de materia orgánica respecto del pastizal nativo. Al respecto, estos autores explican que las plantaciones de eucalipto protegen al suelo, evitando la erosión y reteniendo humedad, además del aporte continuo de materia orgánica por hojarasca; y el crecimiento de sotobosque con diversidad de especies anuales y perennes (López *et al.*, 2015).

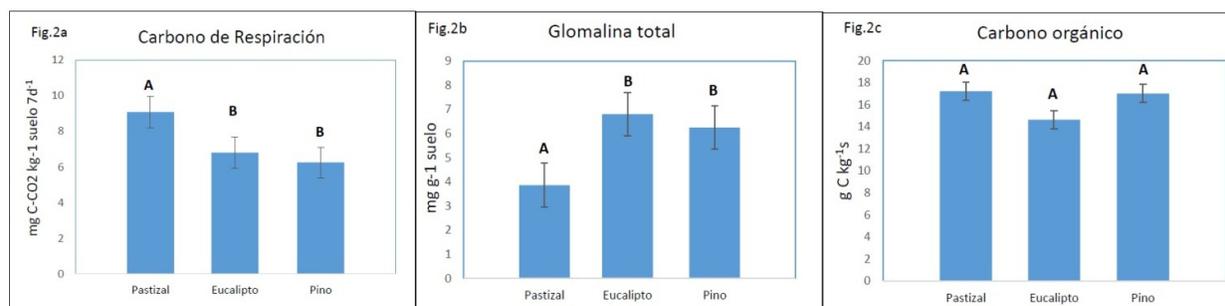


Figura 2. a) Corresponde a los valores medios de carbono de respiración; b) glomalina total; c) carbono orgánico. En todos los casos los valores fueron medidos en un suelo bajo la influencia de Pino (*Pinus ellioti* Engelm) y Eucalipto (*Eucaliptus dunnii* Maiden) y un pastizal nativo. Letras distintas entre especies para cada variable indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Los valores que corresponden a glomalina total (Fig. 2b) son significativamente mayores en el suelo bajo las especies forestales (pastizal: 3.86 mg/g, eucalipto: 6,80 mg/g y pino: 6.24 mg/g). La composición de la comunidad de plantas puede influir sobre la concentración de glomalinas en el suelo. Las raíces sirven como sitios hospederos de los HMA (Hongos micorrizicos arbusculares), pero el hospedante influye diferencialmente sobre las especies de HMA y tiene efecto directo sobre el suelo (Anriquez *et al.*, 2015). El sistema radical de las especies forestales podría influir en la producción de glomalina de los HMA. Así mismo, las especies leñosas, entre las que se encuentra el Pino, estimulan la infección micorrizica en las raíces evaluadas principalmente por la acidificación del suelo, ya que el hongo se desarrolla mejor a valores bajos de pH (3,5-4,2) (Perez Luna *et al.*, 2019). Por otro lado, si no perdemos de vista que las forestaciones exóticas, entre ellas de pino y eucalipto

pueden influir negativamente en otros aspectos del suelo que generan su degradación (Gutierrez, 2011), los mayores valores de glomalina podrían explicarse a través del hallazgo de Gadkar & Rilling (2006), quienes aislaron e identificaron el gen (GiHsp 60) responsable de la síntesis de glomalina en los hongos vesícula arbusculares. Estas proteínas se activan y producen mayor cantidad de la glicoproteína cuando disminuye la producción de micelio como respuesta a una situación de estrés resultando una estrategia ecológica-evolutiva de adaptación (Rivas *et al.*, 2016).

Los parámetros físicos vinculados a la estabilidad estructural, basado en la acción de la lluvia, tendieron a ser mayores en el suelo bajo la influencia del pino, con significancia en el valor HR (Tabla 1). Por lo tanto, los agregados del suelo bajo la influencia del pino presentan mayor estabilidad ante una situación de lluvia seguida de inundación. Esto concuerda con los valores de glomalina hallados en el suelo bajo pino y la función que ésta presenta sobre la formación de los agregados y aumento en la estabilidad del suelo. La penetración de raíces disminuye las proporciones relativas de macroagregados inestables y aumenta la proporción de microagregados estables, con altos contenidos de carbono, el cual no se encontraría disponible para la biota del suelo y actúa como un almacén de carbono (Six *et al.*, 2000). Por otro lado, los exudados alteran el suelo circundante a las raíces con la secreción continua de compuestos orgánicos y el crecimiento de células de la cofia, provocando el secado del suelo (Sims *et al.*, 2000). A medida que el suelo se seca, la conductividad hidráulica disminuye. Cuando esto ocurre la viscosidad de los exudados aumenta y la resistencia al movimiento de las partículas del suelo en contacto con los exudados se incrementa, alcanzándose el grado de estabilización máximo dentro de la rizósfera (Guerrero *et al.*, 2012).

Tabla 1. Valores DMP (diámetro medio ponderado de los agregados del suelo) para los tres pretratamientos del método de Le Bissonnais: HR, DM y HCL según para los suelos forestales (*Pinus elliottii* Engelm, *Eucalyptus dunnii* Maiden) y un área de pastizal nativo. Letras distintas entre parcelas, para cada índice, indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Valores de HR (Humectación rápida intensa) (μm)		
Parcela	Valor promedio	D.E.
Pastizal nativo	0,58 A	0,12
Eucalipto	0,83 AB	0,19
Pino	0,99 B	0,27
Valores de DM (Desagregación mecánica) (μm)		
Parcela	Valor promedio	D.E.
Pastizal nativo	2,83 A	0,14
Eucalipto	2,38 A	0,52
Pino	2,91 A	0,2
Valores de HCL (Humectación capilar lenta) (μm)		
Parcela	Valor promedio	D.E.
Pastizal nativo	1,79 A	0,31
Eucalipto	1,65 A	0,39
Pino	2,04 A	0,58

Conclusión

El pastizal nativo mostró un ambiente propicio para la actividad microbiana respecto de los suelos forestales, reflejado en su actividad de respiración. La estructura radicular de las especies exóticas estudiadas (en particular el pino), sus productos y aporte orgánico a través de la hojarasca, podría influenciar negativamente en la actividad microbiana del suelo, pero, aun así, influir de manera positiva en la actividad de los HMA, productores de glomalina. Sería interesante evaluar índices metabólicos de las especies forestales para estudiar el estado de stress y comportamiento de la microbiota. Los valores de glomalina y estabilidad

estructural de los suelos se vincularon de manera positiva. El suelo bajo las forestaciones podría beneficiar la actividad de los HMA, pero tal vez, no la de la comunidad microbiana en su conjunto. Los resultados sugieren que una estructura más estable del suelo podría no ser suficiente para generar un mayor desarrollo microbiano.

Agradecimientos

Los autores agradecen las sugerencias de los revisores anónimos que contribuyeron a la mejora del manuscrito.

Referencias bibliográficas

- Alvear, M., Urrea, C., Huaiquilao, R., Astorga M. & Reyes, F. (2007) "Actividades biológicas y estabilidad de agregados de un suelo del bosque templado Chileno bajo dos etapas sucesionales y cambios estacionales". *J. Soil Sc. Plant Nutr.* 7 (3), pp. 38-50.
- Anderson, J.P.E. (1982) "Soil respiration. Methods of soil analysis, chemical and microbiological properties". *American Society of Agronomy* 2, pp. 831-871.
- Anriquez, A.L., Arias, S., Silberman, J.E., Domínguez, J.A., Kunst, G.C. & Albanesi, A.S. (2015) *Sistema silvopastoril con diferentes coberturas arbóreas habitado por rolado de baja intensidad. Impacto en glomalin y fracciones de carbono del suelo*. Asociación Argentina Ciencias del suelo (AACS)
- Bojórquez Serrano, C.L.A., Castillo Pacheco, C.A., Hernández Jiménez, C.J. & García Cobello, H.J. (2014) "Degradación del suelo y desertificación". *Actas Congreso Internacional de geografía*. Univ. Cat. Santiago de Chile-UCSE.
- Cruz, A.B., Barra Etchevers, J., Del Castillo, R.F. & Gutierrez, C. (2004) "La calidad del suelo y sus indicadores". *Ecosistemas (AEET)* 13(2), pp. 90-97.
- FAO. El eucalipto en la repoblación forestal. Revisado el 21 de Octubre 2019 <http://www.fao.org/3/AC459S/AC459S00.htm#TOC>.
- Fernández, L., González, M. & Sáez Sáez, V. (2016) "Relación entre un índice de estabilidad estructural de suelo, la zona bioclimática y la posición fisiográfica en Venezuela". *Terra Nueva Etapa* 32(52), pp. 139-149.
- Ferrere, P., Lupi, A.M. & Boca, T. (2015) "Crecimiento del *Pinus radiata* sometido a diferentes tratamientos de raleo y poda en el sudeste la provincia de Buenos Aires, Argentina". *Bosque* 36(3), pp. 423-424.
- Filip, Z. (2002) "International approach to assessing soil quality by ecologically-related biological parameters". *Ecosist. Environ.* 88, pp. 169-174.
- Gabioud, E., Wilson, M. & Sasal, M. (2011) "Análisis de la estabilidad de agregados por el método de le bissonnais en tres órdenes de suelos". *Rev. Ciencias del Suelo* 29(2), pp. 129-139.
- Gadkar, V. & Rillig, M. (2006) "The arbuscular mycorrhizal fungal protein glomalin is a putative homolog of heat shock protein 60". *FEMS Microbiol Lett* 263, pp. 93-101.
- González Chávez, M.C.A., Gutierrez-Castorena, M.C. & Eright, S. (2004) "Arbuscular mycorrhizal fungi on soil aggregation and its stability". *Terra Latinoamericana* 2(4), pp. 507-514.
- Gutierrez, F.A. (2011) "Efectos negativos de las plantas exóticas maderables sobre el bosque native andino". *Rev. Logos Ciencia y tecnología*. 3(1), pp. 78-90.
- Hakansson, I. & Lipiec, J.A. (2000) "Review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction". *Soil Tillage Res* 53, pp. 77-85.
- Hernández-Hernández, R.M., Ramírez, E., Castro, I. & Cano, S. (2008) "Cambios en indicadores de calidad de suelos de ladera reforestados con Pinos (*Pinus caribaea*) y Eucaliptos (*Eucalyptus robusta*)". *Rev. Agrociencia* 42, pp. 253-266.
- Kennedy, A.C. & Papendick, R.I. (1995) "Microbial characteristics of soil quality". *Journal of Soil and Water Conservation* 50, pp. 243-248.
- Melendez-Pastor, I., Córdoba Sola, P., Navarro Pedreño, J. & Gómez, I. (2010) "Evaluación de la vulnerabilidad a la degradación por erosión en suelos mediante un modelo de lógica borrosa". *Rev. De Ciencias Agrarias* 33(1), pp. 171-181.
- Nelson, D.W. & Sommers, L.E. (1982) "Total carbon, organic carbon and organic matter". In: Page, A.I., Miller R.H., Keeney, D.R. (eds). *Methods of Soil Analysis. Chemical and Microbiological Methods*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, pp. 539-577.
- Palma-López, D.J., Salgado-García, S., Martínez Sebastián, G., Zavala-Cruz, J. & Lagunes Espinoza, L.D.C. (2015) "Cambios en las propiedades del suelo en las plantaciones de Eucalipto de Tabasco, México". *Ecosistemas y recur. agropecuarios* 2(5), pp. 163-172.
- Paredes, C. & Madueño Molina, A. (2015) "Changes in organic carbon stocks in soils under different plant covers. La Havana, Cuba". *Cultrop* 36(4), pp. 63-69.
- Perelman, B.S., Burkart, S.E., Oyarzabal, M., Bagnato, C. & Batista, W. (2017) "Climatic and land-use drivers along a latitudinal gradient: species diversity in temperate grasslands on agricultural soils". *Journal of vegetation science* (28), pp. 1230-1239.

- Perez Luna, Y., Alvarez Gutiérrez, P.E., González mendoza, D. & Mendez Turillo, V. (2019) "Evaluación de la presencia de hongos micorrízico arbusculares en un bosque de Pino-Encino en Chiapas, México". *IDESIA* (Chile). 37(1), pp.67-73.
- Rivas, Y., Canseco, M.I., Knicher, H., Etcheverría, P., Godoy, R., Matus, F., Valenzuela, E. & Gallardo, R. (2016) "Variación en el contenido de glomalina relacionada a las proteínas del suelo, después de un incendio forestal en un Andisol en bosques de *Araucaria araucana* del centro-sur de Chile". *Rev. Bosque* 37(2), pp. 409-417.
- Six, J., Elliott, E.T & Paustian, K. (2000) "Soil structure and soil organic matter II. A normalized stability index and the effect of mineralogy". *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64, pp. 1042-1049.
- Sims, I.M., Middleton, K., Lane, A.G., Cairns, A.J. & Bacic, A. (2000) "Characterization of extracellular polysaccharides from suspension cultures of members of the poaceae". *Plants* 210, pp. 261-268.
- Vallejo, V.R., Díaz, F., & de la Rosa, D. (2005) "Impactos Sobre Los Recursos Edáficos". In: Moreno, R.J.M. (coord.). *Impactos del cambio climático en España*. Ministerio de Medio Ambiente. Tarragona, España. pp. 355-398.
- Torres-Guerrero., Etchevers, J.D., Fuentes-Ponce, M.H., Goevert, B., De León-Gonzalez, F. & Herrera, J.M. (2013) "Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo". *Terra latinoamericana* 31, pp. 71-84.
- Vásquez, J.R., Macías, F. & Menjivar, J.C. (2013) "Respiración del suelo según su uso y su relación con algunas formas de carbono en el departamento del Magdalena, Colombia". *Bioagro* 25(3), pp. 175-180.
- Volverás Mambuscay, B. & Amézquita Collazos, E. (2009) "Estabilidad estructural del suelo bajo diferentes sistemas y tiempo de uso en laderas andinas de Nariño, Colombia". *Acta Agron* 58(1), pp. 35-40.
- Wright, S.F. & Upadhyaya, A. (1994) "A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi". *Plant Soil* 198, pp. 97-107.
- Yañez Díaz, M.I., Cantú Silva, I., González Rodríguez, H., Marmolejo Mansivais, J.G., Jurado, E. & Gómez Mesa, M.V. (2017) "Respiración del suelo en cuatro sistemas de uso de la tierra". *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 8(42), pp. 123-142.
- Zieher López, X., Vivanco, L., Yahdjian, L. (2013) "La invasion de especies exóticas acelera la respiración del suelo en pastizales sucesionales de la Pampa interior". *Congresos y Reuniones científicas*. CONICET.