



COMISIÓN 2

Biología del suelo



COMISIÓN 2: Biología de suelos

C2P1. TASA DE RESPIRACION EN INCEPTISOLES DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES BAJO USO FORESTAL

Acosta, María G.L.; Gómez, Ramiro J.; Contreras Leiva, Stella M. y Toledo, Diana M.

C2P2. MACROFAUNA EDÁFICA ASOCIADA A SISTEMAS CON CULTIVO DE ALDODÓN, EN EL NORTE DE SANTA FE

Almada, Melina S.; Masin, Carolina E.; Cruz, María S.; Demonte, Mariano J.; Plem, Silvana C.; Guastavino, Javier y Mieres, Luciano

C2P3. DINÁMICA DE COMUNIDADES MICROBIANAS EN SISTEMAS SILVOPASTORILES DEL CENTRO ESTE DE SANTIAGO DEL ESTERO

Anriquez, Analia L.; Barrionuevo, Maria C.; Dominguez, Nelson J.; Silberman, Juan E. y Albanesi, Ada S.

C2P4. ESTIMACIÓN DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DEL SUELO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO BAJO DISTINTAS ALTERNATIVAS DE MANEJO

Bortolato, Marta; Schiavón, María Eugenia; Toresani, Silvia; Ferreras, Laura y Fiori, Evelyn Gisel

C2P5. AGRICULTURA SUSTENTABLE: INOCULACIÓN EN SOJA CON CEPAS DESNITRIFICANTES

Bruno, Carla; Thuar, Alicia y Castro, Stella

C2P6. COMPOSICION Y ABUNDANCIA DE POBLACIONES FUNGICAS Y BACTERIANAS Y SUS ACTIVIDADES: RESPUESTA AL MANEJO AGROECOLOGICO

Chavarría, Diego N.; Pérez Brandan, Carolina; Serri, Danna L.; Meriles, José M; Restovich, Silvina B.; Andriulo, Adrian E.; Jacquelin, Luis y Vargas Gil, Silvina

C2P7. LA INTENSIFICACION DE LAS ROTACIONES DE CULTIVOS MODIFICA LAS ACTIVIDADES ENZIMATICAS DEL SUELO

Covelli, J.M.; Gabbarini L.A.; Robledo, N.B. y Wall L.G.

C2P8. RIZOBIOS NATIVOS NODULANTES DE *MEDICAGO SATIVA* CON POTENCIAL BIOFERTILIZANTE

Di Barbaro, María Gabriela; Andrada, Horacio Enrique; Alurralde, Ana Lilia; Viale, Sixto Raúl y Batallán Morales, Silvana Rosa

C2P9. RESPUESTA DE LA MICROBIOTA A LA APLICACIÓN DE BIOCHAR EN SUELOS CON DIFERENTES GRADOS DE DETERIORO EDÁFICO

Dominchin, María F.; Verdenelli, Romina A., Aoki, Antonio; Marín, Raúl H.; Vargas Gil, Silvina y Meriles, José M.

C2P10. AISLAMIENTO DE ADN PARA ANÁLISIS MOLECULAR DE COMUNIDADES MICROBIANAS A PARTIR DE SUELOS PATAGÓNICOS

El Mujtar, Verónica A.; Prack McCormick, Bárbara P.; Cardozo, Andrea; De Grazia Javier y Tittonell, Pablo A.

C2P11. ANÁLISIS PRELIMINAR DE COMUNIDADES DE HONGOS MICORRÍDICOS ARBUSCULARES EN RIZOSFERAS DE *CYNARA CARDUNCULUS*

Fernández Di Pardo, Agustina; Mancini, Micaela; Cravero, Vanina y Gil-Cardeza, María Lourdes

C2P12. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS AL MONOCULTIVO DE SOJA A TRAVÉS DE LA DIVERSIDAD DE HONGOS MICORRÍDICOS ARBUSCULARES

Fernandez-Gnecco, Gabriela A.; Barbieri, Pablo A.; Consolo, V. Fabiana y Covacevich, Fernanda

C2P13. EL ANÁLISIS DE LÍPIDOS DEL SUELO PERMITE DIFERENCIAR SUELOS CON DIFERENTE INTENSIDAD DE ROTACIÓN DE CULTIVOS.

E. Ferrari ; J. Covelli y L.G. Wall



C2P14. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE *EISENIA ANDREI* COMO INDICADOR BIOLÓGICO DE UN SUELO AGRÍCOLA TRATADO CON HERBICIDAS

Ferremin, Analía; Hergenrether, Pablo e Introcaso, Rafael.

C2P15. CANGREJALES DEL PARQUE NACIONAL CAMPOS DEL TUYÚ. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DEL SUELO

Ferreri, Natalia. A.; Abarca, Camila. L.; Troncozo, María. I.; Larrieu, Luciano.; Millán, Guillermo.; Merani, Victor. H.; Cabello, Marta. N. y Elíades, Lorena. A.

C2P16. ANALISIS METAGENÓMICO DE SUELOS CON DIFERENTE INTENSIFICACIÓN Y DIVERSIFICACIÓN DE LA ROTACIÓN DE CULTIVOS

Figuerola, E.; Frene, J.P.; Erijman, L. y Wall L.G

C2P17. MODIFICACIÓN DEL MÉTODO TRADICIONAL DE EXTRACCIÓN DE NEMATODOS FLOTACIÓN-CENTRIFUGACIÓN

García, Ramiro. J.; Comezana, María. M.² y Rodríguez, Roberto. A.

C2P18. RESPUESTA DE LA COMUNIDAD ALGAL AL IMPACTO DEL CASTOR

González Garraza, Gabriela; Moretto, Alicia S; Escobar, Julio y Mansilla, Romina.

C2P19. ¿ACTUAN LOS COMPOST COMO INOCULO DE ENZIMAS MICROBIANAS?

Gonzalez-Polo, Marina; Satti, Patricia; Crego, Paula y Mazzarino, María Julia

C2P20. EFECTO DE LOS APORTES AÉREOS Y DE RAÍCES DE MELILOTUS SOBRE MICROORGANISMOS DEL SUELO

Gregorutti Viviana C. y Caviglia Octavio P.

C2P21. MORFOLOGÍA DE UN CILIADO (PROTISTA) EDÁFICO DEL PARQUE PROVINCIAL SALTO ENCANTADO, MISIONES

Küppers, Gabriela C.¹; Alfaro, Elisa R.¹ y González Garraza, Gabriela C

C2P22. PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y SU EFECTO SOBRE LA MICORRIZACIÓN, NUTRICIÓN FOSFATADA Y PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE TOMATE

Lorenzo, María G.; Furlán, Darío A.; Martinez, Laura E., Miño, Paula C. y Mesa, Ignacio A.

C2P23. CAMBIOS EN LA ACTIVIDAD DE HONGOS FORMADORES DE MICORRIZAS NATIVOS EN RESPUESTA AL AGREGADO DE CALCITA

Mañana, Bernardo; Vacca, Santiago; Barbieri, Pablo A.; Sainz Rozas, Hernán R y Covacevich, Fernanda

C2P24. IMPACTO DE LA FERTILIZACIÓN A LARGO PLAZO SOBRE LA ESTRUCTURA Y FUNCIONALIDAD DE LA COMUNIDAD MICROBIANA

Ortiz, J; Faggioli, VS; Ghio, H; Boccolini, MF; Ioele, JP; Tamburrini, P; García F y Gudelj V.

C2P25. EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS EN LA PRODUCCIÓN DE SOJA Y FUNCIONALIDAD DE LA COMUNIDAD MICROBIANA

Ortiz, J.; Faggioli V.S.; Gabbarini L.; Baigorria T.; Pegoraro V.R.; Boccolini M.F. y Cazorla C.R.

C2P26. INFLUENCIA DE *Brachiaria brizantha* COMO CULTIVO DE COBERTURA EN LOS PROCESOS MICROBIANOS DE UN SUELO DEGRADADO

Carolina Pérez Brandan; Huidobro, Jorgelina; Alvarez, Marcos David; Meriles, José Manuel y Vargas Gil, Silvina

C2P27. GRUPOS FUNCIONALES DE BACTERIAS PGPB EN EL INTESTINO DE LOMBRICES (Anélidos) EN FINCA DE CAÑA DE AZÚCAR

Picón, María Cristina; Teisaire, Ernestina S. y Bellone, Carlos H.



C2P28. MOSTAZA PARA CONTROL DE NEMATODOS FITOPATÓGENOS Y SU EFECTO EN LA BIOTA DEL SUELO.

Quinteros, M.; Boggiatto, E.; Sanchez, H.A.; Gallac, M.; Picon, M.C.

C2P29. EFECTO DEL RIEGO POR GOTEO EN LAS POBLACIONES DE MICROORGANISMOS DEL SUELO EN UN CULTIVO DE LIMONEROS

Quinteros, M.; Sanchez, H.A.; Boggiatto, E.; Picon, C.; Gallac, M.

C2P30. RESPIRACIÓN MICROBIANA EN ROTACIONES DE CULTIVOS

Quiñónez Vera, Laura Raquel; Cubilla Andrade, Martín María; González Blanco, Alicia Noemí; Rasche Álvarez, Jimmy Walter; Fatecha Fois, Diego Augusto, González Cáceres, Eugenio; Duarte Monzón, Alder Duarte y Santacruz, Derlis Enciso

C2P31. EFECTOS DE LA INTENSIFICACIÓN Y DIVERSIFICACIÓN DE LA ROTACIÓN DE CULTIVOS SOBRE LOS MICROAGREGADOS DE SUELO

Robledo N.B, Gabbarini L.A y Wall L.G.

C2P32. EFECTO DEL GLIFOSATO SOBRE PARÁMETROS MICROBIANOS DEL SUELO

Rodríguez, Hernán A.; De Grazia, Javier; Gagey, María C.; Barrios, Mónica. B.; Sokolowski, Ana C.; Prack McCormick, Bárbara P. y Paladino, Ileana R.

C2P33. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE VARIABLES ORGÁNICAS DEL SUELO EN DIFERENTES AMBIENTES BAJO AGRICULTURA CONTINUA

Rodríguez, Hernán A.; Arakelián, Dámaris A., De Grazia, Javier; Gagey, María C.; Barrios, Mónica B.; Prack McCormick, Bárbara P. y Sokolowski, Ana C.

C2P34. BIOCONTROL DE *Sclerotinia Sclerotiorum* POR CEPAS DE *BACILLUS* EN EL CULTIVO DEL POROTO (*Phaseolus vulgaris* L.)

Daniela C. Sabaté, Jorgelina Huidobro, Marcos David Alvarez, M. Carina Audisio y Carolina Pérez Brandan

C2P35. TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA: ¿TÉCNICA PARA DETERMINAR LAS MODIFICACIONES EN SUELOS CON HORMIGAS CORTADORAS DE HOJAS?

Sabattini, Julián A.; Diaz, Eduardo L.; Hernandez, Juan P.; Cian, Juan C., Sabattini Iván

C2P36. FUNCIONES DE LA COMUNIDAD MICROBIANA COMO EJES DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL SUELO

Serri, Dannae.L.; Oberto, Rodrigo; Chavarría, Diego; Boccolini, Mónica; Galarza, Carlos; Chiófalo, Sergio; Manrique, Marcela; Sueldo, Romina; Fernández Belmonte, María.C; Miranda, Julio; Alvarez, Carolina; Vettorello, Cecilia; Bustos, Natalia; Apezteguía, Hernán; Mattalia, Laura; Cholaky, Carmen; Mortola, Natalia; Romaniuk, Romina y Vargas Gil, Silvina.

C2P37. DIVERSIDAD MICROBIANA DEL SUELO: PERFIL FOSFOLIPÍDICO DE LAS COMUNIDADES EN RESPUESTA A LA INTENSIFICACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

Serri, Dannae.L.; Chavarría, Diego.; Salvagiotti, Fernando.; Bacigaluppo, Silvina.; Meriles, José. y Vargas Gil, Silvina.

C2P38. RESPUESTAS BIOQUÍMICAS DE LOS MICROORGANISMOS DEL SUELO A LA IMPLEMENTACION DE SISTEMAS SILVOPASTORILES

Silberman, Juan Eduardo; Albanesi, Ada S.; Medina, Jorge y Grasso, Daniel

C2P39. AVANCES EN EL USO DE BIOFERTILIZANTES EN SORGO AZUCARADO SOBRE SUELOS SALINO-SÓDICOS DE TUCUMÁN

Tonatto J.; Tortora M. L.; Casen S.y Romero E. R

C2P40. EFECTO DE LA INTENSIFICACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE SOBRE INDICADORES MOLECULARES Y BIOQUÍMICOS EDÁFICOS



Vallasciani, Maribel; Ferreras, Laura; Toresani, Silvia; Boccolini, Mónica; Bortolato, Marta; Schiavón, María Eugenia; Ortíz, Jimena; Fiori, Evelyn Gisela y Saperdi, Andrés

C2P41. DESCOMPOSICION DE RESIDUOS Y ACTIVIDAD MICROBIANA: EFECTO DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO

Viruel, Emilce; Banegas, Natalia R.; Nasca, José A. y Maza, Marianela

C2P42. EFECTO DE LA INTERSIEMBRA PASTURA-MAÍZ SOBRE LA MICROBIOTA EDÁFICA EN SISTEMA PASTORIL BOVINO DEL CHACO SEMIÁRIDO

Viruel, Emilce; Maza, Marianela, Nasca, José A. y Banegas, Natalia R.



C2P1. TASA DE RESPIRACION EN INCEPTISOLES DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES BAJO USO FORESTAL

Acosta, María G.L.; Gómez, Ramiro J.; Contreras Leiva, Stella M. y Toledo, Diana M.

Cátedra de Edafología. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste. Sargento Cabral 2131. CP: 3400. Corrientes.

luji_24@hotmail.com

RESUMEN

La respiración de suelo es un indicador sensible para evaluar la respuesta al abonado, cultivo, prácticas agronómicas, al manejo, y resulta un indicador potencial para evaluar la actividad biológica. El objetivo fue evaluar el impacto del cambio en el uso de las tierras sobre la tasa de respiración del suelo y algunos atributos físicos, y químicos. Se efectuó un estudio en Inceptisoles del Noreste de Corrientes, donde pastizales naturales fueron reemplazados por forestaciones. Se estableció un diseño de muestreo completamente al azar con dos tratamientos: pastizal natural (Mz) y plantación de *Pinus sp.* de 20 años. (Pi). Se seleccionaron 3 lotes por tratamiento, donde se tomaron 5 sitios de muestreo. En cada sitio, se efectuó un muestreo compuesto de 0 a 0,10 m. Se determinó: densidad aparente (Da); pH; textura; respiración de suelo (RES) y materia orgánica (MO). Los resultados se analizaron mediante ANOVA y prueba LSD. El pH fue menor en suelo forestal, con diferencias significativas ($P < 0,002$), atribuido a la composición de la hojarasca del pino, caracterizada por altos contenidos de ligninas y resinas. La eliminación del pastizal y su reemplazo por forestaciones produjo un aumento de la MO del orden del 26% ($P < 0,0001$). El gran aporte de acículas y la mayor acidez favorecerían el desarrollo de hongos, por lo cual el proceso de mineralización sería más lento lo que conduciría a una acumulación de MO en suelos bajo uso forestal. La tasa de respiración fue significativamente mayor en los pastizales naturales ($70,2 \text{ kg de CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$) en comparación a los suelos bajo *Pinus sp.* ($66,6 \text{ kg de CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$), lo cual indicaría una mayor actividad biológica en los suelos bajo vegetación natural y unido a los menores contenidos orgánicos, señalaría un ciclado más rápido de la MO en suelos naturales y más lento en suelos forestados.

Palabras claves: Respiración, ciclado de la materia orgánica, cambio en el uso de las tierras

INTRODUCCIÓN:

La respiración del suelo (RES) es un importante componente del ciclo del carbono y es considerado el segundo mayor flujo de carbono entre la tierra y la atmósfera (Cantú *et al.*, 2010; Srivastava *et al.*, 2012). La producción de CO_2 del suelo es resultado de procesos biológicos (Moitinho *et al.*, 2015), de la respiración de las raíces y de los organismos edáficos, así como de la descomposición de la materia orgánica y de la oxidación química de los compuestos de carbono (Lloyd & Taylor, 1994; Millard *et al.*, 2008).

Los principales factores que regulan la respiración del suelo son su temperatura, y el contenido de humedad del suelo (Davidson *et al.*, 1998), las precipitaciones y el tipo de vegetación (Scholze *et al.*, 2003; Hussain *et al.*, 2011).

La materia orgánica (MO) está considerada como el indicador más significativo de la calidad de suelo y es considerada como el componente más importante a seleccionar entre un conjunto mínimo de datos (CMD) (Larson Pierce, 1991; Doran & Parkin, 1994). Es una fuente potencial de CO_2 atmosférico, por lo cual, conservar o aumentar sus niveles en el suelo se justifican no tan sólo desde una perspectiva agronómica, sino también desde un punto de vista medioambiental. Los microorganismos juegan un papel importante en la descomposición de la MO en el suelo, existiendo una correlación entre el número de microorganismos presentes en el suelo y el consumo de oxígeno; sin embargo, esto depende directamente del contenido de materia orgánica que se encuentra en el suelo (Gray & Wallace, 1957) y de su calidad. Los cambios en el uso del suelo influyen en su contenido de materia orgánica por dos vías: alterando el aporte anual que procede de la muerte de plantas y animales, y variando el ritmo con que se destruye esta materia orgánica; normalmente, es imposible separar estos dos procesos cuando se analizan los resultados de una variación determinada en el manejo del suelo (Jenkinson, 1992).

La hipótesis del presente trabajo fue que la eliminación del pastizal natural y su reemplazo por plantaciones de *Pinus sp.* afecta a la actividad biológica del suelo modificando la tasa de respiración del suelo.

El objetivo fue evaluar el impacto de la eliminación de la vegetación natural y su reemplazo por forestaciones con *Pinus sp.* sobre la tasa de respiración del suelo y sobre algunos atributos de orden físico y químico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un estudio en Inceptisoles del Noreste de la provincia de Corrientes, en los que los pastizales naturales (Fig. 1) fueron reemplazados por forestaciones con especies exóticas (Fig. 2). Se estableció un diseño de muestreo completamente al azar con dos tratamientos: pastizal natural (Mz) y plantación de *Pinus sp.* de 20 años. (Pi). Se seleccionaron 3 lotes para cada uno, dentro de los cuales se tomaron 5 sitios de muestreo. En cada sitio, se efectuó un muestreo compuesto de 0 a 0,10 m de profundidad.

En campaña, se obtuvieron muestras de densidad aparente con el método del cilindro de Kopecky (Forsythe, 1975).

En laboratorio, una vez que se secaron las muestras al aire y se tamizaron, se efectuaron las siguientes determinaciones: pH: Potenciométricamente en relación 1:2,5 en agua. (Dewis & Freitas, 1970); Textura: en base a valores obtenidos por aplicación del Método de Bouyoucos. (Dewis & Freitas, 1970); Carbono orgánico (CO): Método de Walkley y Black modificado (Nelson & Sommers, 1996); Respiración del suelo (RES) por incubación con NaOH (Alvarez & Santanatoglia, 1985).

Con los datos obtenidos se aplicó análisis de la variancia, y se efectuaron comparaciones de las medias entre tratamientos mediante prueba de LSD ($P < 0,05$). Se realizaron correlaciones simples entre variables. Se utilizó el software Infostat Profesional.



Figura 1: Pastizal natural (*Andropogon bicanis* y *A. virgatus*).

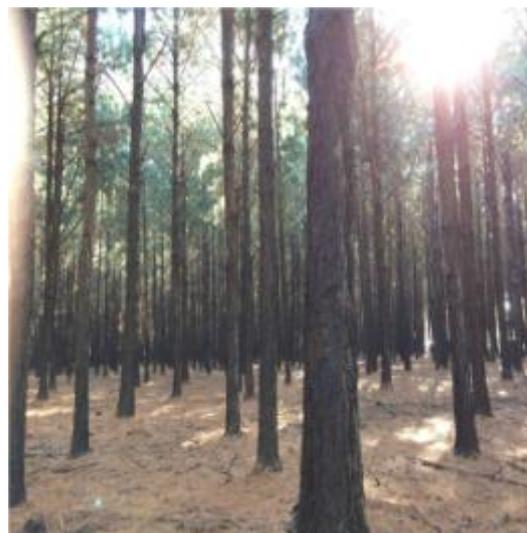


Figura 2: Forestación con *Pinus sp.* de 20 años de edad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La textura de los suelos resultó franco arenosa a franco arcillo arenosa, con contenidos de arena de 50 al 68 %, arcilla entre 15 y 30% y el limo entre 13 a 30 %.

En la tabla 1, se presentan los resultados obtenidos. Los suelos bajo estudio resultaron 4,87 y 5,17. El pH fue menor en suelos bajo Pi, con diferencias significativas ($P < 0,002$). Esta mayor acidez del suelo bajo uso forestal fue atribuido a la composición química de la hojarasca de *Pinus sp.*, caracterizada por su alto contenido de ligninas y resinas. Similares efectos fueron encontrados en suelos rojos bajo Pino por Schlatter & Otero (1995).



Tabla 1: Valores medios de **pH**, densidad aparente (**Da**), materia orgánica (**MO**) y respiración (**RES**) del suelo bajo pastizal natural (Mz) y uso forestal (*Pinus sp.*) correspondientes a muestras de 0 a 0, 10 m.

| Tratamiento | pH | Da | MO (%) | RES (mg CO ₂ /7 días/g suelo) |
|-------------|--------|--------|-----------|---|
| Pi | 4,87 a | 1,11 a | 5,92 b | 0,32 a |
| Mz | 5,17 b | 1,17 a | 4,68 a | 0,42 b |
| CV | 4,93 | 9,26 | 22,37 | 29,82 |
| p-valor | 0,0025 | 0,1289 | 0,0074 | 0,0218 |

Nota: los

valores con letras iguales, no son diferentes estadísticamente ($P < 0,05$)

Respecto a la Da, la misma no fue mayormente afectada por el uso del suelo, ya que no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos.

La eliminación del pastizal y su reemplazo por forestaciones con especies exóticas (*Pinus sp.*) produjo un aumento de la MO del orden del 26% respecto a la condición original ($P < 0,0001$), similares resultados fueron señalados por autores como Pastor et al., 1987; Gómez et al., 2010; y Huang et al., 2011.

La mayor acidez favorecería la proliferación de hongos, por lo cual el proceso de mineralización sería más lento lo que conduciría a una acumulación de MO en suelos bajo uso forestal. Similares resultados fueron hallados por Tosin (1977) y Fernández (1987), encontraron en suelos rojos bajo *Pinus elliotii* y *P. taeda*, un aumento de la acidez, y se lo atribuyeron a la calidad de materia orgánica aportada caracterizada por un bajo contenido en sales y bases.

La respiración del suelo fue significativamente mayor en los pastizales naturales: 70,2 kg de CO₂ ha⁻¹ día⁻¹ (0,42 mg CO₂/7 días/g suelo) en comparación a forestales: 66,6 kg de CO₂ ha⁻¹ día⁻¹ (0,32 mg CO₂/7 días/g suelo). Esto se debería a una mayor cantidad de sustratos disponibles para la flora y fauna del suelo, e indicaría una mayor actividad biológica.

En base a la Guía de Interpretación de la USDA (Woods End Research. 1997), los valores de respiración de suelo encontrados en ambos tratamientos se encuadraron dentro de valores ideales (35,84 a 71,68 kg de CO₂ ha⁻¹ día⁻¹).

CONCLUSIONES

- La eliminación de la vegetación natural y su reemplazo por plantaciones de *Pinus sp.*, durante 20 años, produjo un aumento de la acidez del suelo, y una disminución de la tasa de respiración, impactando en el ciclado del material orgánico y produciendo una acumulación de MO.

- La tasa de respiración del suelo resultó un indicador sensible a los cambios producidos por el uso de las tierras por cuanto debería ser incluida entre los atributos para evaluar calidad de suelos, en Inceptisoles de la Provincia de Corrientes.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez R & OJ Santanatoglia. 1985. Actividad biológica y biomasa microbiana en diferentes suelos incubados bajo las mismas condiciones ambientales. Ciencia del Suelo 3: 180-184 1985
- Cantú SI; H González & MV Gómez M. 2010. CO₂ efflux in Vertisol under different land use systems. Trop. Subtrop. Agroecosyst. Vol. 12 (2): 389-403
- Davidson, EA; E Belk & RD Boone. 1998. Soil water content and temperature as independent or confounded factors controlling soil respiration in a temperate mixed hardwood forest. Global Change Biol 4 (2): 217-227.



- Dewis J & F Freitas. 1970. Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas. Boletín sobre suelos N° 10. FAO. Roma. Pp 36-57.
- Doran, JW & TB Parkin. 1994. Defining and Assessing Soil Quality. In J.W. Doran et al. (ed) Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. SSSA Spec. Publ. 35. SSSA Madison, 3-21. <http://dx.doi.org/10.2136/sssaspecpub35.c1>
- Elliot, ET; IC Burke, CA Monz & SD Frey. 1994. Terrestrial carbon pools: preliminary data from the Corn Belt and Great Plains regions. pp.179-191. In J.W. Doran, D.C. Coleman, D.F. Bezdicek, and B.A. Stewart (eds.) Defining soil quality for a sustainable environment. Special Publication Number 35, Soil Sci Soc Am, Madison, Wisconsin, USA.
- Fernández, R. 1987. Influencia del sistema Desmonte-Reforestación con *Pinus* spp. Sobre algunas características químicas de los suelos. Ci Suelo 5 (2): 123-129.
- Forsythe, W. 1975. Física de suelos. IICA. 212 p. San José. Costa Rica.
- Gómez, Y; J Paolini & RM Hernández. 2010. La sustitución de la sabana nativa por plantaciones de pino y la variabilidad temporal en la biomasa microbiana y la mineralización del carbono y nitrógeno en el suelo. Terra Latinoam 28 (2): 155-163. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792010000200007
- Gray, PH. & Wallace, RH. 1957. Correlation between bacterial numbers and Carbon dioxide in a field soil. Can. J. Microbial. 3: 191.
- Huang, Z; M Davis; L Condrón & P Clinton. 2011. Soil carbon pools, plant biomarkers and mean carbon residence time after a forestation of grassland with three tree species. Soil Biol. Biochem. 43: 1341-1349.
- Hussain, MZ; T Grunwald; JD Tenhunen, YL Li; H Mirzae; C Bernhofer; D Otieno; NQ Dinh; M Schmidt; M Wartinger & K Owen. 2011. Summer drought influence on CO₂ and water fluxes of extensively managed grassland in Germany. Agric. Ecosys. Environ. 141: 67-76
- Jenkinson, DS. 1992. La materia orgánica del suelo: evolución. En: Wild, A. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas. Madrid: Mundi-Prensa.
- Larson, WE & FJ Pierce. 1991. Conservation and enhancement of soil quality. p 175-203. In Evaluation of sustainable management in the developing world. Vol 2. IBSRAM Proc. 121 (2). Thailand Int. Board for soil Res. and Management, Bangkok
- Lloyd J & JA Taylor. 1994. On the temperature dependence of soil respiration. Functional Ecology 8 (3): 315-323. doi: 10.2307/2389824
- Moitinho, MR; MP Padovan; AR Panosso; DDB Teixeira; AS Ferraudo & La Scala N. 2015. On the spatial and temporal dependence of CO₂ emission on soil properties in sugarcane (*Saccharum* spp.) production. Soil & Tillage Research 148: 127-132.
- Nelson, DW & LE Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter p. 961-1010. In J.M. Bigham (ed.). Methods of soil analysis Part. 3. Chemical Methods. ASA & SSSA, Madison, WI.
- Pastor, J; RH Gardner, VH Dale & WM Post. 1987. Succession changes in nitrogen availability as a potential factor contributing to spruce declines in boreal North America. Can. J. For. Res. 17: 1394-1400.
- Schlatter, JE & L Otero. 1995. Efecto de *Pinus radiata* sobre las características químico-nutritivas del suelo mineral superficial. En Rev. Bosque. Vol.16, no.1, p.29-46. Valdivia, Chile.
- Scholze, M; W Knorr & MM Heimann. 2003. Modelling terrestrial vegetation dynamics and carbon cycling for an abrupt climatic change event. The Holocene 13 (3): 327-333.
- Srivastava, M; SD Sharma & M Kudrat. 2012. Effect of crop rotation, soil temperature and soil moisture on CO₂ emission rate in indo-gangetic plains of India. International Journal of Agriculture and Forestry 2 (3): 117-120.
- Tosin, JE. 1977. Influencia do *Pinus elliottii*, da *Araucaria angustifolia* e da mata native sobre microflora do solo. Revista Floresta, Rio de Janeiro, 8(1): 73-74.



C2P2. MACROFAUNA EDÁFICA ASOCIADA A SISTEMAS CON CULTIVO DE ALDODÓN, EN EL NORTE DE SANTA FE

Almada, Melina S.¹; Masin, Carolina E.²; Cruz, María S.³; Demonte, Mariano J.³; Plem, Silvana C.²; Guastavino, Javier² y Mieres, Luciano¹

¹EAA INTA – Reconquista, Santa Fe. Argentina. ²Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (CONICET - UNL), Santa Fe. Argentina. ³Facultad de Humanidad y Ciencias – Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe. Argentina.
almadamelina@gmail.com

RESUMEN

La macrofauna edáfica interviene significativamente en la estructura y fertilidad del suelo, siendo sensible al impacto de las actividades propias de los agroecosistemas. El objetivo fue estudiar la abundancia y composición de macroinvertebrados edáficos presentes en sistemas agrícolas bajo prácticas de manejo del algodón genéticamente modificado (GM). El estudio se realizó en localidades de Avellaneda (La Vertiente: LV) y Reconquista (Barros Pazos: BP) de la provincia de Santa Fe durante el período noviembre 2017- febrero 2018. Para evaluar la edafofauna se empleó la metodología TSBF (programa Tropical Soil Biology & Fertility), extrayéndose 32 monolitos en cada etapa fenológica (cuatro instancias) del desarrollo del cultivo en cada sitio. Se determinaron densidad, número de taxa y grupos funcionales por ambiente. Se colectaron un total de 202 individuos pertenecientes a 8 órdenes y 16 familias. La densidad media no mostró diferencias entre los sitios BP y LV ($p > 0,05$), en tanto que la riqueza de grupos taxonómicos fue mayor en LV (16). Los taxa más representativos en todo el estudio fueron Haplotaxida (32%), Coleoptera (31%) y Diplopoda (23%). Los grupos funcionales ingenieros del suelo y detritívoros fueron los más representativos en los sistemas, destacándose el primero en BP y el segundo en LV. Los resultados obtenidos son preliminares, indicando que la macrofauna edáfica mostró variaciones durante el desarrollo del cultivo. Se continúa evaluando la macrofauna edáfica en suelos con larga historia de producción algodonera en el norte de Santa Fe, constituyendo información básica, útil y complementaria en estrategias de manejo y sustentabilidad de los sistemas productivos.

Palabras clave: macroinvertebrados edáficos, *Gossypium hirsutum*, manejo del suelo

INTRODUCCIÓN

El suelo es un ambiente heterogéneo que contiene una gran diversidad de organismos, que en su conjunto juegan un rol esencial en la estructura y fertilidad del suelo. Los organismos de la macrofauna, según la actividad que desempeñan, pueden ser clasificados en grupos funcionales como ingenieros del suelo, detritívoros, herbívoros y depredadores; regulando los procesos edáficos del ecosistema suelo (Cabrera *et al.*, 2011; Cabrera, 2012). Cuando el hábitat es intervenido, los cambios producidos por el impacto de prácticas agrícolas tradicionales (siembra, cosecha, uso de fertilizantes biológicos y químicos y plaguicidas), afectan la abundancia y diversidad de la macrofauna como así también a su dinámica con otras poblaciones biológicas del suelo (Zerbino, 2011; Vasconcellos *et al.*, 2013).

El cultivo de algodón en el norte de Santa Fe es de suma importancia en la economía regional, y en los últimos años incrementó la superficie cultivada. Esto se debió a la modificación genética del cultivo que mejoró la calidad y rendimiento, minimizó el efecto de las plagas y favoreció la tecnificación de la cosecha. No obstante, aún existen problemáticas asociadas a prácticas de manejo agronómico (riego, fertilización, reguladores de crecimiento, plaguicidas, entre otros) que de resolverse favorecerían la producción en cuanto a calidad y rentabilidad. Ante esto, se propone estudiar los macroinvertebrados del suelo en relación a las prácticas de manejo agronómico del algodón genéticamente modificado (GM) como potenciales bioindicadores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en dos sitios agrícolas del norte de la provincia de Santa Fe: Barros Pazos (BP) (29°10'7.33"S; 59°45'10.42"O) localizado en Reconquista y La Vertiente (LV) (29° 6'10.55"S; 59°42'36.05"O) en Avellaneda. Cada sitio presenta larga data de producción agrícola, con una superficie de 35 ha aproximadamente, donde se sembró algodón genéticamente modificado (GM) (DP 1238 BG/RR).



Características del muestreo

En cada lote se realizaron durante noviembre 2017 - febrero 2018 cuatro instancias de muestreo, donde las tres últimas se asociaron a etapas fenológicas del cultivo: 1) Previo a la siembra del cultivo, 2) Estado Vegetativo, 3) Estado Reproductivo-floración, 4) Estado Reproductivo-madurez fisiológica.

Para la recolección de la macrofauna se consideró el método estándar Biología y Fertilidad del Suelo Tropical (TSBF) (Anderson & Ingram, 1993). Se trazaron dos transectas lineales ubicadas de forma opuesta en cada lote, iniciando desde el borde a la parte media del mismo. En cada transecta se realizaron ocho monolitos de 30×30×20 cm, separados uno de otro por 10 m, donde cada uno fue revisado *in situ* de forma manual para la colecta de ejemplares. El material recolectado de cada muestra fue conservado en alcohol etílico al 70% para su posterior determinación taxonómica mediante claves disponibles (Reynolds, 1996; Ramírez, 1999; Dippenaar-Schoeman & Jocqué, 1997; Triplehorn & Johnson, 2005). Desde el punto de vista funcional la macrofauna fue agrupada en: ingenieros del suelo, detritívoros, herbívoros y depredadores (Lavelle, 1997; Zerbino *et al.*, 2008).

Se tomaron de cada sitio muestras simples (32) a una profundidad de 0 a 20 cm, las cuales fueron mezcladas y homogeneizadas para determinar las propiedades físicas y químicas del suelo (Tabla 1). Además, se registraron todos los insumos de síntesis química que el cultivo requirió y las prácticas agronómicas a las cuales fueron sometidos los sitios.

Tabla 1. Propiedades físicas y químicas de los suelos estudiados en Barros Pazos (Reconquista) y La Vertiente (Avellaneda) durante noviembre 2017 - febrero 2018, en el norte de la provincia de Santa Fe

| | Barros Pazos (BP) | La Vertiente (LV) | Unidades |
|------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|
| Profundidad | 20 | 20 | cm |
| D.A. | 1,45 | 1,30 | g,cm ⁻³ |
| M.O. | 1,54 | 1,58 | % |
| C _{ox} | 0,89 | 0,91 | % |
| Nt | 0,08 | 0,09 | % |
| P disponible | 54,35 | 45,15 | mg.kg ⁻¹ |
| Ca ⁺⁺ | 7,56 | 7,20 | |
| Mg ⁺⁺ | 1,36 | 1,32 | |
| C.I.C | K ⁺ 0,45 | 0,45 | cmol.kg ⁻¹ |
| | Na ⁺ 0,22 | 0,27 | |
| pH | 6,30 | 6,10 | - |
| C.E. | 0,09 | 0,09 | mS,cm ⁻¹ |
| Arena | 19,5 | 19,3 | % |
| Textura | Limo 57,9 | 58,0 | % |
| | Arcilla 22,6 | 22,6 | % |

Referencias: Densidad Aparente (DA) (g.cm⁻³); Materia Orgánica (MO) (%), carbono (Cox) (%); nitrógeno total (Nt) (%); fósforo disponible (P disponible)(mg.kg⁻¹), Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.) (cmol.kg⁻¹), conductividad eléctrica (C.E.) (mS cm).

Análisis estadístico

Se determinaron densidad total (individuo.m⁻²) y número de familias total por cada sitio. Para determinar diferencias significativas de la densidad total de la macrofauna y de los taxa por sitios, se utilizó el análisis de varianza no paramétrico para muestras independientes (Kruskal-Wallis), calculado por el programa PAST ver. 2.16 (Hammer *et al.*, 2012).

Los cambios entre los grupos taxonómicos de los sitios estudiados y los períodos fenológicos del cultivo se evaluaron mediante ANOSIM en una vía, con una permutación de 9999 y un nivel de significación del p<0,05. Además, se comparó la composición de la macrofauna mediante un análisis de porcentaje de similitud (SIMPER), teniendo en cuenta la disimilitud de Bray-Curtis. Ambos análisis fueron realizados mediante el programa PAST ver. 2.16 (Hammer *et al.*, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se colectaron en ambos sistemas (BP y LV) un total de 202 macroinvertebrados, pertenecientes a 8 órdenes y 16 familias. La densidad total no mostró diferencias significativas (p> 0,05) entre los sistemas, en tanto que la riqueza de grupos taxonómicos fue mayor en LV (16) (Tabla 2). Respecto a los momentos de muestreo el segundo, asociado al



estado Vegetativo del cultivo algodón, registró los valores más bajos tanto en abundancia como en riqueza de taxa (H: 8,666; $p=0,031$) (Tabla 2).

Tabla 2. Macroinvertebrados colectados en sistemas algodoneros de Barros Pazos (Reconquista) y La Vertiente (Avellaneda) durante noviembre 2017 - febrero 2018, en el norte de la provincia de Santa Fe

| Clase | Orden | Familia | Barros Pazos (BP) Reconquista | | | | La Vertiente (LV) Avellaneda | | | | Grupos funcionales | |
|-------------------------------|----------------|----------------|----------------------------------|-------------|-----------|------|---------------------------------|------|------|------|-----------------------|----|
| | | | Etapas de muestreo | | | | | | | | | |
| | | | Et 1 | Et 2 | Et 3 | Et 4 | Et 1 | Et 2 | Et 3 | Et 4 | | |
| Oligochaeta | Haplotaxida | Megascolecidae | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | IS | |
| | | Ocnerodrilidae | 55 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | IS | |
| Diplopoda | Polydesmida | | 3 | 3 | 1 | 4 | 9 | 6 | 6 | 14 | DT | |
| Chilopoda | Lithobiomorpha | | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | DP | |
| Hexapoda | Coleoptera | Elateridae | 0 | 0 | 6 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | H | |
| | | Staphilinidae | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | DP | |
| | | Scarabeidae | 1 | 0 | 1 | 1 | 4 | 0 | 1 | 0 | H | |
| | | Carabidae | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 3 | 1 | DP | |
| | | Coccinellidae | 0 | 6 | 6 | 2 | 0 | 5 | 7 | 3 | DP | |
| | | Hymenoptera | Formicidae | 1 | 0 | 1 | 3 | 7 | 0 | 2 | 2 | IS |
| | | | Pompilidae | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | DP |
| | | Hemiptera | Pentatomidae | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | H |
| | | | Reduviidae | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | DP |
| | | Arachnida | Araneae | Lepidoptera | Noctuidae | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Theridiidae | 0 | | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | DP | |
| Thomisidae | 0 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | DP | |
| Lycosidae | 0 | | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | DP | |
| Philodromidae | 0 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | DP | |
| Abundancia total | | | 67 | 9 | 16 | 13 | 33 | 12 | 24 | 28 | | |
| Densidad | | | 23 | 3 | 5 | 4 | 11 | 4 | 8 | 10 | | |
| | | | 35 | | | | 33 | | | | | |
| Riqueza de grupos taxonómicos | | | 8 | 2 | 6 | 6 | 8 | 3 | 9 | 10 | | |
| | | | 11 | | | | 16 | | | | | |

Referencias: IS: ingenieros del suelo, H: herbívoros, DT: detritívoros, DP: depredadores

Los taxa más representativos en todo el estudio fueron las lombrices de tierra (Haplotaxida) (32%), los coleópteros (Coleoptera) (31%), los milpiés (Diplopoda) (23%), las hormigas (Formicidae) (7%) y arañas (Araneae) (7%). A excepción del grupo Haplotaxida, el resto de los taxa nombrados fueron más abundantes en LV (Tabla 2). Respecto a la disimilitud de grupos taxonómicos entre BP y LV, se observó un 65,96% de disimilitud, contribuyendo principalmente los organismos Diplopodos (21,9%) y la familia Ocnerodrilidae (13,75%) de Haplotaxida. Del mismo modo, la similitud entre los muestreos en los estados fenológicos del cultivo mostró diferencias en ambos sitios (BP: $R=0,050$; $p=0,001$ y LV: $R=0,014$; $p=0,0274$).

Los grupos funcionales ingenieros del suelo y detritívoros fueron los más representativos en los sistemas, destacándose el primero en BP y el segundo en LV (Fig. 1). Por otra parte, el porcentaje de organismos herbívoros y depredadores fueron similares en ambos sistemas.

Los resultados arribados son preliminares, indicando en primera instancia que la composición de la macrofauna edáfica presente en lotes de algodón GM varía de acuerdo a las etapas fenológicas del cultivo. Posiblemente estos sistemas algodoneros estarían condicionados no sólo por el impacto del manejo agronómico asociado, sino también a las condiciones ambientales (como estrés hídrico) que registró esta campaña en el norte santafesino. Sosa & Almada (2014) evaluaron la diversidad de artrópodos en cultivos de algodón GM, registrando estos sistemas alta diversidad de especies, pero altamente afectados por las condiciones ambientales, lo cual demostraron la necesidad de continuar los estudios para preservar la biodiversidad y el medio ambiente, aspectos necesarios para contribuir con las herramientas hacia un manejo integrado de plagas.

En el marco de este proyecto, se continúa analizando la macrofauna edáfica del cultivo de algodón presente en los lotes de La Vertiente y Barros Pazos, culminando los muestreos y evaluaciones futuras al momento de la cosecha del cultivo. Se evaluarán las prácticas de manejo agronómico asociado y las condiciones ambientales a las que atravesó el cultivo, permitiendo identificar como la biota del suelo responde y se adapta al ambiente, actuando como posibles

bioindicadores biológicos de las prácticas productivas del cultivo algodón GM, para lograr un uso más sustentable de los recursos.

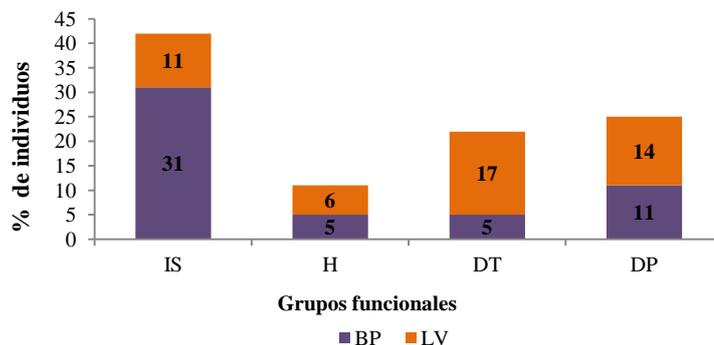


Figura 1. Porcentaje total de los grupos funcionales en los sistemas algodoneros de BP y LV durante noviembre 2017/febrero 2018.

CONCLUSIONES

La macrofauna edáfica mostró variaciones, tanto en abundancia como en composición, durante el desarrollo del cultivo algodón GM en los diferentes suelos estudiados.

Los resultados obtenidos forman parte de una instancia preliminar de un proyecto de investigación enmarcado en el estudio de macroinvertebrados edáficos en suelos con larga historia de producción algodonera en el norte de Santa Fe. En este sentido, el presente trabajo contribuye a enriquecer el inventario de macroinvertebrados edáficos de suelos agrícolas del norte de Santa Fe, constituyendo información básica, útil y complementaria en estrategias de manejo y sustentabilidad de los sistemas productivos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal técnico y auxiliar del Laboratorio de Entomología de la EEA INTA-Reconquista por colaboración en las tareas de campo, y a la Agencia Santafesina de Ciencia, Tecnología e Innovación (ASACTeI) del Gobierno de la provincia de Santa Fe por la financiación.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, JM & JSI Ingram (Eds). 1993. Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods. CAB International. Wallingford, UK. 221 pp.
- Cabrera, G; N Robaina & D Ponce de León. 2011. Composición funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. Pastos Forrajes 34: 331-346.
- Cabrera, G. 2012. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. Pastos Forrajes 35(4): 349-364.
- Dippenaar-Schoeman, A.S. & Jocqué, R. 1997. African spiders, an identification manual. Handbook N°9. Plant Protection Research Institute, Pretoria, South Africa. 170 pp.
- Hammer, O.; Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. 2012. PAST (Paleontological Statistics) version 2.16. Software package for education and data analysis. Paleontología Electrónica 4:1-9. Disponible en línea en: <http://folk.uio.no/ohammer/past/>.
- Lavelle, P. 1997. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. Adv. Ecol. Res. 27: 93-102.
- Ramírez, M.J. 1999. Orden Araneae. En: Crespo, F.A.; Iglesias, M.S. & Valverde, A.C. (eds.). El ABC en la determinación de artrópodos. Claves para especímenes presentes en la Argentina I. Editorial CCC Educando, Buenos Aires. 107 pp.
- Reynolds, JW. 1996. Earthworm biology and ecology. Course Manual. Lindsay: Sir Sandford Fleming College, 196 pp.
- Sosa, María Ana & Melina Soledad Almada. 2014. Diversity of arthropod communities in transgenic cotton varieties in Santa Fe province, Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata. Vol 113 (2): 147-156.
- Triplehorn, C.A. & Johnson, N.F. 2005. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. Thomson Brooks/Cole, USA, 864 pp., Seventh Edition, ISBN 003-096835-6.



- Vasconcellos, RLF; JC Segat; JA Bonfim; D Baretta & EJBN Cardoso. 2013. Soil macrofauna as an indicator of soil quality in an undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. *Eur. J. Soil Biol.* 58, 105-112.
- Zerbino, MS; N Altier; A Morón & C Rodríguez. 2008. Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo. *Agrociencia* 12 (1): 44-55.
- Zerbino, MS. 2011. La macrofauna del suelo y su relación con la heterogeneidad florística. En: *Bases Ecológicas y Tecnológicas para el manejo de pastizales*. Ed. Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA. Montevideo, Uruguay, 98-111.



C2P3. DINÁMICA DE COMUNIDADES MICROBIANAS EN SISTEMAS SILVOPASTORILES DEL CENTRO ESTE DE SANTIAGO DEL ESTERO

Anriquez, Analia L.; Barrionuevo, Maria C.; Dominguez, Nelson J.; Silberman, Juan E. y Albanesi, Ada S.

Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av Belgrano (S) 1912 CP 4200. Santiago del Estero. ananriquez@hotmail.com

RESUMEN

En la provincia de Santiago del Estero, perteneciente a la región chaqueña, el uso intensivo de la tierra por diferentes disturbios antrópicos, ha convertido grandes áreas naturales en matorrales de arbustos densos y bosques secundarios. La capacidad de carga de estos sistemas es baja, lo que repercute negativamente en la productividad ganadera. Actualmente, la transformación de los bosques secundarios en sistemas más productivos tales como los sistemas silvopastoriles se ha convertido en una alternativa productiva sustentable al emplear técnicas de producción sostenibles, contribuyendo a la conservación de los recursos naturales y al mejoramiento y diversificación de la productividad agrícola. Es por ello que se está difundiendo la implementación de sistemas silvopastoriles mediante el rolado selectivo de baja intensidad (RBI), práctica que involucra el pasaje de un rolo metálico que aplasta los arbustos y deja en pie los árboles, además de la siembra simultánea de una pastura como *Panicum maximum* Jacq. No existe mucha información de los efectos que tienen estas prácticas sobre la calidad del suelo, siendo el estudio de la misma de suma importancia para poder realizar el monitoreo y seguimiento de los cambios y determinar la sostenibilidad del uso y manejo del suelo. El objetivo de este trabajo fue evaluar la dinámica de microorganismos nitrificadores y fijadores de N_2 y su relación con la disponibilidad de N del suelo, en sistemas pastoriles habilitados mediante rolado selectivo de baja intensidad (RBI) en el centro este de Santiago del Estero. El área de estudio pertenece a la subregión del Chaco subhúmedo ($27^{\circ} 56' 45''$ S y $62^{\circ} 18' 40''$ O) con precipitaciones medias anuales entre 600 y 750 mm. En diseño completamente aleatorizado se estudió el factor uso del suelo, los cuales fueron: bosque secundario (Testigo), y silvopastoril de un año (SP1), de cinco años (SP5) y de nueve años (SP9) implementados mediante RBI con siembra de *P. maximum* cv G. panic. El suelo se clasificó como Haplustol éntico y los muestreos se realizaron en la estación húmeda, de 0-15 cm de profundidad. Las variables que se evaluaron fueron: nitrógeno y carbono de la biomasa microbiana (Nbm y Cbm); abundancia de microorganismos nitrificadores (Nitr); abundancia de microorganismos fijadores de N_2 de vida libre (Fij N_2); nitrógeno soluble (Ns) y nitrógeno total (Nt). Los sistemas silvopastoriles implementados mediante RBI: i) disminuyen el tamaño de la biomasa microbiana (Nbm y Cbm) en el corto plazo (SP1) y lo aumentan en el mediano (SP5) y largo plazo (SP9) ii) tienen, a largo plazo, un efecto positivo en la comunidad de nitrificadores y está en función de la fracción de N soluble. Se destaca la importancia de la pastura como una importante fuente de N, para este grupo fisiológico iii) favorecen el aumento de la comunidad de fijadores libres de N_2 , tanto en el corto, mediano y largo plazo.

Palabras clave: Rolado selectivo de baja intensidad, región chaqueña, nitrificadores



C2P4. ESTIMACIÓN DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DEL SUELO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO BAJO DISTINTAS ALTERNATIVAS DE MANEJO

Bortolato, Marta; Schiavón, María Eugenia; Toresani, Silvia; Ferreras, Laura y Fiori, Evelyn Gisel

Facultad de Ciencias Agrarias. UNR.
martikabortolato@hotmail.com

RESUMEN

La actividad de las enzimas del suelo presenta un importante potencial como atributo sensible a los cambios provocados por el uso del suelo. El objetivo del presente trabajo fue aproximar un modelo estadístico de ajuste a los fines de estimar el comportamiento en función del tiempo de las enzimas fosfatasa ácida y betaglucosidasa bajo diferentes secuencias de cultivos. El estudio se realizó en la EEA INTA Oliveros en un suelo Argiudol Típico serie Maciel, en un ensayo de rotaciones de larga duración implantado en 2006. Los tratamientos fueron: monocultivo de Soja, rotación Maíz-Trigo/Soja 2° y rotación Maíz-Soja 1°-Trigo/Soja 2° en siembra directa; con y sin trigo como cultivo de cobertura. El análisis estadístico de medidas repetidas en el tiempo fue realizado con el programa InfoStat empleando la subrutina “Estimación de Modelos Lineales Generales y Mixtos” y se realizó con los resultados del tercer ciclo de cultivos completo comprendido entre 2012 y 2015. Para ambas enzimas el coeficiente de regresión, cuando se incluyeron los dos efectos aleatorios de la ecuación (bloque y secuencia*cobertura dentro de bloque) (R^2_{2}) resultó ser igual a 0,996 para fosfatasa ácida y 0,995 para betaglucosidasa, lo que indicaría la robustez del modelo al incorporar a las funciones trigonométricas de seno y coseno como factor explicativo de la naturaleza cíclica de la mineralización de la materia orgánica. Las enzimas evaluadas se mostraron sensibles para diferenciar el efecto de los cultivos de cobertura en un ensayo de rotaciones de larga duración.

Palabras clave: secuencias de cultivos, análisis longitudinal, actividad enzimática

INTRODUCCIÓN

La calidad de un suelo incluye componentes intrínsecos determinados por sus propiedades físicas, químicas y biológicas, pero además está condicionada por factores externos como las prácticas de manejo (Doran & Zeiss, 2000). Evaluar los cambios producidos en el suelo es posible mediante el uso de atributos o indicadores que permitan determinar las tendencias de mejora o deterioro de un suelo en función de su uso y en función del tiempo, dado que algunos indicadores pueden necesitar varios años para expresarse mientras que otros pueden ser útiles como indicadores de los cambios en el corto plazo. Variables asociadas a la actividad metabólica del suelo pueden constituirse en una señal temprana de mejora o advertencia de la degradación, incluso antes que las propiedades físicas y químicas. En el presente trabajo, se buscó aproximar un modelo estadístico que ajuste en el tiempo el comportamiento de dos enzimas de suelo (fosfatasa ácida y betaglucosidasa) en un ensayo de rotaciones de larga duración que incluye diferentes secuencias de cultivo y la inclusión de cultivo de cobertura. Los ensayos de larga duración permiten evaluar en el largo plazo el efecto de las prácticas agrícolas y desarrollos tecnológicos para comprender los cambios que ocurren en el sistema como consecuencia de un uso continuo de diferentes combinaciones de prácticas de manejo. Permiten describir los mecanismos involucrados en la dinámica temporal de los factores y en la variación de la respuesta de los mismos en función del tiempo (Krüger *et al.*, 2017).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un ensayo de rotaciones de larga duración implantado en el año 2006 en la EEA INTA Oliveros (32° 43' 30" S - 62° 05' 30" O), sobre un Argiudol Típico serie Maciel con historia previa de más de 30 años de agricultura continua. Los tratamientos incluyeron el monocultivo de Soja (S-S) y las secuencias de cultivo (rotaciones): Maíz-Trigo/Soja 2° (M-T/S) y Maíz-Soja 1°-Trigo/Soja 2° (M-S-T/S), en siembra directa; con (CC) y sin (SC) trigo como cultivo de cobertura. El diseño experimental del ensayo fue en bloques completos al azar con tres repeticiones. Para el seguimiento en el tiempo de los indicadores biológicos de suelo se realizaron dos muestreos al año, en el período otoño/invernal y primavera/estival, con la finalidad de captar los efectos ambientales sobre el funcionamiento de las variables estudiadas. Muestras compuestas de suelo fueron extraídas a la profundidad de 0-7,5 cm, posteriormente tamizadas por una malla de 2 mm y conservadas a 4 °C hasta su análisis dentro de los 15 días desde su recolección. El análisis estadístico se realizó con los resultados del tercer ciclo completo, comprendido entre 2012 y 2015.



Se evaluaron las enzimas que participan en el ciclado del fósforo y del carbono, fosfatasa ácida y betaglucosidasa, respectivamente. La concentración de los productos resultantes de la actividad de estas enzimas se determinó por colorimetría, expresando los resultados como μg de producto g^{-1} de suelo en base seca. h^{-1} .

Las fosfatasas constituyen un amplio rango de enzimas que catalizan la hidrólisis de ésteres y anhídridos del ácido fosfórico. Por su parte la enzima betaglucosidasa interviene en la etapa final de la degradación de la celulosa, mineraliza compuestos de bajo peso molecular y libera glucosa. Su actividad está generalmente correlacionada con el contenido de carbono orgánico del suelo (García Izquierdo *et al*, 2003).

El análisis estadístico de tipo longitudinal (medidas repetidas en el tiempo) fue realizado con el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2018) empleando la subrutina “Estimación de Modelos Lineales Generales y Mixtos” (Di Rienzo *et al.*, 2011) para las variables medidas fosfatasa y betaglucosidasa. El modelo resultante es un aditivo lineal que contempla el carácter cíclico de gran parte de los fenómenos naturales (en esta ocasión, específicamente el ciclado de la materia orgánica dependiente de la biota del suelo) mediante funciones trigonométricas (seno y coseno) (Pinheiro & Bates, 2004). Los efectos fijos atribuidos al modelo fueron secuencia (Sec) e inclusión o no de cultivo de cobertura (Cob) más las funciones trigonométricas seno y coseno aplicadas a la covariable “día transformada”. El efecto aleatorio, asociado a grupos de observaciones como por ejemplo medidas repetidas sobre un mismo individuo o respuestas observadas en grupos de unidades experimentales homogéneas, se agrega a los efectos fijos de manera selectiva. En este trabajo el “sujeto específico” evaluado a través del tiempo es la combinación entre secuencia y la inclusión o no del cultivo de cobertura anidado dentro del factor bloque. A continuación se transcribe el modelo general aplicado a las dos variables estudiadas que pudo reflejar las variaciones cíclicas gracias a la inclusión de las funciones trigonométricas seno y coseno:

$$y_{ijk} = \beta_0 + \text{Sec}_i + \text{Cob}_j + \beta_1(\text{senTr}-\text{cosTr}) + b_{0k} + b_{ijk}(\text{senTr}-\text{cosTr}) + \varepsilon_{ijk} ; \quad \begin{array}{l} i = 1 \text{ a } 3 \text{ (S-S, M-T/S, M-S-T/S)} \\ j = 1 \text{ a } 2 \text{ (con, sin)} \\ k = 1 \text{ a } 3 \text{ (repeticiones o bloques)} \end{array}$$

y_{ijk} : respuesta de la enzima (betaglucosidasa o fosfatasa ácida)

β_0 : término independiente del modelo

Sec : efecto fijo “Secuencia de cultivo”

Cob : efecto fijo de la “inclusión o no de un cultivo de cobertura” dentro de la secuencia de cultivo

$\beta_1(\text{senTr}-\text{cosTr})$: funciones trigonométricas incluidas para reflejar las variaciones cíclicas de las variables

b_{0k} : efecto aleatorio “bloque” asociado al término independiente del modelo. Cambio en el nivel medio de y_{ijk} según el efecto bloque.

$b_{ijk}(\text{senTr}-\text{cosTr})$: efecto aleatorio “comportamiento del sujeto-específico” (para este caso el sujeto-específico se definió como la interacción secuencia de cultivo e inclusión o no de cultivo de cobertura dentro de bloque) lo cual permite individualizar la variabilidad en el tiempo de esta combinación de factores.

ε_{ijk} = término del error asociado a la observación y_{ijk}

A su vez, se realizaron diferentes análisis de la varianza correspondientes a cada una de las fechas de muestreo para manifestar las diferencias estadísticas o no entre tratamientos. La evaluación de diferencias de medias en cada fecha se realizó mediante test Tukey con un nivel de significancia $p < 0,05$ (datos no mostrados).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las enzimas del suelo determinan en gran medida las transformaciones químicas que se producen en el suelo, asociadas a la mineralización de la materia orgánica. Su evaluación permite monitorear cambios en las actividades microbianas asociadas a la capacidad potencial de un suelo de llevar a cabo reacciones metabólicas fundamentales en el ciclado de los nutrientes (García Izquierdo *et al*, 2003).

Los parámetros de ajuste del modelo planteado se presentan a continuación para ambas enzimas:

Fosfatasa:

| N | AIC | BIC | logLik | Sigma | R ² 0 | R ² 1 | R ² 2 |
|-----|----------|----------|----------|--------|------------------|------------------|------------------|
| 162 | 1816,138 | 1885,383 | -885,069 | 28,079 | 0,718 | 0,750 | 0,996 |

Betaglucosidasa:

| N | AIC | BIC | logLik | Sigma | R ² 0 | R ² 1 | R ² 2 |
|-----|----------|----------|----------|-------|------------------|------------------|------------------|
| 144 | 1318,070 | 1378,768 | -638,035 | 9,335 | 0,609 | 0,632 | 0,995 |

En ambos casos el coeficiente de regresión (R^2_2) resulta ser muy cercano a 1 cuando se incluyeron los dos efectos aleatorios de la ecuación (bloque y secuencia*cobertura dentro de bloque), indicando las bondades de ajuste del modelo propuesto para resaltar el carácter cíclico de las variables estudiadas en función del tiempo. Para la enzima fosfatasa, el análisis de medidas repetidas presenta una tendencia que muestra el impacto de la intensificación en las rotaciones agrícolas, de la incorporación de gramíneas y de la incorporación del CC, en la secuencia SS (Fig. 1). Los ANOVA presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos en todas las fechas de muestreo (datos no mostrados), siendo la secuencia M-T/S CC la que presenta los registros más altos de la enzima y los menores corresponden al tratamiento S-S SC. Puede observarse una variación estacional, siendo los muestreos otoño/invierno los que registran una diferencia marcada entre los tratamientos M-T/S y M-S-T/S CC y SC y S-S SC. Por otro lado, en los muestreos llevados a cabo en primavera/verano, el tratamiento S-S CC presentó un comportamiento similar a las secuencias que incluyen gramíneas.

La enzima betaglucosidasa, manifestó los beneficios de la incorporación del CC en el tratamiento S-S, presentando los mayores valores para todas las fechas de muestreo, con excepción del muestreo otoño/invierno 2014, donde no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Fig. 2).

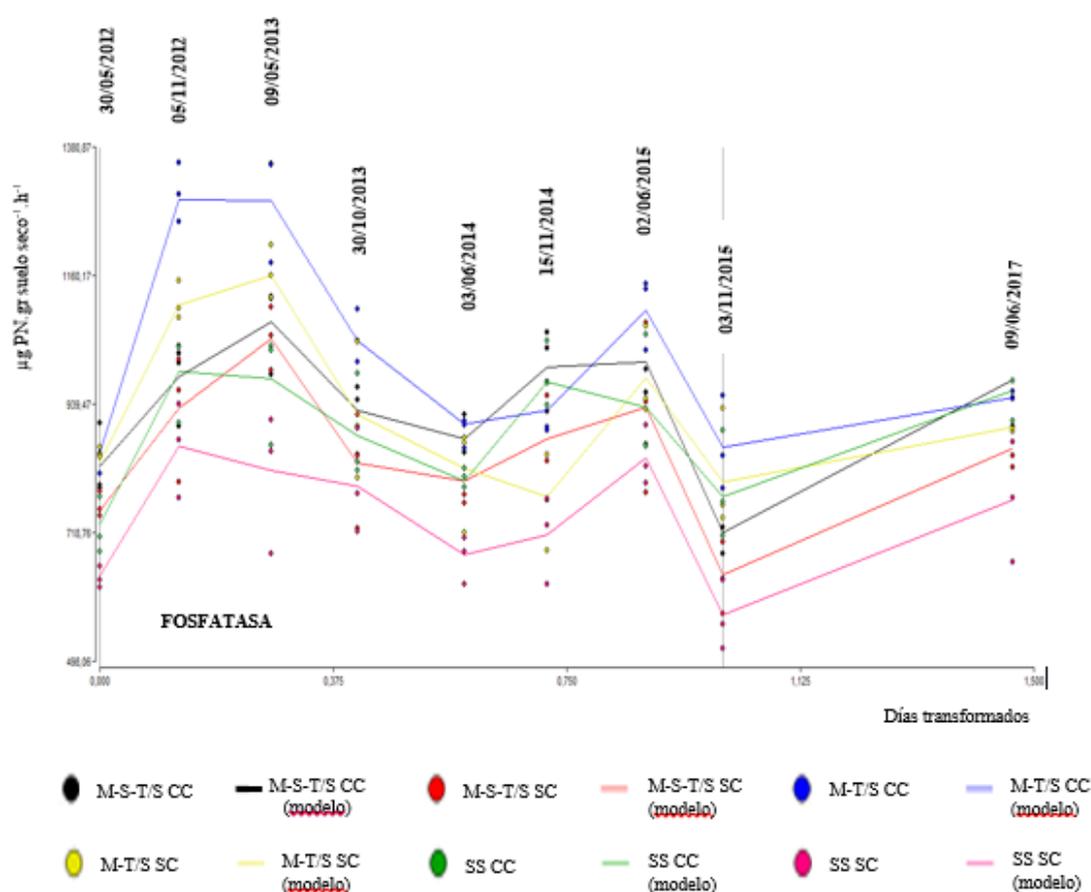


Figura 1. Modelo estadístico de medidas repetidas en el tiempo de la enzima de suelo fosfatasa ácida. Los puntos representan los valores determinados en el laboratorio sobre las muestras de suelo extraídas a campo y las líneas corresponden a la unión de los valores que estima el modelo para cada secuencia de cultivo combinada con la presencia o ausencia de cultivo de cobertura.

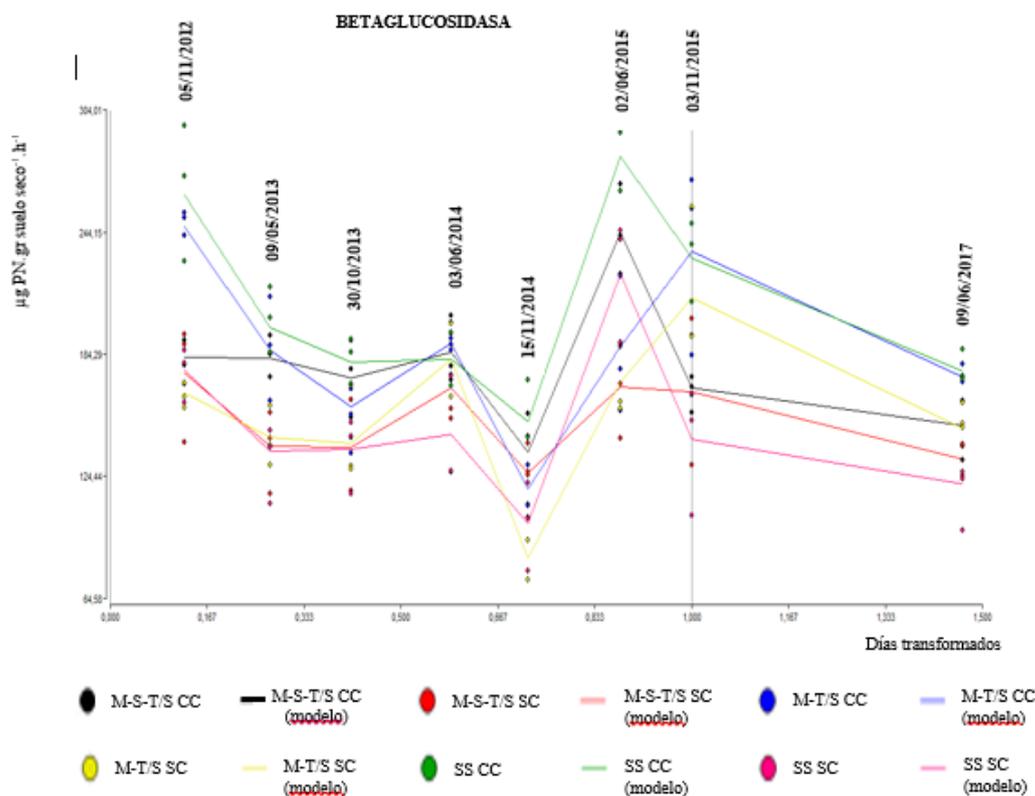


Figura 2. Modelo estadístico de medidas repetidas en el tiempo de la enzima de suelo betaglucosidasa. Los puntos representan los valores determinados en el laboratorio sobre las muestras de suelo extraídas a campo y las líneas corresponden a la unión de los valores que estima el modelo para cada secuencia de cultivo combinada con la presencia o ausencia de cultivo de cobertura.

CONCLUSIONES

Los valores de los coeficientes de regresión indicaron que el modelo resultó robusto para interpretar la evolución de estas dos enzimas como indicadores biológicos, dado que incorpora a las funciones trigonométricas como factor explicativo de la naturaleza cíclica de la mineralización de la materia orgánica. Debería evaluarse la solidez de este modelo en retrospectiva al comienzo del ensayo. Asimismo, sería de sumo interés incorporar en el análisis y la correlación con los indicadores biológicos, diferentes atributos ambientales y aportes de materia orgánica a la cosecha de los diferentes cultivos que permitan explicar el por qué se producen los picos y valles en la evolución de las actividades enzimáticas. Por otra parte, las enzimas evaluadas resultaron sensibles para mostrar los beneficios de los CC y las gramíneas en un ensayo de rotaciones de larga duración para recuperación de un suelo degradado.

BIBLIOGRAFÍA

- Di Rienzo, JA; R Macchiavelli & F Casanoves (Eds). 2011. Modelos lineales mixtos. Aplicaciones en InfoStat. 1ra ed. Grupo Infostat. Córdoba. 193 pp.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. InfoStat versión 2018. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Doran, JW & MR Zeiss. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Appl Soil Ecol* 15:003-011.
- García Izquierdo, C; F Gil Sotres; T Hernández Fernández & C Trasar Cepeda (Eds). Técnicas de análisis de parámetros bioquímicos en suelos: medida de actividades enzimáticas y biomasa microbiana. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 371pp.
- Krüger, H; F Salvagiotti & G Studdert. 2017. Los experimentos de larga duración en la investigación agrícola. En: Salvagiotti, F; H Krüger & G Studdert (Eds). 2017. Ensayos de larga duración en Argentina: un aporte al logro de sistemas agrícolas sustentables. 1era ed. pp 7-17. Ediciones INTA 2017. Entre Ríos. 378 pp.
- Pinheiro, JC & DM Bates. 2004. *Mixed-Effects Models in S and S-PLUS*. Springer, New York.



C2P5. AGRICULTURA SUSTENTABLE: INOCULACIÓN EN SOJA CON CEPAS DESNITRIFICANTES

Bruno, Carla¹; Thuar, Alicia¹ y Castro, Stella²

¹Departamento de Biología Agrícola, Facultad de Agronomía y Veterinaria. ²Departamento de Ciencias Naturales, Facultad Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto. Córdoba. Argentina.

cbruno@ayv.unrc.edu.ar.

RESUMEN

En la actualidad, la soja ocupa la mayor superficie cultivada siendo una de las principales fuentes de ingreso de dinero en los últimos años en la Argentina. En la asociación simbiótica *Bradyrhizobium japonicum*-soja, la FBN resulta ser una herramienta muy útil para mantener una agricultura sustentable, aunque se encuentra limitada por diferentes condiciones ambientales, entre ellas, altas concentraciones de nitrato del suelo. Nuestro objetivo fue evaluar, durante dos campañas de soja, el impacto de cepas de *Bradyrhizobium japonicum*, seleccionadas por poseer una elevada actividad de la enzima nitrato reductasa (NR), sobre el rendimiento del cultivo en presencia de alto contenido de nitrato (NO_3^-) en el suelo. Los ensayos se realizaron en el campo experimental (CAMDOCEX) de la Facultad de Agronomía y Veterinaria ubicado en la Universidad Nacional de Río Cuarto ($33^\circ 06' 23.46''$ de latitud sur y $64^\circ 17' 54''$ de longitud oeste) en un suelo clasificado como Hapludol típico, con un contenido de 76,45 ppm N- NO_3^- (0-20 cm) y 67,00 ppm N- NO_3^- (20-40 cm), promedio de ambas campañas. El diseño experimental que se utilizó fue de bloques al azar con tres repeticiones, con los siguientes tratamientos: Control (sin inocular y fertilizar), Fertilizado (sin inocular y con la adición de 180 kg N ha⁻¹ de urea a la siembra), Inoculado con las cepas de *Bradyrhizobium japonicum* (USDA110 y Per 3.61, respectivamente). Los resultados obtenidos en la primera campaña del cultivo de soja demostraron que el aporte de FBN, de la cepa USDA110 fue del 56% y de la cepa Per 3.61 del 64%, lo cual representa un aumento del 20% y 39% del N acumulado por el cultivo con respecto al tratamiento control. En relación con la segunda campaña, la FBN aportó de N a las plantas de soja inoculadas con USDA110 (59%), con Per 3.61 (70%), de N acumulado por el cultivo, representando un importante aumento en comparación a los tratamientos control (37%) y fertilizado (35%). El mayor rendimiento del cultivo de soja, en la primera campaña, correspondió a las plantas inoculadas con la cepa Per 3.61 mostrando un aumento del 69 % en relación con el control y 24 % a los tratamientos inoculado con la cepa USDA110 y fertilizado, respectivamente. En la segunda campaña, el rendimiento de la soja inoculado con la cepa desnitrificante *B. japonicum* Per 3.61 fue 69% mayor que el control (sin inocular y fertilizar), un 24% respecto al fertilizado (con urea) y de un 15% cuando la soja fue inoculada con la cepa de referencia USDA110. El rendimiento del cultivo de soja inoculado con la cepa Per 3.61 fue superior a todos los tratamientos ensayados a campo con elevada concentración de nitrato en el suelo, observándose un aporte significativo de la FBN. Todos estos datos demostraron que la cepa desnitrificante *Bradyrhizobium japonicum* Per 3.61, caracterizada por una elevada actividad nitrato reductasa, representa un aporte promisorio para su uso como inoculante para soja, mejorando la FBN y el rendimiento del cultivo en suelos con alto contenido de nitrato.

Palabras clave: Fijación biológica del nitrógeno, actividad nitrato reductasa, rendimiento.



C2P6. COMPOSICION Y ABUNDANCIA DE POBLACIONES FUNGICAS Y BACTERIANAS Y SUS ACTIVIDADES: RESPUESTA AL MANEJO AGROECOLOGICO

Chavarría, Diego N.¹; Pérez Brandan, Carolina²; Serri, Danae L.¹; Meriles, José M.³; Restovich, Silvina B.⁴; Andriulo, Adrian E.⁴; Jacquelin, Luis⁴ y Vargas Gil, Silvina¹

1 CONICET-Instituto de Patología Vegetal (IPAVE-CIAP, INTA) Camino 60 cuadras, Km 5,5, Córdoba, Argentina.

2 INTA EEA Salta, Ruta Nacional 68 km. 172 C.P. 4403 Cerrillos, Salta, Argentina.

3 CONICET-Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV – UNC); Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (F.C.E.Fy Nat – UNC), Av. Vélez Sarsfield 1611, Córdoba, Argentina.

4 INTA-EEA Pergamino, Av. Frondizi (Ruta 32), Km 4.5, 2700 Buenos Aires, Argentina.

chavarría.diego@inta.gob.ar

RESUMEN

La agroecología propone la autorregulación para lograr un equilibrio agrícola sustentable. Por lo tanto, considerando la rápida respuesta de las comunidades microbianas ante los pequeños cambios en el uso del suelo, el objetivo de este estudio fue evaluar su respuesta ante el manejo agroecológico versus convencional de la agricultura extensiva. El muestreo del suelo se llevó a cabo en 2016 y 2017 en tres tratamientos diferentes utilizando la secuencia soja/maíz (*Glycine max* L./*Zea mays* L.) como cultivo principal: Agroecológico (AE), convencional con cultivos de cobertura (CC) y convencional sin cultivos de cobertura (control). Las especies utilizadas como cultivos de cobertura fueron trigo (*Triticum aestivum*), vicia (*Vicia sativa* L.), avena (*Avena sativa* L.) y nabo forrajero (*Raphanus sativus* L.). El tratamiento CC mostró el mayor valor de hidrólisis de fluoresceína de diacetato, con valores 63,2% y 12,1% mayores que AE y el control, respectivamente. Sin embargo, el tratamiento AE registró la mayor relación hongo:bacteria (44,8) y el cociente metabólico más bajo (1,14), lo que indica una mejora en la eficiencia metabólica y la calidad del suelo. No se registraron diferencias significativas en la abundancia de las comunidades fúngicas y bacterianas entre los tratamientos. Los resultados sugieren que el manejo agroecológico se caracterizó por el predominio de los hongos del suelo y una mayor eficiencia metabólica microbiana en comparación con el manejo convencional. Se evidenció un uso más eficiente de los sustratos de carbono en los sistemas agroecológicos, lo que podría contrarrestar el efecto negativo de la falta de fertilización sintética y la labranza reducida en el largo plazo. Este trabajo demuestra que las herramientas agrícolas sustentables con un manejo adecuado se pueden utilizar efectivamente para preservar la calidad del suelo.

Palabras clave: Agroecología; sustentabilidad; eficiencia metabólica

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población mundial ha generado un aumento en la demanda de recursos impuestos a los sistemas agrícolas, generando un mayor uso global de los recursos naturales y una disminución significativa en los servicios ecosistémicos (Gianinazzi et al., 2010). Como consecuencia, los monocultivos y el mayor uso de insumos sintéticos, como fertilizantes químicos y pesticidas, han reducido la fertilidad del suelo (Foley et al., 2005). En contraposición, la agroecología representa una base científica, metodológica y tecnológica para una nueva "revolución agraria" en todo el mundo (Ferguson y Morales, 2010), ya que los sistemas de producción agroecológicos son resilientes, energéticamente eficientes, biodiversos, socialmente justos y proporcionan la base para la soberanía productiva y alimentaria (Altieri et al., 2012).

Como la sostenibilidad de los sistemas agrícolas se basa en prácticas conservadoras que abarcan toda la cadena productiva dentro de un marco de uso eficiente de los recursos (Ferreira et al., 2011), los procesos microbiológicos que ocurren en el suelo constituyen la base sobre la que se sustenta la agricultura agroecológica (Faria y Franco, 2002). Esto se debe a que las comunidades microbianas del suelo desempeñan un papel fundamental en el ciclo de nutrientes y la descomposición de la materia orgánica y, considerando sus interacciones con los cultivos, el estudio de la microbiología proporciona un medio preciso para analizar diferentes sistemas de manejo agrícola (Burton et al., 2010). Por lo tanto, la capacidad de las comunidades microbianas para responder rápidamente a los cambios en el uso de la tierra (Singh et al., 2015) puede emplearse para comparar los efectos del manejo agroecológico con el manejo convencional.

El objetivo de este estudio es comparar la respuesta de la estructura y funcionalidad de las comunidades microbianas del suelo en un sistema agroecológico y un sistema agrícola convencional que incluye una mezcla de cultivos de cobertura. Se propone como hipótesis que la agricultura agroecológica genera una modificación en la estructura y



funcionalidad de las comunidades microbianas del suelo, lo que está relacionado con una mayor eficiencia metabólica microbiana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Experimento a campo

El estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental Pergamino del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (33 ° 51'S, 60 ° 40'O), provincia de Buenos Aires, Argentina, en 2016 y 2017. Se evaluaron dos ensayos de larga duración, un ensayo agroecológico y un ensayo convencional. Aunque ambos ensayos estuvieron físicamente separados entre sí para garantizar que el tratamiento agroecológico no estuviera expuesto al contacto de agroquímicos, se consideraron como un único ensayo para el diseño estadístico y el análisis de datos. El clima en este sitio es templado húmedo, con una temperatura media anual de 16,5°C y precipitaciones que ocurren principalmente en otoño y primavera (Hall et al., 1992), con una precipitación media anual de 971 mm para el período 1910-2010 (Agroclimatological Base de datos de red, INTA; <http://climayagua.inta.gob.ar/>). El suelo en el sitio de estudio es predominantemente Typic Argiudoll (USDA Soil Taxonomy) de la serie Pergamino con un horizonte franco limoso A sin fase erosionada (pendiente <0,3%). El diseño experimental se basó en un diseño factorial unidireccional con tres repeticiones. El experimento consistió en tres tratamientos con tres repeticiones de cada uno, totalizando nueve parcelas. Los tratamientos fueron: 1) manejo agroecológico (AE), 2) manejo convencional con cultivos de cobertura (CC), 3) manejo convencional sin cultivos de cobertura (control). Las parcelas agroecológicas se manejaron sin el uso de insumos sintéticos externos, como herbicidas, pesticidas, fertilización mineral o cultivos genéticamente modificados. Las parcelas se sembraron con la secuencia soja/maíz (*Glycine max* L./*Zea mays* L.) como cultivos comerciales, en rotación con trigo (*Triticum aestivum*) y vicia (*Vicia sativa* L.) como cultivos de cobertura, siendo los cultivos sembrados mediante labranza reducida. Estas parcelas incluyeron la presencia de ganado para adicionar estiércol de ganado al suelo. El control de malezas se realizó utilizando métodos mecánicos, tales como arado de cincel y la destrucción de cultivos de cobertura mediante rastra de disco, incorporando los residuos vegetales al suelo. Las parcelas convencionales se manejaron con la aplicación de herbicidas, fertilizantes minerales y pesticidas, y el uso de cultivos genéticamente modificados. Estas parcelas también se sembraron con la secuencia soja/maíz como cultivos comerciales, siendo los cultivos sembrados bajo siembra directa. El maíz fue fertilizado durante la siembra con superfosfato de calcio (150 kg ha⁻¹) y entre V5-V6 con 32 kg N ha⁻¹. Las especies utilizadas como cultivos de cobertura en el tratamiento CC fueron: avena (*Avena sativa* L.), vicia (*Vicia sativa* L.) y nabo forrajero (*Raphanus sativus* L.), sembradas como una mezcla de especies (avena, vicia y nabo forrajero). En el tratamiento con CC, los cultivos de cobertura fueron secados utilizando glifosato y sus residuos se dejaron en la superficie sin incluir al suelo.

Muestreo de suelo

El muestreo de suelo se realizó en precosecha de soja y maíz en 2016 y 2017, según un estudio previo (Restovich et al., 2012). Seis muestras de suelo compuestas se recogieron por parcela desde el horizonte A, a una profundidad de 10 cm, en seis estaciones de muestreo. Las muestras se pasaron a través de un tamiz de 2 mm y se almacenaron a 4°C hasta el su análisis. Una submuestra de 20 g de cada muestra se almacenó a -20°C para el análisis molecular.

Actividades enzimáticas del suelo

La actividad microbiana se estimó por hidrólisis de la actividad del diacetato de fluoresceína (FDA), de acuerdo con Adam y Duncan (2001). Se colocaron 2 g de suelo y 15 ml de buffer fosfato de potasio 60 mM, pH 7,6, en un erlenmeyer de 50 ml. Se añadió sustrato (FDA, 1000 mg ml⁻¹) para comenzar la reacción. Los erlenmeyer se colocaron en una incubadora orbital a 30°C y 100 rpm durante 20 min. Una vez retirado de la incubadora, se añadieron inmediatamente 15 ml de cloroformo / metanol (2: 1 v / v) para finalizar la reacción. El contenido de los erlenmeyer se centrifugó luego a 2000 rpm durante 5 minutos. El sobrenadante se filtró y se analizó a 490 nm usando un espectrofotómetro.

La fosfatasa ácida (FA) se analizó utilizando 1 g de suelo, 4 ml de buffer universal 0,1 M (pH 6,5) y 1 ml de fosfato p-nitrofenílico 25 mM (Tabatabai y Bremner, 1969). Después de la incubación a 37 ± 1 °C durante 1 h, la reacción enzimática se detuvo mediante la adición de 4 ml de NaOH 0,5 M y 1 ml de CaCl₂ 0,5 M para evitar la dispersión de sustancias húmicas. La absorbancia se midió en el sobrenadante a 400 nm.



Biomasa y respiración microbiana

El carbono de biomasa microbiana (CBM) se determinó usando la técnica de inoculación-fumigación con cloroformo de acuerdo con Jenkinson y Powlson (1976). La respiración microbiana del suelo se determinó como carbono potencialmente mineralizable (respiración $\text{CO}_2\text{-C}$) según Alef (1995). La cantidad de CO_2 liberado se midió a partir de muestras de suelo tratadas con cloroformo y sin tratar (aproximadamente 20 g).

Abundancia de genes fúngicos y bacterianos

El ADN se extrajo de 0,5 g de suelo. La extracción se realizó con el suelo NucleoSpin® Soil Kit para el suelo (Macherey-Nagel) usando el protocolo del fabricante. El rendimiento y la pureza del ADN se midieron usando un fluoroespectrómetro de microvolumen (NanoDrop Technologies, Delaware). Se determinaron los números de copias del gen ARNr 16S bacteriano (conjunto de cebadores 338F / 518R) (Fierer et al., 2005) y números de copias del gen 18S ARNr (conjunto de cebadores NS1-F / Fung R) (May et al., 2001) siguiendo el protocolo de Liu et al. (2009). La amplificación por PCR se cuantificó en un Line-Gene 9600 Plus mediante monitorización fluorométrica con una mezcla maestra Power SYBR Green PCR (Applied Biosystems). La reacción se realizó en un volumen de 25 μl que contenía 10 ng de ADN, 0,2 mg ml^{-1} de BSA, 0,2 μM de cada cebador y 12,5 μl de premezcla SYBR EX Taq™ (Takara Shuzo, Shiga, Japón). Las curvas estándar se construyeron por separado para bacterias y hongos usando plásmidos de genes de ARNr clonados (Takara). También se incluyeron controles de ADN positivo (agua ultrapura) y positivo (*Pseudomonas aeruginosa*, dilución en serie de 10 veces). El número de copias de los estándares se calculó a partir de la concentración de ADN de plásmido extraído.

Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo mediante el empleo del programa InfoStat (Di Rienzo et al 2015). Las variables se estudiaron mediante análisis de varianza (ANOVA) para probar las diferencias entre parámetros microbianos empleando el test de Fisher (LSD) ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actividades enzimáticas del suelo

Se observaron diferencias interesantes en las actividades enzimáticas del suelo entre los diferentes sistemas agrícolas (Tabla 1). Con respecto a la hidrólisis de FDA, el tratamiento CC mostró el valor más alto, siendo 63,2% y 12,1% mayor que el AE y el control, respectivamente; AE presentó el valor más bajo para esta variable. En cuanto a los valores de AP, el tratamiento control mostró la actividad enzimática más baja, siendo 8,3% y 14,2% más bajos que AE y CC, respectivamente.

La actividad microbiana general del suelo, determinada por la hidrólisis de la FDA, se redujo significativamente por el manejo agroecológico en este trabajo. Esto sugiere que la diversificación de cultivos y el estiércol del ganado no proporcionaron suficientes fuentes de energía para apoyar la actividad microbiana en AE en comparación con el manejo convencional. Los microorganismos sintetizan enzimas extracelulares que descomponen la materia orgánica para obtener carbono (Hargreaves & Hofmockel, 2014). Por lo tanto, el uso de labranza reducida y su efecto perjudicial sobre la materia orgánica podría haber contribuido a la reducción de las fuentes de energía en las parcelas AE, promoviendo una reducción en la actividad microbiana general. Al contrario de los resultados de FDA, la actividad FA se incrementó por el manejo agroecológico y convencional con cultivos de cobertura en nuestro estudio. De acuerdo con esto, Marinari et al. (2006) estudiaron el efecto de siete años de manejo orgánico en la fertilidad del suelo y encontraron una mayor actividad FA y un mayor contenido de fósforo disponible en comparación con el manejo convencional, a pesar del uso de labranza reducida. Dado que diferentes especies de plantas estimulan el crecimiento de diferentes especies de microorganismos (el Zahar Haichar et al., 2014), el uso de cultivos de cobertura probablemente promovió una mayor diversidad de funciones microbianas, estimulando la actividad FA en parcelas bajo cultivos de cobertura. Este efecto se observó en parcelas agroecológicas a pesar de la falta de fertilizantes sintéticos y el uso de métodos de labranza reducida.

Tabla 1. Valores medios \pm errores estándar para la hidrólisis de fluoresceína de diacetato (FDA), fosfatasa ácida (AP), respiración microbiana, carbono de biomasa microbiana (CBM) y qCO_2 , medidos en 2016 y 2017 con tres sistemas de manejo diferentes: Agroecológico (AE), convencional con cultivos de cobertura (CC), convencional sin cultivos de cobertura (control). Letras diferentes indican valores significativamente diferentes ($p < 0,05$).

| Tratamientos | FDA ($\mu\text{g FDA g}^{-1} \text{h}^{-1}$) | FA ($\mu\text{g p-nitrofenil g}^{-1} \text{h}^{-1}$) | Respiración (mg g^{-1}) | CBM (mg g^{-1}) | qCO_2 |
|--------------|---|---|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| AE | 74,13 \pm 2,55 c | 649,81 \pm 21,21 a | 0,43 \pm 0,03 a | 0,47 \pm 0,02 a | 1,14 \pm 0,54 b |
| CC | 121,03 \pm 2,55 a | 684,63 \pm 21,21 a | 0,43 \pm 0,03 a | 0,29 \pm 0,02 b | 2,21 \pm 0,54 a |
| control | 108,00 \pm 2,55 b | 599,58 \pm 21,21 b | 0,41 \pm 0,03 a | 0,26 \pm 0,02 b | 3,17 \pm 0,54 a |
| Valor p | <0,0001 | 0,0230 | 0,9169 | 0,0073 | <0,0001 |

Componentes del cociente metabólico

Los valores de respiración microbiana no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 1). Por el contrario, el CBM estuvo claramente influenciado por el manejo agroecológico, con un tratamiento AE del 62,1% y 80,7% mayor que CC y el control, respectivamente. El cociente metabólico, calculado como la relación entre la respiración microbiana y CBM, mostró el valor más bajo con AE, siendo 93,8% y 178,1% más bajo que CC y control, respectivamente.

En este sentido, Masciandaro et al. (1998) demostraron que un qCO_2 más bajo refleja condiciones biofísicas mejoradas del suelo, mientras que un qCO_2 alto indica degradación de suelo bajo uso agrícola intensivo. Por lo tanto, considerando los altos valores de qCO_2 reportados en los tratamientos CC y control, nuestros resultados indican una menor eficiencia metabólica de las comunidades microbianas del suelo con el manejo convencional en comparación con el manejo agroecológico. De acuerdo con nuestros resultados, Fließbach et al. (2007) compararon el manejo orgánico y convencional y encontraron que la respiración microbiana no variaba entre sistemas agrícolas, pero qCO_2 era significativamente más alta en suelos convencionales en comparación con suelos orgánicos, lo que sugiere un mayor requerimiento de mantenimiento de biomasa microbiana en suelos de sistemas convencionales. Probablemente, el mayor suministro de nutrientes de los fertilizantes sintéticos en las parcelas convencionales en nuestro estudio promovió una mayor actividad microbiana, pero con una baja eficiencia de uso de los compuestos de carbono que estaban mal fijados por la biomasa microbiana.

Composición y abundancia de comunidades fúngicas y bacterianas

El análisis PCR cuantitativo no mostró una variación significativa entre los tratamientos en la composición y abundancia de las comunidades fúngicas y bacterianas (Fig. 1). El valor medio de copias bacterianas varió entre 1,2 E+17 (AE) y 1,7 E + 17 (control) copias del gen 16S ADNr g^{-1} . El valor medio de copias fúngicas varió entre 1,5 E+09 (control) y 3,7 E+09 (AE) copias del gen 18S ADNr g^{-1} . La relación de H:B (Fig. 1 - C) fue menor en el tratamiento control en comparación con los demás tratamientos, siendo el control 20,1% y 58,3% menor que CC y AE, respectivamente.

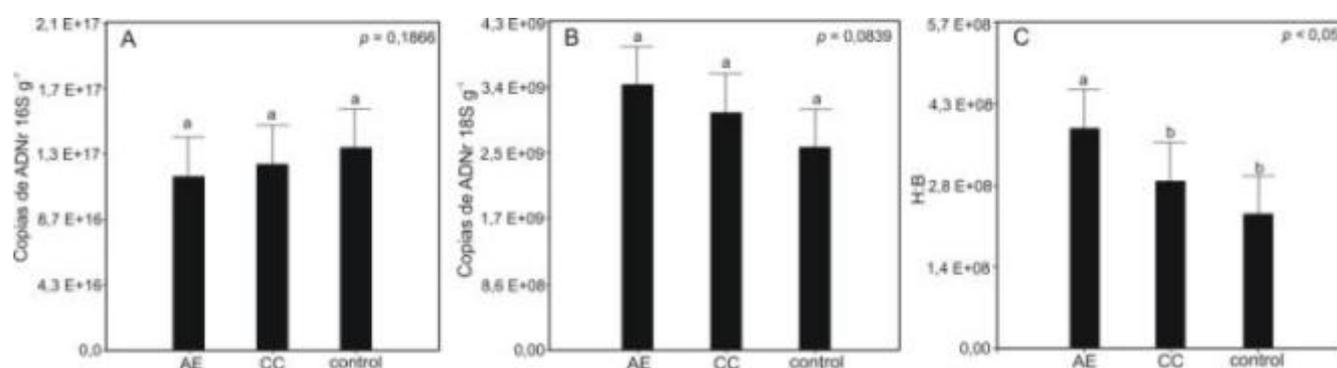


Fig. 1. Valores medios de ADN bacteriano (16S) (A) y fúngico (18S) (B) número de copias g^{-1} y de hongos: índice bacteriano (F: B) (C), medido en 2016 y 2017 con tres administraciones diferentes sistemas: Agroecológico (AE), convencional con cultivos de cobertura (CC), convencional sin cultivos de cobertura (control). Las letras diferentes indican valores que son significativamente diferentes ($p < 0,05$). Las barras de error indican \pm un error estándar.



Es destacable que las parcelas agroecológicas presentaron una abundancia similar de copias de ADNr fúngico y bacteriano en comparación con el manejo convencional a pesar del consumo de residuos de cultivos por parte del ganado y la falta de fertilizantes sintéticos externos en el tratamiento AE. En este sentido, se ha informado que los fertilizantes sintéticos estimulan el crecimiento de hongos mientras inhibe el de las bacterias (Demoling et al., 2007), aunque también se ha demostrado que la biomasa bacteriana aumenta con la fertilización (Högberg et al., 2003). Además, se sabe que las comunidades fúngicas son sensibles a la alteración del suelo causada por la labranza (Helgason et al., 2010). Sin embargo, nuestros resultados sugieren que las fuentes de energía proporcionadas en parcelas AE por diversificación de cultivos y estiércol de ganado junto con una alta eficiencia metabólica, fueron suficientes para mantener la misma abundancia de comunidades bacterianas y fúngicas observadas con manejo convencional utilizando fertilizantes sintéticos y labranza cero. Las parcelas agroecológicas también mostraron un aumento significativo en la relación H:B en comparación con los otros tratamientos. En este sentido, se sugiere que una relación H:B más alta es indicativa de un agroecosistema más sustentable, en el que la descomposición de la materia orgánica y la mineralización del nitrógeno dominan la provisión de nutrientes vegetales para el crecimiento del cultivo (De Vries et al., 2006). En relación con esto, existe un consenso general en la literatura de que los hongos son capaces de degradar la lignina y las bacterias no, y que los hongos también dominan la descomposición de la celulosa y la hemicelulosa, que son componentes importantes de la materia orgánica (Strickland y Rousk, 2010). Por lo tanto, nuestros resultados sugieren que el manejo agroecológico puede estar relacionado con una mayor capacidad para degradar compuestos orgánicos altamente complejos por comunidades microbianas del suelo en relación con el manejo convencional.

CONCLUSIONES

Este estudio demuestra la respuesta de las comunidades microbianas del suelo a la adopción del manejo agroecológico en la producción de cultivos extensivos. Nuestros resultados sugieren que el manejo agroecológico se caracteriza por el dominio de hongos en las comunidades microbianas del suelo y una mayor eficiencia metabólica microbiana en comparación con un sistema de manejo convencional. Estas características demuestran un uso más eficiente de los sustratos de carbono en los sistemas agroecológicos, lo que podría contrarrestar el efecto negativo de la falta de fertilización sintética y la reducción de la labranza a largo plazo. A pesar de la falta de fertilización sintética y la consecuente reducción en la actividad enzimática microbiana general, el manejo agroecológico no afectó negativamente la abundancia de hongos y bacterias del suelo y aumentó la eficiencia metabólica. Esto demuestra que las herramientas agrícolas sustentables se pueden adoptar de manera efectiva para preservar la calidad de los suelos agrícolas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) por la beca doctoral de D. Chavarría y financiamiento recibido para el desarrollo de este trabajo (PIP N° 11220150100061CO). Este trabajo fue financiado también por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) a través de los proyectos de investigación PNSUELO 1134043 y CIAC 940140; y también a la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba (SECyT-UNC).

BIBLIOGRAFÍA

- Adam, G. & H. Duncan. 2001. Development of a sensitive and rapid method for the measurement of total microbial activity using fluorescein diacetate (FDA) in a range of soils. *Soil Biol. Biochem.* 33: 943-951.
- Alef, K. 1995. Soil respiration. In: *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Alef, K., Nanninpiéri, P. (Ed.), Academic Press. Harcourt Brace and Company publishers, London, pp. 214-219.
- Altieri, M.A.; F.R. Funes-Monzote & P. Petersen. 2012. Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. *Agron. Sustain. Dev.* 32(1): 1-13.
- Burton, J.; C. Chen, Z. Xu & H. Ghadiri. 2010. Soil microbial biomass, activity and community composition in adjacent native and plantation forests of subtropical Australia. *J. Soils Sediments.* 10: 1267-1277.
- Demoling, F.; D. Figueroa & E. Bååth. 2007. Comparison of factors limiting bacterial growth in different soils. *Soil Biol. Biochem.* 39: 2485-2495.
- De Vries, F.T.; E. Hoffland, N. van Eekeren, L. Brussaard & J. Bloem. 2006. Fungal/bacterial ratios in grasslands with contrasting nitrogen management. *Soil Biol. Biochem.* 38(8): 2092-2103.
- Di Rienzo, J.A.; F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada & C. Robledo. 2015. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- el Zahar Haichar, F.; C. Santaella, T. Heulin & W. Achouak. 2014. Root exudates mediated interactions below ground, *Soil Biol. Biochem.* 77: 69-80.



- Faria, S.M. & A.A. Franco. 2002. Identificación de bacterias eficientes en la fijación biológica de nitrógeno para especies leguminosas arbóreas. (Ed.), Embrapa Agrobiologia- Documentos, Rio de Janeiro, pp. 158.
- Ferguson, B.G. & H. Morales. 2010. Latin American agroecologists build a powerful scientific and social movement. *J. Sustain. Agric.* 34: 339-341.
- Ferreira, E.P.; A. Wendland & A.D. Didonet. 2011. Microbial biomass and enzyme activity of a Cerrado Oxisol under agroecological production system. *Bragantia.* 70(4): 899-907.
- Fierer, N.; J.A. Jackson, R. Vilgalys & R.B. Jackson. 2005. Assessment of soil microbial community structure by use of taxon-specific quantitative PCR assays. *Appl. Environ. Microbiol.* 71(7): 4117-4120.
- Fließbach, A.; H.R. Oberholzer, L. Gunst & P. Mäder, 2007. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agric. Ecosyst. Environ.* 118(1): 273-284.
- Foley, J.A.; R. DeFries, G.P. Asner, C. Barford, G. Bonan, S.R. Carpenter & J.H. Helkowski. 2005. Global consequences of land use. *Science* 309(5734): 570-574.
- Gianinazzi, S.; A. Gollotte, M.N. Binet, D. van Tuinen, D. Redecker & D. Wipf, 2010. Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza* 20(8): 519-530.
- Hall R.A.; C.M. Rebella, C.M. Ghersa & J.P. Culot 1992. Field-crop systems of the pampas. In: *Field crops ecosystems*; Pearson CJ (ed.). pp: 413-450. Elsevier, Amsterdam.
- Hargreaves S. & K. Hofmockel. 2014. Physiological shifts in the microbial community drive changes in enzyme activity in a perennial agroecosystem. *Biogeochem.* 117:67-79.
- Helgason, B.L.; F.L. Walley & J.J. Germida. 2010. No-till soil management increases microbial biomass and alters community profiles in soil aggregates. *Appl. Soil Ecol.* 46: 390-397.
- Högberg, M.N.; E. Bååth, A. Nordgren, K. Arnebrant & P. Högberg. 2003. Contrasting effects of nitrogen availability on plant carbon supply to mycorrhizal fungi and saprotrophs- a hypothesis based on field observations in boreal forests. *New Phyt.* 160: 225-238.
- Jenkinson, D.S. & D.S. Powlson. 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-V: a method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.* 8(3): 209-213.
- Marinari, S.; R. Mancinelli, E. Campiglia & S. Grego. 2006. Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy. *Ecol. Indic.* 6(4): 701-711.
- Masciandaro, G.; B. Ceccanti & J.F. Gallardo-Lancho. 1998. Organic matter properties in cultivated versus set-aside arable soils. *Agr. Ecosyst. Environ.* 67: 267-274.
- May, L.A.; B. Smiley & M.G. Schmidt. 2001. Comparative denaturing gradient gel electrophoresis analysis of fungal communities associated with whole plant corn silage. *Can. J. Microbiol.* 47(9): 829-841.
- Restovich, S.B.; A. Andriulo & S. Portela. 2012. Introduction of cover crops in a maize-soybean rotation of the Humid Pampas: Effect on nitrogen and water dynamics. *Field Crops Res.* 128: 62-70.
- Singh, J.S. 2015. Microbes: the chief ecological engineers in reinstating equilibrium in degraded ecosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 203: 80-82.
- Strickland, M.S. & J. Rousk. 2010. Considering fungal: bacterial dominance in soils-methods, controls, and ecosystem implications. *Soil Biol. Biochem.* 42(9):1385-1395.
- Tabatabai, M.A. & J.M. Bremner. 1969. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biol. Biochem.* 1(4): 301-307.



C2P7. LA INTENSIFICACION DE LAS ROTACIONES DE CULTIVOS MODIFICA LAS ACTIVIDADES ENZIMATICAS DEL SUELO

Covelli, J.M.; Gabbarini L.A.; Robledo, N.B. y Wall L.G.

Laboratorio de Biología del Suelo, Departamento de Ciencia y tecnología, Universidad Nacional de Quilmes.
julietta.covelli@gmail.com

El proyecto Chacra Pergamino de la Regional Pergamino-Colón de AAPRESID nació en 2011 con el objetivo de generar conocimiento sobre la salud del suelo en relación con la diversificación e intensificación de las rotaciones de cultivos (DIRC). En 2015 nuestro grupo se incorporó al proyecto para analizar los efectos de la DIRC sobre variables bioquímicas y biológicas del suelo. En este trabajo analizamos el efecto sobre perfiles enzimáticos del suelo. Partiendo de una historia agrícola de suso común el ensayo consistió en establecer cinco tratamientos definidos en base al índice de intensificación de las rotaciones IIR como el tiempo relativo al año en que el suelo estuvo con cultivo vivo, variando el % y variedad de gramíneas y leguminosas. Los IIR de las rotaciones variaron entre 0,43 y 1,00 y se denominaron: típica (menor IIR), Intermedia, Intermedia alta con Leguminosa, Intermedia alta con Gramínea y Pastura (mayor IIR). Los ensayos se replicaron en tres establecimientos, La Matilde, Las Matreras y San Nicolás de la Provincia de Buenos Aires. Las muestras de suelo se obtuvieron en dos profundidades (0 - 5 y 5 - 10 cm), durante 2015 y 2016 en mayo y diciembre. Para cada tratamiento se evaluó la actividad enzimática, de seis enzimas relacionadas a los ciclos de C, N, P y S mediante la utilización de sustratos unidos a un fluoróforo (Methylumbellifery MUB). Se estimaron las actividades de: Cellobiohidrolasa, α -Glicosidasa, Quitinasa, Fosfatasa, Estearasa, Sulfatasa. Al realizar el análisis de los perfiles enzimáticos, se observó una clara dinámica estacional y una evolución a lo largo del tiempo en función de la profundidad. La velocidad de cambio en 0-5 cm es mayor que la de 5-10 cm. Los perfiles enzimáticos de las muestras analizadas en forma multivariada muestran una clara separación entre tratamientos. El análisis de similitud y MANOVA muestra diferencias significativas entre tratamientos. Al analizar las actividades enzimáticas en función del IIR encontramos que la Cellobiohidrolasa y la Quitinasa presentan una muy buena correlación y que la misma se verifica en un test de Pearson. Los resultados obtenidos permiten concluir que los perfiles enzimáticos constituyen una sensible herramienta de análisis que permite detectar variaciones en la salud del suelo en tiempos cortos. El análisis de estos resultados en función del IIR y de otras variables como productividad y otras propiedades biológicas y bioquímicas del suelo y la acumulación de datos en diferentes campos con historias de uso conocida deberían permitir en el tiempo generar valores de referencia que permitan configurar nuevos tipos de análisis de salud de suelo.

Palabras clave: IIR, enzimas, salud del suelo



C2P8. RIZOBIOS NATIVOS NODULANTES DE *MEDICAGO SATIVA* CON POTENCIAL BIOFERTILIZANTE

Di Barbaro, María Gabriela; Andrada, Horacio Enrique; Alurralde, Ana Lilia; Viale, Sixto Raúl y Batallán Morales, Silvana Rosa

Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Catamarca. Maestro Quiroga 23. Código Postal 4700. San Fernando del Valle de Catamarca.
gabydibarbaro@yahoo.com.ar

RESUMEN

En suelos de regiones áridas y semiáridas, el nitrógeno constituye uno de los elementos más críticos para la nutrición de las plantas. Esto hace imprescindible buscar mecanismos o herramientas que permita mejorar la nutrición de las especies de importancia económica, sin perjudicar el ambiente. Se sabe que numerosas especies de bacterias participan en el ciclo biogeoquímico del nitrógeno y promueven su movimiento a través del sistema suelo-planta, adquiriendo por ello gran relevancia en la nutrición vegetal. Existen numerosos antecedentes de la respuesta de la alfalfa a la inoculación con bacterias fijadoras simbióticas del nitrógeno atmosférico y este conocimiento cobra mayor envergadura en la producción orgánica de este cultivo. El objetivo del trabajo fue aislar bacterias fijadoras simbióticas del N₂ atmosférico en alfalfa cultivada en el Valle central de la provincia de Catamarca, para ser empleadas como potenciales biofertilizantes. En un lote de suelo franco arenoso con poca disponibilidad de nitrógeno y sin historia de inoculación en más de 40 años se realizó un muestreo aleatorio de plantas de 60 días de alfalfa (tipo RR) con nodulación espontánea. Se observó la presencia de nódulos y a partir de ellos se realizaron los aislamientos en medio de cultivo YEMA, incubándose a 28 °C y se determinó sus características culturales. Los resultados preliminares indican que en los estados fisiológicos iniciales de la leguminosa la existencia de nódulos, lo que manifiesta la presencia de rizobios nativos colonizadores de rizósfera y con alta competitividad en la infección. Las características culturales de los aislamientos obtenidos muestran la variabilidad de cepas nodulantes, se observaron colonias cremosas, fluidas, traslúcidas, rosadas, blancas, con tiempos de desarrollo entre las 24 y 48 horas, de crecimiento rápido. Conclusión: *Medicago sativa* puede nodular con rizobios nativos de la zona del Valle Central de la Provincia de Catamarca, dada su compatibilidad y adaptación ecológica y biológica, aspecto deseable en la futura selección de cepas. El conocimiento de estas relaciones simbióticas permitirá su integración con otras prácticas de producción y el desarrollo de técnicas de manejo ambientalmente seguras procurando maximizar la eficiencia productiva de los cultivos.

Palabras claves: Alfalfa, PGPR, Catamarca.



C2P9. RESPUESTA DE LA MICROBIOTA A LA APLICACIÓN DE BIOCHAR EN SUELOS CON DIFERENTES GRADOS DE DETERIORO EDÁFICO

Dominchin, María F.; Verdenelli, Romina A., Aoki, Antonio; Marín, Raúl H.; Vargas Gil, Silvina y Meriles, José M.

CONICET-Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV – UNC); Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (F.C.E.Fy Nat – UNC), Av. Vélez Sarsfield 1611, Córdoba, Argentina.
mfdominchin@imbiv.edu.ar

El uso intensivo de los suelos con fines agrícolas es un problema a nivel global. En Argentina se han identificado importantes deterioros en la matriz del suelo relacionados con la producción intensiva, tales como erosión, desertificación y reducción de la calidad del suelo, entre otros. El biochar es un material residual producido por la pirólisis de materia orgánica con la finalidad de ser utilizado como enmienda de suelos. En el presente estudio se evaluó el impacto de la aplicación de biochar elaborado a partir de excretas de codorniz sobre la actividad enzimática de las comunidades microbianas de suelo agrícola bajo un gradiente de deterioro edáfico. Para la elaboración del biochar, la materia prima fue secada al aire libre y posteriormente incubada a 500°C en un ambiente bajo en O₂ y con corriente de N₂. Las muestras de suelo fueron colectadas de un establecimiento de producción agrícola ubicado a 25 Km al sur de la ciudad de Córdoba (31° 37' S; 64° 17' O). El suelo utilizado perteneció a un mismo tipo textural e incluyó 3 grados de uso: suelo prístino (S0), suelo bajo manejo sustentable (sistema de rotación maíz/soja y labranza reducida) (S1) y suelo bajo laboreo intenso (sin rotación de cultivos, labranza convencional) (S2). Así, los tratamientos fueron: S0 (suelo control), S1 (suelo con deterioro intermedio), S2 (suelo con alto grado de deterioro). Cada suelo fue tratado con 4 dosis de biochar (0%, 1%, 3% y 10%), por triplicado. La actividad enzimática de las comunidades microbianas se evaluó mediante la actividad hidrolizante del diacetato de fluoresceína (FDA), la actividad deshidrogenasa y el ensayo de enzimas con sustratos múltiples (MUF) en el que algunos derivados de 4-Metilumbelliferona (4-MU-β D Hidrato de glucuronido, 4-MU fosfato, 4-MU- β D Glucopiranoside y 4-MU- β D xilopiranoside) fueron utilizados como sustratos para la determinación de la actividad de β-glucuronidasa, fosfatasa, β-glucosidasa y β-xilosidasa, respectivamente. Se observó un incremento significativo de la actividad FDA en los suelos S1 y S2 tratados con dosis de 3 y 10% de biochar avícola. Por el contrario, en el suelo S0 (con elevada actividad FDA), la aplicación de biochar no exhibió efecto significativo en ninguna de las dosis de aplicación. Una respuesta inversa fue observada al evaluar la actividad deshidrogenasa. La mayor actividad de esta enzima fue detectada en el suelo S1, y con las dosis más bajas de biochar (0% y 1%). Finalmente, las enzimas MUF también fueron afectadas por el tipo de suelo y por la dosis de aplicación de biochar. La actividad más alta de todas las enzimas MUF fue siempre detectada en S0. Sin embargo, la dosis de biochar afectó de manera diferencial la actividad de cada enzima en particular. Los valores más altos de β-glucuronidasa y β-glucosidasa fueron registrados con la aplicación del biochar al 1%. En conclusión, este trabajo demuestra que la aplicación de diferentes dosis de biochar puede alterar la funcionalidad de las comunidades microbianas, teniendo un efecto más pronunciado en suelos con mayor grado de deterioro edáfico.

Palabras clave: actividad deshidrogenasa, FDA, enzimas MUF



C2P10. AISLAMIENTO DE ADN PARA ANÁLISIS MOLECULAR DE COMUNIDADES MICROBIANAS A PARTIR DE SUELOS PATAGÓNICOS

El Mujtar, Verónica A.¹; Prack McCormick, Bárbara P.²⁻³⁻⁴; Cardozo, Andrea⁵; De Grazia Javier² y Tiftonell, Pablo A.¹⁻⁴

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) EEA-Bariloche.

²Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

³Instituto de Investigación sobre Producción Agropecuaria, Ambiente y Salud (IIPAS).

⁴Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

⁵Agencia de Extensión Rural El Bolsón, INTA.

elmujtar.veronica@inta.gob.ar

RESUMEN

Las comunidades microbianas edáficas tienen un rol clave en los procesos biológicos del suelo y aseguran la provisión de servicios ecosistémicos. Estas comunidades conforman un sistema altamente complejo de microorganismos que presenta variabilidad natural en relación a las condiciones ambientales en que se desarrolla. La completa caracterización de las comunidades bacterianas edáficas, su variación natural y/o por causas de origen antrópico requiere la implementación de metodologías independientes de cultivo. Entre estas destacan las metodologías moleculares (basadas en ácidos nucleicos), tales como la secuenciación metagenómica o las tecnologías basadas en *fingerprint* (ej. DGGE, T-RFLP). El éxito de su implementación, sin embargo, depende fuertemente del método de extracción de ADN aplicado. Si bien existen numerosos kits comerciales (de alto costo), su eficiencia en algunos casos ha fallado o requerido un ajuste en función de la composición del suelo (ej. para eliminación de compuestos húmicos). Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue desarrollar un método económico de extracción de ADN, aplicable a suelos con alto contenido de materia orgánica y alofanos de la región Patagonia norte, que asegure la obtención de ADN de calidad adecuada para su utilización en la caracterización molecular de la biodiversidad edáfica. Para ello cinco métodos, previamente reportados, que varían en las etapas de solubilización de la muestra, ruptura celular, extracción y purificación de ADN, y un método propio fueron ensayados en suelos de la región. La calidad del ADN obtenido por estos métodos se comparó con la del kit comercial *FastDNA Spin Kit for Soil* (MP), en base a: i) integridad del ADN (electroforesis en agarosa 0.8%), ii) rendimiento (μg ADN/gr suelo) y iii) presencia de contaminantes (relaciones de absorbancia A260/A280, A260/A230). El método propio permitió la extracción de ADN integro, con un rendimiento promedio de 13,5 μg /gr de suelo, y relaciones de absorbancia promedio de 1,88 y 2,18 para A260/A280 y A260/A230 respectivamente. Si bien el rendimiento fue inferior al obtenido con el kit comercial (39 μg /gr suelo), este último muestra mayor presencia de contaminantes (A260/A280=1,47 y A260/A230=0,24). Los restantes métodos no fueron eficientes para obtener ADN de buena calidad (ej. alta presencia de contaminantes, bajos rendimientos, degradación de ADN). La presencia de contaminantes en las extracciones del kit comercial se evidenció también en la amplificación del gen bacteriano 16S mediante PCR, con bajo número de muestras amplificadas en comparación con el método propio. El uso de BSA mejoraría la amplificación por PCR (bloqueo de contaminantes) en ambos métodos. La extracción de ADN del método propio fue adecuada para el análisis de diversidad por T-RFLP, que combina amplificación por PCR y digestión con enzimas de restricción. Esta metodología molecular está siendo actualmente utilizada en el estudio del impacto del manejo del suelo en la biodiversidad edáfica considerando tres tipos de manejo en cultivo de frambuesa (*Rubus idaeus* Var. *Autumn Bliss*) de productores de Camino de los Nogales, El Bolsón.

Palabras claves: biodiversidad edáfica, suelos patagónicos, PCR T-RFLP



C2P11. ANÁLISIS PRELIMINAR DE COMUNIDADES DE HONGOS MICORRÍMICOS ARBUSCULARES EN RIZOSFERAS DE *CYNARA CARDUNCULUS*

Fernández Di Pardo, Agustina¹; Mancini, Micaela^{1,2}; Cravero, Vanina^{1,3} y Gil-Cardeza, María Lourdes^{1,3}

¹ Facultad de Ciencias Agrarias – UNR

² Consejo de Investigación de la UNR (CIUNR)

³ Instituto de Investigaciones en Ciencias Agrarias de Rosario (IICAR-CONICET)

afernandez@agro.uba.ar

El cardo (*Cynara cardunculus* L.) es una especie perenne, perteneciente a la familia de las compuestas (Asteraceae). Una de sus principales aplicaciones es la obtención de bioenergía a partir de su biomasa. Presenta un ciclo de cultivo anual y gran capacidad de adaptación a tierras marginales de nuestro país por lo que podría ocupar áreas semidesérticas sin necesidad de compartir superficies con cultivos tradicionales. Además, su rusticidad le permitiría ser cultivado sin uso de agroquímicos, posibilitando su implantación en zonas periurbanas. Los cardos pueden asociarse a hongos micorrícicos arbusculares (HMA), los cuales pueden actuar como promotores de crecimiento de la planta, favoreciendo la absorción de nutrientes del suelo y aumentando así la biomasa de la misma. A su vez, aumentan la tolerancia a estrés biótico y abiótico de la planta. Este trabajo tuvo como objetivo iniciar el estudio de las comunidades de HMA asociadas a rizosferas de *C. cardunculus* var. *sylvestris* (cardo silvestre, S) y *C. cardunculus* var. *atilis* (cardo comestible, C), crecidas en 2 tipos de suelos, bajo salino (B) y hortícola (H). Para ello, se tomaron muestras de raíces de ambas variedades de cardo de 1 año de crecimiento y de sus respectivos suelos rizosféricos (suelo adherido a las raíces y por debajo del área de canopeo) (n=5). Se realizaron determinaciones físico-químicas a los suelos rizosféricos: contenido de fósforo extraíble (PE), contenido de nitratos (NO₃⁻), porcentaje de materia orgánica (%MO) y de carbono orgánico (%CO), pH y conductividad eléctrica (CE). La comunidad de HMA se evaluó mediante el conteo y la caracterización morfológica preliminar de las esporas en los suelos rizosféricos y el porcentaje de micorrización en raíces teñidas con azul de algodón. Los resultados se analizaron estadísticamente con el programa Infostat. El %MO, el %CO y la CE fue mayor en los suelos B (p < 0.05). No se observan diferencias significativas en el resto de los parámetros (PE, N y pH). El mayor número de morfotipos se observó en la rizosfera HC (9,0 ± 0,7) mientras que el menor número se observó en BS (6 ± 0,7). En todas las rizosferas se observaron esporas pertenecientes a la familia Glomeraceae, mientras que en H también aparecieron géneros de las familias Acaulosporaceae y Gigasporaceae. El número de esporas por gramo de suelo seco fue mayor en las rizosferas HC (26,6 ± 2,7) y BS (24,0 ± 3,9) en comparación con el número obtenido en las rizosferas BC y HS (15,3 ± 3,2 y 7,5 ± 4,2, respectivamente). Cabe destacar que existen diferencias significativas en el número de esporas en la rizosfera de las dos variedades de cardo, independientemente del tipo de suelo. No se observaron diferencias significativas en el porcentaje de micorrización pero sí en el contenido de arbusculos, siendo mayor en las raíces de los suelos H. Se concluye que existen diferencias entre las comunidades de HMA de cada tipo de suelo. Es necesario profundizar el estudio del establecimiento de la simbiosis en suelos degradados con el fin de poder mejorar sus condiciones.

Palabras claves: micorrizas; cardo comestibles; cardo silvestre.



C2P12. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS AL MONOCULTIVO DE SOJA A TRAVÉS DE LA DIVERSIDAD DE HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES

Fernandez-Gnecco, Gabriela A.^{1,3}; Barbieri, Pablo A.^{1,2}; Consolo, V. Fabiana^{2,3} y Covacevich, Fernanda^{1,2,3}

¹ Unidad Integrada Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Mar del Plata y Estación Experimental Agropecuaria Balcarce - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ruta 226 Km 73.5, Código Postal 7620, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

³ Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología - Fundación para Investigaciones Biológicas Aplicadas. Vieytes 3103, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

covacevich.fernanda@inta.gob.ar

RESUMEN

En Argentina, tercer exportador mundial de soja, se encuentra generalizado el monocultivo bajo siembra directa con bajo aporte de residuos y fertilización de reposición con macronutrientes. Este manejo podría atentar contra la diversidad microbiológica que puede cumplir roles en el ciclado de nutrientes y productividad vegetal e incrementar la degradación del recurso suelo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la incorporación de alternativas de manejo al monocultivo de soja sobre la diversidad de los hongos micorrizicos arbusculares (HMA), grupo microbiano que se asocia simbióticamente a las raíces y cumple roles en el ciclado de nutrientes, la promoción y sanidad vegetal de las plantas hospedadoras, así como en el mantenimiento de la estabilidad del suelo. Se recolectaron muestras de suelo rizosférico en tres momentos: invierno (suelo desnudo), verano (estado reproductivo de la soja) y otoño (madurez fisiológica de la soja). El suelo corresponde a un Argiudol Típico, franco, <2% de pendiente y 5,3% de materia orgánica, perteneciente a un ensayo de larga duración (>10 años, EEA-INTA Balcarce), e incluyó los siguientes sistemas de cultivos: monocultivo de soja, secuencia rotación trigo/maíz/soja e inclusión de avena como cultivo de cobertura (-CC- con y sin fertilización con nitrógeno) previo al cultivo de soja. A partir del ADN genómico total extraído de muestras de suelo, se amplificaron fragmentos de la región 28S DNAr utilizando cebadores específicos para *Glomus* (género más abundante de los HMA). Se evaluó la diversidad genética mediante análisis de patrones de bandas generados en geles de electroforesis no desnaturizantes utilizando la estrategia de Polimorfismo Conformacional de Cadena Simple (SSCP). Se secuenciaron 15 bandas extraídas del gel SSCP, las que mostraron elevada similitud con el género *Glomus*, confirmando la identidad genética de algunos HMA nativos del área de estudio y corroborando la confiabilidad de la técnica. Mediante el análisis del patrón de bandas obtenido, se determinó un mayor índice de diversidad (índice de Simpson) genética de los HMA del género *Glomus* en los sistemas con inclusión de rotaciones seguidos por el de cultivo de cobertura, mientras que el menor fue determinado en muestras provenientes de monocultivo de soja. Mediante el análisis de un dendograma de similitud (NTSYS-pc software 2:10 con agrupamiento UPGMA) se pudo determinar que cada sistema evidenció un patrón de diversidad de especies que se mantuvo entre estaciones y momentos fenológicos de muestreo. Además, se obtuvo agrupamiento por sistema de cultivo, a excepción del tratamiento en el que se encontraba maíz al momento de muestreo. Esto último, sumado a que dicho tratamiento evidenció un aumento en su índice de diversidad, puede deberse a que esta especie vegetal es fácilmente micorrizable y podría contribuir a una mayor diversidad de HMA. Estos resultados evidencian que la rotación de cultivos y la incorporación de CC como alternativas al monocultivo de soja, pueden contribuir al mantenimiento de la diversidad de HMA más que los sistemas de monocultivo intensivo. Futuros estudios profundizarán la identificación de este grupo microbiano, entre otros, como posibles indicadores biológicos de manejos sustentables de producción de cultivos.

Palabras claves: hongos, rotación, suelo



C2P13. EL ANÁLISIS DE LÍPIDOS DEL SUELO PERMITE DIFERENCIAR SUELOS CON DIFERENTE INTENSIDAD DE ROTACIÓN DE CULTIVOS

A.E. Ferrari *, J. Covelli y L.G. Wall

Laboratorio de Biología del Suelo, Departamento de Ciencia y tecnología, Universidad Nacional de Quilmes
alejandroferrari@gmail.com

RESUMEN:

La diversidad microbiana del suelo es un reconocido indicador de calidad del suelo. Uno de los pocos métodos de estudio de las comunidades microbianas que no dependen del cultivo de los microorganismos, es el análisis de lípidos saponificables del suelo, que permite una caracterización bioquímica que va más allá de las comunidades microbianas e incluye también la caracterización de la materia orgánica en descomposición. El estudio se realizó en tres campos agrícolas del Programa Chacra de la Regional Pergamino-Colón de AAPRESID, y se tomaron muestras en Mayo y Diciembre. Las muestras de suelo fueron saponificadas y los lípidos derivatizados en ésteres metílicos de ácidos grasos, y separados e identificados por cromatografía gaseosa según el protocolo MIDI. Los tratamientos agrícolas fueron sistemas con distinta intensidad de rotación de cultivos, partiendo de una rotación típica trigo/soja-maiz-soja, con el agregado de otras gramíneas, sorgo, cebada y otras leguminosas como arveja y vicia. Los distintos manejos agrícolas fueron caracterizados por la diversidad de cultivos y por un índice de intensificación de rotación (IIR), que indica el tiempo en que el campo estuvo ocupado por cultivos. Los perfiles de ácidos grasos permitieron discriminar los suelos con diferentes IIR luego de cuatro años de cambio de manejo. Los perfiles lipídicos de las rotaciones de alta intensificación, se parecieron más a la pastura (IIR=1). Estas rotaciones altas estuvieron asociadas a un ácido graso (16:1w5c) que es considerado universalmente como marcador de micorrizas arbusculares. Los resultados obtenidos abren la posibilidad de buscar marcadores de salud de suelo asociados a la intensificación y diversificación en la rotación de cultivos. La continuidad del estudio y la complementación con los datos de rendimiento y otras variables de calidad de suelo permitirán construir nuevos modelos de funcionamiento de los suelos agrícolas cuyos manejos podrán ser monitoreados por técnicas de alta sensibilidad.

Palabras claves: indicadores biológicos, manejo agrícola, ácidos grasos

INTRODUCCIÓN

Las comunidades microbianas del suelo afectan los ciclos biogeoquímicos y el reciclado de materia orgánica (Zelles, 1999), y su composición y actividad son afectadas por el manejo agrícola (Figuerola *et al.*, 2012; Rodrigues *et al.*, 2013).

Argentina es el tercer productor mundial de soja bajo siembra directa, con una producción creciente en los últimos 30 años (Meriles *et al.*, 2009). El cultivo de soja bajo siembra directa y en combinación con rotación de los cultivos mejora las propiedades físicas del suelo, reduciendo el riesgo de erosión (Derpsch *et al.*, 2010).

Las comunidades microbianas pueden ser estudiadas mediante análisis de lípidos, que es una de las pocas técnicas que no dependen del cultivo de microorganismos, permitiendo una caracterización bioquímica de suelos bajo distintos manejos agrícolas (Ferrari *et al.*, 2014; Brennan & Acosta Martínez, 2017). Para esta aplicación, la técnica de análisis más utilizada es la determinación de lípidos totales, también llamada técnica FAME (*fatty acid methyl esters*), MIDI o WCFA (*whole cell fatty acids*), donde se extraen lípidos tanto de organismos vivos como los que forman parte de la materia orgánica del suelo.

La asociación entre la Universidad Nacional de Quilmes y Aapresid (proyecto Chacra Pergamino) pretende hallar indicadores biológicos del suelo que den una respuesta temprana a los cambios de manejo agrícola, y que puedan ser utilizados junto con otros indicadores, para establecer un valor económico a las prestaciones ecosistémicas del suelo en el manejo agrícola. Es decir, aquellos tratamientos o rotaciones que mejoren la calidad físicas y bioquímicas del suelo podrán ser reconocidos como manejos conservacionistas, que promueven la productividad sobre la base de la salud del suelo.



El objetivo de este trabajo es entonces, caracterizar mediante análisis de lípidos manejos agrícolas bajo siembra directa con distinta intensidad de rotación o diversidad de cultivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó en 3 establecimientos agrícolas en la zona de Pergamino (campos Las Matreras, La Matilde y San Nicolás).

En cada establecimiento se practicaban 4 tipos diferentes de rotaciones agrícolas junto con una pastura (mezcla de gramíneas y leguminosas) tomada con tratamiento de referencia. Todos los tratamientos agrícolas fueron bajo siembra directa. Para cada tratamiento, se obtuvieron 5 réplicas, tomando puntos georreferenciados con barrenos formando una muestra compuesta (20-30 piques) de suelo en la profundidad 0-5 cm (Mayo y Diciembre de 2016). Las rotaciones se caracterizaron por un índice de intensidad de rotación (IIR) que indica la diversificación de cultivos a lo largo de las campañas agrícolas. Según el IIR creciente, se tienen las llamadas rotaciones típicas (de baja diversificación), las rotaciones intermedias y las rotaciones de alta diversificación, con incorporación de leguminosas o de gramíneas (tabla 1).

Las rotaciones típicas son rotaciones maíz-soja con trigo en algunos inviernos. Las rotaciones altas incluyen leguminosas como arveja o vicia, o gramíneas como sorgo o cebada.

Las muestras obtenidas fueron almacenadas y transportadas en conservadoras hasta su llegada al laboratorio, donde fueron liofilizadas y molidas bajo nitrógeno líquido, y procesadas según el protocolo MIDI (Sasser, 1990), técnica descrita en Ferrari *et al.* (2014) y consistente en cuatro etapas: saponificación directa, metilación, extracción de los esteres metílicos de ácidos grasos (FAMEs, en inglés) y lavado alcalino. Los FAMEs fueron analizados por cromatografía gaseosa utilizando el protocolo de identificación MIDI.

Los tratamientos agrícolas fueron comparados mediante el método multivariado de Análisis Discriminante (AD), utilizando el software InfoStat.

Tabla 1. Descripción de las rotaciones agrícolas empleadas en los distintos campos del proyecto Chacra Pergamino

| Campo | Rotación | nomenclatura | IIR ^a | % gram ^b |
|--------------|-------------------------|----------------------|------------------|---------------------|
| Las Matreras | Pastura | Pastura | 1,00 | 50 |
| | Trigo/soja-maíz-soja | Típica | 0,43 | 50 |
| | Maíz-trigo/soja | Intermedia | 0,43 | 66,67 |
| | Arveja/soja-trigo/maíz | Alta con leguminosas | 0,54 | 50 |
| | Sorgo-trigo/maíz | Alta con gramíneas | 0,50 | 100 |
| San Nicolás | Pastura | Pastura | 1,00 | 50 |
| | Trigo/soja-maíz-soja | Típica | 0,43 | 50 |
| | Arveja/maíz-trigo/soja | Intermedia | 0,87 | 50 |
| | Trigo/soja-vicia/maíz | Alta con leguminosas | 0,71 | 50 |
| | Cebada/sorgo-trigo/maíz | Alta con gramíneas | 0,66 | 100 |
| La Matilde | Pastura | Pastura | 1,00 | 50 |
| | Arveja/maíz-sorgo | Típica | 0,51 | 66,67 |
| | Arveja/maíz-trigo/soja | Intermedia | 0,68 | 50 |
| | Trigo/sorgo-vicia/maíz | Alta con leguminosas | 0,68 | 75 |
| | Trigo/soja-vicia/maíz | Alta con gramíneas | 0,69 | 75 |

a: índice de Intensificación de Rotaciones (tiempo entre emergencia y madurez fisiológica)

b:: porcentaje de gramíneas en la rotación

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Muestreo de Mayo

En los tres sitios, la pastura se separó nítidamente de los otros tratamientos agrícolas (figura 1), con una alta asociación con ácidos grasos de cadena lineal, como 16:0 y 18:0. Solo en La Matilde se observó una clara separación de los 5 tratamientos. En San Nicolás solo se separaron la rotación alta con gramíneas y la pastura, las otras rotaciones no se separaron.

La rotación alta con leguminosas estuvo asociada, tanto en San Nicolás como en La Matilde, con el ácido graso *16:1w5c*, un indicador taxonómico de micorrizas arbusculares (Ferrari et al, 2014). En esos dos sitios, la rotación típica se asoció al ácido graso *18:1w9c*, que algunos autores relacionan con hongos saprófitos o patógenos (Brennan & Acosta Martinez, 2017).

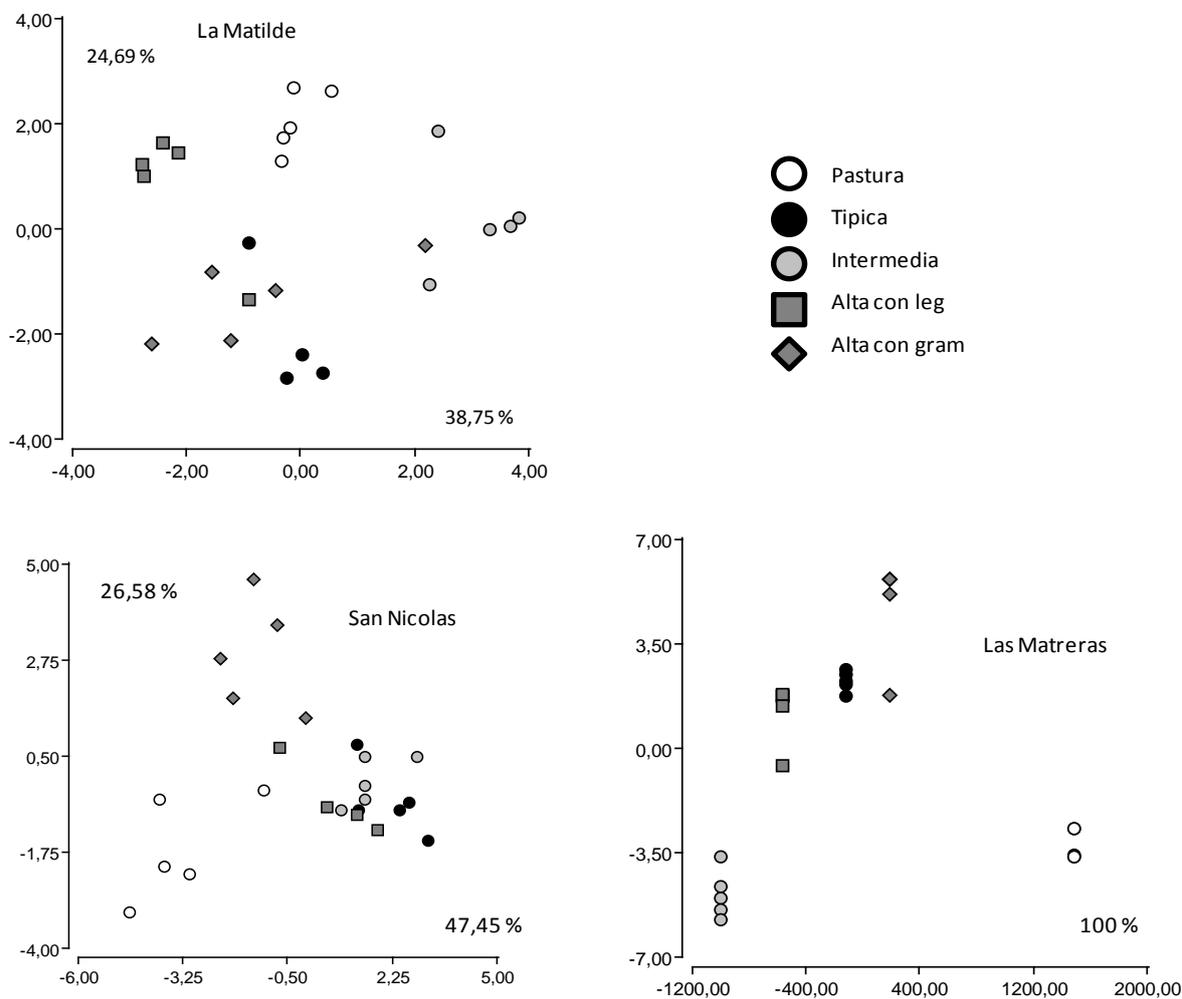


Figura 1. Análisis discriminante para 5 tratamientos agrícolas en los campos La Matilde, San Nicolás y Las Matreras, en el muestreo de Mayo

En Las Matreras se dio una gran separación a los largo del eje 1 (100 % de la varianza explicada en el primer eje discriminante), con altísimos valores de carga para ese eje. Esta situación se debió a valores de carga anormalmente elevados para la pastura y la rotación alta con gramíneas. Recién cuando se eliminaron del análisis estos dos tratamientos, las demás rotaciones se separaron bien (figura 2). En ese caso, la rotación alta con leguminosas estuvo asociada, al igual que en los otros sitios, con el indicador de micorrizas arbusculares (*16:1w5c*) y la rotación típica con el marcador de hongos (*18:1w9c*).

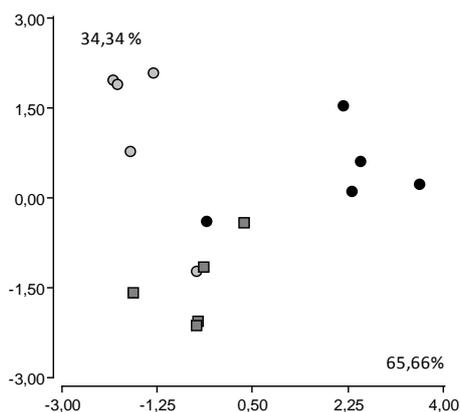


Figura 2. Analisis dicriminante de Las Matreras (muestreo de Mayo), cuando se excluyen los tratamientos Pastura y Rotacion alta con gramíneas

Muestreo de Diciembre

En La Matilde y San Nicolás, la pastura se separó muy bien de los demás tratamientos (figura 3) por el eje 1 (más del 70% de varianza explicada por el primer eje discriminante); en cambio en Las Matreras, el tratamiento que se separó fue la rotación típica. Las rotaciones altas se separaron según el segundo eje discriminante, en los 3 sitios, pero en San Nicolás, la rotación alta con leguminosas no se separó de la rotación intermedia. El marcador de micorrizas (*16:1w5c*) se asoció a la pastura en los tres sitios, pero también a la rotación alta con gramíneas.

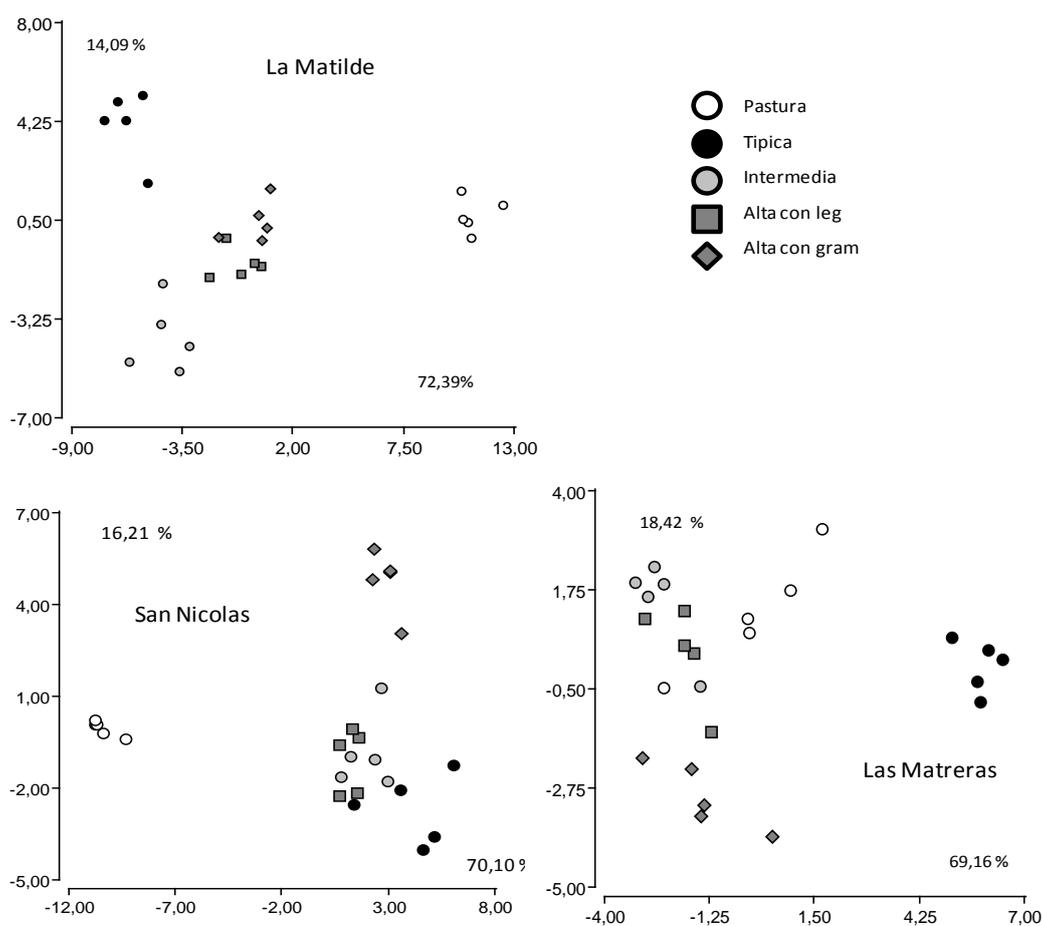


Figura 3. Análisis discriminante para 5 tratamientos agrícolas en los campos La Matilde, San Nicolás y Las Matreras, en el muestreo de Diciembre



De todos modos, las diferencias entre rotaciones en Diciembre fueron enmascaradas por los altos valores de lípidos en la pastura, especialmente en La Matilde y en San Nicolás.

La rotación típica tuvo valores significativamente más alto de lípidos totales en La Matilde y en Las Matreras, y significativamente más bajos en San Nicolás.

CONCLUSIONES:

- El método multivariado de Análisis Discriminante resultó efectivo para separar tratamientos agrícolas muy similares entre sí, consistentes en rotaciones maíz-soja bajo siembra directa, donde las diferencias entre tratamientos fueron muy sutiles.
- Las pasturas se separaron de los demás tratamientos agrícolas en todos los sitios y en las dos estaciones de muestreo.
- Las rotaciones de alta diversificación, con gramíneas o leguminosas, se parecieron mas a la pastura que a las demás rotaciones según el perfil de lípidos, con una importante asociación con lípidos marcadores de micorrizas arbusculares
- La rotación típica tuvo alta concentración de lípidos totales solo en Las Matreras, en el muestreo de diciembre

BIBLIOGRAFIA:

- Brennan E.B. & V Acosta Martinez. 2017. Cover cropping frequency is the main driver of soil microbial changes during six years of organic vegetable production. *Soil Biol Biochem*, 109, 188-204.
- Derpsch, R.; T Friedrich; A Kassam, A. & H Li. 2010. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *Int J Agric & Biol Eng*, 3, 1-25.
- Ferrari A.E; S. Ravnkov; J. Larsen; T. Tønnersen; R. Maronna & L.G. Wall. 2014. Crop rotation and seasonal effects on fatty acid profiles of neutral and phospholipids extracted from no-till agricultural soils. *Soil Use Manage* 31, issue 1, 165-175.
- Figuerola, E.L.M.; LD Guerrero; SM Rosa; L Simonetti; ME Duval; JA Galantini; JC Bedano; LG Wall & L Erijman, L. 2012. Bacterial indicator of agricultural management for soil under no-till crop production. *PLoS ONE*, 7, e51075.
- Meriles, J. M.; S Vargas Gil; C Conforto; G Figoni.; E Lovera; G March, & CA Guzman. 2009. Soil microbial communities under different soybean cropping systems: Characterization of microbial population dynamics, soil microbial activity, microbial biomass and fatty acid profiles. *Soil Till Res*, 103, 271-281.
- Rodrigues, J.L.M.; VH Pellizari; R Mueller; K Baek.; E da C. Jesus; FS Paula; B Mirza; GS Hamaoui.; SM Tsai; BFeigl.; JM Tiedje; BJM Bohannan, & K N ssein, 2013. Conversion of the Amazon rainforest to agriculture results in biotic homogenization of soil bacterial communities. *Proc Nat Ac Cs*, 110, 988-993
- Sasser, M. 1990. Identification of bacteria through fatty acid analysis. In: Clement Z., Rudolph K. and Sands D.C. (Eds) *Methods in Phytobacteriology*. Akadémiai Kiadó, Budapest, pp 199-204.
- Zelles, L. 1999. Fatty acid pattern of phospholipids and lipopolysaccharides in the characterization of microbial communities in soil: a review. *Biol Fert Soils*, 29, 111-129



C2P14. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE *EISENIA ANDREI* COMO INDICADOR BIOLÓGICO DE UN SUELO AGRÍCOLA TRATADO CON HERBICIDAS

Ferremi, Analia; Hergenrether, Pablo e Introcaso, Rafael.

Universidad Nacional de Luján. Ruta 5 y 7, Lujan. Código postal 6700.
anaferremi@yahoo.com.ar

RESUMEN

El impacto de los herbicidas sobre el suelo puede ser evaluado a través de la utilización de algunos bioindicadores como la técnica de Lamina Cebo. Esta técnica mide la Actividad Alimenticia de lombrices de tierra mediante el uso de tiras de PVC con orificios rellenos de un sustrato enriquecido que se entierran en el suelo. El objetivo del trabajo es evaluar el comportamiento de la lombriz de tierra *Eisenia andrei* frente a los herbicidas usados. Después de exponer las lombrices al suelo pulverizado con distintas combinaciones de herbicidas se mide la Actividad Alimenticia de las mismas. Las pulverizaciones se realizan en parcelas a campo, en bandejas con tierra y en bandejas con arena, las cuales se pulverizan con una mezcla de herbicidas, los 4 tratamientos son: Testigo, Glifosato, Glifosato + Atrazina+ 2,4 D, Glifosato + metsulfuron. Después de las aplicaciones se evaluó la Actividad Alimenticia poniendo las muestras en vasos plásticos junto con 6 lombrices de tierra y 4 láminas con cebo, así luego de 2 días de armados el ensayo se hace el recuento de cebo consumido, y por último se calcula el porcentaje de Actividad Alimenticia. La menor Actividad Alimenticia se registró en los tratamientos con Glifosato proveniente de la segunda pulverización de las parcelas con un 33,52% y de las bandejas con suelo pulverizadas con Glifosato con 21,37 y 35,37 %, para muestras recolectadas al día siguiente y a los 15 días de la pulverización respectivamente, no siendo sensible ni claro para diferenciar las diferentes combinaciones de herbicidas.

Palabras Claves: Lamina cebo, Lombriz de tierra.

INTRODUCCION

La agricultura es en la actualidad, la actividad antropogénica que en forma directa o indirecta causa los mayores perjuicios al suelo, sin embargo, es la actividad con menores restricciones normativas (Ochoa, *et al.*, 2007). La actividad agrícola continua tiende a desmejorar el suelo y la aplicación repetida de plaguicidas puede traer efectos perjudiciales para el ecosistema y la salud humana (Alonzó Hernández, *et al.*, 2013).

En el proceso de intensificación productiva se registra una incorporación creciente de productos fitosanitarios, siendo los herbicidas los que ocupan la parte mayoritaria del volumen comercializado, y entre estos, el primer lugar es para el glifosato como el herbicida más utilizado (Camino, *et al.*, 2010).

El suelo es un sistema vivo, dinámico y no renovable, cuya condición y funcionamiento es clave para la conservación de los distintos ecosistemas y la producción de alimentos. El concepto de salud del suelo se entiende por su capacidad de funcionar como un sistema viviente dentro de los límites de un ecosistema, para sostener la salud vegetal y animal, la productividad, mantener y aumentar la calidad del agua y del aire, y sostener la salud y el hábitat humano (Doran & Parkin, 1994). No existe una sola medida biológica o físico-química para determinar el estado de salud de un suelo, así, en la actualidad se utilizan múltiples indicadores relacionados con las propiedades químicas o biológicas que responden rápidamente a cambios en el manejo o perturbaciones del sistema (Ochoa, *et al.*, 2007).

La evaluación de la sustentabilidad es una tarea compleja que puede llevarse adelante a través del desarrollo de indicadores. Los bioindicadores simplifican lo que probablemente sucedería en la naturaleza y se centran particularmente en organismos que tengan sensibilidad a distintos impactos o cambios (Paoletti, 1999).

La actividad alimenticia es una forma opcional de medir la actividad biológica edáfica propuesta por Von Torne (1990). En dicha metodología se evalúa la Actividad Alimenticia de la fauna mediante la utilización de tiras de PVC con perforaciones rellenas de un cebo alimenticio (test de lámina-cebo). Los bioensayos con lombrices son ampliamente reconocidos como prueba para evaluar la toxicidad de suelos contaminados. Los ensayos *in vivo* utilizan un organismo vivo, que actúa de especie centinela, y ofrecen una evaluación más fiable de toxicidad, ya que son más representativos de las condiciones naturales del suelo (Thompson-Ambriz, *et al.*, 2008).

Esta investigación fortalecerá la información disponible acerca del comportamiento de los herbicidas en el suelo. Por ello, el objetivo de este trabajo es evaluar el comportamiento como indicador biológico de la lombriz de tierra *Eisenia andrei* a partir de la respuesta respecto de su actividad alimenticia en un suelo agrícola pulverizado con distintos herbicidas. Tratando de reducir la complejidad de las variables en juego, los tratamientos propuestos integran una primera etapa a campo y una segunda *in-vivo*, en condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron dentro del campo experimental de la Universidad de Luján, ubicado a los 34°35' de latitud sur y 59°03' de longitud oeste, en el partido de Luján, provincia de Buenos Aires, en la región natural de la Pampa ondulada dentro de la Región pampeana. El relieve es ondulado con pendientes generales del 2 % y el patrón de drenaje es definido con presencia de arroyos y cursos de agua. Predominan suelos tipo Argiúoles típicos, profundos, bien drenados, neutros y desarrollados con secuencias de horizontes ("A", "B", "C") bien diferenciados.

Las muestras fueron recolectadas de un lote seleccionado donde se marcaron 12 parcelas de 2x2 m, para tener 3 réplicas por cada tratamiento, tenían una vegetación herbácea de gramíneas compuesta por especies como *Cynodon dactylon* (gramón), *Bromus catharticus* (cebadilla criolla), *Sorghum halepense* (sorgo de alepo), y *Festuca arundinacea* (festuca), mientras que el *Trifolium repens* (trébol blanco) era la latifoliada más abundante, la cual fue cortada a 5 cm de altura.

Se midió Actividad Alimenticia empleando el sistema de lámina-cebo propuesto por Von Torne (1990) utilizando tiras de PVC con perforaciones rellenas de un cebo alimenticio. Las láminas son de 1 mm de espesor, 1 cm de ancho por 13 cm de alto, con perforaciones de 1 mm de diámetro cada 5 mm desde la base y un total de 16 orificios (Figura 1). Cada orificio se rellenó con una mezcla húmeda de celulosa, salvado de trigo y carbón activado vegetal (6,9:3:0,1).

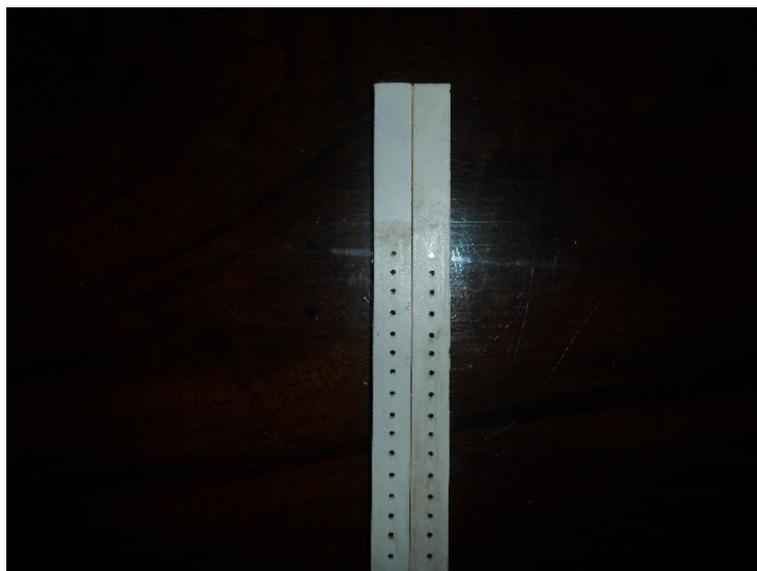


Figura 1: Detalle de lámina cebo.

Las muestras de suelo se acondicionaron mediante los siguientes pasos: Desmenuzado y secado en ambiente ventilado, tamizado por tamiz de 2 mm de malla, defaunado mediante colocación en freezer por 48 hs a -18 °C. y ventilado a temperatura ambiente durante un día. Se distribuyó cada muestra en 4 vasos plásticos (400 Gr) y se corrigió la humedad al 60%. Se agregaron 6 lombrices californianas adultas (*Eisenia andrei*) que fueron depuradas previamente. Al día siguiente se colocan 4 tiras de PVC con cebo y se dejan incubando a 24°C por dos días para luego recogerlas y hacer un recuento de cebos consumidos, obteniendo así el porcentaje de Actividad Alimenticia. (Helling, *et al.*, 1998)

Los tratamientos consisten en parcelas a campo y en laboratorio. A campo, las muestras fueron pulverizadas con una mezcla de herbicidas comunes en la implantación de cultivos de trigo y soja, más un testigo (Tabla 1).

Tabla 1: Combinaciones y dosis de herbicidas por tratamiento.

| | Tratamiento | N° Tratamiento | Dosis |
|-----------|-------------------------|----------------|-----------------|
| Control | Testigo | T 1 | - |
| Herbicida | Glifosato | T 2 | 3 L/ha |
| Herbicida | Glifosato-Atrazina-2,4D | T 3 | 3-2-1,2 L/ha |
| Herbicida | Glifosato-Metsulfuron | T 4 | 3 L/ha – 5gr/ha |

Las muestras se recolectaron a los 15 días de la aplicación, y se denominaron “1 aplicación a campo”, después se procedió a hacer una segunda aplicación para simular un proceso de acumulación, con las mismas dosis y en las mismas parcelas, cuyas muestras se denominaron “2 aplicación a campo”

Las parcelas en laboratorio consistieron en distribuir suelo del mismo lote en bandejas plásticas de 60 x 70 cm, también se acondicionó las muestras realizando el proceso de tamizado, defaunado y corrección de la humedad al 60 % para luego pulverizarlas con las mismas dosis. Al día siguiente y a los 15 días de la aplicación de los herbicidas se utilizó una parte de las muestras para incubar en los vasos plásticos junto con las lombrices y las tiras de PVC. Las muestras se denominaron “Actividad Alimenticia en bandeja al día siguiente de la aplicación” y “Actividad Alimenticia en bandeja a los 15 días de la aplicación” respectivamente.

De manera de evitar la influencia de coloides que adsorban los herbicidas, también se realizó la medición de la Actividad Alimenticia en bandejas de arena, previamente lavada para sacar impurezas. Se utilizaron bandejas plásticas de 60 x 70 cm, en donde se dispuso la arena y se realizó la pulverización para luego realizar la medición. Las muestras se denominaron “Actividad Alimenticia al día siguiente de la aplicación en bandeja de arena” y Actividad Alimenticia a los 15 días de la aplicación en bandeja de arena”.

Todas las variantes de medición de la Actividad Alimenticia se realizó con un diseño en bloques al azar, con tres bloques cada uno, cuatro muestras por cada bloque. Con los resultados de los ensayos, se realizó un análisis estadístico descriptivo, análisis de varianza y test de comparación de medias ANOVA utilizando el programa estadístico SPSS para Windows, versión 21 (en español).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 2 se expresan los resultados de la Actividad Alimenticia medida en las parcelas a campo con una y dos aplicaciones.

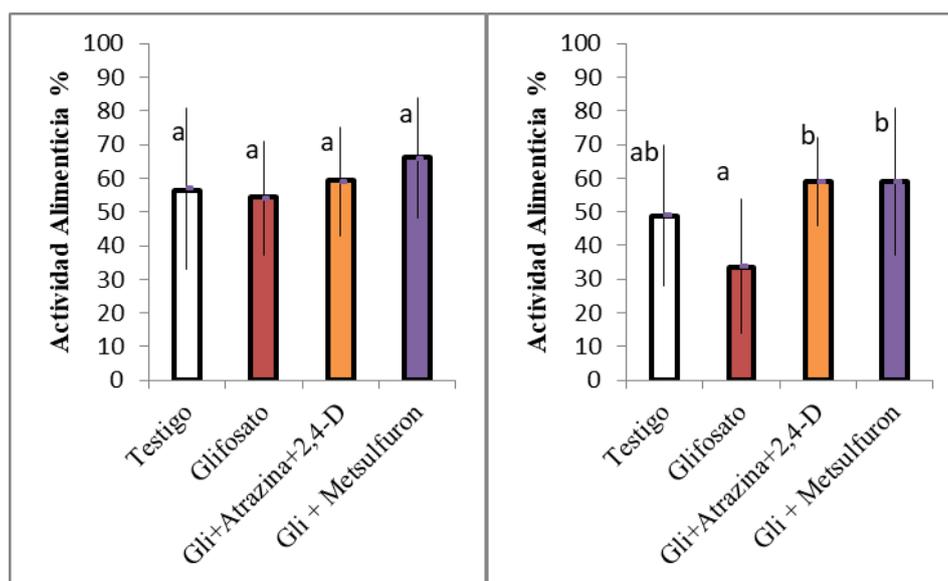


Figura 2. Actividad Alimenticia en parcelas a campo, 1 aplicación a campo (izquierda), y 2 aplicación a campo (derecha). Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$, Prueba de Tukey)

En la figura 3 se representa la actividad alimenticia medida en bandejas.

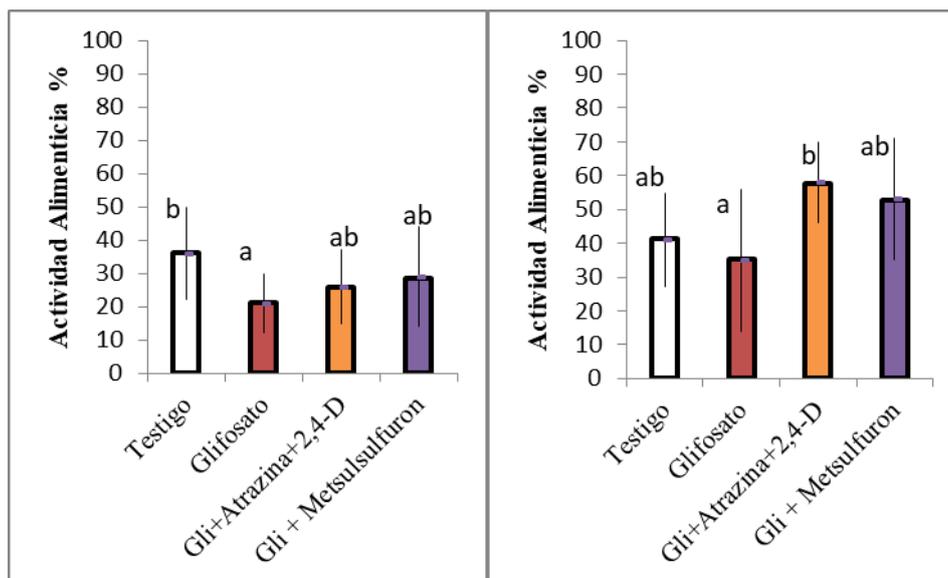


Figura 3. Actividad alimenticia en bandeja al día siguiente de la aplicación (izquierda), y Actividad Alimenticia en bandeja a los 15 días de la aplicación (derecha). Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$, Prueba de Tukey).

En la figura 4 se describen los resultados obtenidos en bandejas de arena.

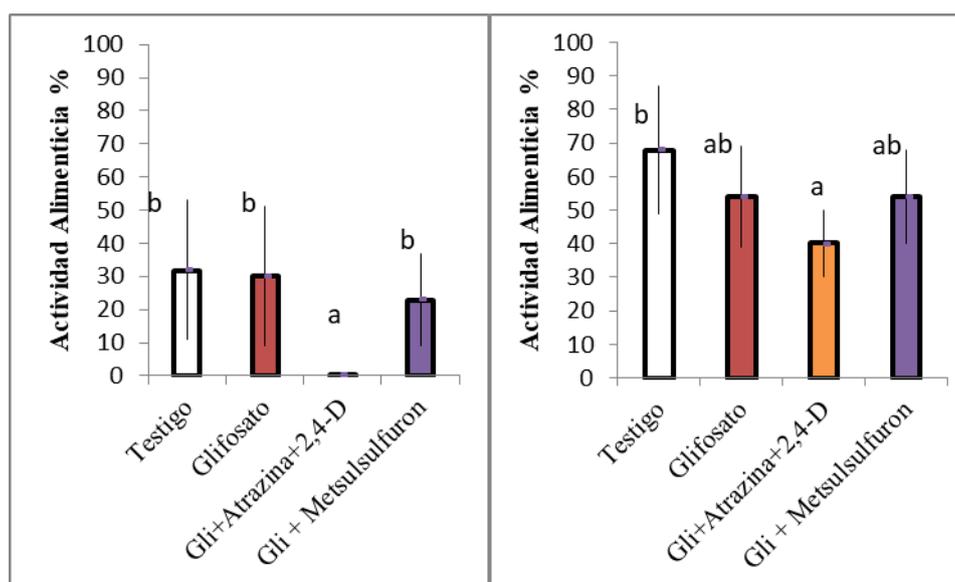


Figura 4. Actividad Alimenticia al día siguiente de la aplicación en bandejas de arena (izquierda) y Actividad Alimenticia a los 15 días de aplicación en bandeja de arena (derecha). Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$, Prueba de Tukey).

En cuanto a la evaluación de los herbicidas a campo se puede observar que con una sola aplicación no ha sido posible observar diferencias significativamente estadísticas entre los tratamientos y el suelo Testigo sin herbicidas. Sin embargo cuando se realizó una segunda aplicación con 15 días entre ambas si se observaron diferencias entre las muestras pulverizadas y el Testigo sin aplicación de herbicidas. Al hacer dos aplicaciones se intenta simular lo que ocurriría en el tiempo, en un lote de producción agrícola con aplicaciones consecutivas en un corto plazo y con los mismos productos químicos.

Al aplicar los herbicidas en condiciones controladas distribuyendo el suelo sobre bandejas se intenta observar si los resultados son similares a los obtenidos cuando los químicos son aplicados a campo. En esta situación se puede decir que cuando la prueba es realizada al día siguiente de la aplicación se ve una disminución en la Actividad Alimenticia de los tres tratamientos con herbicidas, con respecto al testigo. En contraste a esto al observar los resultados arrojados



cuando las lombrices son expuestas a los 15 días de la aplicación, solo el tratamiento con glifosato dio una disminución en la actividad de las lombrices respecto al Testigo sin tratar, en cambio los dos tratamientos con las combinaciones de herbicidas dieron una mayor actividad con respecto al Testigo.

En este sentido, el glifosato ha sido fabricado para ser aplicado directamente a las hojas de las plantas, aunque el glifosato no se aplica directamente a los suelos, una concentración significativa del compuesto puede llegar al suelo (Haney, R.L., *et al.* 1999) formando complejos, adsorbiéndose en partículas de agua o suelo, biodegradándose por microorganismos. Hay suelos que no pueden retener al glifosato el tiempo suficiente como para que haya degradación microbiana, y en esos casos el herbicida es muy móvil. Este glifosato liberado puede penetrar en los niveles más bajos del suelo.

Para entender la relación entre el glifosato liberado y su movilidad en el suelo, es necesario tener en cuenta el tipo de suelos y los elementos presentes en él capaces de formar complejos con el glifosato (CONICET, 2009). Esto parecería explicar la disminución en la Actividad Alimenticia que sufrió la lombriz *Eisenia andrei* al ser expuesta al suelo agrícola pulverizado con el herbicida Glifosato. Pero al buscar respuestas en cuanto a que los dos tratamientos donde se combinaron dos o tres herbicidas, entre ellos también se incluía al glifosato, los resultados de la Actividad Alimenticia se diferenciaron del tratamiento con ese herbicida aplicado solo. Todos los herbicidas suelo-activos una vez en el suelo quedan retenidos (adsorbidos) por los coloides del suelo: arcilla y materia orgánica. El Metsulfuron-metil tiene dos vías de degradación, la principal es la hidrólisis ácida y la segunda la degradación microbiana que se incrementa cuando mayor es el contenido de materia orgánica del suelo (Sahid & Quirinus, 1997). El herbicida al entrar en contacto con el suelo se fracciona y pasa a las fases sólida, líquida y gaseosa. El grado de adsorción sobre las partículas de suelo depende de su textura, el tipo de arcilla, el contenido de materia orgánica y la humedad del suelo. Las arcillas tienen grandes áreas de superficie y alta capacidad para adsorber los herbicidas. La materia orgánica es regularmente el factor más importante que determina la adsorción. De esta forma, algunos tipos de herbicidas, como las triazinas, no están disponibles a las plantas en suelos con un alto contenido de materia orgánica. (FAO, 1996).

Al aplicar los herbicidas sobre arena se pudo observar una disminución en la Actividad Alimenticia de las lombrices con respecto al tratamiento Testigo, pero solo el tratamiento con la combinación de glifosato + atrazina + 2,4-D se diferenció significativamente del resto, tanto a un día como a los 15 días de la aplicación. La arena es en su mayor parte cuarzo, y no puede adsorber las partículas de herbicidas como un coloide. La falta de adsorción de los herbicidas a la arena los dejaría libres entre las partículas y así afectarían directamente a las lombrices que circulan por el recipiente, viéndose afectada a su vez su capacidad para alimentarse. Esto a su vez podría pensarse como algo que se vería en suelos con alto contenido de arena. Los suelos arenosos tienen partículas relativamente grandes con un área superficial pequeña para la adsorción. (FAO, 1996)

Entonces la estructura física y química de los suelos tienen una fuerte influencia, pudiendo ser responsables de las diferencias encontradas. Así lo manifiesta Piola, L. *et al.* 2009, al evaluar los efectos del insecticida Chlorpirifos en la Actividad Alimenticia de la lombriz *Eisenia andrei* cuando encuentro resultados contrastantes entre un suelo franco-limoso empleado para su ensayo y un suelo limo-arcilloso donde realizo el mismo ensayo Casafe *et al.*, 2007.

CONCLUSIONES

Este bioindicador o test de lámina – cebo no explica con claridad el comportamiento contrastante que muestra la Actividad Alimenticia de *Eisenia andrei* entre el suelo pulverizado con Glifosato solo y Glifosato + Atrazina + 2,4-D o Glifosato + Metsulfurón.

La fortaleza de este bioindicador es la detección de leves cambios en el comportamiento de las lombrices *Eisenia andrei*, por ello esta técnica podría ser útil para el monitoreo de la persistencia de los Agroquímicos que se emplean en el sistema productivo, siempre y cuando se cuente con muestras del mismo suelo sin contaminar.

Las diferencias encontradas al realizar las aplicaciones tanto sobre arena como sobre suelo agrícola, nos lleva a pensar que los herbicidas pueden tener distintos efectos y las lombrices distintos comportamientos según la textura del suelo.



BIBLIOGRAFÍA

- Alonzó Hernández, LD & SJ Chicas Quintanilla. 2013. “Determinación de la concentración letal 50 (CL50) de dos plaguicidas sintéticos utilizando *Eisenia foetida* S. (lombriz de tierra roja californiana) en el cultivo de *Cucumis sativus* L. (pepino) en el distrito de riego del Valle de Zapotitan, La Libertad”. La Libertad. Licenciatura thesis. Universidad de El Salvador. El Salvador.
- Camino, M & V Aparicio (Eds). 2010. “Aspectos Ambientales del Uso de Glifosato”. Ediciones INTA. Balcarce. pp17-144.
- Casabé, N; L Piola; J Fuchs; ML Oneto; L Pamparato; S Basack; R Giménez; R Massaro; JC Papa & Y Kesten. 2007. “Ecotoxicological assessment of the effects of glyphosate and chlorpyrifos in an Argentine soya field”. *J Soils Sediments* 7: 232-239.
- CONICET. 2009. “Evaluación de la información científica vinculada al glifosato en su incidencia sobre la salud humana y el ambiente”. Comisión Nacional de Investigación Sobre Agroquímicos. Decreto 21/2009.
- Doran, JW & BT Parkin. 1994. “Defining Soil Quality for a Sustainable Environment”. SSSA, Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, USA.
- FAO. 1996. “ESTUDIO FAO PRODUCCION Y PROTECCION VEGETAL 120”. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- Haney, R.L; SA Senseman; FM Hons & DA Zuberer. 1999. “Effect of glyphosate on soil microbial activity”. *Proc-S-Weed-Sci-Soc.* 52: 215.
- Helling, B; G Pfeiff & O Larink. 1998. “A comparison of feeding activity of collembolan and enchytraeid in laboratory studies using the bait-lamina test”. *Appl. Soil Ecol.*, 7:207-212.
- Ochoa, V; B Hinojosa; B Gómez-Muñoz & R García-Ruiz. 2007. “Actividades enzimáticas como indicadores de calidad del suelo en agroecosistemas ecológicos”. *Ini Inv*, 2: r1
- Paoletti, MG. 1999. “Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability”. *Agric Ecosyst Environ.* v.74, pp.1-18.
- Piola, L; J Fuchs; ML Oneto; S Basack; R Giménez; R Massaro; JC Papa; E Kesten & N Casabé. 2009. “Biomarcadores para la evaluación de los efectos de clorpirifos en las lombrices de tierra y en los parámetros funcionales del suelo”. *Pesq Agrop. Bras.*, 44: 874-880.
- Sahid, IB & L Quirinus. 1997. “Activity and mobility of metsulfuron-methyl in soils Department of Botany”, Faculty of Life Sciences, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM, Bangi, Malaysia. *Plant Protect Sci.* 12:125-127.
- Thompson-Ambriz, J; C Justo-Reinoso; P González-Sandoval; M Cabrera-Ventura & JL Zavala Aguirre. (2008). “Evaluación de la supervivencia y crecimiento de *Eisenia fetida* (Annelida, Lumbricidae) en suelo artificial”. U. d. Guadalajara, Ed. Recuperado el 15 de diciembre de 2017, de <http://genesis.uag.mx/escholarum/vol13/evaluacion.html>
- Von Törne, E. 1990. “Assessing feeding activities of soil-living animals: Bait-lamina tests”. *Pedobiologia* 34, 89–10



C2P15. CANGREJALES DEL PARQUE NACIONAL CAMPOS DEL TUYÚ. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DEL SUELO

Ferreri, Natalia. A.; Abarca, Camila. L.; Troncozo, María. I.; Larrieu, Luciano.; Millán, Guillermo.; Merani, Victor. H.; Cabello, Marta. N. y Elíades, Lorena. A.

Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. Calle 53 # 477. La Plata. Argentina.

nati_f@live.com.ar

RESUMEN

Para la determinación de la calidad del suelo se utilizan diferentes parámetros de naturaleza física, fisicoquímica, microbiológica y bioquímica. Las enzimas son responsables de la formación de moléculas orgánicas y participan en el ciclo del nitrógeno, fósforo y carbono. La determinación de las actividades enzimáticas del suelo ha sido utilizada como biomarcadores de calidad y sustentabilidad del suelo. El objetivo del trabajo fue realizar la caracterización fisicoquímica y enzimática de cangrejales del Parque Nacional Campos del Tuyú. Para ello, se seleccionaron tres sitios de muestreo, a partir de los cuales se tomaron aleatoriamente cinco muestras superficiales. Se determinaron diferentes parámetros fisicoquímicos y las actividades fosfatasa, deshidrogenasa y ureasa. Entre los sitios no se encontraron diferencias en los siguientes parámetros: pH (8,0-8,3), materia orgánica (1,9-2,4 %; M.O), carbono orgánico (1,1-1,4%; C.O), Fósforo total (542-583 ppm; PT), Potasio (0,5-0,8 meq l⁻¹) y conductividad eléctrica (30,2-73,5 dS/m). Los valores obtenidos de Sodio (501-1088 meq l⁻¹), Nitrógeno total (0,11-0,14%; NT) y RAS (46,8-80) mostraron diferencias entre los sitios. La actividad fosfatasa, ureasa y deshidrogenasa presentaron los siguientes rangos de valores 29,5- 48,8 µg PNP.g⁻¹.h⁻¹, 2,2- 4,2µg NH₄⁺ g⁻¹ h⁻¹ y 37,4- 41,5 µg TPF.g⁻¹ h⁻¹, respectivamente. Los resultados obtenidos de pH, C.E. y RAS indican que los suelos son fuertemente alcalinos, con una elevada salinidad y fuertemente sódicos, estos suelos se clasifican como salinos sódicos. Las actividades enzimáticas fosfatasas y deshidrogenasas no mostraron diferencias significativas (p<0,05) entre los sitios de estudio pero si existen diferencias entre los sitios para actividad ureasa, tampoco se observó una correlación significativa entre las actividades enzimáticas y los parámetros del suelo estudiado. La mayoría de los microorganismos prosperan en pH neutros (6-7) debido a la alta disponibilidad de nutrientes, en los suelos de los cangrejales los nutrientes se encuentran en bajas cantidades, sumado al pH altamente alcalino la disponibilidad de estos es limitante para la flora y microbiota no adaptada, lo que se refleja en una muy baja biodiversidad. La salinidad ejerce un proceso adverso sobre la biota y sobre sus procesos biológicos, existen organismos del suelo, hongos y bacterias capaces de crecer en condiciones de alcalinidad, su acción descomponedora es esencial para los ciclos biogeoquímicos en este tipo de suelo. La alta presencia de las diferentes enzimas estudiadas y la baja correlación de estas con los nutrientes evaluados permitiría inferir que la microbiota de este tipo de sitio, metaboliza los nutrientes de forma diferente a la evaluada en suelos agrícolas por lo tanto se recomienda seguir estudiando este tipo de organismos y sus procesos metabólicos.

Palabras clave: nutrientes, microorganismos, enzimas



C2P16. ANALISIS METAGENÓMICO DE SUELOS CON DIFERENTE INTENSIFICACIÓN Y DIVERSIFICACIÓN DE LA ROTACIÓN DE CULTIVOS

Figuerola, E.¹; Frene, J.P.²; Erijman, L.¹ y Wall L.G.²

¹ INGEBI-CONICET, Ciudad Autónoma de Buenos Aires

² Laboratorio de Biología de Suelos – Universidad Nacional de Quilmes – Roque Sáenz Peña 352 – Bernal – Buenos Aires
evafiguerola@gmail.com

RESUMEN

Las técnicas moleculares de secuenciación masiva sobre el ADN del suelo han revelado la complejidad de la microbiología del suelo. La estructura microbiana de los suelos, responsable de la transformación de la materia, está determinada principalmente por las características físicas y químicas de los suelos y se modifica drásticamente de acuerdo al uso del suelo. En el caso de los suelos agrícolas nosotros hemos podido determinar el efecto de homogenización de la diversidad bacteriana a nivel regional producido por el monocultivo en comparación con la práctica de rotación de cultivos. También fuimos capaces de detectar especies bacterianas que aparecen como potenciales marcadores de diferentes prácticas agrícolas independientemente del tipo de suelo y de su textura. Desde 2015 trabajamos en colaboración con productores de la Regional Pergamino-Colón de AAPRESID que han implementado ensayos para evaluar el efecto de la Diversificación e intensificación de los cultivos sobre la productividad del sistema y la calidad y salud del suelo. Los ensayos constan de cinco tratamientos con una historia previa común de su uso agrícola, y se diferencian por su Índice de Intensidad de Rotación (IIR, calculado como días del año con cultivos, desde emergencia a madurez fisiológica, sobre 365 días) y su porcentaje de gramíneas / leguminosas. Por ejemplo: Trigo/Soja – Maíz – Soja (IIR: 0,47); Trigo/Soja - Vicia/Maíz (IIR: 0,71); Arveja/Maíz – Trigo/Soja (IIR:0,87); Cebada/Sorgo – Trigo/Maíz (IIR 0,66) y Pastura consociada (IIR:1,00). De cada uno de los establecimientos (3), y tratamientos (5) se tomaron 5 submuestras distribuidas aleatoriamente dentro de cada rotación. A partir del ADN extraído de las muestras de suelo se realizaron las amplificaciones del gen 16S de las bacterias del suelo y se analizaron por técnica de secuenciación masiva, obteniendo del orden de 8000 secuencias. Un primer análisis multivariado de los datos agrupa las submuestras en función del sitio geográfico. Dentro de cada sitio, las comunidades bacterianas permiten agrupar las submuestras por tratamiento. Cuando se analizan los niveles de diversidad de las comunidades bacterianas se encuentra que la diversidad α (riqueza y abundancia) es similar entre todos los tratamientos. En cambio, el análisis de la diversidad espacial o diversidad β , muestra que esta diversidad aumenta con el valor de IIR. Finalmente, la aplicación de un análisis que busca la existencia de especies (OTUs) de bacterias características para cada tratamiento o rotación revela la existencia de varios candidatos en cada sitio. Los resultados en su conjunto muestran que las variaciones de las intensidades de rotaciones de cultivos modifican en poco tiempo (cuatro años) la deriva de las estructuras de las comunidades bacterianas de los mismos y por ende su función. La continuación de estos estudios en el tiempo permitirá comprender mejor el funcionamiento microbiológico de los suelos y el valor de ello.

Palabras clave: ADN de Suelo, Diversidad Bacteriana, Metagenómica



C2P17. MODIFICACIÓN DEL MÉTODO TRADICIONAL DE EXTRACCIÓN DE NEMATODOS FLOTACIÓN-CENTRIFUGACIÓN

García, Ramiro. J.¹; Comezaña, María. M.² y Rodríguez, Roberto. A.¹

¹Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur. San Andrés 800. Bahía Blanca. ²Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires.

ramiro.garcia@uns.edu.ar

RESUMEN

Los nematodos son un grupo diverso de animales vermiformes (apariencia de gusano), que se encuentran potencialmente en todos los ambientes, tanto como parásitos como organismos de vida libre. Estos fitoparásitos son semejantes a hilos con un tamaño que oscila entre 0,25 mm a > 1,0 mm de longitud, si bien algunos alcanzan hasta 4,0 mm. El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficacia en la extracción de nematodos utilizando el método tradicional de extracción (FC) y su alternativa modificada (AC). Para la comparación de los métodos se utilizaron suelos con precedentes de cultivos hortícolas bajo cubierta, en zona de riego del valle de Rio Colorado, partido de Villarino, provincia de Buenos Aires. Las muestras de suelo fueron tomadas a 0-20 cm de profundidad en dos momentos diferentes (septiembre y enero) constituyendo ensayos individuales. Los resultados obtenidos reflejaron que no se encontraron diferencias significativas en la cantidad de nematodos obtenida con ambos métodos. Sin embargo, el método alternativo aumentó la variabilidad de los datos obtenidos. Por ello podemos concluir que la utilización del método AC sería una opción más viable desde el punto de vista práctico, siendo que no refleja significancia frente al método tradicional. Nuevos estudios son necesarios para conocer cuáles son los factores propios de la metodología o inherentes de los suelos que explicarían la variabilidad de los datos para el método AC.

Palabras clave: parásitos, suelo, practicidad

INTRODUCCIÓN

El aislamiento e identificación de nematodos fitoparásitos asociados con un decaimiento en la salud de las plantas y el rendimiento de los cultivos son elementos claves para el diagnóstico (Manzanilla López & Marbán Mendoza, 2012). Dado que es difícil o imposible observar a simple vista los nematodos en el campo, y a que los síntomas que producen son a menudo inespecíficos, el daño que ocasionan frecuentemente se atribuye a otras causas más evidentes. Los agricultores y los técnicos a menudo subestiman su efecto. Una apreciación general es que los nematodos parásitos de plantas reducen la producción agrícola en aproximadamente un 11% globalmente (Agrios, 2005), reduciendo la producción en millones de toneladas anualmente.

El nivel de daño que causan los nematodos depende de una amplia gama de factores tales como su densidad poblacional, la virulencia de las especies o aislados, y la resistencia (habilidad de la planta de reducir la población del nematodo) o tolerancia (habilidad de la planta de rendir una cosecha a pesar del ataque del nematodo) de la planta huésped. Otros factores que también contribuyen, aunque en menor medida, son el clima, disponibilidad de agua, condiciones edáficas, y la presencia de otras enfermedades y plagas. Para cuantificar el daño de estos parásitos en un cultivo resulta fundamental extraer los nematodos contenidos en las muestras de suelo y raíz, para proceder a su posterior recuento, determinación y estudio. Existen diversas metodologías para la extracción de nematodos: el método de centrifugación se utiliza principalmente para cuantificar nematodos de baja movilidad (Nombela & Bello, 1983). El método de flotación-centrifugación se divide en dos etapas, la primera de flotación-tamizado (Dalmasso, 1966 citado en Doucet, 1980) y la segunda de centrifugación derivada de la descrita por Caveness & Jensen (1955) (citado en Doucet, 1980). Una de las desventajas del método anteriormente citado, es el tiempo requerido para llevar a cabo la primera etapa (flotación-tamizado) junto con el volumen de suelo utilizado en cada determinación. Por lo tanto, en este trabajo proponemos modificaciones de la primera etapa para reducir los tiempos de extracción y volúmenes de suelo a utilizar. El objetivo de este trabajo fue evaluar comparativamente la eficacia de extracción de nematodos por el método modificado (AC) frente al tradicional (FC).

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de la metodología propuesta

En la Figura 1 se puede observar la descripción de la primera etapa del método de flotación-centrifugación (FC) y el método alternativo propuesto (AC), en el cual a la etapa de centrifugación la precede una de agitación. En el método FC para cada muestra se utiliza un volumen de suelo de 100 cm³, mientras que en el AC se utilizan réplicas de 10 cm³ cada una. En este último método, luego de la centrifugación, el contenido de las réplicas es vertido sobre los tamices obteniendo un único extracto por muestra. En general, el método propuesto tiene las ventajas de requerir menor cantidad de tiempo para el análisis de las muestras y menor volumen de suelo.

Para la comparación y evaluación del método FC con el AC se utilizaron muestras de suelo provenientes de dos fechas de muestreo (septiembre y enero). En cada fecha, se tomaron seis muestras compuestas (50 submuestras) a 0-20 cm de profundidad correspondientes a invernáculos del Partido de Villarino. Para la primera fecha, la cuantificación de nematodos para el método AC se utilizó un pool de dos replicas, analizando por muestra 20 cm³ de suelo. En la segunda fecha, se utilizó un pool de cuatro replicas, analizando por muestra 40 cm³ de suelo (Fig. 1)

Las muestras se homogeneizaron y se procedió a realizar la primera etapa de la extracción de nematodos por los dos métodos descriptos. Luego de esta etapa se realizó el proceso de centrifugación (Caveness & Jensen, 1955 citado en Doucet, 1980). Una vez obtenido los extractos se procedió al recuento de nematodos totales según lo descrito por Van Bezooijen (2006).

Para el análisis estadístico, dentro de cada muestreo, se realizó una prueba t de muestras apareadas bilateral. Además, para evaluar la relación entre los métodos, se efectuó un análisis de regresión lineal. Ambos análisis fueron realizados con el programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2013)

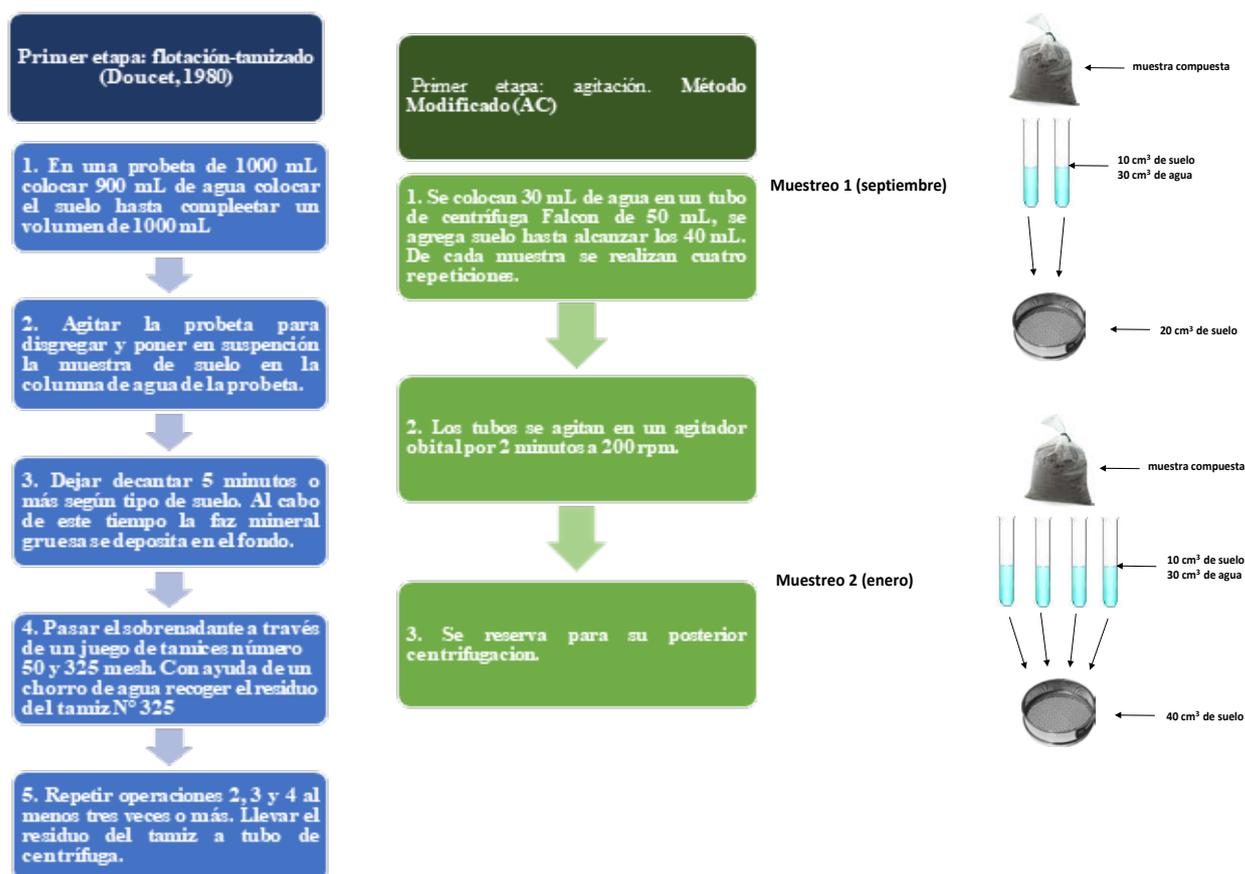


Figura 1: Comparación de la primera etapa del proceso de extracción de nematodos en suelo. FC (izquierda), AC (centro-derecha)



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En ambos ensayos no se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el número de nematodos totales extraídos entre los métodos estudiados (Tabla 1). El coeficiente de variación (CV), muestra la variación entre muestras dentro de un mismo método y muestreo. Si se compara el CV entre los métodos se observa que el comportamiento fue variable entre los muestreos. En el primer muestreo, el método AC presentó una menor variabilidad que el método FC, en cambio en el segundo muestreo AC mostró un mayor CV.

Tabla 1: Número promedio de nematodos extraídos por cada método.

| Ensayo | Método | N° de nematodos en 100 cm ³ de suelo | Coefficiente de variación (%) | p- valor |
|------------|--------|---|-------------------------------|----------|
| Muestro 1 | FC | 573 a | 141 | 0,64 |
| | AC | 714 a | 32 | |
| Muestreo 2 | FC | 1294 a | 43 | 0,76 |
| | AC | 1388 a | 72 | |

Letras distintas muestran diferencias significativas entre métodos, $p < 0,05$.

A pesar de que la repetibilidad de los resultados no se informó en este estudio, una forma útil de comparar la reproducibilidad entre dos métodos es utilizar el análisis de regresión, porque el coeficiente de determinación (R^2) es una medida de la reproducibilidad relativa (Pribyl, 2010). Sin embargo, cuando se analizaron las relaciones entre ambos muestreos para AC, no se hallaron relaciones significativas. Esto, en conjunto con el comportamiento del CV, permite inferir que la cantidad de suelo utilizado para la extracción (Figura 1), la época de muestreo u otros factores inherentes al suelo afectarían a la metodología propuesta, lo que sugiere un estudio más profundo de estas variables que pueden incidir en la extracción y posterior cuantificación de nematodos.

CONCLUSIONES

Los resultados preliminares sugieren que ambos métodos de extracción cuantifican similares contenidos de nematodos. Por lo tanto, el método propuesto sería una opción promisoriosa debido al menor tiempo de procesamiento. Este podría ser adecuado para su utilización rutinaria por parte de los laboratorios, porque es un procedimiento de corto plazo en comparación con el método tradicional.

Como trabajo a futuro sería necesario conocer cuáles son los factores propios de las metodologías o inherentes de los suelos que explicarían la dispersión de los datos analizados por las metodologías estudiadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Caveness, FE & HJ Jensen. 1955. Modification of the centrifugal-flotation technique for the isolation and concentration of nematodes and their eggs from soil and plant tissue. Proc. Helminthol. Soc. Wash. 22:87-89.
- Dalmaso, A. 1966. Méthode simple d'extraction des nématodes du sol. Rev. Ecol. Biol. Sol, 3, p. 473-478.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. 2013. InfoStat, versión 2013, Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba (Argentina).
- Doucet, ME. 1980. Técnicas Básicas en Nematología del Suelo. IDIA. p. 34-43.
- Manzanilla López, RH & N Marbán Mendoza. 2012. Practical Plant Nematology. Biblioteca Básica de Agricultura. Montecillo. México. p. 89-127.
- Nombela G. & A Bello. 1983. Modificaciones al método de extracción de nematodos fitoparásitos por centrifugación en azúcar. Boletín del Servicio de Plagas Forestales, v.9, p.183-189.
- Pribyl, DW. 2010. A critical review of the conventional SOC to SOM conversion factor. Geoderma 156(3): 75-83.
- Van Bezooijen, J. 2006. Methods and techniques for nematology. The Netherlands: Wageningen University. p. 64-67.



C2P18. RESPUESTA DE LA COMUNIDAD ALGAL AL IMPACTO DEL CASTOR

González Garraza, Gabriela^{1,2}; Moretto, Alicia S^{1,2}; Escobar, Julio¹ y Mansilla, Romina^{1,2}.

¹ Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC)- CONICET, Bernardo Houssay 200, Ushuaia, Tierra del Fuego

² Instituto de Ciencias Polares, Recursos Naturales y Ambiente (ICPA), Universidad Nacional de Tierra del Fuego (UNTF), Av. Los Ñires 2382, Ushuaia, Tierra del Fuego.

aleirbag374@gmail.com, ggonzalez@untdf.edu.ar

RESUMEN

El *Castor canadensis* es un roedor originario de Estados Unidos y Canadá. Su rango de distribución se encuentra centrado en áreas con ríos y árboles, ya que utiliza los árboles maduros para su alimentación y la construcción de diques. Los diques cambian el régimen de descarga anual del río, disminuyen la velocidad de la corriente, expanden la superficie de los suelos inundados, y aumentan la retención de sedimentos y materia orgánica. En 1946, este roedor fue introducido en la provincia de Tierra del Fuego (Argentina) y es responsable de la disminución de la biomasa y volumen de los bosques de *Nothofagus* de la provincia. Este impacto conlleva a la modificación del suelo tanto en su estructura, sus parámetros físico-químicos como en la biota asociada, una vez abandonada la castorera y destruido el dique. En el marco de un proyecto de restauración de los ecosistemas australes invadidos por castores, se planteó como objetivo del presente trabajo estudiar el impacto del Castor sobre la comunidad algal y los parámetros físico-químicos del suelo. Para lo cual, se compararon dos embalses recientemente drenados, ubicados en la región sur de Tierra del Fuego, con sitios control (bosque aledaño a cada embalse). En marzo 2017, se trazaron transectas con 5 puntos en cada uno de ellos y se tomaron muestras por duplicado para la determinación de la composición, abundancia relativa y biomasa de la comunidad algal. A su vez, se registró la temperatura *in situ* y se tomaron muestras de los 10 primeros cm del suelo para la determinación de materia orgánica, nitrógeno total, densidad, capacidad de campo y textura. La mayoría de suelos estudiados se clasificaron como franco limoso a limosos. No se hallaron diferencias en la humedad a capacidad de campo, en los embalses el N total disminuyó ($p < 0,05$) entre un 30 a 60 % y aumento ($p < 0,05$) la compactación del suelo entre un 60 a 80 %, la materia orgánica disminuyó ($p < 0,05$) un 42% al igual que la relación C/N un 37% solo en el sitio cotorras. Las microalgas presentes en los arroyos se observaron en los suelos recientemente drenados, mientras que la composición de la microbiota edáfica en los sitios control estuvo dominada únicamente por organismos heterótrofos. Las diatomeas fueron el grupo taxonómico más rico en número de especies y con mayor abundancia relativa en los suelos impactados. Por su parte, la biomasa algal mostró sus máximos valores en el suelo con mayor tiempo de drenaje ($1,63 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) asociado con un periodo de colonización más prolongado. A partir de los resultados obtenidos, podemos evidenciar que los suelos impactados por el *Castor canadensis* y recientemente drenados son suelos degradados, donde la compactación se incrementa significativamente, afectando, entre otras variables, a la dinámica del N. A pesar de estas condiciones, se confirmó el establecimiento de la comunidad microalgal, siendo necesario un estudio a largo plazo para confirmar su desarrollo.

Palabras clave: especies invasoras, algas edáficas, suelos fueguinos



C2P19. ¿ACTUAN LOS COMPOST COMO INOCULO DE ENZIMAS MICROBIANAS?

Gonzalez-Polo, Marina; Satti, Patricia; Crego, Paula y Mazzarino, María Julia.

INIBIOMA, CONICET Universidad Nacional del Comahue. Quintral 1250, Bariloche, Argentina.
marina.gonzalezpolo@comahue-conicet.gob.ar

RESUMEN

El uso de compost como enmienda de suelos degradados es una práctica muy difundida. El compostaje de residuos orgánicos minimiza la pérdida de nutrientes, reduce volumen, semillas de malezas y los problemas sanitarios de la acumulación de residuos. El objetivo fue determinar mediante esterilizaciones de dos compost urbanos (biosólidos y residuos orgánicos urbanos), cuál es la importancia relativa de las contribuciones del compost (inóculo de microorganismos y fuente de enzimas extracelulares adsorbidas o fuente de MO) al ser agregado al suelo. Se establecieron mesocosmos con dos tipos de suelo (región Patagónica y Subantártica) y dos tipos de compost en dos condiciones, esterilizado y sin esterilizar, y se los incubó en condiciones controladas de humedad y temperatura durante aproximadamente un año. Los tratamientos en cada tipo de suelo fueron: 1) control (suelo sin agregado de compost) 2) Compost de Residuos orgánicos urbanos (CROU) 3) Compost Esterilizado de Residuos orgánicos urbanos (CROU est), 4) Compost de Biosólidos (CBIO) y 5) Compost Esterilizado de Biosólidos (CBIO est). Se midieron las siguientes actividades enzimáticas: β glucosidasa, fosfatasa ácida y fenol oxidasa por métodos colorimétricos. Los principales resultados muestran que la actividad enzimática de los suelos ante el agregado de compost dependió del tipo de compost y el suelo considerado. La aplicación de compost de biosólidos mostró un aumento significativo de la actividad β -glucosidasa y fosfatasa en el suelo de la estepa, pero no en suelo de ciprés. Además, la actividad fenol oxidasa de los suelos de estepa aumentó con la aplicación de ambos tipo de compost. Por último, la actividad fosfatasa del suelo de estepa cuando se agrega CBIO est fue significativamente menor a CBIO. Esto sugiere que el compost de biosólidos es una fuente importante de enzimas fosfatasas para los suelos pobres de estepa, no así para los suelos de bosques de ciprés.

Palabras claves: actividad enzimática, compost de biosólidos, compost de residuos orgánicos urbanos

INTRODUCCIÓN

El problema de la erosión del suelo es uno de los más antiguos de las sociedades agrícolas. Según datos del Censo Agrícola Nacional del año 2002 22% del total de la superficie del país están afectadas por distintos procesos y grados de desertificación. Además, se estimó para el período 1988-2002 un aumento del 15 % de las tierras cultivadas, registrándose los mayores incrementos en zonas marginales a costa del empobrecimiento del suelo (PAN 2006). Este proceso de deterioro está asociado principalmente a la disminución de la materia orgánica del suelo. En contraposición, se producen grandes cantidades de desechos orgánicos que podrían ser utilizados para restaurar y mejorar la fertilidad de estos suelos. En el año 2010 según estadísticas del Observatorio Nacional para la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos, se generaron más de 14 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos y en particular en la provincia de Río Negro la producción de estos residuos superaba las 128 mil toneladas. Ese mismo año se generaron 2458 km³ por año de aguas residuales, de los cuales solo se trataron 0,29 km³ (FAO, 2016). En Bariloche la planta depuradora trata 22.000 a 26.000 m³ de agua por día, lo cual genera 3000 m³ de lodos cloacales (en adelante biosólidos). En la actualidad existen planes de ampliación y construcción de nuevas plantas depuradoras en todo el país, con lo cual al volumen de biosólidos producido se incrementará en los próximos años.

En general, las normas y regulaciones internacionales recomiendan que los compuestos orgánicos (como los biosólidos o residuos orgánicos domiciliarios) sean compostados antes de ser aplicados al suelo. El compostaje minimiza la pérdida de nutrientes, reduce el volumen, las semillas de malezas y los problemas sanitarios de la acumulación de residuos (olores, patógenos y atracción de vectores) (Laos *et al.*, 2000; Houot *et al.* 2005)

Los microorganismos del suelo catalizan la transformación de la materia orgánica por medio de enzimas extracelulares, utilizando los productos de reacción como fuentes de C y energía para mantenimiento y crecimiento de sus poblaciones. La aplicación de compost produce un aumento de la actividad microbiana y enzimática del suelo (Kowaljew & Mazzarino 2007; Bastida *et al.*, 2008; Hernández *et al.*, 2015). Esto podría deberse a cambios en la actividad de la comunidad microbiana y/o a que el compost funciona como inóculo (de microorganismos y enzimas adsorbidas a sus



partículas). Además, cabe preguntarse si estos cambios metabólicos de la comunidad microbiana son persistentes en el tiempo y si la magnitud del cambio depende de la comunidad microbiana presente en el suelo (diferente según el tipo de suelo) y del tipo de compost utilizado. El estudio de los cambios metabólicos de la comunidad microbiana generados por la adición de compost al suelo, es clave para entender los cambios en el funcionamiento del suelo, lo cual tendrá consecuencias positivas y negativas sobre el balance de C del suelo.

El objetivo general del trabajo fue determinar mediante esterilizaciones de dos tipos de compost, cuál es la importancia relativa de las contribuciones del compost al suelo (inóculo de microorganismos y fuente de enzimas extracelulares adsorbidas o fuente de MO) al ser agregado a dos suelos distintos. Este objetivo será abordado mediante la realización de mesocosmos de suelo y compost (esterilizado y sin esterilizar) incubados en condiciones controladas de humedad y temperatura a lo largo de aproximadamente un año.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental

Se colectó suelo del perfil superficial (10 cm) proveniente de 2 ecoregiones distintas (Patagónica y Subantártica). El suelo correspondiente a la ecoregión Patagónica (en el sector más oriental del ecotono bosque-estepa) es arenoso y fue clasificado como Xeropsamment (Ayesa *et al.*, 2002), siendo la vegetación existente la característica de la estepa arbustiva de la región. El suelo proveniente de la región Subantártica es un suelo volcánico clasificado como Udivitrandes (Ayesa *et al.* 2002); la vegetación en el sitio es un bosque mono-específico de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*). Para cada uno de los suelos, se establecieron los siguientes tratamientos: 1) control (suelo sin agregado de compost) 2) Compost de Residuos orgánicos urbanos (CROU) 3) Compost Esterilizado de Residuos orgánicos urbanos (CROU est), 4) Compost de Biosólidos (CBIO) y 5) Compost Esterilizado de Biosólidos (CBIO est). Para el tratamiento de compost esterilizado, se autoclavó compost (30 min), se incubó a temperatura ambiente 10 días y se realizó un segundo autoclavado. Para el tratamiento de compost no esterilizado se incubó el compost a temperatura ambiente por 10 días, previamente a ser adicionado. El suelo se tamizó (1cm) y se tomaron 5 submuestras para la determinación de la humedad. En mesocosmos con temperatura y humedad controladas se incubaron el equivalente a 2100 g de suelo de ciprés (16% de humedad original) y 3000 g de suelo de estepa (1% de humedad original) y se llevó a 35% y 10% de humedad respectivamente. Se dejaron estabilizar por una semana y se agregó el compost (dosis equivalente a 40 kg ha⁻¹ peso seco). Se taparon los recipientes de incubación con papel film para mantener la humedad y se humedecieron semanalmente.

Variables respuesta

Se midieron en los suelos tratados las siguientes actividades enzimáticas: a) Actividad β glucosidasa: esta enzima está involucrada en el paso final de la degradación de la celulosa, la hidrólisis de celobiosa a glucosa. b) Actividad fosfatasa ácida: Esta enzima libera los fosfatos de los compuestos orgánicos. Se determinó la actividad de estas enzimas por métodos colorimétricos utilizando los sustratos específicos para cada enzima y midiendo la densidad óptica del producto de reacción (p-nitrofenol) a 410 nm. Finalmente, se determinó c) Actividad fenol oxidasa: esta enzima es de baja especificidad y está involucrada en la oxidación de polifenoles y lignina. La determinación de la actividad fenol oxidasa se realizó utilizando como sustrato L-dihidroxifenilalanina. La densidad óptica del producto de reacción se midió a 460 nm (Sinsabaugh *et al.*, 1999).

Por otro lado, para evaluar el efecto de la esterilización se determinó la actividad β -glucosidasa, fosfatasa ácida y fenol oxidasa del compost esterilizado y sin esterilizar, según protocolos mencionados. La esterilización realizada sólo mantiene la actividad de las enzimas protegidas en las partículas de compost (Stursova & Sinsabaugh 2008). La actividad del compost esterilizado se comparó con la actividad enzimática del compost sin esterilizar (el cual conserva la actividad de las enzimas protegidas y las presentes en la solución del suelo), lo que permitió estimar la importancia relativa del compost como fuente de materia orgánica o inóculo de enzimas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

¿Cómo cambia la actividad enzimática con la esterilización?

El tratamiento de esterilización realizado disminuyó significativamente la actividad enzimática de los compost, el porcentaje en el cual disminuyó dependió de la actividad enzimática considerada (Figura 1). La actividad enzimática menos afectada por el tratamiento de esterilización fue la fenol oxidasa (disminuyó alrededor del 50% tanto en CROU como en CBIO) y el resto de las actividades disminuyeron entre 99 y 126%. Esta estabilización selectiva de las diversas enzimas ha sido encontrada también en distintos suelos y sustratos (Sarkar *et al.*, 1989; Stursova & Sinsabaugh 2008).

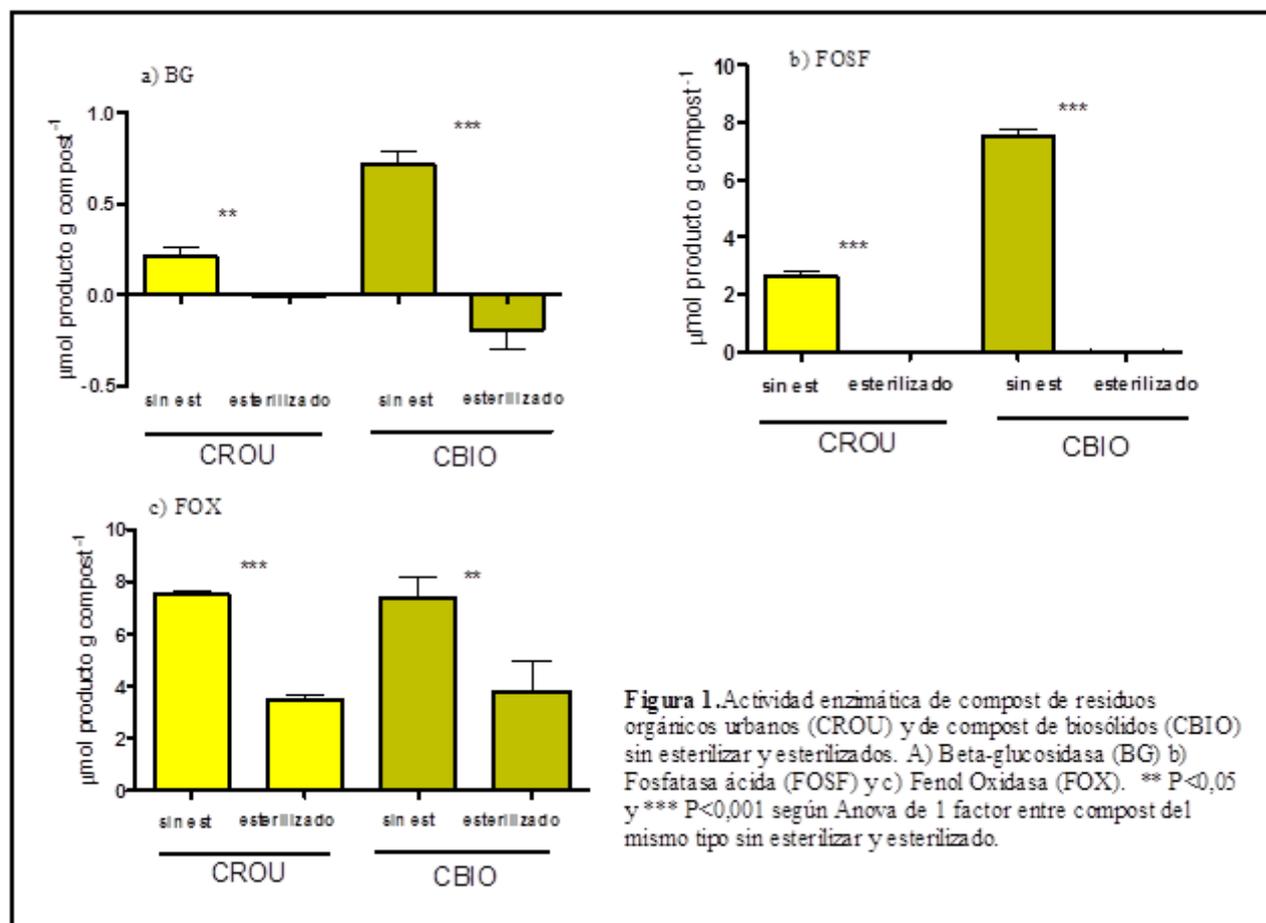


Figura 1. Actividad enzimática de compost de residuos orgánicos urbanos (CROU) y de compost de biosólidos (CBIO) sin esterilizar y esterilizados. A) Beta-glucosidasa (BG) b) Fosfatasa ácida (FOSF) y c) Fenol Oxidasa (FOX). ** $P < 0,05$ y *** $P < 0,001$ según Anova de 1 factor entre compost del mismo tipo sin esterilizar y esterilizado.

¿Cómo se modifica en el tiempo la actividad enzimática del suelo cuando se agregan distintos tipos de compost?

El cambio en la actividad enzimática de los suelos ante el agregado de compost dependió del tipo de compost y del suelo considerado (Figura 2). Las mayores diferencias entre los suelos enmendados y el control se hallaron para el suelo de estepa. El suelo de estepa es un suelo con muy poca materia orgánica (0,6% C y 0,04 % N) y actividad biológica lo que posibilita que los cambios puedan evidenciarse. Por el contrario, el suelo proveniente de bosque de ciprés es un suelo muy rico en materia orgánica (12,4% C y 0,66 % N) donde los cambios con el agregado de compost no representan un cambio significativo en materia orgánica y actividad biológica. Duong *et al.* (2012), reportaron que el efecto de los compost fue similar en los 2 suelos que enmendaron, sin embargo, los suelos utilizados en ese estudio, si bien eran distintos en cuanto a contenido de materia orgánica y textura no eran de valores tan extremos como los aquí utilizados.

En el suelo de ciprés, la actividad β -glucosidasa y fosfatasa no se vio incrementada respecto al control por el agregado de los compost (Figura 2 a y c). Sin embargo, la actividad β -glucosidasa de los suelos de ciprés enmendados con CBIO y CROU (tanto esterilizados como sin esterilizar) difirió entre ambos compost, siendo mayor en los suelos con el agregado de CBIO (Figura 2 a).

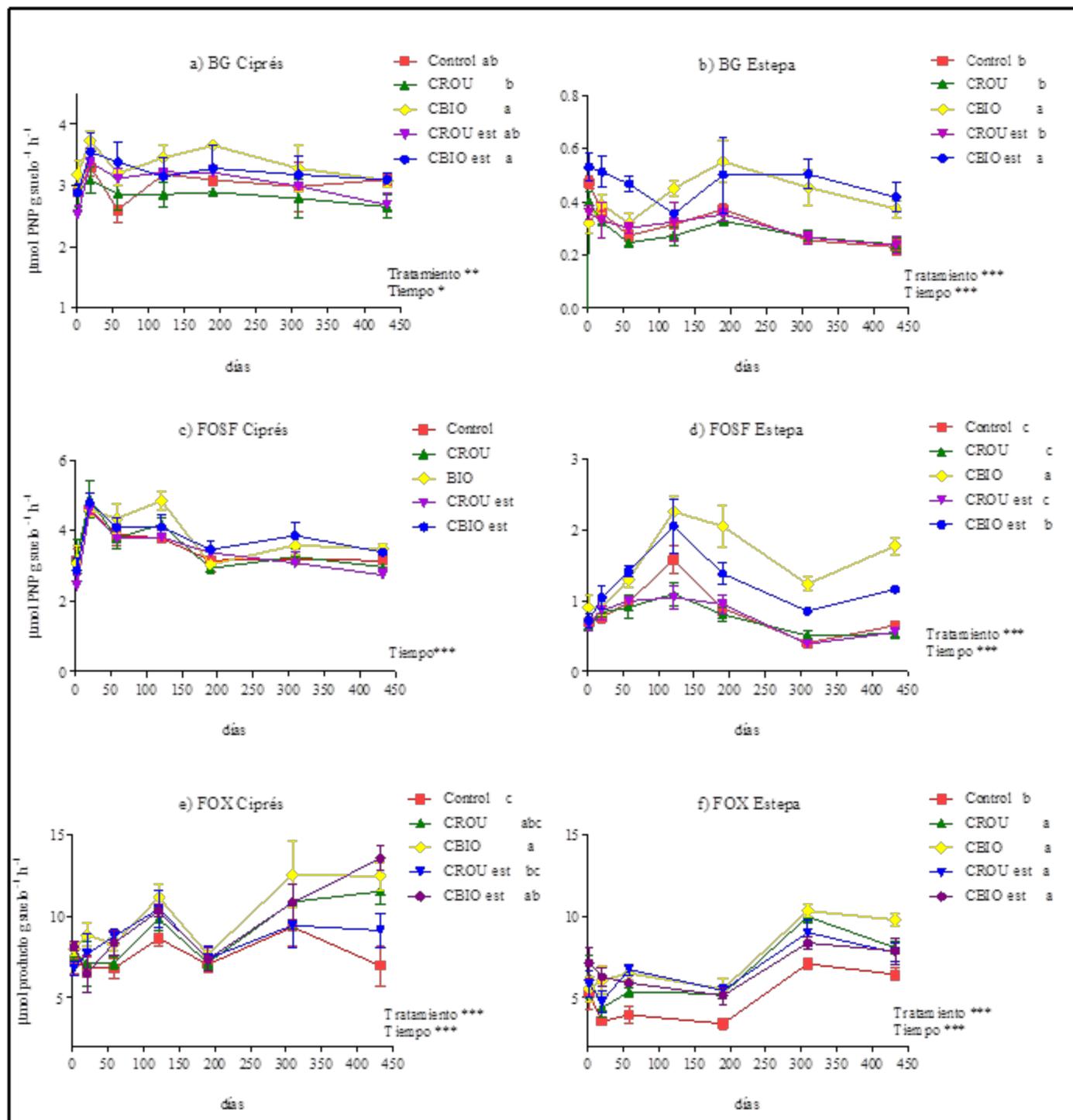


Figura 2: Actividad enzimática de los distintos mesocosmos en el tiempo. a) y b) β -glucosidasa c) y d) Fosfatasa ácida y e) y f) Fenol oxidasa. Símbolos y barras representan medias y error estándar. Los asteriscos indican significancia: **P < 0,05 y ***P < 0,001, según resultados del Anova de medidas repetidas en el tiempo.



La aplicación de compost de biosólidos al suelo de estepa mostró un aumento significativo de la actividad β -glucosidasa y fosfatasa en el tiempo (Figura 2 b y d), en concordancia con otros estudios que muestran el aumento de estas actividades en los suelos con agregado de residuos orgánicos (Bastida et al. 2012; García-Gil et al. 2000; Gonzalez Polo et al. 2015). Sin embargo, en contraposición, en un experimento de microcosmos, Bastidas et al (2012) mostraron que al final de la incubación de un año la actividad β -glucosidasa fue mayor en suelos con agregado de compost de residuos sólidos urbanos que compost de biosólidos.

Finalmente, la actividad fenol oxidasa de los suelos de estepa aumentó con la aplicación de ambos tipos de compost (Figura 2 f), mientras que en los suelos de ciprés solo aumentó con el agregado de compost de biosólidos (Figura 2 e). El incremento de la actividad fenol oxidasa por agregado de compost ha sido reportado por otros autores (Mazon et al., 2018).

¿Actúan los compost como inóculo de microorganismos y enzimas? ¿Cambia esto según el tipo de compost y suelo enmendado?

Con excepción de la actividad fosfatasa de los suelos de estepa con CBIO y CBIO est, no se detectaron cambios en las distintas actividades enzimáticas cuando se agregó compost intacto o esterilizado a ambos tipos de suelo (Figura 2), a pesar que el tratamiento de esterilización realizado disminuyó significativamente la actividad enzimática de ambos compost (Figura 1). Esto sugiere que, en general, la comunidad de los microorganismos de suelos responde al compost como fuente de materia orgánica y que el aporte de enzimas por parte del compost no es significativo. Como excepción, la actividad fosfatasa del suelo de estepa cuando se agrega CBIO est fue significativamente menor a CBIO. Esto sugiere que el compost de biosólidos es una fuente importante de enzimas fosfatasas (Figura 2c), pero que la posibilidad de detectar este aporte depende del suelo enmendado (diferencia entre el CBIO y CBIO est en actividad fosfatasa no se detectó en el suelo de ciprés, Figura 2. c).

CONCLUSIONES

- Los diferentes tipos de compost presentan diferentes actividades enzimáticas, siendo característica la mayor actividad β -glucosidasa y fosfatasa en los compost de biosólidos.
- Los cambios en la actividad enzimática solo se evidencian en el suelo más pobre (estepa).
- El principal efecto del compost es como fuente de materia orgánica, con excepción de la actividad fosfatasa la cual disminuye significativamente con el tratamiento de esterilización en el suelo de estepa enmendado con compost de biosólidos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado fondos del proyecto 04-B178 de la Universidad Nacional del Comahue.

BIBLIOGRAFÍA

- Bastida F, K Jindo, JL Moreno, T Hernández & C García. 2012. Effects of organic amendments on soil carbon fractions, enzyme activity and humus-enzyme complexes under semi-arid conditions. *Eur J Soil Biol* 53: 94-102
- Bastida F, E Kandeler, JL Moreno, M Ros, C García & T Hernández. 2008. Application of fresh and composted organic wastes modifies structure, size and activity of soil microbial community under semiarid climate. *Appl Soil Ecol* 40: 318-329
- Duong TTT, C Penfold & P Marschner. 2012. Amending soils of different texture with six compost types: impact on soil nutrient availability, plant growth and nutrient uptake. *Plant Soil*: 197-209
- García-Gil JC, Plaza C, P Soler-Rovira & A Polo. 2000. Long-term effects of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass. *Soil Biol Biochem* 32: 1907-1913
- Gonzalez Polo M, E Kowaljow, E Castán, O Sauzet & MJ Mazzarino. 2015. Persistent effect of organic matter pulse on a sandy soil of semiarid Patagonia. *Biol Fert Soils* 51: 241-249



- Hernández T, E García & C García. 2015. A strategy for marginal semiarid degraded soil restoration: A sole addition of compost at a high rate. A five-year field experiment. *Soil Biol Biochem* 89: 61-71
- Houot S, G Bodineau, JN Rampon, M Annabi, C Francou & M Poitrenaud. 2005. Agricultural use of different residual waste composts - current situation and experiences in France. The future of residual waste management in Europe. ORBIT, Weimar, Germany.
- Kowaljow E & MJ Mazzarino. 2007. Soil restoration in semiarid Patagonia: Chemical and biological response to different compost quality. *Soil Biol Biochem* 39: 1580–1588
- Laos F, P Satti, I Walter, MJ Mazzarino & S Moyano. 2000. Nutrient availability of composted and noncomposted residues in a Patagonian Xeric Mollisol. *Biol Fert Soils* 31: 462-469
- Mazzon M, L Cavani, A Margon, G Sorrenti, C Ciavatta & C Marzadori. 2018. Changes in soil phenol oxidase activities due to long-term application of compost and mineral N in a walnut orchard. *Geoderma* 316: 70-77
- PAN. 2006. Tercer informe nacional para la implementación de la convención de las naciones unidas de la lucha contra la desertificación. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable y Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación, Argentina. Pp 1-72
- Sarkar JM, A Leonowicz & JM Bollag. 1989. Immobilization of enzymes on clays and soils. *Soil Biol Biochem* 21: 223-230
- Sinsabaugh RL, MJ Klug, HP Collins, PE Yeager & SO Petersen. 1999. Characterizing soil microbial communities. En: Robertson PG, Coleman DC, CS Bledsoe & P Sollins (eds) *Standard soil methods for long-term ecological research*, Oxford University Press, New York. Pp 318-348
- Stursova M & RL Sinsabaugh. 2008. Stabilization of oxidative enzymes in desert soil may limit organic matter accumulation. *Soil Biol Biochem* 40: 550-553



C2P20. EFECTO DE LOS APORTES AÉREOS Y DE RAÍCES DE MELILOTUS SOBRE MICROORGANISMOS DEL SUELO

Gregorutti Viviana C. y Caviglia Octavio P.

INTA EEA Paraná Ruta 11 km. 12.5 Oro Verde –Entre Ríos; CONICET- Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos.

gregorutti.viviana@inta.gob.ar

RESUMEN

El impacto de los residuos vegetales aéreos y de las raíces en forma separada ha sido muy poco estudiado. Numerosas investigaciones aseguran que mantener en superficie los residuos de los cultivos incrementa la abundancia y actividad de microorganismos celulíticos y nitrificadores. De igual manera, la presencia de raíces contribuye a aumentar la abundancia y actividad de dichos microorganismos en profundidad. Por lo tanto, se puso a prueba la hipótesis de que la abundancia y actividad de los microorganismos nitrificadores y celulíticos es mayor en la profundidad de 5 a 20 cm cuando sólo hay aporte de raíces, y que la abundancia y actividad de estos microorganismos es mayor en el suelo a 0-5 cm cuando sólo hay aporte de residuos en superficie. Durante dos años consecutivos (2014/2015 y 2015/2016) se llevó a cabo un estudio sobre un suelo Argiudol ácuico del INTA. Los tratamientos fueron aporte de Melilotus (*Melilotus albus* Medik.) sólo aéreo (Melilotus A), aporte Melilotus sólo de Raíces (Melilotus R) y aporte de Melilotus aéreo y de raíces (Melilotus A+R) y un testigo sin aportes de residuos. Se realizaron muestreos de suelo a 0-5 cm y 5-20 cm de profundidad, a los 30 y 90 días después de la supresión mediante herbicidas del Melilotus. Se determinó actividad, abundancia y eficiencia de microorganismos nitrificadores y celulíticos. El rango de actividad nitrificadora fue 0.002-0.48 mgNO³g⁻¹ y el de actividad celulíticos 0.0001-0.18 mgNO³g⁻¹ mientras que la abundancia de nitrificadores estuvo en el rango de 2.6-6 logg⁻¹ y la de celulíticos entre 6.5-8.6 logg⁻¹. La actividad nitrificadora, a diferencia de la actividad celulítica, estuvo más asociada a los eventos de precipitación. Los tratamientos no tuvieron los efectos planteados por las hipótesis, lo que evidencia un impacto más importante de los factores ambientales en los momentos previos al muestreo que de los tratamientos.

Palabras claves: microorganismos celulíticos, microorganismos nitrificadores, residuos.

INTRODUCCIÓN

En sistemas agrícolas actuales, los aportes aéreos de residuos de cultivos al suelo han sufrido cambios importantes. Estos cambios están dados por una creciente demanda de biomasa de cultivos tanto para biocombustibles de segunda generación como para alimentación del ganado los cuales son removidos del campo, así como la implementación de rotaciones con secuencias basadas en soja que no aportan suficiente cantidad de residuos anuales.

El manejo de los residuos provenientes de los cultivos tiene un fuerte impacto sobre la calidad, funcionalidad y sustentabilidad de los suelos ya que influye sobre sus propiedades químicas, físicas y biológicas. El aporte de los cultivos al suelo proviene tanto de su parte aérea como de la subterránea. Numerosas investigaciones han evaluado el impacto de los residuos vegetales tanto aéreos como de las raíces sobre las propiedades del suelo (*e.g.* Kätterer *et al.*, 2011) aunque se ha investigado muy poco sobre el impacto del aporte aéreo de los cultivos y de las raíces en forma separada.

Tanto los residuos aéreos de cultivos como los de las raíces son fuentes de ingreso de carbono al suelo y conjuntamente con la variación de la temperatura y humedad pueden tener un fuerte efecto sobre la dinámica de los microorganismos del suelo (Deboz *et al.*, 1999). Estos microorganismos tienen un rol importante en las transformaciones dentro de los ciclos biogeoquímicos, tanto del carbono como del nitrógeno, ya que son los responsables de descomponer la materia orgánica, liberando nutrientes y transformarlos en sustancias asimilables para las plantas (Chaudhry *et al.*, 2012).

Se ha documentado que mantener en superficie los residuos de los cultivos proporciona aumentos significativos de la abundancia y actividad de microorganismos celulíticos y nitrificadores (Toresani *et al.*, 1998). Por otra parte, se cree que la presencia de raíces y la calidad de las mismas contribuye a aumentar la abundancia y actividad de los microorganismos en profundidad. Por lo tanto, en el presente trabajo se puso a prueba la hipótesis de que la abundancia y actividad de los microorganismos nitrificadores y celulíticos es mayor en la profundidad de 5 a 20 cm cuando sólo hay



aporte de raíces y que la abundancia y actividad de estos microorganismos es mayor en el suelo a 0-5 cm cuando sólo hay aporte de residuos en superficie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un estudio sobre un suelo Argiudol ácuico de la Serie Tezanos Pinto (Plan Mapa de Suelos, 1998), ubicado en la Estación Experimental Paraná del INTA (31°50,9'S; 60°32,3'O). El mismo se realizó durante dos años consecutivos (2014/2015 y 2015/2016) y el diseño experimental utilizado fue en bloques completos al azar con 4 repeticiones. Inicialmente por bloque se dispusieron 4 parcelas al azar, dos de las cuales quedaron en barbecho y dos fueron sembradas con melilotus (*Melilotus albus* Medik.). La siembra fue realizada el 14/04/2014 y el 21/04/2015 respetando la ubicación de los tratamientos en las mismas parcelas en ambos años. Se controlaron las malezas a lo largo del desarrollo del cultivo y las parcelas barbecho se mantuvieron sin malezas mediante control químico y mecánico. El 16/10/2014 y el 16/10/2015 respectivamente, se aplicó herbicidas para suprimir el cultivo. Al momento de la supresión del cultivo, una de las parcelas de melilotus fue cortada al ras del suelo y su parte aérea fue trasladada a una de las parcelas en barbecho resultando en una parcela con aporte sólo de biomasa aérea (Melilotus A) y una parcela con sólo aporte de raíces de melilotus (Melilotus R). La parcela restante con cultivo de melilotus recibió el aporte tanto de biomasa aérea y como de las raíces (Melilotus A+R). Se utilizó como testigo una parcela que permaneció en barbecho y se mantuvo libre de malezas durante los dos años de experimentación.

Se tomaron muestras de suelo de 0 a 5 cm y de 5 a 20 cm de profundidad, a los 30 y 90 días luego de la supresión del cultivo, corte y traslado de la biomasa (30dds y 90dds) durante los dos años consecutivos (2014/2015 y 2015/2016). Las muestras colectadas fueron secadas al aire, molidas y tamizadas con tamiz de 2mm y conservadas en heladera para su posterior análisis.

La actividad nitrificadora se cuantificó mediante la producción de nitratos a partir de un sustrato con exceso de fosfato de amonio después de 24 h de incubación. Por duplicado, se colocaron 20g de suelo tamizado por 2mm de cada muestra en un erlenmeyer con 50 ml de fosfato de amonio por duplicado (NH_4^+ 1.5 mM y PO_4^{3-} 1 mM). Una réplica fue analizada inmediatamente (inicial) y la otra réplica fue incubada durante 24h con agitación para garantizar la actividad de la enzima. Las muestras se filtraron (papel de filtro) y se les midió la cantidad de nitrato por espectrofotometría (Waring & Bremner, 1964). La cantidad de nitrato formado se determinó como la diferencia entre el nitrato de la muestra incubada y la inicial. Los resultados se expresaron como miligramo de nitrato por gramo de suelo (mg g^{-1}).

Para la determinación de la actividad celulolítica se cuantificó la actividad de la enzima β -glucosidasa mediante la producción de glucosa a partir de un sustrato con exceso de celobiosa después de 24 h de incubación (Alef & Nannipieri 1995; Vazquez *et al.* 2004). Por duplicado, se colocaron 20 g de suelo de cada muestra en un erlenmeyer con 50 ml de la solución con celobiosa y azida sódica (NaN_3) al 0.2 %, como biocida (Alef & Nannipieri 1995). La réplica fue incubada durante 24 h con agitación, mientras que a la otra fue analizada inmediatamente (inicial). Ambas replicas fueron filtradas con papel de filtro y se les determinó el contenido de glucosa por colorimetría, mediante el método de coloración de azúcares totales (Robertson *et al.* 1999). La cantidad de glucosa formada por la enzima β -glucosidasa se determinó como la diferencia entre la cantidad de glucosa de la muestra incubada y la inicial. Los resultados se expresaron como miligramos de glucosa por gramo de suelo (mg g^{-1}).

De cada muestra, se pesó 1 g de suelo tamizado por 2 mm y se suspendió en 100 ml de agua destilada estéril. A partir de esta suspensión, se realizaron diluciones seriadas al décimo y se sembraron alícuotas en medios selectivos líquidos para las diferentes comunidades funcionales. Las abundancias se determinaron a través de la técnica del número más probable (NMP) con la tabla de Mc. Grady para 3 diluciones (Lorch *et al.* 1995). Los resultados se expresaron en \log_{10} del número de microorganismos nitrificadores o celulolíticos por gramo de suelo ($\log \text{g}^{-1}$).

Para la determinación de la abundancia de microorganismos nitrificadores se preparó un sustrato en base a una fuente de carbono y energía, una base mineral y agua destilada. Se sembró 1 ml de cada una de las diluciones de suelo por triplicado en 3 tubos de hemólisis conteniendo 2 ml del medio específico. Se incubaron por 28 días a 28-30 °C. Por otra parte, para determinar la abundancia de microorganismos celulolíticos se preparó un sustrato en base a una fuente de carbono y energía, una base mineral y agua destilada. Se sembró 1 ml de cada una de las diluciones de suelo por triplicado en tubos de ensayo conteniendo 3 ml de medio. Después de 15 días de incubación a 28-30 °C.

Se calcularon los índices de Eficiencia de Nitrificación y Eficiencia de Celulolisis como la relación entre la abundancia de cada comunidad funcional microbiana y la actividad enzimática respectiva (Chu *et al.*, 2008). Los índices se expresaron en porcentaje (%).

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el efecto de los tratamientos, momentos de muestreo y profundidad sobre las variables estudiadas. El software utilizado fue INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2011). Cuando el

ANOVA indicó diferencias significativas ($p < 0.05$), se compararon las medias de los factores utilizando el test de Duncan ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el primer año del experimento (16/10/2014 al 20/04/2015) la precipitación acumulada fue de 827.4 mm y la temperatura media mensual estuvo entre 21.6 y 24.9 °C y en el segundo año (16/10/2015 a 20/04/2016) la precipitación acumulada fue de 1056.4 mm y la temperatura media mensual entre los 18.9 y 26.4°C (Figura 1).

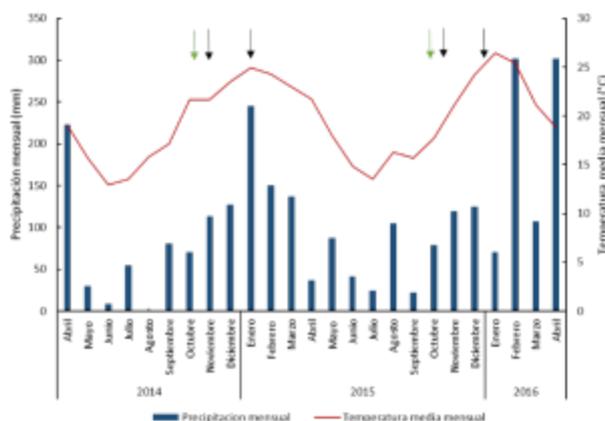


Figura 1. Precipitación acumulada mensual (mm) y temperatura media mensual (°C) durante el periodo de duración del experimento, desde octubre de 2014 hasta abril de 2016. Flechas negras indican los momentos de muestreo y flecha verde indica el momento de aplicación de herbicida para la supresión del cultivo, corte y traslado de la biomasa de melilotus.

La actividad nitrificadora fue significativamente mayor en la profundidad de 0 a 5 cm cuando se consideraron todos los tratamientos y momentos de muestreo ($p < 0.0001$). Durante los dos años del experimento, se hallaron valores de entre 0.01 y 0.48 mg de $\text{NO}_3 \text{ g}^{-1}$ suelo en la profundidad de 0 a 5 cm, y en la profundidad de 5 a 20 cm los valores hallados estuvieron entre 0.002 y 0.24 mg de $\text{NO}_3 \text{ g}^{-1}$ suelo. Valores medios similares fueron reportados por Noe & Abril (2009) para la región del Chaco Árido (0.19 mg $\text{NO}_3 \text{ g}^{-1}$).

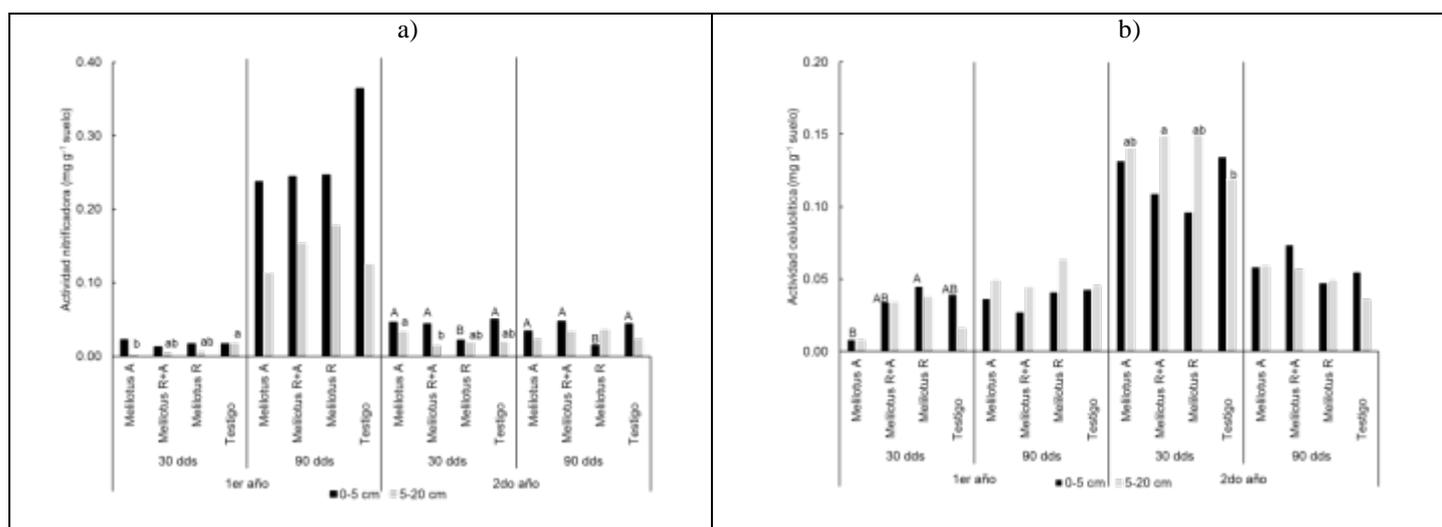


Figura 2. a) Actividad nitrificadora (mg nitrato g^{-1} suelo) b) Actividad celulítica (mg glucosa g^{-1} suelo) en suelo en las profundidades en 0-5 cm (barras negras) y 5-20 cm (barras grises) para los tratamientos biomasa aérea de melilotus (Melilotus A), planta entera de melilotus (Melilotus A+R), raíces de melilotus (Melilotus R) y Testigo, a los 30 y 90 días después de la aplicación del herbicida, corte y traslado de biomasa en los dos años de experimentación (2014/2015 y 2015/2016).

Letras mayúsculas muestran diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) entre tratamientos en la profundidad 0-5 y letras minúsculas muestran diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) entre tratamientos para la profundidad 5-20 cm, para cada momento de muestreo.

Se encontraron diferencias significativas entre momentos de muestreo ($p < 0.05$), en el muestreo 90dds del primer año la actividad nitrificadora fue significativamente mayor con respecto a los demás muestreos, lo cual podría deberse a que el muestreo a los 90dds coincide con altos valores de precipitación mensual acumulada (Figura 1). Numerosos trabajos concluyen que el crecimiento microbiano y la actividad están estrechamente vinculados con los cambios en humedad del suelo y temperatura (Bell *et al.*, 2008, Clark *et al.*, 2009). Observando cada momento de muestreo y profundidad por separado, la actividad nitrificadora mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos en algunos momentos y profundidades durante los dos años de experimentación (Figura 2a). A los 30dds del primer año, la diferencia se observó en profundidad donde el tratamiento Melilotus A se diferenció del testigo quien mostró el mayor valor de actividad. Por otra parte, a los 30dds del segundo año las diferencias fueron encontradas en ambas profundidades donde el Melilotus R mostró el menor valor y se diferenció del resto de los tratamientos en la profundidad de 0-5 cm y en 5-20 Melilotus R+A mostró el menor valor de actividad. Asimismo, a los 90dds del segundo año, el Melilotus R también se diferenció significativamente del resto de los tratamientos en el estrato superior (0-5 cm) mostrando el menor valor de actividad (Figura 2a).

La actividad celulolítica mostró diferencias significativas entre los momentos de muestreo ($p < 0.001$) y los tratamientos ($p = 0.05$). Los valores encontrados estuvieron entre 0.0001 y 0.18 mg g^{-1} suelo para ambas profundidades, respectivamente. A los 30dds del primer año, esta variable, mostró diferencias significativas entre los tratamientos sólo en la profundidad 0-5 cm ($p < 0.05$) mostrando el mayor valor de actividad, el tratamiento Melilotus R. Sin embargo, en el segundo año del experimento a los 30dds se encontraron diferencias entre tratamientos en la profundidad 5-20 cm siendo el Melilotus R+A el tratamiento con mayor actividad (Figura 2b). Resultados similares de actividad encontraron Debosz *et al.* (1998) en un experimento con dos niveles de materia orgánica en el cual reportaron una mayor actividad celulolítica cuando hubo mayor contenido de materia orgánica.

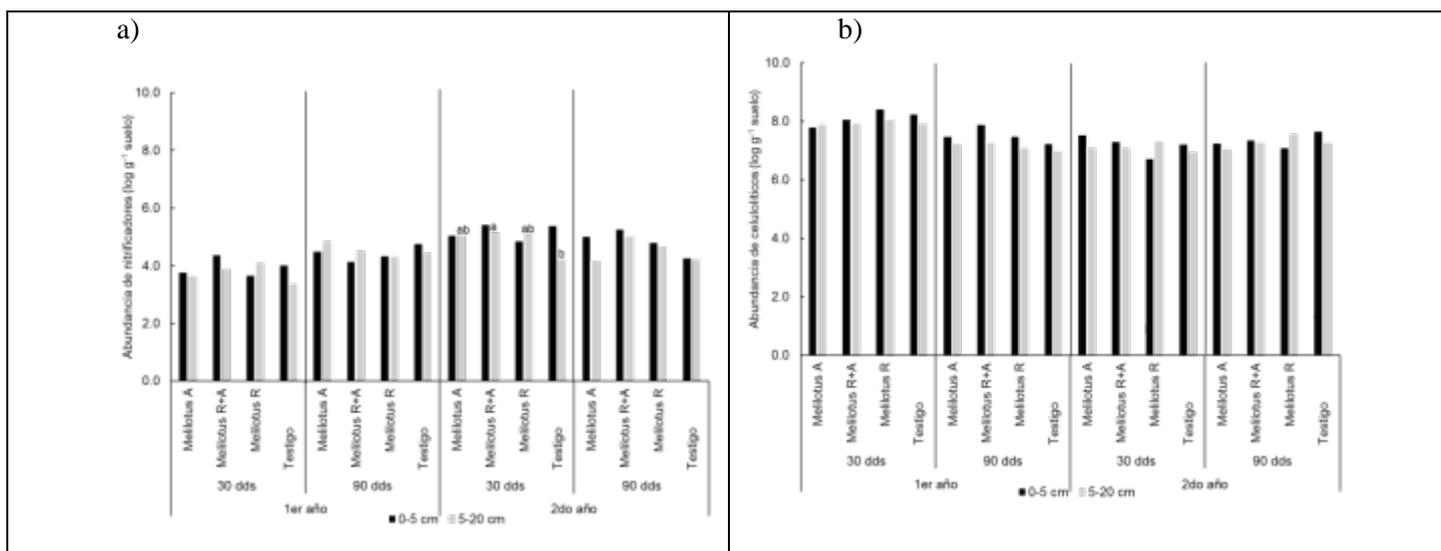


Figura 3. a) Abundancia de microorganismos nitrificadores ($\log \text{g}^{-1}$ suelo) b) abundancia de microorganismos celulolíticos ($\log \text{g}^{-1}$ suelo) en suelo en las profundidades en 0-5 cm (barras negras) y 5-20 cm (barras grises) para los tratamientos biomasa aérea de melilotus (Melilotus A), planta entera de melilotus (Melilotus A+R), raíces de melilotus (Melilotus R) y Testigo, a los 30 y 90 días después de la aplicación del herbicida, corte y traslado de biomasa en los dos años de experimentación (2014/2015 y 2015/2016). Letras mayúsculas muestran diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) entre tratamientos en la profundidad 0-5 y letras minúsculas muestran diferencias significativas entre tratamientos para la profundidad 5-20 cm, para cada momento de muestreo.

La abundancia de microorganismos nitrificadores en el experimento estuvo entre 2.6 y 6 $\log \text{g}^{-1}$. Valores similares fueron reportados por Noe & Abril (2008) quienes informaron para la región del Chaco Árido 3.12 $\log \text{g}^{-1}$ de abundancia para la temporada húmeda y 2.67 $\log \text{g}^{-1}$ para la temporada seca. Se hallaron diferencias significativas para la abundancia de nitrificadores entre momentos de muestreos ($p < 0.005$), los mayores valores se obtuvieron a los 30dds del segundo año y los menores valores a los 30dds del primer año. Analizando cada muestreo y profundidad en particular, se observó que solo hubo diferencias significativas entre los tratamientos en el muestreo de 30dds del segundo año de estudio en la profundidad 5-20cm donde el tratamiento Melilotus R+A mostró el mayor valor con respecto al resto de los tratamientos (Figura 3a). Estos resultados podrían deberse a los cambios de temperatura y humedad durante los dos años de experimentación ya que algunos autores aseguran que estos cambios son afectan la abundancia de los nitrificadores (Meier *et al.*, 2008). Asimismo, Noe & Abril (2013) reportaron que la alta abundancia de los nitrificadores en el Chaco

árido durante la estación lluviosa podría tener una relación directa con las precipitaciones registradas durante el período, sin embargo, aseguraron que en la ecorregión de Monte, la variación de las precipitaciones no produjo cambios en la abundancia de nitrificadores.

La abundancia de microorganismos celulíticos en el conjunto de los datos mostró diferencias significativas entre momentos de muestreo ($p < 0.05$) encontrándose la mayor abundancia de celulolíticos a los 30 dds del primer año de experimentación. Además, se encontraron diferencias entre profundidades ($p < 0.05$) siendo la profundidad 0-5 cm la que mostró el mayor valor con respecto a 5-20 cm (7.9 vs 7.6 log g^{-1}). Similarmente, Toresani *et al.* (1998) en un experimento sobre un suelo Argiudol ácuico indicaron que la población de celulolíticos fue 2.5 veces mayor en los primeros 5 cm del suelo en comparación con el estrato 5-10 cm. Sin embargo, al analizar cada profundidad no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en los diferentes momentos de muestreo (Figura 3b).

La eficiencia de nitrificación y celulolisis mostraron diferencias significativas entre profundidades ($p < 0.0001$ y $p < 0.03$), momentos ($p < 0.0001$ y $p < 0.0001$) y tratamientos ($p < 0.0001$ y $p < 0.0001$).

La eficiencia de nitrificación fue mayor en superficie (0-5 cm) en comparación con 5-20 cm (2.6 vs 1.15%). Con respecto a los tratamientos, el testigo mostró el mayor valor y se diferenció significativamente del Melilotus A (1.82 vs 1.55 %). A los 90 dds del primer año se encontraron los mayores valores de eficiencia de nitrificación (*c.a.* 7.6%) esto coincide con la precipitación ocurrida en los días previos al muestreo de suelos. A los 30 dds y 90 dds del primer año se encontraron diferencias entre tratamiento en profundidad (5-20 cm) y a los 90 dds, también se encontraron diferencias en el estrato 0-5 cm, mostrando el testigo el mayor valor de eficiencia con respecto al resto de los tratamientos (Figura 4a). Asimismo, en el segundo año de estudio el testigo volvió a diferenciarse del resto mostrando el mayor valor de eficiencia en superficie sólo a los 90 dds sin embargo, fue menos eficiente que el resto a los 30 dds en 0-5 cm (Figura 4a).

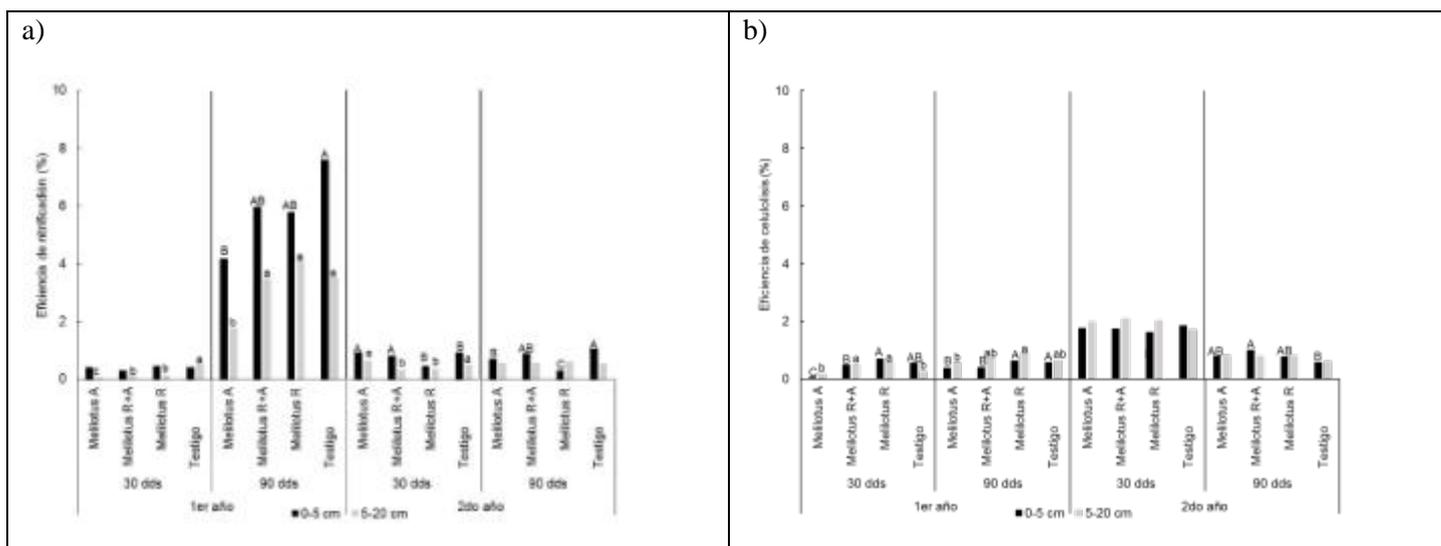


Figura 4. a) Eficiencia de nitrificación (%) b) eficiencia de celulolisis (%) en suelo en las profundidades en 0-5 cm (barras negras) y 5-20 cm (barras grises) para los tratamientos biomasa aérea de melilotus (Melilotus A), planta entera de melilotus (Melilotus A+R), raíces de melilotus (Melilotus R) y Testigo, a los 30 y 90 días después de la aplicación del herbicida, corte y traslado de biomasa en los dos años de experimentación (2014/2015 y 2015/2016).

Letras mayúsculas muestran diferencias significativas ($\alpha=0.05$) entre tratamientos en la profundidad 0-5 y letras minúsculas muestran diferencias significativas entre tratamientos para la profundidad 5-20 cm, para cada momento de muestreo.

Se encontraron los mayores valores de eficiencia de celulolisis a los 30 dds del segundo año de estudio (*c.a.* 1.8 %). Por otra parte, el tratamiento Melilotus A+R y Melilotus R mostraron los mayores valores en comparación con el resto de los tratamientos (0.91 vs 0.85 %). Al analizar cada momento y profundidad, se encontraron diferencias entre los tratamientos en el primer año de estudio (30 y 90 dds) en las dos profundidades (0-5 y 5-20 cm) mostrando los mayores valores de eficiencia el tratamiento Melilotus R (Figura 4b). En el segundo año de estudio sólo hubo diferencias entre tratamientos a los 90 dds en superficie donde el Melilotus R+A fue significativamente mayor que el Testigo (Figura 4b).



CONCLUSIONES

No se evidenció un efecto claro del aporte de residuos aéreos y subterráneos del cultivo de melilotus sobre la actividad, abundancia y eficiencia de los microorganismos celulolíticos y nitrificadores en las dos profundidades estudiadas. Sin embargo, luego de 30 días después de haber suprimido el cultivo de melilotus, la actividad de los microorganismos estudiados fue menor cuando sólo hubo aporte de residuos aéreos del cultivo.

La actividad nitrificadora, a diferencia de la actividad celulolítica, estuvo más asociada a los eventos de precipitación. Los tratamientos no tuvieron los efectos planteados por las hipótesis, lo que evidencia un impacto más importante de los factores ambientales en los momentos previos al muestreo que de los tratamientos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al personal del Grupo de Recursos Naturales del INTA Paraná por su valiosa contribución en la conducción del experimento y en el análisis de laboratorio. Este trabajo fue financiado por INTA (PNSUE-1134042 y ERIOS-1263102), beca res.1126/13 y el proyecto PICTO 2009-0220 (FONCyT-INTA-UNER-CAFESG).

BIBLIOGRAFÍA

- Alef K & P Nannipieri. 1995. Cellulase activity. *En: Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Alef K, Nannipieri P (Eds.). Academic Press. London, Reino Unido. Pp. 345-349.
- Chaudhry, V; A Rehman; A Mishra; PS Chauhan & CS Nautiyal. 2012. Changes in Bacterial Community Structure of Agricultural Land Due to Long-Term Organic and Chemical Amendments. *Microb. Ecol.* 64, 450–460. <https://doi.org/10.1007/s00248-012-0025-y>.
- Clark, JS; JH Campbell; H Grizzle; V Acosta-Martinez & JC Zak, 2009. Soil microbial community response to drought and precipitation variability in the chihuahuan desert. *Microb. Ecol.* 57, 248–260. <https://doi.org/10.1007/s00248-008-9475-7>.
- Debosz, K; PH Rasmussen & AR Pedersen. 1999. Temporal variations in microbial biomass C and cellulolytic enzyme activity in arable soils: Effects of organic matter input. *Appl. Soil Ecol.* 13, 209–218. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(99\)00034-7](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(99)00034-7).
- Kätterer, T; MA Bolinder; O Andrén; H Kirchmann & L Menichetti. 2011. Roots contribute more to refractory soil organic matter than above-ground crop residues, as revealed by a long-term field experiment. *Agric. Ecosyst. & Environ.* 141: 1-2, 184-192.
- Lorch HJ, Benckieser G & JC Ottow. 1995. Basic methods for counting microorganisms in soil and water. *En: Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Alef K, Nannipieri P (Eds.). Academic Press. London, Reino Unido. Pp 146-161.
- Noe, L & A Abril. 2013. Es la nitrificación un proceso redundante en regiones áridas?: actividad, abundancia y diversidad de microorganismos nitrificadores. *Revista chilena de historia natural*, 86(3), 325-336.
- Noe, L & A Abril. 2009. Celulolisis y nitrificación de restos orgánicos en suelos áridos sobrepastoreados del centro de Argentina. 2009. XVIII Congreso Latinoamericano de Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica.
- Noe, L & A Abril. 2008. Interacción entre calidad de restos vegetales, descomposición y fertilidad del suelo en el desierto del Monte de Argentina. *Ecología austral*, 18(2), 181-193.
- Robertson, GP; DC Coleman; CS Bledsoe & P Sollins. 1999. Standard soil methods for longterm ecological research. Oxford University Press. New York, Estados Unidos.
- Toresani S; E Gomez; B Bonel; V Bisaro & S Montico. 1998. Cellulolytic population dynamics in a vertic soil under three tillage systems in the Humid Pampa of Argentina. *Soil Tillage Res.* 49, 79–83. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(98\)00157-3](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(98)00157-3)
- Vazquez, F; MD Vallejo-Herrera; L de Figueroa & ME Toro. 2004. Extracellular hydrolytic enzymes produced by yeast. *En: Methods in Biotechnology: Environmental Biology*. Spencer JFT, Ragout de Spencer AL (Eds.). Humano Press. Totowa, Estados Unidos. Pp 285-299.
- Waring SA & JM Bremner. 1964. Ammonium production in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability. *London Nature* 201(4922): 951-952



C2P21. MORFOLOGÍA DE UN CILIADO (PROTISTA) EDÁFICO DEL PARQUE PROVINCIAL SALTO ENCANTADO, MISIONES

Küppers, Gabriela C.¹; Alfaro, Elisa R.¹ y González Garraza, Gabriela C.²

1 Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" MACN-CONICET. Av. Ángel Gallardo 470. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina. gabrielakuppers@gmail.com

2 Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC)- CONICET, Bernardo Houssay 200; Instituto de Ciencias Polares, Recursos Naturales y Ambiente (ICPA), Universidad Nacional de Tierra del Fuego (UNTDF), Fueguia Basket 251, Ushuaia, Tierra del Fuego.

Los protistas terrestres se desarrollan en el intersticio entre las partículas del suelo, en la hojarasca y detritos sobre el que viven musgos y líquenes, donde se forma una película de agua superficial. Suelen formar estructuras de resistencia frente a condiciones adversas de humedad y temperatura y están íntimamente relacionados a las bacterias en el reciclado de nutrientes del que dependen las plantas. A pesar de esto, la diversidad de protistas ciliados en particular y el rol que desempeñan en el ecosistema edáfico son prácticamente desconocidos en nuestro país. En este trabajo, se describe la morfología de un ciliado encontrado en muestras edáficas vinculadas a un tronco en descomposición, recolectadas en un sendero del Parque Provincial Salto Encantado, Misiones, en noviembre de 2017. Las muestras fueron procesadas en el laboratorio siguiendo el método del non-flooded Petri dish y los ciliados fueron extraídos mediante micropipetas, observados al microscopio óptico en vivo y luego de la impregnación argéntica con Protargol. *Australocirrus* sp. es un hipotrico de tamaño relativamente grande de alrededor de 180-330 μm de longitud y 60-120 μm de diámetro, que posee una coloración castaño-verdosa y se caracteriza por presentar un aparato oral conspicuo, con sus membranas ondulantes curvadas y entrecruzadas y 38-48 membranelas, grupos discretos de 18 cirros frontales, ventrales y transversos, 2 hileras marginales de cirros, hileras dorsales de cerdas y 3 cirros caudales. El aparato nuclear consta de 2 macronúcleos y 4-6 micronúcleos. Presenta una vacuola contráctil con canales colectores anterior y posterior conspicuos y se alimenta de algas verdes, euglénidos, diatomeas y amebas testáceas, que pudieron observarse en el interior de las vacuolas digestivas. La coloración castaña se debe a la presencia de inclusiones citoplasmáticas. La característica más notoria y que la diferencia de las otras especies dentro del género es la presencia de gránulos corticales incoloros, que se disponen en grupos alrededor de las cerdas dorsales, entre las hileras dorsales y ventralmente de forma irregular. Por su morfología particular, *Australocirrus* sp. podría tratarse de una especie nueva para la ciencia, descubierta en un Área Natural Protegida en la que estos microorganismos eran desconocidos hasta el momento. La ecorregión Paranaense presenta una elevada biodiversidad en general que, en las últimas décadas sufre de amenazas como la tala indiscriminada de bosques, los incendios forestales y el uso inapropiado de agroquímicos que junto al monocultivo, contribuyen a la erosión del suelo y a la consecuente pérdida de biodiversidad. De esta manera, el estudio de la diversidad de ciliados del ecosistema edáfico y el hallazgo de especies nuevas podría constituir un aporte para programas de manejo y evaluación del estado de conservación de áreas naturales. Agradecimientos: ANPCyT PICT 2015 1244, préstamo BID; Ministerio de Ecología, Recursos Naturales y Turismo de la provincia de Misiones, autorización según disposición N° 056, 26/09/2017.

Palabras claves: Protista, ciliados, especie nueva



C2P22. PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y SU EFECTO SOBRE LA MICORRIZACIÓN, NUTRICIÓN FOSFATADA Y PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE TOMATE

Lorenzo, María G.; Furlán, Darío A.; Martínez, Laura E., Miño, Paula C. y Mesa, Ignacio A.

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. Alte. Brown 500 Chacras de Coria, Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina.

glorenzo@fca.uncu.edu.ar

RESUMEN

La demanda actual de tomate para industria en Argentina no logra ser satisfecha por la producción nacional, generándose un déficit de 185 mil t. Ante la necesidad de mantener una alta productividad y a los fines de disminuir el uso de compuestos de síntesis química se propone conocer el efecto de prácticas que mejoren la biodiversidad edáfica y favorezcan el crecimiento y el rendimiento de este cultivo. El enguanado, uso de acolchados plásticos (mulching) y riego por goteo incrementan la producción, pero aún no se ha evaluado si estos aumentos en la producción son coincidentes con un incremento en la biota del suelo. El objetivo de este trabajo fue evaluar si la aplicación de guano, con y sin uso de acolchado plástico, mejora la microflora del suelo en general y en particular la micorrización y en consecuencia la nutrición fosfatada, con efecto en el aumento del crecimiento y la producción del cultivo de tomate para industria (*Solanum lycopersicum* L.). El ensayo se realizó en el INTA-EEA La Consulta, Mendoza, Argentina, en un suelo torrifluvent típico, la variedad utilizada fue HMX3861. El diseño estadístico fue de parcelas al azar, con siete repeticiones, la unidad de muestreo fue la planta. Se evaluaron los siguientes tratamientos: con mulching (M) y guano (G) 10 t ha⁻¹, con M sin G, sin M y con G y sin M ni G. Se evaluó la biomasa aérea y radical, bacterias y hongos aerobios totales, actividad microbiana total del suelo, porcentaje de micorrización, absorción total de fósforo (P), el rendimiento y sus componentes. El efecto sinérgico de la aplicación de guano con mulching incrementó la producción (48% respecto del tratamiento sin M ni G), el área foliar y la masa radical, como así también aumentó la actividad microbiana total, porcentaje de micorrización y absorción total de fósforo.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., mulching plástico, enguanado

INTRODUCCIÓN

El enguanado es una práctica ancestral que actualmente se sigue fomentando en el cultivo de tomate para industria (PITI 2016) porque se sabe que tiene un efecto positivo sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo. Se reconoce una mejora en los rendimientos obtenidos en cultivos de tomate en el orden del 20% proveniente por este manejo (Argerich *et al.*, 2005) y de un 30% cuando esta práctica se realiza sumado al uso del acolchado plástico y riego por goteo (Argerich *et al.*, 2007, 2008, 2009). Los beneficios producidos por el guano están relacionados a un conjunto de efectos desde el punto de vista químico como el aporte de nutrientes y físicos del suelo, aun cuando se utiliza riego por goteo (Rayen *et al.*, 2006; Rodríguez, 2010). Pero lo más promisorio de estos beneficios productivos es el efecto en las características biológicas, principalmente por un aumento de la exudación enzimática de raíces y el incremento de la biota microbiana que favorece el suministro o disponibilidad de nutrientes y estimula procesos regenerativos de los suelos (Castillo *et al.*, 2004; Rayen *et al.*, 2006; Adriano *et al.*, 2011; Gloria *et al.*, 2014).

La micro flora del suelo es fundamental para mantener la capacidad productiva de los cultivos, por lo que favorecer la biota edáfica es de carácter prioritario en la conservación de los suelos. Por otro lado el uso de abonos orgánicos como mejoradores de la parte física y química del suelo, resulta de gran importancia en la incorporación como parte de las fertilizaciones compensativas de los requerimientos nutricionales de los cultivos.

Por su parte las micorrizas arbusculares, en simbiosis con las plantas, mantienen la capacidad productiva, preservan la biodiversidad y contribuyen en una producción más estable y sostenida a largo plazo en equilibrio con el entorno. Esta adaptabilidad en la biota del suelo, así como en el proceso infectivo benéfico que reciben las plantas permite con las micorrizas arbusculares una mejor asimilación de los nutrientes, produciendo un aumento de la producción y mayor calidad biológica de ésta, bajando los costos productivos en la nutrición del cultivo (Rayen *et al.*, 2006; Orna, 2008 y Rodríguez, 2010); además que brinda una mayor tolerancia de las plantas frente a estrés tanto biótico como abiótico (Barea *et al.*, 2010).



Con el fin de obtener mayor precocidad, y en general, un mejoramiento en las condiciones de cultivo, así como un aumento en el nivel productivo, debido a una mayor producción de biomasa, se viene utilizando desde hace algunos años los acolchados de materiales plásticos. La temperatura del suelo es el factor que tiene la mayor relevancia con relación a esta práctica, tanto por su influencia en el crecimiento vegetal, como por su relación con las actividades biológicas y fisicoquímicas del suelo; así mismo se menciona un uso eficiente del agua del suelo y de los fertilizantes (Orna, 2008).

Por otro lado ante la necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos, se insta a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles, es por ello que se le da gran importancia a este tipo de prácticas, y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos. Por lo tanto, para mantener el incremento productivo en el cultivo de tomate y a los fines de lograr disminuir los costos de producción, se propone un uso racional de fertilizantes fosfatados, la optimización de recursos y la incorporación de tecnologías de proceso para una agricultura sustentable.

El objetivo de este trabajo fue evaluar si la aplicación de guano, con y sin uso de acolchado plástico, mejora la microflora del suelo en general y en particular la micorrización y en consecuencia la nutrición fosfatada, con efecto en el aumento del crecimiento y la producción del cultivo de tomate para industria.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en EEA INTA La Consulta, provincia de Mendoza, Argentina. Los resultados de las características físico químicas del suelo donde se realizó el ensayo se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1: Características físico químicas

| Textura (ml%g) | CEes (μ mos/cm) | pH | N Total (mg/kg) | P Disponible (mg/kg) | K intercambiable (mg/kg) | Materia Orgánica (%) | Relación C/N |
|------------------------------|---------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|
| Por volumen de sedimentación | En extracto de saturación | Método potenciométrico | Método Kjeldahl | Método Olsen | Método con acetato de amonio 1N pH=7 | Método Walkey Black | |
| 92 | 2120 | 7,7 | 775 | 16,4 | 360 | 1,04 | 7,74 |

El suelo presentó textura franco arenosa, no salino, con contenidos altos de K, medios de N total y P, con valores de MO y relación C/N bajos. El diseño estadístico fue completo al azar con 7 repeticiones, siendo la unidad de muestreo la planta de tomate. Los tratamientos fueron cuatro manejos de suelo: suelo con mulching plástico negro y guano (C/M C/G); suelo con mulching y sin guano (C/M S/G); suelo sin mulching y con guano (S/M C/G) y suelo sin mulching y sin guano (S/M S/G). El guano se aplicó 30 días antes del trasplante en una dosis de 10 t ha⁻¹.

A los 30 días después del trasplante (ddt) se evaluó el porcentaje de área foliar por medio de fotografía digital y análisis con software de imágenes GIMP 2. A los 45 ddt se determinó la materia seca de la biomasa aérea y radicular. En este mismo momento se tomaron muestras de suelo de 0 a 30 cm de profundidad para las determinaciones químicas de fertilidad y microbiológicas. Las variables microbiológicas medidas fueron la actividad biológica total del suelo mediante la técnica de desprendimiento de dióxido de carbono (Alef, 1995), y la abundancia de bacterias y hongos aerobios totales. También se determinó el P tisular (Murphy & Riley, 1962) de tallos, hojas y racimos florales, para luego relacionarlos con su desarrollo vegetativo y obtener así la absorción total de P (% g de materia seca). Se extrajeron muestras de raíz para determinar el porcentaje de micorrización previo acondicionamiento mediante el método de Vierheilig *et al.* (1998) y la observación microscópica de raíces se realizó según la metodología propuesta por Mc Gonigle *et al.* (1990). Al momento de cosecha se evaluó la producción total, comercial, peso medio del fruto y descarte.

Para todas las evaluaciones, se realizó análisis estadístico de los datos obtenidos por medio del software Infostat (UNC, 2007) y comparación de medias por Prueba de Duncan <0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tratamiento C/M C/G se diferenció estadísticamente del resto de los tratamientos en las determinaciones de nitrógeno total, resultando en valores normales buenos respecto de los otros tratamientos que obtuvieron valores medios. En cuanto a los contenidos de P y MO se observó para los tratamientos con aporte de guano, valores altos de P edáfico y mayores contenidos de MO, que si bien son contenidos bajos, son adecuados para la zona de estudio, por lo tanto no se observó diferencias significativas entre el tratamiento C/M C/G y el tratamiento S/M C/G para los valores de P disponible y de MO. Con respecto del contenido de K intercambiable y de la relación C/N no se observaron diferencias entre tratamientos, Tabla 2.

Por lo tanto en cuanto a la fertilidad edáfica se observó el efecto positivo del enguano en la MO y el P disponible, y en cuanto al mulching un efecto protector de la MO aportada por el guano determinado por un mayor contenido de N total en el tratamiento C/M C/G.

Tabla 2: Valores de fertilidad para los distintos tratamientos

| Tratamiento | N Total (ppm) | Duncan | P Disp. (ppm) | Duncan | K Int. (ppm) | Duncan | MO (%) | Duncan | C/N | Duncan |
|-------------|---------------|--------|---------------|--------|--------------|--------|--------|--------|-------|--------|
| C/M C/G | 870,0 | a | 30,5 | a | 380,0 | a | 1,3 | a | 8,6 | a |
| C/M S/G | 764,0 | b | 17,3 | b | 346,0 | a | 0,9 | bc | 7,1 | a |
| S/M C/G | 778,0 | b | 31,0 | a | 380,0 | a | 1,1 | ab | 8,2 | a |
| S/M S/G | 688,0 | b | 19,7 | b | 338,0 | a | 0,8 | c | 7,1 | a |
| C.V. | 10,04 | | 19,99 | | 15,00 | | 16,52 | | 17,55 | |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)
 C.V. (%) = Coeficiente de Variación

De las variables microbiológicas analizadas, la abundancia de bacterias aerobias totales no mostró diferencias significativas entre los tratamientos, Figura 1. En cuanto a los hongos cultivables totales, el único tratamiento que se diferenció significativamente del resto fue S/M S/G obteniendo el menor valor, Figura 2.

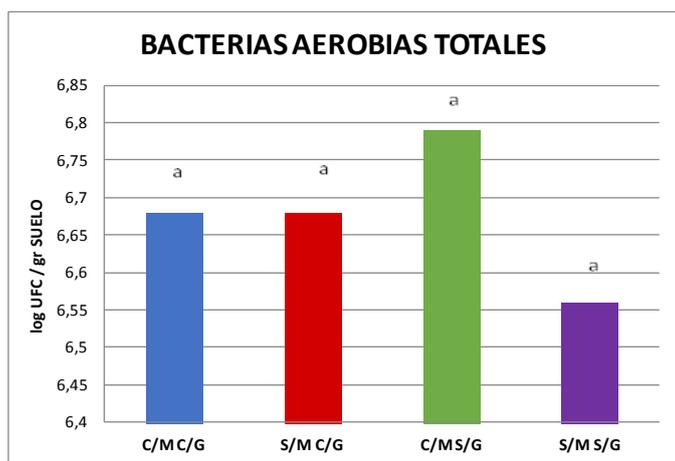


Figura 1: Bacterias aerobias totales

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$)
 U.F.C. = Unidad Formadora de Colonias

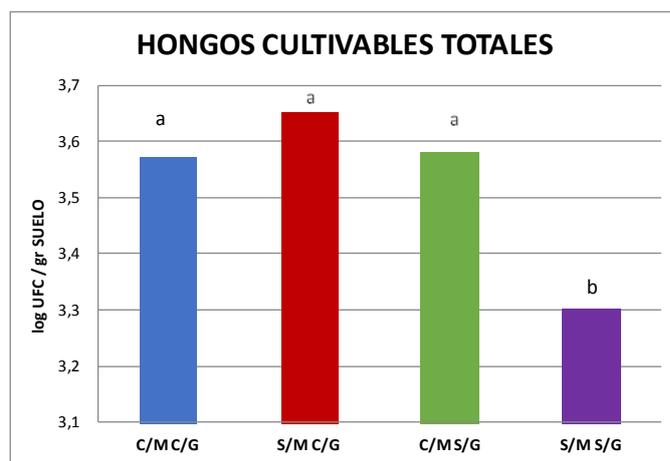


Figura 2: Hongos cultivables total

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$)
 U.F.C. = Unidad Formadora de Colonias

La actividad microbiana total y el porcentaje de micorrización aumentaron en el tratamiento C/M C/G, diferenciándose estadísticamente de los otros tratamientos, Figura 3 y 4.

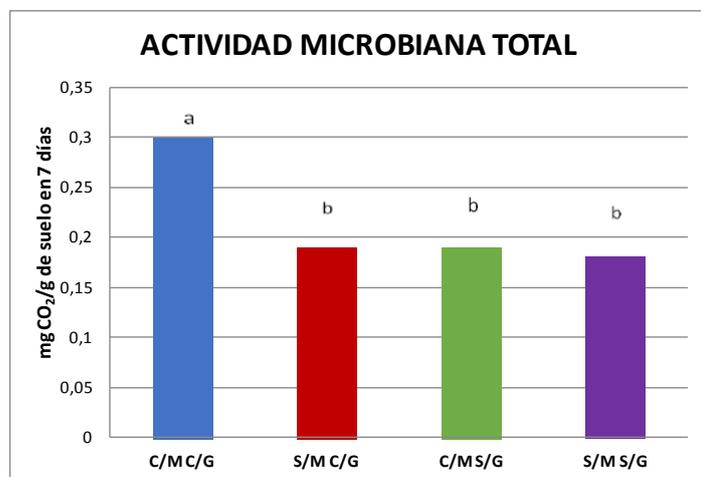


Figura 3: Actividad microbiana total del suelo

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

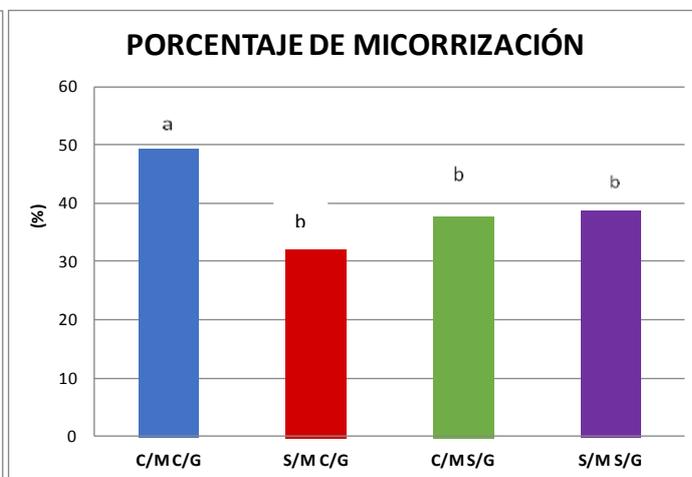


Figura 4: Porcentaje de micorrización

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Estos resultados microbiológicos resultaron promisorios con respecto al efecto del enguano y mulching en la biota del suelo, ya que los hongos aerobios cultivables, la actividad microbiana total y el porcentaje de micorrización fueron mayores en estas combinaciones de manejos. En el caso de la actividad microbiana y porcentaje de micorrización el incremento se observó para el tratamiento C/M C/G mientras que los hongos mostraron un valor menor en las parcelas S/M S/G. Esto nos indicaría el efecto del sinergismo de ambas prácticas en la biota del suelo.

Respecto a los parámetros de crecimiento, el mayor contenido de materia seca radical se observó en el tratamiento C/M C/G, casi duplicando los valores encontrados respecto del resto. En cuanto al área foliar, materia seca total y absorción total de P el tratamiento C/M C/G se diferenció estadísticamente del resto de los tratamientos obteniendo los mayores valores, Tabla 3.

Tabla 3: Parámetros de crecimiento y absorción de P

| Tratamiento | Área Foliar (%) | Duncan | Materia Seca | | Materia Seca | | Absorción | |
|-------------|-----------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|----------------|--------|
| | | | Total (g) | Duncan | Raíz (g) | Duncan | Total de P (%) | Duncan |
| C/M C/G | 53,44 | a | 124,81 | a | 17,26 | a | 56,72 | a |
| C/M S/G | 39,33 | b | 63,23 | b | 9,81 | b | 33,94 | b |
| S/M C/G | 34,69 | b | 55,43 | bc | 9,40 | b | 24,67 | bc |
| S/M S/G | 24,00 | c | 41,25 | c | 9,09 | b | 16,60 | c |
| C.V. | 15,13 | | 25,86 | | 41,15 | | 25,63 | |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

C.V. (%)= Coeficiente de Variación

Tanto en la producción total como en la comercial (producción total menos descarte), fue mayor en el tratamiento C/M C/G dejando al tratamiento S/M S/G con el menor valor. El tamaño de fruto no mostró diferencias significativas entre tratamientos, por lo que la mayor producción correspondió a un mayor cuaje. El tratamiento C/M S/G presentó el mayor valor de descarte, el que se diferenció significativamente del resto de los tratamientos.



Tabla 4: Componentes de rendimiento entre los diferentes tratamientos

| Tratamiento | Prod. Total (t ha ⁻¹) | Duncan | Prod. Comercial (t ha ⁻¹) | Duncan | Peso del Fruto (g) | Duncan | Descarte Total (t ha ⁻¹) | Duncan |
|-------------|--------------------------------------|--------|---|--------|--------------------------|--------|--|--------|
| C/M C/G | 205,41 | a | 162.12 | a | 68,49 | a | 43,29 | a |
| C/M S/G | 186,88 | ab | 118.72 | b | 76,19 | a | 68,16 | b |
| S/M C/G | 146,54 | bc | 107.81 | bc | 69,04 | a | 38,73 | a |
| S/M S/G | 106,66 | c | 79.24 | c | 66,67 | a | 27,41 | a |
| C.V. | 23,85 | | 26.27 | | 10,84 | | 40,91 | |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

C.V. (%)= Coeficiente de Variación

Las micorrizas modifican las propiedades de absorción del sistema radical a través de: el desarrollo de hifas en el suelo provenientes de las raíces, la absorción de fósforo por las hifas, la translocación de fosfato a grandes distancias, la transferencia de fosfato desde el hongo a las células de la raíz y como resultado, el mejoramiento de la nutrición de la planta con P (Smith & Read, 2008, Gómez 2015). Estos mecanismos le permiten a la planta incrementar la eficiencia de absorción de P, es decir, las unidades de P absorbidas por unidad de raíz (Marschner, 1995).

Se sabe que, además de incrementar la cantidad de fósforo que ingresa a la planta, la simbiosis HMA-planta mejora la absorción de agua y nutrientes, incrementa la tasa fotosintética, presenta efectos hormonales, confiere a las plantas resistencia a condiciones adversas en el suelo. También los HMA participan en el reciclaje de nutrientes, favorecen las interacciones con otros microorganismos, incrementa la rizósfera y libera enzimas que mineralizan compuestos orgánicos dejándolos disponibles a las raíces (Rodríguez 2010; González Sandoval 2013; Gloria 2014 y Gómez 2015). Por lo tanto si hubo un mayor porcentaje de micorrización producto de una mayor demanda de nutrientes, principalmente P, también hubo una mayor exploración del sistema radical lo que permitió una mejor absorción de P edáfico que luego se tradujo en una mayor absorción de P total, producto de un mayor crecimiento vegetal lo cual impactó finalmente en el rendimiento.

CONCLUSIONES

El efecto conjunto de la aplicación de guano con uso de acolchado plástico, favorece el incremento del contenido de nitrógeno total edáfico, la actividad microbiana, el porcentaje de micorrización y la absorción total de P. Como consecuencia de este efecto positivo se observó un mayor crecimiento y producción del cultivo de tomate para industria.

La aplicación de guano en conjunto con la utilización de mulching plástico, incrementó en un 48% la producción comercial de tomate para industria, en un 67% la materia seca total de las plantas, logrando un 55% de aumento del área foliar y un 47% de la masa radicular en comparación a la no utilización de ninguna de las tecnologías.

El incremento vegetativo y productivo obtenido podría estar dado entonces por el aumento de la actividad microbiana del suelo, la cual potenciaría los ciclos biogeoquímicos de macro y micro nutrientes en la rizósfera además de mejorar aspectos físicos y regenerativos del suelo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Cuyo, quién financió el proyecto y al programa tomate 2000 del INTA EEA La Consulta quien prestó el campo de la estación experimental para llevar adelante el ensayo.

BIBLIOGRAFÍA

- Adriano Anaya, M. de L.; R. J. Gálvez; C. Hernández Ramos; M. S. Figueroa & C. T. Monreal Vargas. 2011. Biofertilización de café orgánico en etapa de vivero en Chiapas, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Vol. 2, No. 3. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342011000300009&script=sci_arttext [Consulta: 12 de marzo de 2015].
- Alef K. 1999. Soil respiration. In: Alef K, Nannipieri P (eds) Methods in applied soil microbiology and biochemistry. Academic Press, New York, pp 214-218



C2P23. CAMBIOS EN LA ACTIVIDAD DE HONGOS FORMADORES DE MICORRIZAS NATIVOS EN RESPUESTA AL AGREGADO DE CALCITA

Mañana, Bernardo¹; Vacca, Santiago¹; Barbieri, Pablo A.^{2,3}; Sainz Rozas, Hernán R.^{1,2,3} y Covacevich, Fernanda^{2,3}

¹Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Unidad Integrada Balcarce, Ruta Nac. 226 km 73,5, Balcarce, Buenos Aires, Argentina. ²Estación Experimental INTA Balcarce. ³CONICET. ⁴INBIOTEC (CONICET)-FIBA

RESUMEN

En la región pampeana (RP) se está evidenciando acidificación de algunos suelos como resultado del incremento en el uso de fertilizantes de alta acidez. Esto podría condicionar las actividades microbianas con roles en el ciclado de nutrientes y productividad de los cultivos. Nuestro objetivo fue estudiar el efecto de aplicación de calcita sobre la actividad de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) nativos de dos suelos de la RP. Se colectaron muestras de suelo (0-20 cm) en 9 de Julio y Gardey (centro-oeste y sudeste de Bs As, respectivamente), sitios con prolongada historia agrícola y en los que se estableció en 2015 un ensayo de aplicación de calcita por única vez. Para la campaña 2017 se evaluaron los tratamientos: 0, 2000 y 6000 kg ha⁻¹ de calcita. En muestras colectadas de campo y en aquellas utilizadas como sustrato para las plantas trampa (-PT- de tres meses) el pH incrementó por el agregado de calcita y el cambio fue mayor para 9 de Julio. Se registró una tendencia (no soportada estadísticamente) de aumento de esporulación HMA por la aplicación de calcita. En Gardey la abundancia de esporas en el sustrato proveniente de 2000 kg ha⁻¹ prácticamente triplicó a la del testigo. En 9 de Julio el menor contenido de glomalina (glicoproteína secretada por los HMA y asociada a la estabilidad del suelo) se registró en el tratamiento 6000 kg ha⁻¹ de calcita aunque en Gardey no fue afectado. La colonización por HMA en las raíces de las PT fue mayor, para ambos sitios, en las condiciones con dosis intermedia de calcita. Los resultados evidencian que la aplicación de calcita a razón de 2000 kg ha⁻¹ puede ser una estrategia para corregir (elevar) el pH del suelo y favorecer la actividad y abundancia de los HMA nativos en suelos con pH subácidos a ligeramente ácidos.

Palabras claves: pH, hongos micorrícicos arbusculares.

INTRODUCCIÓN

El incremento en el uso de fertilizantes de alto índice de acidez en la región pampeana, como los nitrogenados amoniacales, puede contribuir a la acidificación de los suelos (Vázquez & Pagani, 2015). Si bien algunos antecedentes sugieren que en la actualidad la acidez de los suelos no condicionaría la productividad de los cultivos, es probable que de continuar el proceso de acidificación la misma se vuelva un factor limitante.

Si se considera el rol protagónico que tienen los microorganismos edáficos en los ciclos y disponibilidad de los nutrientes del suelo y cómo su actividad puede ser condicionada por cambios en el pH del suelo (Cao *et al.*, 2016), es probable que condiciones de acidez como resultado de prácticas agrícolas prolongadas, condicionen la productividad de los cultivos a través de deterioros en la actividad de microorganismos edáficos.

Entre la diversidad de microorganismos del suelo, los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) cumplen roles protagónicos en la promoción de crecimiento de las plantas hospedadoras y además afectan la estabilidad de los agregados del suelo a través de la liberación de la glomalina, una proteína cementante asociada a las paredes de las hifas (Siddiqui *et al.*, 2008). Aunque resulta de importancia conocer el efecto de la aplicación de calcita como corrector de pH en suelos con historia prolongada de uso agrícola sobre este grupo microbiano, no se encuentran abundantes reportes actuales en este sentido, o estos son contradictorios. Los primeros reportes corresponden a Davis *et al.* (1983) y estuvieron destinados a evaluar el efecto de adición de calcita (CaCO₃) sobre la colonización y promoción de crecimiento por HMA en árboles de liquidámbar en condiciones controladas, con rangos de pH de suelo de 5,0 a 8,1. Dichos autores informaron que a los niveles de pH más bajos la colonización de raíces de las plantas hospedadoras se reducía como así también la habilidad promotora de crecimiento de los HMA. Similares resultados fueron reportados por Coughlan *et al.* (2000) quienes informaron que el agregado de calcita incrementó el pH del suelo, estimuló la esporulación por HMA y favoreció la colonización micorrícica en caña de azúcar. Por el contrario, Wang *et al.* (1993) hacen referencia a que el agregado de calcita en suelos USA dentro de un rango pH 4,5 a 7,5 evidenció escasos cambios en la colonización micorrícica ante cambios en el pH del suelo, detectándose algunos cambios en la abundancia de esporas (baja en suelos pH 5,5; nulas en pH 4,5). Carrenho *et al.* (2007) reportaron tendencia de disminución de colonización micorrícica con agregado de calcita al suelo (de Brasil) que alcanzaron rango de pH de 5,1 a 7,0 habiendo obtenido variación en la respuesta asociada a diferentes texturas de suelo y dosis de aplicación de calcita. En Argentina,



Pellegrini *et al.* (2016) informaron que la actividad microbiana (medida como actividad ureásica) se asoció negativamente con el pH del suelo y que fue diferente en suelos Argiudoles y Natracuulf. Covacevich *et al.* (2012) reportaron que la capacidad infectiva por HMA nativos de la provincia de Buenos Aires se asoció positivamente al pH del suelo, mientras que Thounnon Islas *et al.* (2016) evidenciaron que la relación dependía del uso de suelo y que el pH se asoció negativamente con la glomalina edáfica.

Los diferentes resultados del efecto de la aplicación de calcita sobre la actividad de los HMA podrían atribuirse a diferencias en los tipos de suelo sobre los cuales se realizaron los experimentos. En este sentido, es probable que diferencias en las características edáficas, nutricionales y texturales influyeran el efecto del agregado de calcita sobre los HMA. Como se mencionó, la actividad de los HMA son importantes para el ciclado y la adquisición de nutrientes como así también para el mantenimiento de la estabilidad de agregados. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de aplicación de calcita sobre la actividad de HMA nativos de dos suelos de la región pampeana con propiedades contrastantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos ensayos de encalado a campo en la Provincia de Buenos Aires, en las localidades de 9 de Julio (centro oeste) y en Gardey (Tandil, sudeste). Ambos experimentos se realizaron en suelos con prolongada historia agrícola con secuencias que incluyen trigo o cebada/soja-maíz-soja. Los ensayos se iniciaron en otoño del 2015 y para la campaña 2017 se evaluaron tres dosis de aplicación de calcita: 0, 2000 y 6000 kg ha⁻¹, la cual fue aplicada por única vez en superficie en el año 2015. El diseño experimental es en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones y las unidades experimentales son de 40 m² de superficie (4 m de ancho por 10 m de largo).

Se realizó un muestreo a los dos años luego de la aplicación de la calcita y cuando los lotes se encontraban sin cultivo en los meses de mayo y julio, para Gardey y 9 de Julio, respectivamente. Las muestras fueron colectadas de manera compuestas por 30 a 40 submuestras colectadas con muestreador de 5 cm de diámetro y 0-20 cm de profundidad.

Parte de las muestras de suelo fueron utilizadas para la instalación de cultivos trampa para favorecer la multiplicación de propágulos de HMA nativos. Para ello, se mezcló el suelo (separadamente de cada tratamiento y bloque de campo) con perlita y arena de río estériles (suelo/perlita/arena 2:1:1) y el sustrato resultante fue utilizado para llenar macetas de 100 mL. Se sembraron de manera equitativa semillas de diferentes especies como plantas hospedadoras (ryegrass -*Lolium multiflorum* Lam.-, trigo -*Triticum aestivum*-) que fueron esterilizadas previo a la siembra mediante enjuague con agua destilada, etanol 90%, 3 minutos, enjuague con agua destilada, Hipoclorito de Sodio comercial al 3,5 %, 3 minutos, enjuague con agua destilada).

Las plantas fueron mantenidas en cámara de crecimiento durante 3 meses (Laboratorio de Microbiología de Suelos-UI FCA-EEA INTA, Balcarce, 12 h luz/12 h oscuridad; 23 °C) y regadas diariamente con agua destilada. Previo a la finalización del ensayo de Plantas Trampa el riego fue interrumpido para favorecer la proliferación de esporas.

Las plantas fueron desmontadas, parte de las raíces lavadas con agua y procesadas para la tinción con Azul tripan usando una modificación de la metodología propuesta por Phillips & Hayman (1970), en la que se omitió la utilización de fenol en los reactivos. Para ello, las raíces fueron clarificadas con KOH 10% (30 min, 60 °C), lavadas con agua, acidificadas (HCl 0,1 N), lavadas con agua y teñidas con azul tripan (0,05%) en lactoglicerol (ácido láctico, glicerol, agua destilada 1:1:1, 15 min, 50 °C). Las raíces teñidas fueron cortadas en segmentos de 1cm y montadas en portaobjetos. Se realizó la cuantificación microscópica (Brundrett, 2008) del grado de colonización micorrícica presente en las raíces registrando los segmentos de raíz colonizados con estructuras de hongos MA (hifas, arbuscúlos). A partir de la relación entre las observaciones donde se registraron estructuras de hongos MA y las observaciones totales, se calculó el % Arbuscúlos (%Ar) y % Infección Total (%MA, segmentos con Ar, hifas y/o vesículas de hongos MA).

Una submuestra (40 g de sustrato) fue procesada para la extracción de esporas de hongos MA mediante la técnica de tamizado en húmedo, decantado, y centrifugación en gradiente de sacarosa al 60% (http://www.dcs.ufla.br/micorriza/fma_metodos_extração_de_esporos.html). El material de la fracción colectada en el tamiz de 53 µm fue observado en lupa estereoscópica, se contabilizó el número de esporas de hongos MA presente en cada muestra intactas y que evidenciaron contenido interno y se calculó la abundancia (Aesporas) de acuerdo a la siguiente relación:

$$\text{Aesporas} = n^{\circ} \text{ de esporas} / 100 \text{ g de suelo}$$

Parte del suelo fue utilizado para la determinación del contenido de glomalina fácilmente extraíble (FE-GRPS) (Wright & Upadhyaya, 1996). Para ello, 1 g del sustrato, proveniente de las plantas trampa, fue mezclado con 8 mL de



citrato de sodio tribásico dihidratado 20 mM ($C_6H_5Na_3O_7 \cdot 2H_2O$, pH=7,0) en tubos tipo falcon de 50 mL. Los tubos se autoclavaron por 30 min a 121°C e inmediatamente fueron centrifugados (3500 rpm; 15 min). El contenido de proteínas en el sobrenadante se determinó por el método de Bradford (reacción colorimétrica) y luego se cuantificó por espectrometría (absorbancia a 595 nm), usando suero de albúmina bovina (BSA) como estándar.

Parte del suelo (tanto del proveniente de campo como el de las plantas trampa) fue tamizado por 2 mm y se cuantificó el pH actual (relación suelo:agua 1:1 y 1:2,5).

Los resultados fueron analizados por ANOVA y las medias entre tratamientos fueron comparadas a través del test de Diferencias Mínimas Significativas ($P < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de calcita, (particularmente la dosis de 6000 kg ha⁻¹) incrementó el pH del suelo (Tabla 1) tanto de las muestras procedentes directamente del campo, como de las plantas trampas, estas últimas particularmente para 9 de Julio dado que en Gardey no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0,05$). Esto indicaría que la capacidad buffer del suelo de Gardey fue superior a la del suelo de 9 de Julio, lo que es esperable por el menor contenido de MO y de arcillas del mismo ((Vázquez & Pagani, 2015) Además, el pH medio de las muestras de suelo fue superior ($P < 0,05$) en el sustrato de las plantas trampa procedente de 9 de Julio en comparación con el sustrato de Gardey. Por otra parte, en el sustrato en el cual crecieron las plantas trampa los niveles de pH fueron muy superiores a los determinados en la situación de campo, probablemente debido al agua de riego.

Tabla 1. pH en muestras de suelo proveniente de campo y utilizada en ensayo de macetas de plantas trampa (PT) en función de dosis de aplicación de calcita

| Sitio | Dosis calcita | pH suelo de campo | pH sustrato PT |
|------------|---------------|------------------------|------------------------|
| 9 de julio | 0 | 5,52 (±0,04) b | 8,96 (±0,19) b |
| | 2000 | 5,93 (±0,14) ab | 9,40 (±0,15) ab |
| | 6000 | 6,24 (±0,22) a | 9,61 (±0,02) a |
| Gardey | 0 | 5,79 (±0,02) b | 7,82 (±0,23) |
| | 2000 | 6,07 (±0,10) ab | 7,86 (±0,20) |
| | 6000 | 6,28 (±0,27) a | 8,27 (±0,10) |

Valores entre paréntesis corresponden a Desvíos Estandar.

Valores resaltados en negrita con letras diferentes indican diferencias significativas, para cada sitio, entre dosis de calcita.

La abundancia de esporas de HMA no difirió entre sitios ni entre tratamientos ($P > 0,05$), probablemente debido a la elevada variabilidad entre los valores de las muestras. Aun así, la abundancia de esporas en Gardey siempre duplicó y hasta triplicó la determinada en 9 de julio. Además, se destaca la tendencia de aumento de esporulación en condiciones de aplicación de calcita. En este sentido, en Gardey, la abundancia de esporas en el sustrato de plantas trampa proveniente del sitio de campo que recibió la dosis intermedia de calcita (2000 kg ha⁻¹), prácticamente triplicó a la determinada en el sustrato del testigo sin aplicación de calcita (Tabla 2). El contenido medio de glomalina en el ensayo fue mayor ($P < 0,05$) en Gardey que en 9 de julio (1,94 vs 0,91 mg Glomalina g suelo⁻¹ para Gardey y 9 de Julio, respectivamente). Esto podría deberse a una condición diferencial del suelo y probablemente de sus poblaciones de HMA, ya que en la situación inicial (antes del agregado de calcita) el contenido de glomalina registrado en Gardey prácticamente duplicó al de 9 de Julio (1,40 (±0,30) y 2,77 (±0,14) mg G g suelo⁻¹, para 9 de Julio y Gardey, respectivamente). En el ensayo de 9 de julio los mayores niveles se registraron en el testigo sin aplicación de calcita y los menores en el tratamiento que recibió la dosis máxima, mientras que para el suelo de Gardey aunque las diferencias fueron no significativas, se detectaron leves incrementos del contenido de la proteína en el sitio que recibió 2000 kg calcita ha⁻¹.



Tabla 2. Abundancia de esporas (Aesporas) de hongos micorrícicos arbusculares y contenido de glomalina (G) en el sustrato en ensayo de macetas de plantas trampa en dos sitios y en función de dosis de aplicación de calcita

| Sitio | Dosis calcita (kg ha ⁻¹) | Aesporas (n° 100 g suelo ⁻¹) | Glomalina (mg G g suelo ⁻¹) |
|------------|---|---|--|
| 9 de Julio | 0 | 61 (± 16) | 0,98 (±0,11) a |
| | 2000 | 87 (± 24) | 0,94 (±0,05) ab |
| | 6000 | 56 (± 14) | 0,80 (±0,10) b |
| Gardey | 0 | 116 (± 38) | 1,74 (±0,19) |
| | 2000 | 326 (± 72) | 2,12 (±0,29) |
| | 6000 | 232 (± 60) | 1,89 (±0,23) |

Valores entre paréntesis corresponden a Desvíos Estandar.

Valores en negrita con letras diferentes indican, para cada sitio, diferencias significativas entre tratamientos.

La colonización micorrícica en las plantas trampa fue superior en 9 de Julio que en Gardey ($P < 0,05$). Asimismo, para ambos sitios evaluados, en las raíces de las plantas que crecieron en sustrato proveniente del suelo de campo con aplicación intermedia de calcita (Figura 1, A) se registró la mayor colonización, detectándose para ambos sitios esporas y vesículas pertenecientes a HMA (Figura 1, B). Sorprendentemente no se detectó prácticamente formación de arbusculos (sitio de intercambio de nutrientes entre la planta y el hongo). Es probable que en suelos con pH más ácidos, se requieran más de 3 meses de multiplicación de los HMA en planta trampa para el desarrollo de las estructuras de mayor funcionalidad de la simbiosis. En el tratamiento con la mayor dosis de calcita, prácticamente solo se registró la presencia de hifas con morfología propia de los HMA.

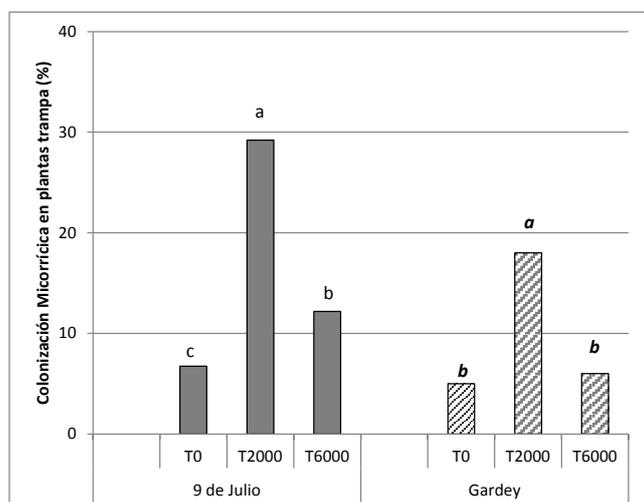
Se obtuvieron relaciones lineales positivas y significativas ($P < 0,05$) entre el pH del suelo de campo con el contenido de glomalina y la abundancia de esporas (r^2 0,38 y r^2 0,49, respectivamente), así como entre el contenido de glomalina y la abundancia de esporas (r^2 0,58) en los suelos de Gardey. No se obtuvieron correlaciones lineales significativas entre otras variables y a excepción de una relación negativa entre el pH del sustrato y el contenido de glomalina detectado en 9 de Julio, el resto de las relaciones fueron no significativas. Futuros análisis evaluarán relaciones no lineales que contribuyan al entendimiento de los posibles moduladores de la actividad y abundancia de HMA en sistemas de aplicación de calcita como corrector del pH del suelo.

Como se mencionó, los reportes a nivel internacional sobre el efecto de la aplicación de cal como corrector de pH sobre la dinámica de los HMA son contradictorios. En la región pampeana no se contaba hasta el momento con reportes previos del efecto de la aplicación de calcita sobre indicadores de la actividad de los HMA y estos resultados constituyen una primera evidencia de que es posible mejorar la actividad de dichos hongos (cuantificada por su abundancia de esporas, capacidad de colonización y de producción de glomalina) por la corrección del pH edáfico, aún en suelos con propiedades contrastantes como los utilizados en este estudio. Futuras investigaciones deberían estudiar si esta mejora en la actividad de los HMA se traduce también en una mayor adquisición de nutrientes poco móviles como el fósforo y el cinc por las plantas.

CONCLUSIONES

Los resultados evidencian que aplicaciones intermedias de calcita (dosis 2000 kg calcita ha⁻¹) puede ser considerada como una estrategia que permite corregir (elevar) el pH del suelo así como favorecer la actividad y abundancia de los hongos micorrícicos arbusculares nativos en suelos con pH subácidos a ligeramente ácidos.

A)



B)

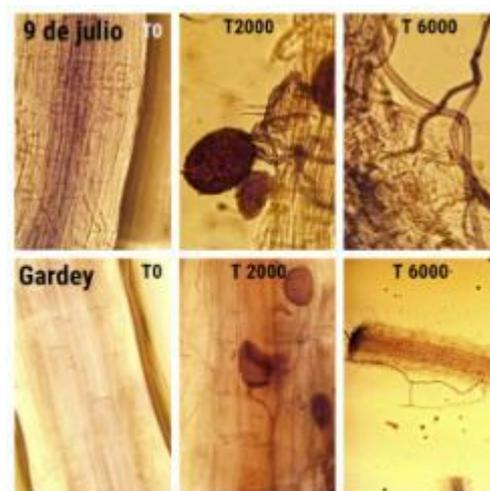


Figura 1. Frecuencia de colonización micorrícica en raíces de plantas trampa (A) y registro fotográfico de la colonización en raíces (B) crecidas en sustratos provenientes de dos sitios y en función de dosis de calcita.

Figura 1A: para cada sitio, letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos.

Figura 1B: T0 imagen de raíces no colonizadas en sustrato testigo; T2000 imagen de esporas, vesículas e hifas en raíces crecidas en sustratos con aplicación de 2000 kg calcita ha⁻¹; T6000 imagen de hifas asociadas a raíces crecidas en sustratos con aplicación de 2000 kg calcita ha⁻¹.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte de la Tesis de graduación (en curso) de B Mañana. Este trabajo fue financiado con subsidios de FONCyT (PICT 2015-0392), de CONICET (PIP 0424) y de INTA (PE1134043 y PE1334024).

BIBLIOGRAFÍA

- Brundrett, M. 2008. Mycorrhizal associations: The Web Resource. <http://mycorrhizas.info/vam.html#S3>
- Cao, H; R Chen ; L Wang ; L Jiang; F Yang; S Zheng ; G Wang & X Lin. 2016. Soil pH, total phosphorus, climate and distance are the major factors influencing microbial activity at a regional spatial scale. *Sci. Rep.* 6, 25815; doi: 10.1038/srep25815
- Carrenho, R; SF Botelho Trufem; VL Ramos Bononi & E Schunk Silva. 2007. The effect of different soil properties on arbuscular mycorrhizal colonization of peanuts, sorghum and maize. *Acta bot. bras.* 21(3): 723-730.
- Coughlan, A; Y Dalpe; L Lapointe & Y Piche. 2000. Soil pH-induced changes in root colonization, diversity, and reproduction of symbiotic arbuscular mycorrhizal fungi from healthy and declining maple forests. *Canadian J Forest Res* 30: 1543–1554.
- Covacevich, F; M Eyherabide; HR Sainz Rozas; HE Echeverría. 2012. Capacidad micotrófica arbuscular y características químicas de suelos agrícolas y prístinos de Buenos Aires (Argentina). *Ciencia del Suelo* 30(2): 119-128
- Davis, EA; JL Young & RG Linderman. 1983. Soil Lime Level (pH) and VA-Mycorrhiza Effects on Growth Responses of Sweetgum Seedlings. *Soil Sci Soc Am J Abstract* - Vol. 47 No. 2, p. 251-256. doi:10.2136/sssaj1983.03615995004700020015x



- Pellegrini, A; C Vecchio; ME Bossio; V Bolaños, F Fontenla; I Martínez; J Lanfranco & R Golluscio. 2016. Rol de la cobertura en las propiedades químicas y biológicas de un Natracualf típico. XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Río Cuarto, Córdoba
- Phillips, J. & D Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British mycological Society. 55(1): 158-IN118.
- Siddiqui, ZA; MS Akhtar & K Futai (eds). 2008. Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry. Springer, New Delhi
- Thounon Islas, AJ; K Hernandez Guijarro; M Eyherabide; HR Sainz Rozas; HE Echeverría & F Covacevich. 2016. Can soil properties and agricultural land use affect arbuscular mycorrhizal fungal communities indigenous from the Argentinean Pampas soils? *App Soil Ecol* 101: 47–56; <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.01.005>
- Vázquez, M & A Pagani. 2015. Calcio y Magnesio del suelo. En: Manejo de fertilización y enmiendas. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Ed. Echeverría H., García F. INTA, Cap. 1: 317-356. 904 p.
- Wang, GM; DP Stribley; PB Tinker & C Walker. 1993. Effects of pH on arbuscular mycorrhiza I. Field observations on the long-term liming experiments at Rothamsted and Woburn. *New Phytologist* 124: 465–472.
- Wright, SF & A Upadhyaya. 1996. Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Sci* 161(9): 575-586.



C2P24. IMPACTO DE LA FERTILIZACIÓN A LARGO PLAZO SOBRE LA ESTRUCTURA Y FUNCIONALIDAD DE LA COMUNIDAD MICROBIANA

Ortiz, J¹; Faggioli, VS¹; Ghio, H²; Boccolini, MF¹; Ioele, JP³; Tamburrini, P⁴; García F⁵ y Gudelj V¹

¹INTA EEA Marcos Juárez, Córdoba, Argentina; ²AAPRESID; ³Agencia de Extensión INTA Corral de Bustos; ⁴Agro servicios Pampeanos; ⁵IPNI Cono Sur, Argentina.

faggioli.valeria@inta.gob.ar;

RESUMEN

Para un manejo sustentable no se deben desconocer los efectos de la fertilización sobre el suelo y sus procesos microbianos. El objetivo de este trabajo fue evaluar comparativamente el efecto acumulado de diferentes dosis de fertilización sobre las comunidades microbianas del suelo en dos profundidades (0-5 cm y 5-10 cm). El trabajo se realizó sobre un experimento de campo con aplicación incorporada de fertilizantes desde 1999 y se midieron variables de estructura (DGGE), actividad enzimática (fosfatasa, ureasa, arilsulfatasa), nitrógeno potencialmente mineralizable (NAN) y glomalinas. La fertilización afectó diferencialmente las funciones microbiológicas en las dos profundidades. En 0-5cm la actividad ureasa y NAN tuvieron mayores valores en Testigo y Dosis de Productor. En cambio, fosfatasa y glomalinas predominaron en ambas dosis de Reposición. La acidez del suelo y volumen de rastrojo generados por la fertilización habrían ocasionado los elevados valores de fosfatasa y glomalinas. La disminución de NAN en altas dosis de fertilización respondería al incremento de la mineralización generado por el agregado de nutrientes (efecto “*priming*”). La estructura de la comunidad microbiana fue afectada por la fertilización en diferente medida según la profundidad de muestreo. En 0-5 cm la riqueza y diversidad fueron similares entre tratamientos. En cambio, en 5-10 cm, ambos índices fueron drásticamente afectados por la aplicación de fertilizantes. Shannon fue de 2,21 y 2,20 en Testigo y Dosis de productor; y 1,4 y 1,39 en las dosis de reposición. Sólo se hallaron correlaciones significativas entre la actividad enzimática y la estructura microbiana en la profundidad 0-5 cm. El mantenimiento de la sustentabilidad de los agro-ecosistemas depende en gran medida del equilibrio entre la estructura y las funciones biológicas provistas por los microorganismos del suelo. Esperamos que con este aporte constituya una herramienta más a tener en cuenta al momento de tomar decisiones de manejo de cultivos.

Palabras claves: Actividad enzimática, DGGE, NAN.

INTRODUCCIÓN

El uso de fertilizantes es una de las prácticas de manejo más importantes para suplir nutrientes e incrementar el rendimiento y de los cultivos y la calidad del grano. En cada campaña, nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) son aportados para la producción de cereales y oleaginosas. Los cultivos de mayor importancia económica en Argentina son maíz, trigo y soja que ocupan 4,25; 3,7 y 20,7 mill ha, respectivamente, con una dosis promedio de fertilizantes de 186; 131 y 46 kg ha⁻¹ (Fertilizar, 2016). Aunque la fertilización va destinada a los cultivos, también incide sobre los organismos que habitan el suelo.

Los fertilizantes afectan a los microorganismos de diferentes maneras. Por ejemplo, a través de la disminución de pH del suelo y el rápido aumento en la disponibilidad de nutrientes. Por otra parte, un efecto indirecto se atribuye al mayor crecimiento vegetal y cambios en la calidad y cantidad de exudados radicales. Una revisión reciente de 34 casos analizados demostró que en el 84% de ellos la comunidad microbiana fue sensible a la fertilización (Geisseler & Scott, 2014). Estudios de larga duración demostraron que la aplicación de N acumulada en el tiempo disminuyó la diversidad microbiana del suelo (Yu *et al.*, 2015). Sin embargo, queda por dilucidar en qué medida los cambios en la estructura microbiana se trasladan en diferencias en los procesos del ecosistema.

Los microorganismos del suelo intervienen en el ciclo de los nutrientes a través de la regulación de los procesos de mineralización de materia orgánica y mantenimiento de los stocks de nutrientes en el suelo. Las técnicas moleculares han permitido un gran avance en el estudio de la composición de las comunidades microbianas. En tanto que las maneras más habituales de cuantificar las funciones llevadas a cabo por los microorganismos es través de la actividad de enzimas tales como la fosfatasa, arilsulfatasa y ureasa que intervienen en la mineralización de P, S y N, respectivamente. Los nutrientes retenidos en estructuras orgánicas representan una medida de su grado de conservación dentro del sistema. Por ejemplo, el N orgánico puede medirse a través del N potencialmente mineralizable (NAN) y en estructuras proteicas del suelo, tales como las denominadas “glomalinas”. Esta última también se ha citado como un agente cementante de



agregados. Un suelo estable mantendrá una óptima diversidad biológica y un equilibrio entre la conservación de recursos y la mineralización.

El impacto de la fertilización sobre los microorganismos depende del tipo de fertilizante, la dosis y el método de aplicación. Numerosos estudios tendientes a cuantificar el efecto de prácticas agronómicas sobre comunidades microbianas del suelo se realizaron en los primeros centímetros de la superficie. Sin embargo, la incorporación sub-superficial de fertilizantes podría estar afectando a los microorganismos que habitan en capas más cercanas al sitio de la aplicación. El objetivo de este trabajo fue evaluar comparativamente el efecto acumulado de diferentes dosis de fertilización sobre la composición y funcionalidad de comunidades microbianas del suelo en dos profundidades (0-5 cm y 5-10 cm). El trabajo se realizó sobre un experimento de campo con aplicación incorporada de fertilizantes desde 1999.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del ensayo y diseño experimental

El estudio se realizó sobre un ensayo de fertilización establecido en el año 1999, sobre un suelo Argiudol Típico de textura franco limosa perteneciente a la serie Marcos Juárez. La rotación que se sigue es maíz – trigo/soja en un diseño de franjas en campo de productor (60 m ancho por 210 m largo). Los tratamientos evaluados fueron: Testigo (sin fertilización) y tres situaciones de fertilización con NPS: Dosis de productor, Dosis de reposición y Dosis de reposición con el agregado de micronutrientes (Zn y B) (Tabla 1). La aplicación del fertilizante se realizó desde el inicio del experimento por debajo al costado de la semilla (N y S) o en la línea de siembra (P).

Tabla 1: Características químicas del suelo en los diferentes tratamientos de fertilización.

| | Criterio de fertilización ^(*) | | | |
|--|--|--------------------|------------|------------------------------|
| | Testigo | Dosis de productor | Reposición | Reposición + micronutrientes |
| pH (0-10 cm) | 6,5 | 6,1 | 5,42 | 5,5 |
| CO TOTAL tn ha ⁻¹ (0-18 cm) | 29 | 28,32 | 32 | 30,74 |
| ppm P (0-30 cm) | 4,7 | 8,46 | 38,9 | 39,9 |

(*) Excepto el testigo, las dosis de fertilización se basan en NPS en la rotación maíz – trigo/soja. La dosis del productor medio de la zona consiste en 80 kg.ha⁻¹ de N, 17 kg.ha⁻¹ de P y 15 kg.ha⁻¹ de S, para maíz, y 80 kg.ha⁻¹ de N, 21 kg.ha⁻¹ de P y 14 kg.ha⁻¹ de S, para trigo/soja. La determinación de la dosis de reposición se realizó según valores de referencia de Echeverría & García (2014)

Recolección y acondicionamiento de las muestras

Previo a la siembra del cultivo estival en septiembre 2015, se recolectaron muestras de suelo de 0-5 y 5-10 cm de profundidad con barreno 2,5 cm de diámetro. Se definieron 3 zonas de muestreo dentro de cada franja y se tomaron 20 sub-muestras en cada una de ellas. De este modo, se tuvieron 3 réplicas por cada tratamiento. Luego de tamizarla (2 mm malla), una fracción de la muestra se conservó a 4°C hasta la determinación de actividad microbiana y otra porción se conservó a -20 °C para la extracción de ADN genómico.

Determinaciones microbiológicas

Se analizó actividad enzimática global medida por la hidrólisis de fluoresceína diacetato (FDA), actividad de fosfatasa ácida, ureasa y arilsulfatasa; nitrógeno anaeróbico potencialmente mineralizable (Nan) (Alef & Nanipieri, 1995) y las proteínas fácilmente extraíbles reactivas a Bradford, comúnmente denominadas “glomalininas” (Wright & Upadhyaya, 1999).

Estructura de la comunidad microbiana

La extracción de ADN se realizó a partir de 0,25 g de suelo con kit MOBIO. Para la amplificación específica de la región 16S se realizó una *nested*-PCR y DGGE (Muyzer *et al.*, 1993). Se prepararon geles de poli(acrilamida) al 8% con un gradiente lineal desnaturante de 30 a 55%. Las condiciones de electroforesis fueron a 60 V durante 16 h a 60 °C. Los geles se tiñeron con GelRed en TAE 1X durante 45 min y se visualizaron bajo luz UV. Los perfiles DGGE fueron digitalizados y analizados con el *software* Gel Compare II (Applied Maths). La posición y la intensidad de las bandas fueron utilizadas para posteriores análisis estadísticos y estimación de índices de diversidad (Shannon).

Análisis estadístico de los datos



Para el análisis estadístico de los datos microbiológicos se utilizó el programa INFOSAT (Di Rienzo *et al.*, 2017). Se aplicó un Modelo Lineal Generalizado Mixto (MLGM) tomando como efecto fijo los tratamientos de fertilización y las profundidades, y como efectos aleatorios a las repeticiones de campo. Cuando el p-valor del test fue $p < 0.05$ se compararon las medias por el test DGC con significancias del 5%. La comparación en la composición de las comunidades se realizó mediante permanova. El gráfico de composición de comunidades se realizó en base a un PCO (Principal Coordinate Analysis) con el paquete labsdv de R (R Development Core Team, 2018). Se estimaron correlaciones lineales entre las variables microbiológicas y las comunidades bacterianas con la función envfit del paquete vegan del software R, sólo se graficaron los vectores correlacionados significativamente ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades microbiológicas

Los tratamientos de fertilización afectaron diferencialmente las funciones microbiológicas en los dos estratos de profundidad evaluados. La enzima FDA sólo respondió a la profundidad y no fue sensible a las dosis de fertilizantes y arilsulfatasa tuvo una respuesta errática a los tratamientos. Sin embargo, el resto de las variables tuvieron un comportamiento que podría agruparse en dos categorías. Por un lado, aunque con variaciones según la profundidad, la actividad ureasa y NAN tuvieron mayores valores en los tratamientos Testigo y Dosis de Productor. Por el otro lado, fosfatasa y glomalina tuvieron mayores valores en las dosis de Reposición y Reposición + micronutrientes. En este caso, las diferencias se observaron consistentemente en 0-5 cm (Tabla 2).

Tabla 2: Actividad enzimática (FDA, fosfatasa, arilsulfatasa, ureasa), nitrógeno potencialmente mineralizable (NAN) y glomalinas en los diferentes tratamientos de fertilización a 0-5 cm y 5-10 cm de profundidad.

| | FDA $\mu\text{g fluor g}^{-1}\text{ h}^{-1}$ | Fosfatasa $\mu\text{gPNF g}^{-1}\text{ h}^{-1}$ | Arilsulfatasa $\mu\text{gPNF g}^{-1}\text{ h}^{-1}$ | Ureasa $\mu\text{g urea g}^{-1}\text{ h}^{-1}$ | NAN Ppm | Glomalina ^(*) $\mu\text{g prot g}^{-1}$ |
|-----------------|---|--|--|---|------------|---|
| 0-5 cm | | | | | | |
| Testigo | 90,0 a | 768,1c | 40,0 b | 25,3 a | 93,8 a | 409,6 c |
| Dosis Productor | 107,0 a | 931,6 b | 43,1 b | 20,1 b | 87,5 a | 441,9 b |
| Reposición | 76,2 a | 1013,9 a | 39,9 b | 19,5 b | 49,7 c | 509,8 a |
| Repos. + micr. | 112,0 a | 1149,7 a | 14,8 c | 16,2 c | 66,5 b | 516,1 a |
| 5-10 cm | | | | | | |
| Testigo | 42,2 b | 505,6 d | 28,1 b | 13,6 d | 35,7 d | 375,3 c |
| Dosis Productor | 42,6 b | 553,2 d | 29,8 b | 10,5 d | 17,5 e | 392,2 c |
| Reposición | 45,4 b | 531,9 d | 57,2 a | 4,9 e | 13,8 e | 434,3 b |
| Repos. + micr.. | 39,4 b | 556,9 d | 41,2 b | 11,8 d | 15,6 e | 385,0 c |
| MLGM | | | | | | |
| Fertilización | 0,32 | <0,01 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Profundidad | <0,01 | <0,01 | 0,29 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Fert.*Prof. | 0,10 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |

^(*) Corresponde a compuestos proteicos reactivos a Bradford.

Letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas significativas según MLGM y test DGC de Fert.

* Prof., excepto para FDA que se demuestra la diferencia ocasionada por la profundidad.

El menor contenido de NAN en las situaciones con mayores dosis de fertilización puede atribuirse un aumento en la velocidad de mineralización de la materia orgánica particulada como consecuencia de la aplicación de N (Galantini *et al.*, 2008). Este efecto de los fertilizantes es denominado “priming” y se menciona con frecuencia asociado a la disminución de N potencialmente mineralizable debido a que la aplicación de N aumenta el volumen de aportes de N orgánico y, como consecuencia, reduce el pool de N mineralizable del suelo (Kuzyakov *et al.*, 2000). Es probable, que este mecanismo también genere una menor actividad de las enzimas relacionadas al ciclo de N, tal como la ureasa. La disminución de esta enzima en respuesta a la fertilización N ha sido citada por otros autores quienes la proponen como un indicador del grado de disturbio en los procesos biológicos como consecuencia de la fertilización (Ajwa *et al.*, 1999).

Una de las consecuencias negativas ocasionadas por la fertilización es la disminución del pH del suelo. Dick *et al.* (2000) observaron que la mayor actividad de la fosfatasa ácida se registró en rangos de pH de 5 a 5,5, mientras que por arriba de esos valores la enzima disminuyó drásticamente en el suelo. En dicha investigación, el contenido de P no afectó la actividad fosfatasa. Nuestros resultados coinciden con lo hallado por Dick *et al.* (2000) corroborando que la fosfatasa ácida habría sido más sensible al valor de pH del suelo que a la elevada oferta de P generada por repetidas dosis de fertilización de cultivos.

Las glomalinas son sustancias compuestas por proteínas, lípidos y materiales húmicos altamente resistentes. Su presencia en el suelo ha sido vinculada a mejoras en las propiedades físicas del suelo y como una fuente de almacenamiento de N y C de larga duración (Rillig *et al.*, 2001). Aumentos en los contenidos de glomalinas en altas dosis de fertilización se han relacionado a aporte de material vegetal (Jun *et al.*, 2007), altos contenidos de P del suelo (Wu *et al.*, 2011) y siembra directa (Dai *et al.*, 2017). El mayor volumen de material vegetal en los tratamientos de alta fertilización podría explicar los mayores contenidos de glomalinas en las dosis de Reposición y Reposición + micronutrientes con respecto al Testigo y Dosis de Productor.

Estructura de la comunidad microbiana

La estructura de la comunidad microbiana, estudiada mediante DGGE y permanova, fue afectada significativamente por los tratamientos de fertilización en diferente medida de acuerdo a la profundidad de muestreo (Figura 1). En los primeros 0-5 cm se observaron valores de riqueza (número de especies) similar entre los tratamientos de fertilización (Figura 2). El índice de Shannon fue de 1,79 en Testigo, 1,80 en Dosis de Productor, 1,67 en Dosis de Reposición y 1,78 en Dosis de reposición con micronutrientes, sin diferencias significativas entre tratamientos. En cambio, en la profundidad 5-10 cm, la riqueza fue significativamente más baja en los tratamientos de mayor fertilización (Figura 2). El índice de diversidad mostró la misma tendencia, con valores de 2,21 y 2,20 en Testigo y Dosis de productor; y 1,4 y 1,39 en las restantes dosis de fertilización. El efecto negativo de la fertilización mineral a largo sobre la comunidad bacteriana del suelo ha sido citado por otros autores (Marschner, *et al.* 2003). Ge *et al.* (2008) observaron que la riqueza y diversidad de bacterias disminuyó en tratamientos con fertilización mineral nitrogenada en comparación con la aplicación de enmiendas y fertilización sin N.

La relación entre la composición de la comunidad microbiana y las funciones evaluadas en este trabajo se representan en la Figura 3. Puntos más cercanos en la Figura 3 indican que son más similares entre sí. Se deduce, entonces, que las comunidades del Testigo y Dosis de Productor son más similares entre sí que con las mayores dosis de fertilización (Figura 3). Se hallaron correlaciones significativas entre la actividad enzimática y la estructura microbiana en la profundidad 0-5 cm (Figura 3 izq.). En cambio, no se hallaron correlaciones en la capa 5-10 cm (Figura 3 der.).

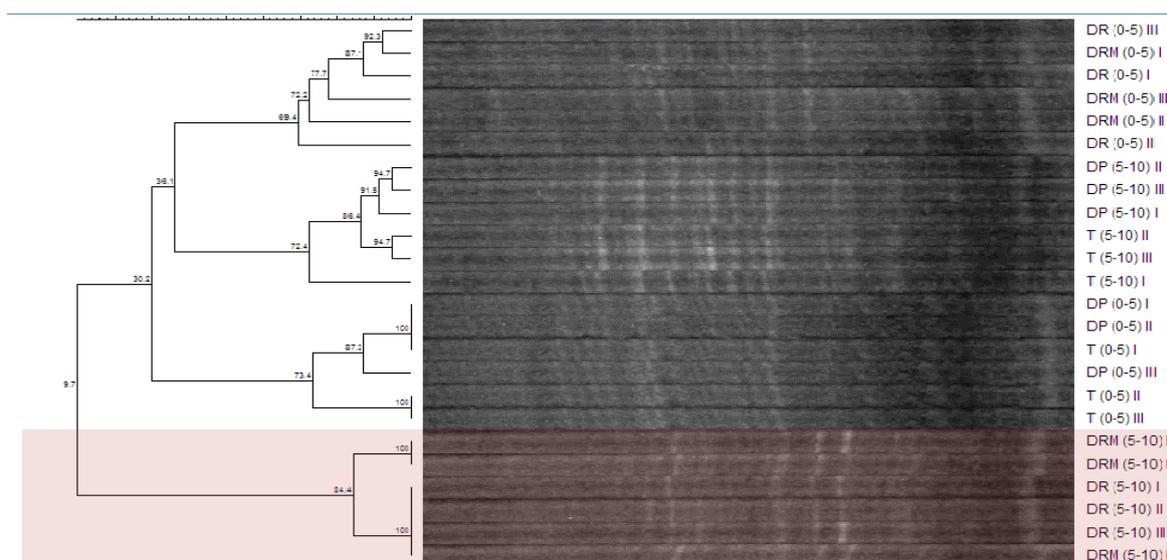


Figura 5: Conglomerados según Dice y UPGMA en base a DGGE de amplicones 16S rDNA (Muyzer *et al.*, 1993). T: Testigo, DP: Dosis de productor, DR: Dosis de reposición, DRM: DR + micronutrientes; (0-5) y (5-10) indican las profundidades (cm). I, II y III: Repeticiones de cada tratamiento. Se presenta sombreado el cluster que se separó del resto de los tratamientos.

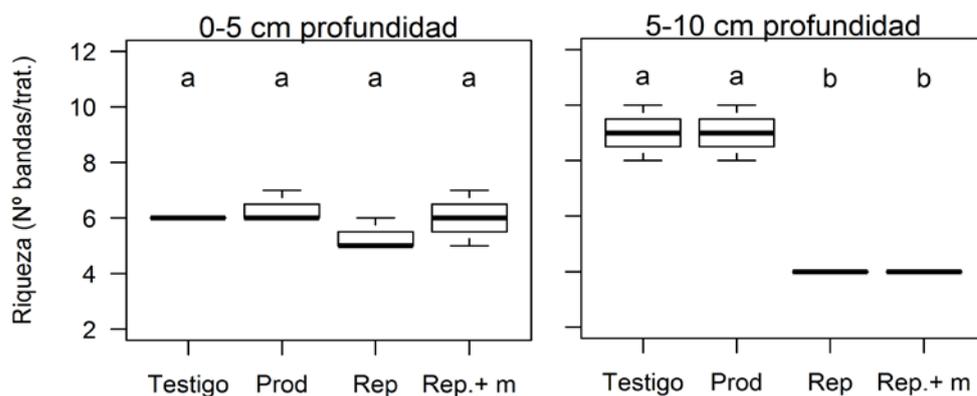


Figura 2: Riqueza de especies (número de bandas) obtenidas mediante amplificación de gen 16S rDNA y DGGE (Muyzer *et al.*, 1993) a partir de muestras de suelo con diferentes tratamientos de fertilización: Testigo: sin fertilización, Prod: Dosis de productor, Rep: Dosis de reposición, Rep.+m: Dosis de reposición más micronutrientes. A la izquierda 0-5 cm de profundidad y a la derecha 5-10 cm. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos de la misma profundidad (MLGM, Test DGC 5%)

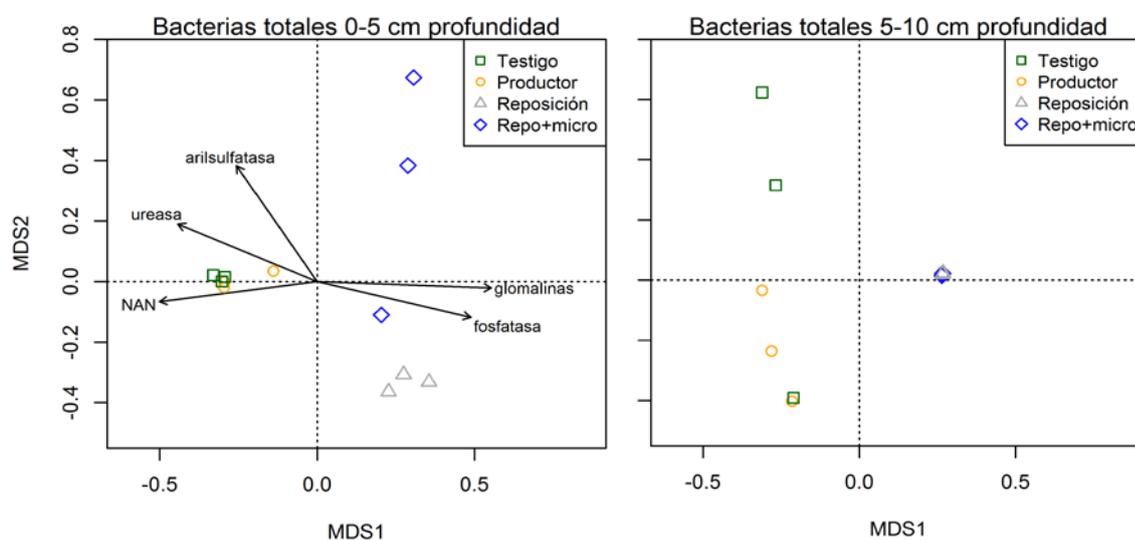


Figura 3: Análisis de composición de comunidades bacterianas (PCO) obtenidas mediante amplificación de gen 16S rDNA y DGGE (Muyzer *et al.*, 1993) a partir de muestras de suelo con diferentes tratamientos de fertilización: Testigo: sin fertilización, Productor: Dosis de productor, Reposición: Dosis de reposición, Repo+micro: Dosis de reposición más micronutrientes. A la izquierda 0-5 cm de profundidad y a la derecha 5-10 cm. Los vectores representan correlaciones lineales estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre las comunidades bacterianas y actividad enzimática, NAN y glomalinás. La dirección del vector indica el sentido del gradiente y su longitud representa la significancia estadística. Nótese que de 5-10cm no se detectaron correlaciones significativas y por eso no están representados gráficamente.

CONCLUSIONES

Los microorganismos desempeñan funciones vitales en el suelo relacionadas a la dinámica de la materia orgánica y los nutrientes. La fertilización a largo plazo genera cambios en el suelo que impactan directamente en la comunidad microbiana. En este estudio se observó que dichos efectos se manifiestan de diferentes maneras según la distancia desde la superficie. Mientras que en los primeros 5 cm los tratamientos de fertilización afectaron principalmente las funciones medidas a través de la actividad enzimática, NAN y glomalinás; a mayor profundidad el impacto de sucesivos ciclos de fertilización se tradujo en una drástica reducción del número de especies y diversidad de la comunidad bacteriana. Conocer las consecuencias de la fertilización sobre un componente vital del suelo como son los microorganismos constituye una valiosa herramienta al momento de tomar decisiones tendientes a alcanzar una producción sustentable



BIBLIOGRAFÍA

- Ajwa HA, C Dell & CW Rice. 1999. Changes in enzyme activities and microbial biomass of tallgrass prairie soil as related to burning and nitrogen fertilization. *Soil Biol Biochem*, 31(5), 769-777.
- Alef K & P Nannipieri (1995) *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Ac. Press. London. 860 pp
- Dai J, J Hu, A Zhu & X Lin. 2017. No-tillage with half-amount residue retention enhances microbial functional diversity, enzyme activity and glomalin-related soil protein content within soil aggregates. *Soil Use Manag*, 33(1), 153-162.
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW. 2017. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. En: <http://www.infostat.com.ar>
- Dick WA., L Cheng & P Wang. 2000. Soil acid and alkaline phosphatase activity as pH adjustment indicators. *Soil Biol Biochem*, 32(13), 1915-1919.
- Echeverría HE & FO García. 2014. *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos*. Ediciones INTA. 904 pp
- Fertilizar, 2016. Consumo de Fertilizante de todos los cultivos. En: <http://www.fertilizar.org.ar/>
- Galantini, JA; J Iglesias; M Landriscini; L Suñer & G Minoldo. 2008. Calidad y dinámica de las fracciones orgánicas en sistemas naturales y cultivados. En: Galantini, JA (ed). 1ra. Ed. UNS. Bahía Blanca, Bs. As., Argentina. Pp. 71-95.
- Ge Y, Zhang JB, Zhang LM, Yang M, He JZ. 2008. Long-term Fertilization Regimes Affect Bacterial Community Structure and Diversity of an Agricultural Soil in Northern China. *J Soils Sediments* 8 (1) 43–50
- Geisseler D, & Scott KM. 2014. Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms—A review. *Soil Biol Biochem*, 75, 54-63
- Jun N, ZH Jian-Min, W Huo-Yan, C Xiao-Qin, & DU Chang-Wen. 2007. Effect of Long-Term Rice Straw Return on Soil Glomalin, Carbon and Nitrogen. *Pedosph*, 17(3), 295-302.
- Kuzyakov Y, JK Friedel, & K Stahr. 2000. Review of mechanisms and quantification of priming effects. *Soil Biol Biochem*, 32(11-12), 1485-1498.
- Marschner P, E Kandeler, B Marschner. 2003. Structure and function of the soil microbial community in a long-term fertilizer experiment. *Soil Biol Biochem* 35(3): 453-461
- Muyzer, G, EC De Waal, & AG Uitterlinden. 1993. Profiling of complex microbial populations by DGGE analysis of polymerase chain reaction-amplified genes coding for 16S rRNA. *Appl env micr* 59(3), 695-700.
- R Development Core Team (2018) R: A language and environment for statistical computing. Rillig MC, SF Wright, KA Nichols, WF Schmidt & MS Torn. 2001. Large contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to soil carbon pools in tropical forest soils. *Plant Soil*, 233(2), 167-177.
- Wright, S.F, & Upadhyaya, A. (1999). Quantification of arbuscular mycorrhizal fungi activity by the glomalin concentration on hyphal traps. *Mycorrhiza*, 8(5), 283–285.
- Wu F, M Dong, Y Liu, X Ma, L An, JP Young, & H Feng. 2011. Effects of long-term fertilization on AM fungal community structure and Glomalin-related soil protein in the Loess Plateau of China. *Plant soil*, 342(1-2), 233-247.
- Yu C, XM Deng, W Li, Y Xiong, C Ye & X Li X. 2015. Changes in soil microbial community structure and functional diversity in the rhizosphere surrounding mulberry subjected to long-term fertilization. *Appl Soil Ecol*, 86, 30-40



C2P25. EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS EN LA PRODUCCIÓN DE SOJA Y FUNCIONALIDAD DE LA COMUNIDAD MICROBIANA

Ortiz, J.¹; Faggioli V.S.¹; Gabbarini L.²; Baigorria T.¹; Pegoraro V.R.¹; Boccolini M.F.¹ y Cazorla C.R.¹

¹ INTA EEA Marcos Juárez, Córdoba, Argentina

² Laboratorio de Biología de Suelo, Universidad Nacional de Quilmes

ortiz.jimena@inta.gob.ar

RESUMEN

En Argentina la alternativa a la producción actual con uso de insumos es la producción orgánica que requieren de numerosas labores del suelo para producir alimentos de manera orgánica. Esta situación plantea la necesidad de buscar alternativas que disminuyan las labores y favorezcan la conservación en la calidad y la salud del suelo. La soja es un cultivo problema tanto en producciones orgánicas como agroecológicas, ya que no se logran producciones estables. El objetivo de este trabajo fue evaluar comparativamente el efecto de diferentes prácticas agroecológicas sobre la funcionalidad de comunidades microbianas del suelo y la producción de soja. El trabajo se realizó sobre un experimento de campo en la localidad de Marcos Juárez durante la campaña 2016-2017. Se utilizó de cultivo de cobertura (CC) triticale (*X triticosecale Whittmack*) como antecesor de soja DM48 no modificada genéticamente, se aplicó compost porcino y se midieron diferentes actividades enzimáticas (quitinasa, sulfatasa, betaglucosidasa, acetilsterasa, fosfatasa, celobiohidrolasa) a 0-10 cm de profundidad al momento de secado del CC y siembra del cultivo estival. Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados con arreglo en parcelas divididas con tres repeticiones. La utilización de CC presentó mayor actividad enzimática de quitinasa, betaglucosidasa, acetilsterasa y fosfatasa ($p < 0,05$) al momento de secado, mientras que la aplicación de compost porcino no generó ningún incremento. La rizosfera del CC y la reducción en las labranzas pueden explicar el incremento en las actividades enzimáticas. Por otra parte el tratamiento sin CC en el cual se realizaba un barbecho mecánico poseía un gran número de plantas espontáneas pero dicha diversidad de plantas no logró incrementos en la actividad enzimática. Esto sugiere que puede haber cualidades únicas para cada planta que aumenten la actividad de enzimas específicas. A la siembra la media de actividad enzimática fue mayor que al secado ($p < 0,05$), pero no se observaron diferencias entre tratamientos. En cuanto a la producción de soja se logró un rendimiento 3 veces superior por la utilización de CC respecto al barbecho mecánico (1.766 y 518 Kg.ha⁻¹ respectivamente) la aplicación de compost no modificó los rendimientos en cada situación.

La utilización de CC es una práctica fundamental para mantener la calidad del suelo y lograr producciones estables en sistemas sin la utilización de insumos químicos, pero es preciso contar con semillas no modificadas genéticamente de calidad. También son necesarios más estudios y complementar con otros indicadores de calidad de suelo.

Palabras claves: actividad enzimática, cultivos de cobertura, compost porcino



C2P26. INFLUENCIA DE *Brachiaria brizantha* COMO CULTIVO DE COBERTURA EN LOS PROCESOS MICROBIANOS DE UN SUELO DEGRADADO

Pérez Brandan, Carolina¹; Huidobro, Jorgelina¹; Alvarez, Marcos David¹; Meriles, José Manuel² y Vargas Gil, Silvina³

¹ INTA EEA Salta, Ruta Nacional 68 km. 172 C.P. 4403 Cerrillos, Salta, Argentina. cpbrandan@gmail.com

² CONICET-Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV – UNC); Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (F.C.E.Fy Nat – UNC), Av. Vélez Sarsfield 1611, Córdoba, Argentina. jose.meriles@unc.edu.ar

³ CONICET-Instituto de Patología Vegetal (IPAVE-CIAP, INTA) Camino 60 cuadras, Km 5,5, Córdoba, Argentina. chavarria.diego@inta.gob.ar - vargasgil.silvina@inta.gob.ar - serri.dannae@inta.gob.ar

RESUMEN

La inclusión la pastura tropical *Brachiaria brizantha* cv Mulato como cultivo de cobertura podría ser una herramienta útil para mejorar la actividad microbiológica del suelo y, en consecuencia, su calidad. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de *Brachiaria brizantha* cv. Mulato y maíz (*Zea mays*) como cultivos de cobertura sobre las comunidades microbianas del suelo y su contribución a la restauración de la calidad de un suelo degradado bajo de monocultivo de poroto común (*Phaseolus vulgaris* L.). El muestreo del suelo se llevó a cabo en 2016 después de seis años de efecto acumulativo en diferentes tratamientos: *B. brizantha*-*B. brizantha*- poroto común (B2), *B. brizantha*-poroto común (B1), maíz-poroto común (M) y monocultivo de poroto común (control). B2 y B1 mostraron una mayor hidrólisis de diacetato de fluoresceína (108.1% y 78.6%, respectivamente) y una mayor actividad de la fosfatasa ácida (304.5% y 181.6%, respectivamente) en comparación con el tratamiento de control. La eficiencia metabólica fue mayor bajo *B. brizantha* como cultivo de cobertura, con un cociente metabólico significativamente más bajo (tasa de respiración por unidad de carbono de la biomasa) en B2 (1,65) en comparación con el control (5,46). Por el contrario, el análisis de qPCR de la estructura microbiana no mostró diferencias significativas en la respuesta a los tratamientos evaluados. Por lo tanto, la abundancia de hongos y bacterias probablemente tuvo menos influencia en la diferenciación de los tratamientos en comparación con la actividad microbiana. En el contexto de esta investigación, el uso de *B. brizantha* como cultivo de cobertura aumentó la fertilidad del suelo y generó una mayor eficiencia metabólica microbiana. Nuestra investigación demuestra que *B. brizantha* cv. Mulato empleada como cobertura es una herramienta agrícola adecuada para restaurar las propiedades bioquímicas del suelo.

Palabras clave: cultivos de coberturas; procesos microbianos

INTRODUCCIÓN

Los microorganismos juegan un papel esencial en los ciclos biogeoquímicos promoviendo la salud, la calidad del suelo y el crecimiento de las plantas. La presencia de una comunidad microbiana diversa y funcional contribuye a la resistencia al estrés y a la resiliencia de los suelos (Montecchia *et al.*, 2011). Por lo tanto, el estudio de sus comunidades microbianas representa una medida útil para evaluar el impacto del cambio en el uso de la tierra. Sin embargo, hay poca información disponible sobre el efecto de los cultivos de coberturas sobre la microbiota del suelo. El impacto de gramíneas tropicales como cultivos de cobertura sobre la biodiversidad microbiana en los sistemas de monocultivo de los Valles del Noroeste de Argentina, representan una importante alternativa a los fines de estudiar estrategias agrícolas orientadas a producir cultivos de alto rendimiento sin comprometer los recursos naturales y favorecer los servicios ecosistémicos.

El crecimiento de la población mundial ha generado un aumento en la demanda de recursos impuestos a los sistemas agrícolas, generando un mayor uso global de los recursos naturales y una disminución significativa en los servicios ecosistémicos (Seghezzo *et al.*, 2011). Como consecuencia, los monocultivos y el mayor uso de insumos sintéticos, como fertilizantes químicos y pesticidas, han reducido la fertilidad del suelo (Nurulita *et al.*, 2016). En contraposición, la agroecología representa una base científica, metodológica y tecnológica para una nueva "revolución agraria" en todo el mundo (Volante *et al.*, 2015), ya que los sistemas de producción agroecológicos son resilientes, energéticamente eficientes, biodiversos, socialmente justos y proporcionan la base para la soberanía productiva y alimentaria (Altieri *et al.*, 2012).

Esta información podría usarse para abordar la urgente necesidad de restaurar la fertilidad del suelo y la biodiversidad de los agroecosistemas en las principales áreas agrícolas. Los valles subtropicales del noroeste argentino constituyen un territorio diverso, dinámico y productivo, con un ambiente agradable para la producción de una variedad de cultivos debido a la presencia de suelos fértiles y temperaturas cálidas (Montecchia *et al.*, 2011). Así también, los



agroecosistemas subtropicales, como los de esta región, son particularmente susceptibles a una mayor degradación del suelo y pérdidas de nutrientes en comparación con las regiones templadas / frías debido a la mayor mineralización de la materia orgánica. En estas zonas los cambios más significativos producidos por los años de labranza intensiva y la implantación del monocultivo de tabaco han llevado a una degradación progresiva del recurso suelo. Estos procesos causaron efectos negativos como la degradación de los recursos ambientales, las pérdidas de fertilidad, la reducción de la diversidad microbiana del suelo y la baja productividad.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de un ciclo y dos ciclos de *Bachiaria brizantha* cv Mulato como cultivo de cobertura sobre la actividad microbiana y la composición de hongos y bacterias en un suelo degradado bajo monocultivo del Valle de Lerma, Salta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Experimento a campo

El ensayo a campo se estableció en 2010 en la Estación Experimental Agropecuaria de INTA Salta (EEA-INTA), Cerrillos, Valle de Lerma, Salta, Argentina (S 24°53'52.84" W 65°27'59.11", 1420 m.s.n.m.). El clima de la región (sitio de estudio) es serrano subtropical con poco o ningún déficit hídrico en enero y febrero. El suelo pertenece a un Ustochrepts udico según USDA Soil Taxonomy, serie Cerrillos con horizontes A, AC y C, sin fase erosionada (pendiente <0,1%). La textura del suelo en estudio es franco (32% de arena, 44% de limo, 24% de arcilla) con 2.91% de materia orgánica. El suelo en el que se llevaron a cabo los ensayos es un suelo degradado resultante de 50 años de monocultivo de tabaco y poroto común que fue sometido a labranza intensiva. El diseño experimental siguió un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. En cada parcela individual se implantó un tipo de cultivo de cobertura *Brachiaria brizantha* cv Mulato, maíz (*Zea mays*) y parcelas sin cultivos de cobertura. En verano los cultivos de cobertura se desecaron y se sembró poroto común como cultivo de renta, sin realizar ningún laboreo al suelo. Los tratamientos fueron: a) *B. brizantha* / *B. brizantha* / poroto común (B2); b) poroto común / *B. brizantha* / poroto común (B1); c) poroto común / maíz / poroto común (M); d) poroto común / barbecho / poroto común: monocultivo de frijol común (control), totalizando 4 tratamientos con 3 réplicas cada uno, empleando 12 parcelas. *B. brizantha* se sembró con una sembradora a una densidad de 4-5 kg / ha, luego se cortó con una segadora. El rastrojo quedó en la superficie. La densidad de poroto común sembrada fue de 25 semillas m⁻¹ y el ancho de las hileras fue de 52 cm, o 2-3 kg / ha. El poroto común fue manejado usando prácticas de manejo recomendadas por el productor, incluyendo solo una labranza antes de la siembra y aplicaciones de pesticidas (Dimetoato 40% p/v. Basf EC y Carbendazim 50 Nufarm Limited). Treinta días después de la siembra, se aplicó Flex® (fomesafen: 25% p / v) Syngenta a una dosis de 500 ml ha⁻¹. No se usaron fertilizantes químicos durante el crecimiento del cultivo de poroto común.

Muestreo de suelo

Las muestras de suelo se recolectaron en verano (Febrero) al inicio de floración del poroto común, durante la campaña agrícola 2016. Para el análisis de la actividad microbiana, el muestreo se realizó tomando el suelo rizosférico de 10 plantas en un metro lineal, lo que constituyó 1 muestra compuesta. En total, se recogieron 6 muestras compuestas de suelo rizosférico por unidad experimental de 10 cm de profundidad. Las raíces se agitaron suavemente para eliminar el suelo poco adherido, se colocaron en bolsas de plástico y se procesaron de inmediato. Para cada uno de los parámetros bioquímicos medidos, se realizaron mediciones por triplicado. Para el análisis químico, se utilizó el mismo suelo empleado para los análisis de la actividad microbiana. Las muestras de suelo se tamizaron a la humedad del campo (2 mm), se homogeneizaron, secaron al aire y se almacenaron a 4 ° C para su posterior análisis. Una submuestra de 20 g de cada muestra se almacenó a -20°C para el análisis molecular.

Actividades enzimáticas del suelo

La actividad microbiana se estimó por hidrólisis de la actividad del diacetato de fluoresceína (FDA), de acuerdo con Adam y Duncan (2001). Se colocaron 2 g de suelo y 15 ml de buffer fosfato de potasio 60 mM, pH 7,6, en un erlenmeyer de 50 ml. Se añadió sustrato (FDA, 1000 mg ml⁻¹) para comenzar la reacción. Los erlenmeyer se colocaron en una incubadora orbital a 30°C y 100 rpm durante 20 min. Una vez retirado de la incubadora, se añadieron inmediatamente 15 ml de cloroformo / metanol (2: 1 v / v) para finalizar la reacción. El contenido de los erlenmeyer se centrifugó luego a 2000 rpm durante 5 minutos. El sobrenadante se filtró y se analizó a 490 nm usando un espectrofotómetro. La actividad deshidrogenasa (DHA) se determinó de acuerdo a García *et al.* (1997). Brevemente, 1g de suelo fue expuesto a 0.2 ml de INT al 0.4% (cloruro de 2-p-yodofenil-3-p-nitrofenil-5-feniltetrazolio) en agua destilada a 22 ° C durante 20 h en oscuridad. El INTF (iodonitrotetrazolio formazano) formado se extrajo con 10 ml de metanol agitando vigorosamente durante 1 minuto y filtrando a través de un papel de filtro Whatman n° 5. INTF formado se midió



espectrofotométricamente a 490 nm. Finalmente, la actividad fosfatasa ácida (FA) se analizó utilizando 1 g de suelo, 4 ml de buffer universal 0.1 M (pH 6,5) y 1 ml de fosfato p-nitrofenílico 25 mM (Tabatabai & Bremner, 1969). Después de la incubación a 37 ± 1 °C durante 1 h, la reacción enzimática se detuvo mediante la adición de 4 ml de NaOH 0,5 M y 1 ml de CaCl₂ 0,5 M para evitar la dispersión de sustancias húmicas. La absorbancia se midió en el sobrenadante a 400 nm.

Biomasa y respiración microbiana

El carbono de biomasa microbiana (CBM) se determinó usando la técnica de inoculación-fumigación con cloroformo de acuerdo con Jenkinson & Powlson (1976). La respiración microbiana del suelo se determinó como carbono potencialmente mineralizable (respiración CO₂-C) según Alef (1995). La cantidad de CO₂ liberado se midió a partir de muestras de suelo tratadas con cloroformo y sin tratar (aproximadamente 20 g).

Abundancia de genes fúngicos y bacterianos

El ADN se extrajo de 0,5 g de suelo. La extracción se realizó con el suelo NucleoSpin® Soil Kit para el suelo (Macherey-Nagel) usando el protocolo del fabricante. El rendimiento y la pureza del ADN se midieron usando un fluoroespectrómetro de microvolumen (NanoDrop Technologies, Delaware). Se determinaron los números de copias del gen ARNr 16S bacteriano (conjunto de cebadores 338F / 518R) (Fierer *et al.*, 2005) y números de copias del gen 18S ARNr (conjunto de cebadores NS1-F / Fung R) siguiendo el protocolo de Liu *et al.* (2009). La amplificación por PCR se cuantificó en un Line-Gene 9600 Plus mediante monitorización fluorométrica con una mezcla maestra Power SYBR Green PCR (Applied Biosystems). La reacción se realizó en un volumen de 25 µl que contenía 10 ng de ADN, 0,2 mg ml⁻¹ de BSA, 0,2 µM de cada cebador y 12,5 µl de premezcla SYBR EX Taq™ (Takara Shuzo, Shiga, Japón). Las curvas estándar se construyeron por separado para bacterias y hongos usando plásmidos de genes de ARNr clonados (Takara). También se incluyeron controles de ADN positivo (agua ultrapura) y positivo (*Pseudomonas aeruginosa*, dilución en serie de 10 veces). El número de copias de los estándares se calculó a partir de la concentración de ADN de plásmido extraído.

Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo mediante el empleo del programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2015). Las variables se estudiaron mediante análisis de varianza (ANOVA) para probar las diferencias entre parámetros microbianos empleando el test de Fisher (LSD) ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actividades microbianas del suelo

Se observaron diferencias significativas en las actividades enzimáticas del suelo entre los diferentes tratamientos (Fig. 1). Para FDA, B2 y B1 fueron 108.1% y 78.6% mayores que el control, respectivamente. Además, B2 y B1 fueron 83.2% y 56.8% mayores que M, respectivamente. Se observaron resultados similares para la actividad AFA, siendo B2, 43.6%, 127.9% y 304.5% mayor que B1, M y el control, respectivamente. La tendencia opuesta se observó para ADH, donde B2 presentó los niveles más bajos respecto a M y al control (56.3% y 42.2%, respectivamente).

La inclusión de *B. brizantha* cv. Mulato en la rotación produjo un aumento marcado en la actividad microbiana total estimada como hidrólisis de la FDA, y mejoró la eficiencia en la descomposición de la materia orgánica del suelo.

Nuestros resultados sugieren que dos ciclos consecutivos de *B. brizantha* cv. Mulato mejorarían significativamente las actividades microbianas del suelo, incluso aún más que empleando maíz como cultivo de cobertura. El aumento de la actividad microbiana registrada en nuestro trabajo puede estar relacionado con la cantidad de exudados de la raíz después de dos ciclos de *B. brizantha*. La abundante biomasa generada por las partes aéreas produce una significativa cobertura superficial del suelo, lo que minimiza el crecimiento de las malezas, mejora la actividad microbiana del suelo y las tasas de los procesos bioquímicos edáficos. Los valores más altos de hidrólisis de FDA estuvieron correlacionados positivamente con un alto depósito de residuos vegetales, lo que generó una mayor proporción de macronutrientes, como el carbono y el nitrógeno. Una tendencia similar registrada para la FDA se observó en la actividad AFA, revelando una mayor actividad de esta enzima en los dos ciclos consecutivos de *B. brizantha*. Además, B2, B1 y M aumentaron la actividad AFA en comparación con el tratamiento control. Aunque se ha informado que el ADH es un indicador sensible, en nuestro trabajo este parámetro no mostró una respuesta clara. De hecho, estudios previos realizados por nuestro grupo de investigación (Pérez Brandan *et al.*, 2016) en diferentes ensayos mostraron la misma tendencia, lo que sugiere una respuesta poco clara de la ADH al manejo agrícola. El ADH refleja el rango total de la actividad oxidativa de la microflora del suelo y puede ser inhibido por varios fertilizantes químicos y pesticidas del suelo (Verdenelli *et al.*, 2013). Por lo tanto, es posible que ciertos productos químicos puedan afectar la respuesta de la actividad deshidrogenasa en tratamientos bajo *B. brizantha*.

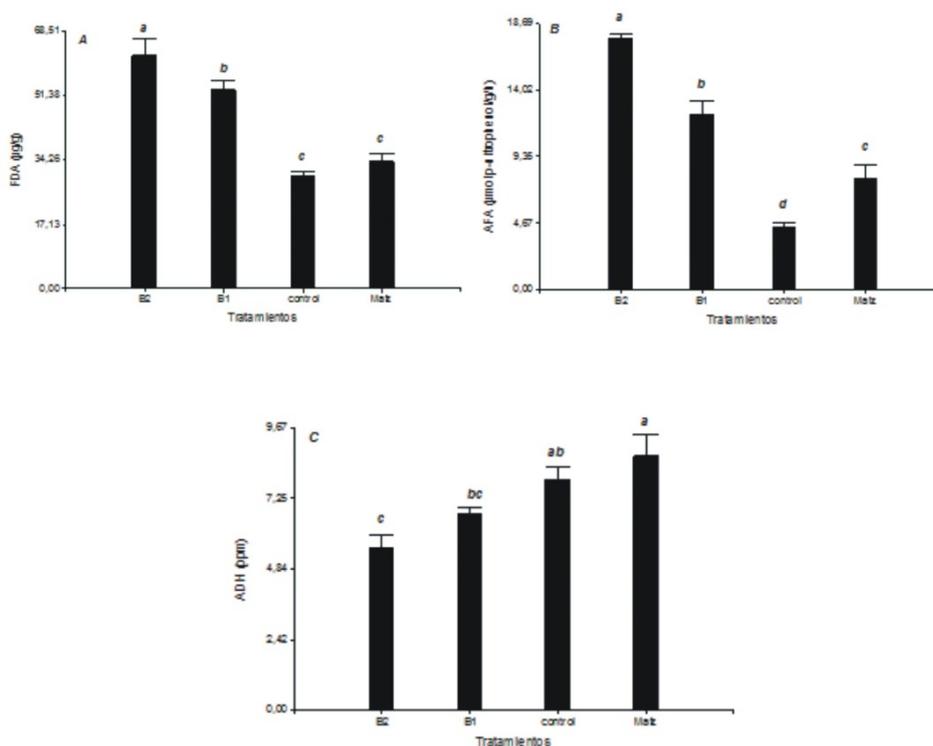


Fig. 1. Valores medios de hidrólisis de diacetato de fluoresceína (FDA) (A), Actividad fosfatasa ácida (AFA) (B) y Actividad deshidrogenasa (ADH) (C) a través de diferentes tratamientos: B. brizantha- B. brizantha-poroto común (B2), poroto común B. brizantha / poroto común (B1), poroto común / maíz / poroto común (M) y monocultivo de poroto común (control). Las letras diferentes indican valores que son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$). Las barras de error indican \pm un error estándar.

Biomasa y respiración microbiana y componentes del cociente metabólico

La respiración microbiana no mostró diferencias significativas entre los tratamientos en este estudio (Tabla 1). Con respecto a CBM, el tratamiento B2 mostró el valor medio más alto ($0,4 \text{ mg g}^{-1}$) en comparación con B1 ($0,1 \text{ mg g}^{-1}$), M ($0,2 \text{ mg g}^{-1}$) y el control ($0,1 \text{ mg g}^{-1}$). El cociente metabólico mostró el valor más bajo en B2, que fue en promedio 244.2% más bajo que el resto de los tratamientos.

Un parámetro interesante que nos indica el efecto de la diversificación agrícola en la función de los procesos ecológicos del suelo, es el cociente metabólico ($q\text{CO}_2$). Un menor $q\text{CO}_2$ refleja mejores condiciones biofísicas del suelo, mientras que un mayor $q\text{CO}_2$ indica una posible degradación del suelo bajo el uso intensivo de la tierra (Masciandaro *et al.*, 1998). En este sentido, el alto $q\text{CO}_2$ observado en los tratamientos B1, M y control refleja una gran demanda de energía para mantener la actividad metabólica microbiana en relación a la energía necesaria para sintetizar la biomasa microbiana. Este efecto probablemente podría revertirse con la inclusión de dos ciclos de *B. brizantha* debido a un aumento del CBM.

La disminución de $q\text{CO}_2$ observada en dos ciclos de tratamientos con *B. brizantha* indica una mayor eficiencia metabólica en comparación con el sistema convencional (control-barbecho) e incluso el maíz como cultivo de cobertura, aún con un solo ciclo de *Brachiaria*. En consecuencia, se observó una mayor eficiencia metabólica en parcelas bajo cultivos de cobertura en comparación con parcelas bajo laboreo convencional, donde el $q\text{CO}_2$ fue 32% menor (Ferrerías *et al.*, 2015). Dado que B2 mostró el valor más bajo de $q\text{CO}_2$ en comparación con B1, M y el control, nuestros resultados sugieren que la inclusión de dos ciclos de *B. brizantha* en el período de barbecho puede ser una herramienta adecuada para mejorar la eficiencia en el uso microbiano de las fuentes carbonadas. En concordancia con nuestros resultados, diversos autores encontraron una disminución del $q\text{CO}_2$ en parcelas bajo especies comúnmente utilizadas como cultivos de cobertura (avena, arveja, rábano o trigo) en comparación con el barbecho y con el manejo intensivo del suelo (Balota *et al.*, 2014).

Tabla 1. Valores medios de respiración microbiana, carbono de la biomasa microbiana (CBM) y cociente metabólico (qCO_2) a través de diferentes tratamientos: B. brizantha- B. brizantha-frijol común (B2), frijol común B. brizantha / frijol común (B1), frijol común / maíz / frijol común (M) y monocultivo de frijol común (control).

Las diferentes letras dentro de una columna reflejan diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

| Tratamientos | Respiración Microbiana ($mg\ g^{-1}$) | CBM ($mg\ g^{-1}$) | qCO_2 |
|----------------|---|----------------------|-------------|
| B2 | 0.65±0.12 a | 0.40±0.03 a | 1.65±0.14 b |
| B1 | 0.61±0.12 a | 0.10±0.03 b | 6.16±0.14 a |
| M | 0.54±0.12 a | 0.20±0.03 b | 5.42±0.18 a |
| C | 0.39±0.12 a | 0.10±0.03 b | 5.46±0.18 a |
| <i>p</i> value | 0.3003 | <0.0001 | 0.0017 |

Composición y abundancia de comunidades fúngicas y bacterianas

La inclusión de los cultivos de cobertura no tuvo un efecto significativo sobre la abundancia de hongos o bacterias (Fig. 2). El valor medio de la abundancia de hongos varió entre 3.2×10^{14} (B1) y 0.5×10^{14} (M) número de copias por gramo de suelo de 18S rDNA. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos B2, B1 y el control. Sin embargo, la abundancia de hongos tendió a ser más alta en B1 y menor en M. El valor medio de la abundancia bacteriana varió entre 2.0×10^{15} (M) y 0.5×10^{15} (control) números de copias por gramo de suelo de 16S rDNA. Excepto en M, donde se observó un aumento significativo en las abundancias bacterianas, la relación de hongos: bacterias no mostró diferencias significativas entre los tratamientos. Se observó una relación de hongos: bacteriana significativamente más alta en el control (0,42), B1 (0,39) y B2 (0,31) en comparación con M (0,03) (datos no mostrados).

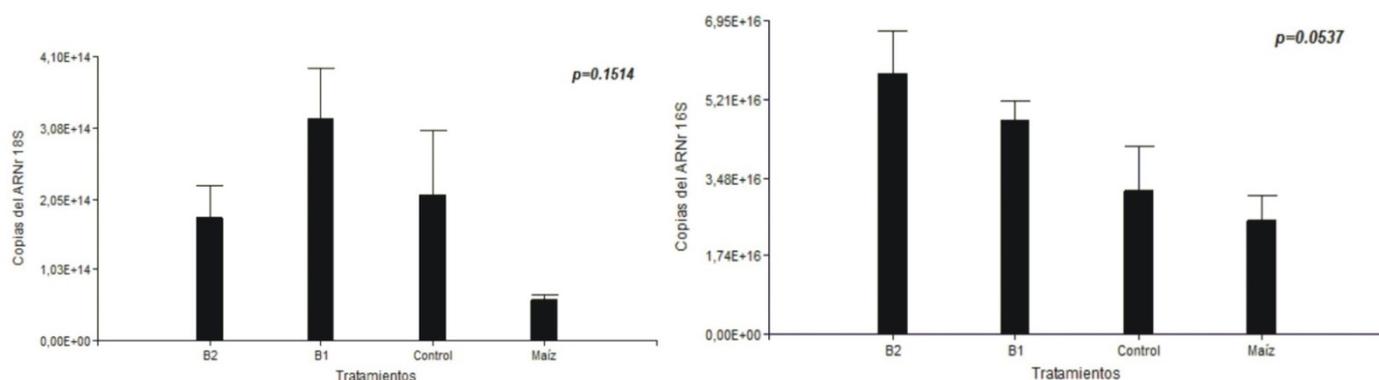


Fig. 2. Valores medios del número de copias g^{-1} de ADN bacteriano (16S) (A) y fúngico (18S) (B).

Las letras diferentes indican valores que son significativamente diferentes ($p < 0.05$). Las barras de error indican \pm un error estándar.

Seis años de *B. brizantha* cv Mulato utilizados como cultivos de cobertura no mostraron diferencias significativas en los valores de abundancia de las comunidades de hongos y bacterias. Nuestros datos mostraron que M tendría una tendencia a disminuir la biomasa fúngica y aumentar la biomasa bacteriana, lo que resulta en una baja relación F / B. En contraste, encontramos una mayor abundancia de comunidades fúngicas en el tratamiento B1, lo que resulta en una alta relación F / B. Este resultado puede deberse al hecho de que las bacterias son más resistentes que los hongos a los cambios en el entorno del suelo. La abundancia de bacterias en el suelo está asociada con una alta humedad del suelo, pH, N y mayores tasas de mineralización de carbono. Se observó una relación F / B más alta asociada a una mejora en la calidad del suelo mediante la inclusión de *Brachiaria* como cultivo de cobertura (Maul *et al.*, 2014) Se acepta ampliamente que una alta relación F / B indica agroecosistemas más sostenibles con bajos impactos sobre el medio ambiente, en los que la composición de materia orgánica y la mineralización de carbono dominan el suministro de nutrientes a las plantas. Las comunidades microbianas del suelo dominadas por hongos pueden mejorar el almacenamiento de carbono y contribuir a la mineralización lenta de la materia orgánica (Altieri *et al.*; 2012); el manejo agrícola que contribuye al crecimiento de la biomasa fúngica puede aumentar el secuestro de carbono. En este sentido, la alta relación F / B generalmente ocurre en ecosistemas de pastizales inalterados, pastizales que carecen de historias de fertilización a largo plazo y agroecosistemas muy poco alterados.



CONCLUSIONES

Esta investigación demuestra que la inclusión de *B. brizantha* cv. Mulato como cultivo de cobertura en un sistema agrícola degradado puede afectar la funcionalidad microbiana del suelo a través de la contribución del abundante rastrojo generado y al aumento de la eficiencia microbiana en el uso de estas fuentes carbonadas. Dos ciclos consecutivos de *B. brizantha* estimularon la actividad de las enzimas microbianas generando una alta eficiencia metabólica que favorece la descomposición de la materia orgánica. A medio plazo, en comparación con la estructura de la comunidad microbiana, las actividades microbianas reflejarían mejor los cambios generados por los ciclos de rotación en los esquemas agrícolas ensayados. Por lo tanto, el uso de esta especie forrajera puede contribuir a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas mixtos en la región de estudio y constituye una alternativa prometedora para diversificar los agroecosistemas degradados.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) a través del proyecto de investigación PNSUELO 1134043.

BIBLIOGRAFÍA

- Adam, G. & H Duncan. 2001. Development of a sensitive and rapid method for the measurement of total microbial activity using fluorescein diacetate (FDA) in a range of soils. *Soil Biol. Biochem.* 33, 943-951.
- Alef, K. 1995. Soil respiration. In: *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Alef, K., Nanninpietri, P. (Ed.), Academic Press. Harcourt Brace and Company publishers, London, pp. 214-219.
- Altieri, M.A.; FR Funes-Monzote & P Petersen. 2012. Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. *Agron. Sustain. Dev.* 32(1), 1-13.
- Balota, E.L.; A Calegari; AS Nakatani & MS Coyne. 2014. Benefits of winter cover crops and no-tillage for microbial parameters in a Brazilian Oxisol: a long-term study, *Agric. Ecosys. Environ* 197, 31-40.
- Di Rienzo, J.A.; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & C Robledo. 2015. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Ferreras, L.A.; SMI Toresani; VS Faggioli & CM Galarza. 2015., Sensitivity of soil biological indicators in an argiudoll from the Argentinean pampas. *Span, J. Soil Sci.* 5, 227-242.
- Fierer, N.; JA Jackson; R Vilgalys & RB Jackson. 2005. Assessment of soil microbial community structure by use of taxon-specific quantitative PCR assays. *Appl. Environ. Microbiol.* 71(7), 4117-4120.
- Jenkinson, D.S. & Powlson, D.S. 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-V: a method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.* 8(3), 209-213.
- Maul, J.E., JS Buyer, RM Lehman; S Culman; CB Blackwood; DP Roberts & JR Teasdale. 2014. Microbial community structure and abundance in the rhizosphere and bulk soil of a tomato cropping system that includes cover crops, *Appl. Soil Ecol.* 77, 42-50.
- Masciandaro, G.; B. Ceccanti & JG Gallardo-Lancho. 1998. Organic matter properties in cultivated versus set-aside arable soils, *Agric. Ecosys. Environm* 67, 267-274.
- Montecchia, M.; OS Correa; MA Soria; SD Frey; AF García & JL Garland. 2011. Multivariate approach to characterizing soil microbial communities in pristine and agricultural sites in Northwest Argentina, *Appl. Soil Ecol.* 47, 176-183.
- Nurulita, Y.; EM Adetutu; H Gunawan & AS Ball. 2016. Restoration of tropical peat soils: the application of soil microbiology for monitoring the success of the restoration process, *Agric. Ecosys. Environ.* 216, 293-303.
- Pérez-Brandán, C.; J Huidobro; M Galván; S Vargas-Gil & JM Meriles. 2016. Relationship between microbial functions and community structure following agricultural intensification in South American Chaco, *Plant Soil Environ.* 62 (7), 321-328.
- Seghezzo, L., Volante, N.J., Paruelo, J.M., Somma, J., Buliubasich, E.C., Hufty, M., 2011. Native forests and agriculture in Salta (Argentina) conflicting visions of development, *J. Environ. Devel* 20, 251-277.
- Tabatabai, M.A. & JM Bremner. 1969. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biol. Biochem.* 1(4), 301-307.
- Verdenelli, R., CB Conforto; C Pérez-Brandán; D Chavarría; S Vargas- Gil & JM Meriles. 2013. Integrated multivariate analysis of selected soil microbial properties and their relationships with mineral fertilization management in a conservation agriculture system, *Acta Agric. Scand. B Soil plant Sci.* 63 (7), 623-632.
- Volante, J. & J Paruelo 2015. Is forest or ecological transition taking place? Evidence for the semiarid chaco in Argentina, *J. Arid. Environ.* 123, 21-30.



C2P27. GRUPOS FUNCIONALES DE BACTERIAS PGPB EN EL INTESTINO DE LOMBRICES (Anélidos) EN FINCA DE CAÑA DE AZÚCAR

Picón, María Cristina¹; Teisaire, Ernestina S.² y Bellone, Carlos H.³

¹Instituto de Invertebrados. Fundación Miguel Lillo y ²Cátedra de Embriología y Anatomía Comparadas. Facultad de Cs. Naturales e I.M.L. UNT; Miguel Lillo 251, 4000, S.M. de Tucumán – Argentina ³Facultad de Agronomía y Zootecnia - UNT.
cristina_picon202@hotmail.com

RESUMEN

Desde el punto de vista ecológico las lombrices de tierra son un grupo importante, ya que actúan sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, tales como: la textura, la descomposición de la materia orgánica y la regulación de los ciclos biogeoquímicos. Estas acciones son favorecidas por la actividad microbiana de las comunidades de bacterias que viven en el tubo digestivo de las lombrices. A su vez esas comunidades pueden tener la capacidad de promover el crecimiento vegetal (PGPB), facilitando la solubilización de fósforo, por la producción de auxinas, giberelinas y sideróforos, e intervienen en el proceso de fijación de nitrógeno. Sin embargo, en este sentido se sabe poco sobre los grupos funcionales de microorganismos con capacidad PGPB, que además estén relacionados con las lombrices de tierra. El objetivo de este trabajo es tratar de determinar los grupos funcionales PGPB encontrados en el intestino de especies de lombrices de tierra que habitan suelos cultivados con caña de azúcar, en la provincia de Tucumán. Para ello se realizaron colectas por 2 años consecutivos en una finca con cañaverales en el Departamento Chicligasta, ubicada en el Km 745 de la ruta nacional número 38. El material se obtuvo de las lombrices previamente identificadas y se extrajeron las bacterias del intestino mediante la disección y el posterior macerado en solución fisiológica. Las cepas se aislaron y se expusieron a diferentes pruebas para determinar su capacidad PGPB: 1- solubilización de fósforo, 2-producción de auxinas, 3- producción de giberelinas, 4- sideróforos y 5- fijación de nitrógeno. Se identificaron 4 especie de lombrices, pertenecientes a la Familia Glossoscolecidae a *Pontoscolex corethurus*, y *Enantiodrillus borelli*, y a la Familia Megascolecidae a *Metaphire californica* y *Amyntas gracilis*. Los resultados mostraron que en todas las especies de lombrices colectadas se encontraron microorganismos PGPB de 4 grupos funcionales: 1- solubilización de fósforo, 2- producción de auxinas, 3- producción de giberelinas, 4- sideróforos presentes en diferente proporción en cada especie de lombriz. Con respecto al grupo funcional 5- fijación de nitrógeno, en *Pontoscolex corethurus* no se encontraron bacterias de este grupo y en *Metaphire californica* sólo se encontraron en el segundo año de colecta. Estos resultados están indicando la prevalencia de algunos grupos funcionales y la variación observada en el grupo de fijadores de nitrógeno con una presencia selectiva. De esta forma se podría inferir el aporte funcional de cada especie de lombriz de tierra al ecosistema agrícola.

Palabras claves: Anélidos, Microorganismos, PGPB



C2P28. MOSTAZA PARA CONTROL DE NEMATODOS FITOPATÓGENOS Y SU EFECTO EN LA BIOTA DEL SUELO.

Quinteros, M.¹; Boggiatto, E.¹; Sanchez, H.A.¹; Gallac, M.¹; Picon, M.C.²

¹EEA INTA Famailla; ²Fundación Miguel Lillo F. Ciencias Naturales
Quinteros, Maria. EEA INTA Famaillá. Ruta Prov. 301, km 31. (4132) Famaillá. Tucumán.

quinteros.maria@inta.gob.ar

RESUMEN

En los campos hortícolas de la provincia los nematodos están presentes en la mayoría de los suelos produciendo una disminución notable en los rendimientos y una baja calidad de los productos. El principal daño se registra en cultivos de la familia de las *Solanáceas* (tomate, pimiento, etc.). El daño que ocasionan a los cultivos es más serio cuando mayor es el tiempo que el suelo permanece bajo cultivos y, más aún, cuando un mismo cultivo se desarrolla en el mismo lugar por varias temporadas. El control químico de estos patógenos además de ser demasiado oneroso y no muy efectivo, es muy peligroso su uso en cultivos para consumo fresco y nocivo para el medio ambiente. Por lo que es prioritario buscar prácticas de manejo de los organismos patógenos para conseguir una reducción de la densidad de población por debajo del umbral de daño al cultivo. Hay evidencias de que el cultivo previo de mostaza disminuye las poblaciones de nematodos fitófagos y el daño asociado a ellas. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del cultivo de mostaza sobre la biota del suelo. En un lote altamente infectado por nematodos fitófagos que tuvo tomate como cultivo antecesor, se sembró mostaza en un sector del mismo. Se evaluó la biota del suelo (nematodos, hongos, bacterias y actinomicetos) en los primeros 20cm del perfil mediante muestreos de suelo previos a la siembra de la mostaza y en el momento de floración de la misma. Las poblaciones de nematodos disminuyeron en un 50%, se observó leve disminución de las poblaciones de hongos y actinomicetos donde hubo mostaza como cultivo de servicio; en las poblaciones de bacterias no se observó diferencias significativas. Estos resultados demuestran la importancia de la incorporación de un cultivo de servicio en las prácticas de manejo convencional, mejorando así la sanidad de los cultivos, lo que conlleva una disminución en el uso de agroquímicos y la incorporación de buenas prácticas de manejo.

Palabras claves: mostaza, nematodos, tomate.



C2P29. EFECTO DEL RIEGO POR GOTEO EN LAS POBLACIONES DE MICRORGANISMOS DEL SUELO EN UN CULTIVO DE LIMONEROS

Quinteros, M.¹; Sanchez, H.A.¹; Boggiatto, E.; Picon, C.²; Gallac, M.¹

¹EEA INTA Famaillá; ² Inst. de Invertebrados Fundación Miguel Lillo.

Quinteros, Maria. EEA INTA Famaillá. Ruta Prov. 301, km 31. (4132) Famaillá. Tucumán.
quinteros.maria@inta.gob.ar

RESUMEN

La provincia de Tucumán domina el mercado del limón y determina la tendencia de la producción total de limones en el país; los derivados industriales siguen esta misma tendencia; es la segunda actividad agroindustrial después de caña de azúcar. La superficie cultivada de limón en la provincia es de aproximadamente 37 mil hectáreas (76,6% del total nacional) de la cual el 30-35 % se realiza en condiciones de riego. Se planteó el presente trabajo con el objetivo de evaluar el efecto del riego por goteo en las poblaciones de microorganismos del suelo. En una finca cítrica, de la localidad de Tafi Viejo, Tucumán, se evaluó la población microbiana en dos situaciones de relieve: media loma y bajo; las primeras evaluaciones se realizaron durante la zafra 2015 (trabajo publicado “Biodiversidad Microbiana asociada a manejo sustentable del suelo en cultivo de citrus”). En la campaña 2015, la mencionada finca no tenía riego y los valores de pH registrados en los primeros 20 cm del perfil oscilaron entre 5,5 a 6,8. En la campaña 2017 se incorporó riego por goteo, lo que provocó una disminución del pH en ambas situaciones de muestreo; idéntico comportamiento tienen las poblaciones de bacterias. En cuanto a la población de hongos, la misma disminuye en la media loma y aumenta levemente en el bajo; en la campaña 2015 no se observaron modificaciones en las poblaciones de hongos. En las poblaciones de actinomicetos no se encontraron diferencias generadas por el uso del riego

Palabras claves: microorganismos, limoneros, pH, riego por goteo



C2P30. RESPIRACIÓN MICROBIANA EN ROTACIONES DE CULTIVOS

Quiñónez Vera, Laura Raquel; Cubilla Andrade, Martín María; González Blanco, Alicia Noemí; Rasche Álvarez, Jimmy Walter; Fatecha Fois, Diego Augusto, González Cáceres, Eugenio; Duarte Monzón, Alder Duarte y Santacruz, Derlis Enciso

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Avenida Mcal. López 2160. San Lorenzo, Paraguay.

lauryv@gmail.com

RESUMEN

El suelo es un recurso natural no renovable, expuesto a procesos de degradación ocasionada por sistemas de manejo inadecuados. El objetivo de este trabajo fue evaluar la respiración microbiana en rotaciones de cultivos en sistema de siembra directa. El experimento se realizó en el departamento de Caaguazú, distrito de San Joaquín, Paraguay, manejado en sistema de siembra directa. Las muestras de suelo fueron colectadas a una profundidad de 0 - 5 cm y luego trasladadas al laboratorio del Área Suelos y Ordenamiento Territorial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. Una vez colectadas fueron pesados 5 g de suelo de cada muestra, luego fueron incubados utilizando el método en medio cerrado con 5 ml de NaOH 1 N y el desprendimiento de CO₂ fue determinado mediante la titulación con HCl 0,1 N en presencia de un indicador (fenoftaleína al 1 %). Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANAVA) y aplicado test de Tukey con $p < 0,05$ para comparación de medias utilizando el software estadístico Infostat. La respiración microbiana del suelo no fue alterada entre las distintas rotaciones de cultivos de granos y plantas de cobertura en sistema siembra directa.

Palabras claves: plantas de cobertura, siembra directa.

INTRODUCCIÓN

La rotación de cultivos es una práctica de manejo que puede aumentar potencialmente el rendimiento de los cultivos y favorecer la calidad del suelo, reduciendo los procesos de deterioro del mismo.

En los suelos los microorganismos cumplen la función de descomponer los residuos orgánicos, participando en el reciclaje de nutrientes y consecuentemente son responsables de su disponibilidad para las plantas (Matsuoka *et al.*, 2003). Por otra parte, el monitoreamiento de la biota del suelo puede servir como parámetro para diagnosticar alteraciones en la calidad del suelo (Mercante *et al.*, 2008), pudiendo contribuir de esta manera a una mejor sustentabilidad en el uso del suelo (Araújo y Monteiro 2007).

En ese aspecto, la respiración microbiana corresponde a una de las medidas para determinar la mineralización de los compuestos orgánicos, la cual puede variar de acuerdo a las condiciones pluviométricas, pH del suelo, residuos vegetales y los tipos de microorganismos (Franchini *et al.*, 2007).

El objetivo del trabajo fue evaluar la respiración microbiana en una rotación de cultivos en relación a los días de incubación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en el departamento de Caaguazú, distrito de San Joaquín, Paraguay manejado en sistema de siembra directa. El suelo pertenece al orden Ultisol (López *et al.*, 1995) de textura arenosa, con una precipitación media anual de 1650 mm, registrándose 885 mm de lluvia durante la experimentación.

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con doce tratamientos correspondientes a rotaciones de cultivos (soja-soja-barbechos-soja-barbecho-trigo; soja-barbecho-trigo-soja-barbecho-trigo; soja-barbecho-trigo-soja-soja-barbecho; soja-barbecho-trigo-soja-barbecho-avena negra; soja-barbecho-avena negra-soja-avena negra-soja; soja maíz-barbecho-soja-barbecho-trigo; soja-maíz-mezcla-maíz-crotalaria-trigo; maíz-crotalaria-trigo-soja-milheto-avena negra+nabo; soja-milheto-avena negra+nabo-soja-maíz-mezcla; soja-barbecho-avena negra+lupino-maíz+ruziziencis-ruziziencis-trigo; maíz+ruziziencis-ruziziencis -trigo-soja-Cajanus cajan-acevén; soja-Cajanus cajan-acevén-soja-crotalaria-avena negra+lupino) con cuatro repeticiones, totalizando 48 unidades experimentales.

Las muestras de suelo fueron colectadas a una profundidad de 0 - 5 cm y luego trasladadas al laboratorio del Área Suelos y Ordenamiento Territorial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. Una vez



colectadas fueron pesados 5 g de suelo de cada muestra, luego fueron incubados utilizando el método en medio cerrado con 5 ml de NaOH 1 N descripto por Anderson (1982) y el desprendimiento de CO₂ se midió mediante la titulación con HCl 0,1 N en presencia de un indicador (fenoftaleína al 1 %).

Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANAVA) al 5 % de probabilidad de error utilizando el programa estadístico Infostat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La respiración microbiana del suelo no fue influenciada por las distintas rotaciones de cultivos, con resultados uniformes entre los cultivos de granos y los tipos de abonos verdes implantados a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días de incubación (Tabla1).

Tabla 1: Respiración microbiana bajo una rotación de cultivos. Caaguazú, Paraguay, 2016/2017

| Rotación | Respiración microbiana, mg CO ₂ 100 g ⁻¹ de suelo | | | | | |
|------------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Días de incubación | | | | | |
| | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 |
| S/S/B/S/B/T | 76,6 ^{ns} | 58,8 ^{ns} | 57,5 ^{ns} | 45,9 ^{ns} | 28,0 ^{ns} | 24,5 ^{ns} |
| S/B/T/S/B/T | 84,6 | 53,1 | 56 | 57 | 61,5 | 24,8 |
| S/B/T/S/S/B | 80,6 | 46,6 | 55 | 36,2 | 37,5 | 27,5 |
| S/B/T/S/B/AN | 86,6 | 49,1 | 66,5 | 21,2 | 42,5 | 35 |
| S/B/AN/S/AN/S | 78,6 | 53,6 | 65,5 | 33,8 | 46,5 | 29 |
| S/M/B/S/B/T | 82,6 | 58,1 | 67 | 56,5 | 31,5 | 41,5 |
| S/M/MZ/M/C/T | 74,2 | 41,1 | 54,5 | 41,3 | 24 | 26,5 |
| M/C/T/S/MT/AN+N | 98,2 | 58,6 | 70 | 58,5 | 49 | 23 |
| S/MT/AN+N/S/M/MZ | 102,6 | 69,6 | 77 | 40,1 | 47,5 | 18 |
| S/B/AN+L/M+R/R/T | 63,2 | 32,1 | 51,5 | 40,3 | 40,5 | 33,5 |
| M+R/R/T/S/CC/A | 94,6 | 63,6 | 67,5 | 46,7 | 50 | 50 |
| S/CC/A/S/C/AN+L | 84 | 51,6 | 69,5 | 29,7 | 26,5 | 26,5 |
| Medias | 84,5 | 52,5 | 63,6 | 41,9 | 41,5 | 30,5 |
| CV (%) | 7,54 | 6,92 | 5,93 | 12,99 | 5,86 | 7,44 |

¹Soja, ²Barbecho, ³Trigo, ⁴Avena negra, ⁵Maíz, ⁶Mezcla, ⁷Crotalaria, ⁸Milheto, ⁹Lupino, ¹⁰Ruzienciz, ¹¹Cajanus cajan ¹²Acevé. CV: coeficiente de variación, con probabilidad de error al 5 %.

La mayor actividad microbiana ocurrió en los primeros días de incubación presentando 80 mg CO₂ en 100 g de suelo, observándose una tendencia negativa a medida que trascurrieron los días. Esto ocurre debido a que los residuos orgánicos de fácil degradación, comienzan agotarse, consecuentemente la biomasa microbiana se ve reducida y por tanto la liberación de CO₂ disminuye (Alves *et al.*, 2011).

En el proceso de respiración microbiana, a medida que la biomasa microbiana se estabiliza menos cantidad de carbono (C) es desprendido como CO₂. Una alta tasa de respiración en los restos de cultivos es caracterizada deseada, existiendo una alta mineralización de compuestos orgánicos, disponibilizando rápidamente para las plantas (Roscoe *et al.*, 2008).

Los niveles de CO₂ acumulado, variaron de 261,6 a 372,4 mg 100 g de suelo⁻¹ luego de 90 días de incubación (Figura 1). Según Lisboa *et al.*, (2012) en los suelos manejados en sistema de siembra la actividad microbiana es mayor en relación a otros sistemas de manejo, de manera que, al no revolver el suelo, existe mayor aporte de carbono el cual es debida a una mayor cobertura vegetal.

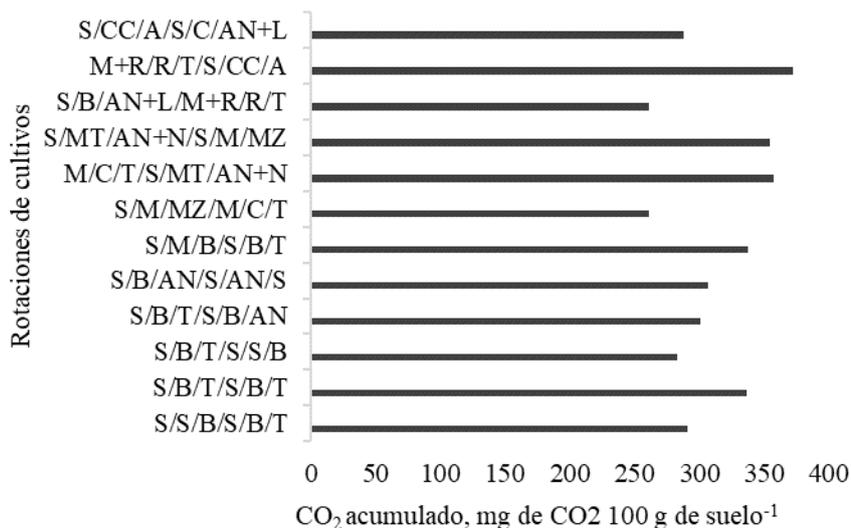


Figura 1: CO₂ acumulado luego de 90 días de incubación. Caaguazú, Paraguay, 2016/2017.

CONCLUSIÓN

La respiración microbiana del suelo no fue alterada entre las distintas rotaciones de cultivos de granos y plantas de cobertura en sistema siembra directa.

AGRADECIMIENTOS

A la Asociación de Agrónomos Pro Siembra Directa (AASID) en conjunto con la Federación Paraguaya de Siembra Directa para un Agricultura Sustentable (FEPASIDIAS), por facilitar la infraestructura para el desarrollo del experimento.

Al laboratorio de Suelos y Ordenamiento Territorial de la Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de la Asunción.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por financiar parte del trabajo para la ejecución del experimento.

BIBLIOGRAFÍA

- Alves, TDS; LL Campos; NE Neto; M Matsuoka & MF Loureiro. 2011. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa em sistemas de manejos. *Revista de Pesquisa Agropecuaria*. 33: 341-347
- Araujo, ASF & RT Monteiro. 2008. Indicadores biológicos de qualidade do solo. *Bioscience Journal*. 23: 66-75
- Franchini, JC; CC Crispino; RA Souza; E Torres & M Hungria. 2007. Microbiological parameters as indicators soil quality under various soil management and crop rotation systems in Southern Brasil. *Soil and Tillage Research*. 92: 18-29
- Lisboa, BB; LK Vargas & AD Abichequer. 2012. Biomassa microbiana, atividade e diversidade metabólica em um Argissolo sob diferentes manejos. *Pesquisa Agropecuaria, Gaúcha*. 18: 175-192.
- Matsuoka, M; IC Mendes M & Loureiro. 2003. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa em sistemas de agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste. 27: 425-433.
- Mercante, FM; RF Silva; CSF Francelino; JCT Cavalheiro & AA Otsubo. 2008. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. *Acta Scientium Agronomy*. 34: 479-485
- Roscoe, R; FM Mercante & JC Salton. 2006. Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares. *Embrapa Agropecuária do Oeste*. Dourados, Brasil.



C2P31. EFECTOS DE LA INTENSIFICACIÓN Y DIVERSIFICACIÓN DE LA ROTACIÓN DE CULTIVOS SOBRE LOS MICROAGREGADOS DE SUELO

Robledo N.B, Gabbarini L.A y Wall L.G

Laboratorio de Biología de Suelos – Universidad Nacional de Quilmes – Roque Sáenz Peña 352 – Bernal – Buenos Aires
nbelenrobledo@gmail.com

RESUMEN

En Argentina la agricultura es uno de los motores más importantes de la economía. Por este motivo es necesario conservar el suelo como recurso. Para desarrollar manejos que permitan su conservación, es necesario conocer la complejidad de su estructura y funcionamiento y los efectos que diferentes manejos agrícolas ejercen sobre ellos. La Siembra Directa junto con las denominadas Buenas Prácticas Agrícolas que aseguran la cobertura permanente de la superficie del suelo con la rotación de cultivos, se considera un sistema conservacionista ampliamente implementado en nuestro país. Una posible mejora del sistema incluiría una mayor diversificación e intensificación de las rotaciones de los cultivos (DIRC). Los efectos de la DIRC sobre la estructura y biología del suelo aún no han sido descritos. Desde 2015 trabajamos en colaboración con productores que han implementando ensayos para evaluar el efecto de la DIRC sobre la productividad del sistema y la calidad y salud del suelo. Los establecimientos del proyecto constan de cinco tratamientos con una historia de uso agrícola común, diferenciados por su Índice de Intensidad de Rotación (IIR, calculado como días del año con cultivos, desde emergencia a madurez fisiológica, dividido 365 días) y su porcentaje de gramíneas / leguminosas. Para desarrollar este trabajo se seleccionaron dos rotaciones con IIR contrastante (Rotación típica: Trigo/Soja – Maíz - Soja, IIR: 0,47 y Rotación intensa con alto aporte de leguminosas: Trigo/Soja - Vicia/Maíz, IIR: 0,71) de uno de los establecimientos, tomando 5 submuestras distribuidas aleatoriamente dentro de cada rotación. La hipótesis del trabajo fue que una variación en la DIRC generaría cambios en la distribución de microagregados del suelo afectando las prestaciones ecosistémicas del mismo analizadas como actividades enzimáticas relacionadas a ciclos biogeoquímicos y a la actividad microbiana general. Para estudiar el efecto de la DIRC y su reproducibilidad a escala de microagregados se procedió a realizar el fraccionamiento de las muestras por triplicado, utilizando un protocolo de tamizado húmedo y obteniéndose un total de 80 submuestras de diferentes tamaños (2000-250, 250-63, 63- 20, 20-2 y <2 micrómetros) por rotación. Las actividades de las enzimas Celobiohidrolasa, β -Glucosidasa, β -Glucuronidasa, Leucina-aminopeptidasa, Quitinasa, Fosfatasa, Esterasa y Sulfatasa se midieron por fluorescencia utilizando sustratos derivados de la 4-Metilumbelliferona y 7-Amino-4-Metilcumarina en placas de 96 pocillos. Los resultados obtenidos revelan que un aumento en la DIRC modifica significativamente la proporción de las diferentes fracciones de microagregados del suelo. Los datos muestran una alta reproducibilidad, con una mayor proporción de los microagregados de mayor tamaño a mayor IIR. En general, las actividades enzimáticas específicas medidas no muestran un patrón de variación significativa entre tratamientos a nivel de microagregados, pero si como perfiles enzimáticos según el tamaño de los microagregados. De esta manera, la explicación a las diferencias en los perfiles enzimáticos por el diferente IIR, medido en el suelo sin fraccionar, resultaría de la integración de las diferentes proporciones de agregados, con sus respectivos perfiles fisiológicos, generando así un particular servicio ecosistémico del suelo con relación a la transformación de la materia.

Palabras claves: Rotación de cultivos, Agregados de suelo, Actividades enzimáticas del suelo



C2P32. EFECTO DEL GLIFOSATO SOBRE PARÁMETROS MICROBIANOS DEL SUELO

Rodríguez, Hernán A.¹⁻²; De Grazia, Javier¹⁻²; Gagey, María C.¹⁻²; Barrios, Mónica. B¹⁻²; Sokolowski, Ana C.¹⁻²; Prack McCormick, Bárbara P.¹⁻²⁻³ y Paladino, Ileana R⁴.

¹Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Juan XXIII y Camino de Cintura, Lomas de Zamora, Argentina. Instituto de Investigación sobre Producción Agropecuaria, Ambiente y Salud (IIPAS). ³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). ⁴Instituto de Suelos INTA Castelar.
hrodriguez@agrarias.unlz.edu.ar

RESUMEN

La producción de granos a nivel nacional se ha incrementado tanto en superficie cultivada como en rendimiento. Bajo este contexto, el actual modelo de agricultura pretende que los agroquímicos controlen a las malezas y plagas, simplificando así la toma de decisiones. Sin embargo, dentro de este modelo, no se ha tenido en cuenta que el uso excesivo de plaguicidas pone en serio riesgo al recurso suelo, disminuyendo su capacidad para cumplir los servicios ecosistémicos que presenta. Uno de los plaguicidas más utilizados en la agricultura es el glifosato (sal amónica del N-fosfometil glicina), un herbicida no selectivo, inhibidor de una enzima que conduce a la síntesis de aminoácidos aromáticos en plantas y microorganismos. Se han realizado estudios sobre los efectos del glifosato en las comunidades microbianas de los suelos pero con resultados contrastantes. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del glifosato sobre variables biológicas en un Argiudol de Buenos Aires, a los 2, 7, 20 y 44 días posteriores a su aplicación (DPA), bajo condiciones de laboratorio. Para ello se prepararon microcosmos con 100g de suelo (extraído de 0-10 cm de profundidad) y se incubaron a 24°C. Se aplicó glifosato de formulación comercial (75,7g equivalente a 68,7% p/p de glifosato ácido) y los tratamientos evaluados fueron: suelo sin agregado de glifosato (T), suelo con dosis recomendada 3Kg.ha⁻¹ (GL1) y suelo con doble de la dosis recomendada (GL2). Las variables biológicas estudiadas fueron actividad respiratoria (AR) y respiración inducida por sustrato (SIR). Se realizó un ANOVA para evaluar el efecto de los tratamientos sobre las variables estudiadas en cada una de las fechas establecidas. En cuanto a la AR, en la fecha 2 DPA se observó un aumento del 13% para GL1 y del 8% para GL2 con respecto a T. Esto se revirtió para la segunda fecha, en donde GL1 y GL2 tuvieron un descenso de la AR de un 19% y 17% con respecto a T. La fecha 20 DPA, tanto GL1 como GL2 mostraron un aumento del 11% y 13%, respectivamente, en comparación con T. A los 44 DPA, estas tendencias desaparecieron y los valores para los tratamientos fueron similares. A pesar de esto, las diferencias no fueron significativas a lo largo de las fechas establecidas. Con respecto a la SIR, en la primer fecha, GL1 disminuyó en 11% con respecto a T pero GL2 presentó un aumento con respecto a GL1 del 12%. A los 7 DPA, la SIR a nivel general presentó un descenso de sus valores con respecto a la primer fecha, pero con las mismas relaciones entre los tratamientos. La fecha 20 DPA, mostró un aumento de la SIR a nivel general y las tendencias entre tratamientos se siguieron manteniendo. Sin embargo, al igual que con AR, no se encontraron diferencias significativas a lo largo de las fechas establecidas. La ausencia de efectos significativos entre tratamientos a las dosis estudiadas no evidenció un impacto sobre la actividad (AR y SIR) de la población microbiana. Sin embargo, resultaría de interés investigar modificaciones en la diversidad microbiana y sus funciones en relación a los períodos de tiempo post-aplicación del herbicida.

Palabras claves: Actividad respiratoria, SIR, Herbicida.



C2P33. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE VARIABLES ORGÁNICAS DEL SUELO EN DIFERENTES AMBIENTES BAJO AGRICULTURA CONTINUA

Rodríguez, Hernán A.¹⁻²; Arakelián, Dámaris A.¹; De Grazia, Javier¹⁻²; Gagey, María C.¹⁻²; Barrios, Mónica B.¹⁻²; Prack Mc Cormick, Bárbara P.¹⁻²⁻³ y Sokolowski, Ana C.¹⁻²

¹Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Juan XXIII y Camino de Cintura, Lomas de Zamora, Argentina. ²Instituto de Investigación sobre Producción Agropecuaria, Ambiente y Salud (IIPAS). ³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

hrodriguez@agrarias.unlz.edu.ar

RESUMEN

El carbono orgánico (CO) es un componente clave del sistema del suelo ya que influye sobre sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Está constituido por una mezcla heterogénea de compuestos de diferente labilidad y en continuo estado de transformación. Su dinámica está regida por características del propio material orgánico, por factores ambientales y por la actividad microbiana. Asimismo, la fracción lábil, llamada carbono orgánico particulado (COP), asociada a variables biológicas, pueden dar indicios tempranos de efectos producidos en función del paisaje, debido a su rápida transformación. Es por esto que el objetivo del presente trabajo fue analizar el comportamiento de variables químicas y biológicas en ambientes contrastantes sometidos a agricultura. Para ello se extrajeron 12 muestras compuestas de suelo de los primeros 10cm de profundidad en ambientes de Loma y de Bajo con uso agrícola continuo en dos épocas del año: verano e invierno. A partir de las mismas se realizó un fraccionamiento físico por tamizado en húmedo, obteniéndose una fracción gruesa de 2000-106 μ m (COPg); una fracción fina de 106-53 μ m (COPf) y una fracción asociada a la fracción mineral (COM) menor a 53 μ m, y se cuantificó el carbono orgánico total (COT) de la muestra y el de sus fracciones por el método de Walkley y Black. Además, se determinó la actividad microbiana a través de la respiración basal (RB) y la respiración inducida por sustrato (SIR) midiendo el CO₂ liberado durante la incubación de las muestras. Los resultados se analizaron estadísticamente mediante una ANOVA (test de Tukey, p<0,05). Durante la época estival, el contenido de COT en ambiente Bajo mostró 9,5% de aumento en comparación al ambiente Loma; sin embargo estas diferencias no resultaron significativas. En el fraccionamiento de CO se observó un predominio de los valores del ambiente Bajo por sobre el ambiente Loma para las variables COPg, COPf y COM de 17%, 25% y 6%, respectivamente. A pesar de mostrar estos contrastes porcentuales, no resultaron significativas sus diferencias. Sin embargo, las variables biológicas revelaron diferencias significativas entre los ambientes Bajo y Loma. La RB del Bajo superó en 59% a la de la Loma (valores promedios 72,97 y 45,89 mg CO₂ 100g⁻¹ suelo). Para la SIR, los valores promedios fueron 29,63 y 18,15 mg CO₂ kg⁻¹ suelo h⁻¹ para Bajo y Loma, respectivamente, reflejando un aumento de 59%. Las muestras tomadas durante el invierno no evidenciaron diferencias que resulten significativas para todas las variables en estudio. En ambos ambientes, se encontraron contenidos similares de COT, COPg, COPf y COM. Pero a diferencia de lo ocurrido en verano, los valores de COPg y COPf de la Loma fueron levemente superiores respecto a los valores del Bajo. Para las variables microbiológicas RB y SIR, siguió la predominancia del ambiente Bajo por sobre Loma pero con menores valores porcentuales (aproximadamente 15% cada uno). Si bien se evidenciaron diferencias entre las variables orgánicas químicas, estas no llegaron a mostrar sensibilidad entre los ambientes estudiados. Las variables biológicas resultaron ser más sensibles a los ambientes, mostrando posibles variaciones estacionales.

Palabras claves: Fracción lábil, Respiración Microbiana, Relieve



C2P34. BIOCONTROL DE *Sclerotinia sclerotiorum* POR CEPAS DE *BACILLUS* EN EL CULTIVO DEL POROTO (*Phaseolus vulgaris* L.)

Sabaté, Daniela C.¹, Jorgelina Huidobro², Marcos David Alvarez², M. Carina Audisio¹ y Carolina Pérez Brandan²

¹ Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150. 4400 Salta, Argentina.

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)-Estación Experimental Salta. Ruta Nacional 68 Km 172. 4403. Cerrillos. Salta, Argentina.

RESUMEN

Existen enfermedades causadas por microorganismos que afectan el cultivo de poroto ocasionando importantes pérdidas económicas. Entre ellas se encuentran aquellas generadas por hongos como *Sclerotinia sclerotiorum*. Su control convencional resulta poco efectivo debido a la supervivencia de sus esclerocios. El objetivo de este trabajo fue aislar bacterias nativas de suelos del NOA, pertenecientes al género *Bacillus*, que presenten propiedades antagonicas sobre *S. sclerotiorum* y como promotores del crecimiento del cultivo. Tres cepas de *Bacillus* spp. aisladas mostraron propiedades como PGPR y actividad antagonica. Las cepas fueron caracterizadas como *Bacillus* spp. B19 y P12. Se determinó que las cepas B19 y P12 incrementaron el PG en un 14,5 % comparado con el control e incrementaron la longitud de la raíz (10,4 y 15 %) y del tallo (20,2 y 30 %) respectivamente respecto al control. La aplicación combinada de dos cepas: B14+B19, B14+P12 y B19+P12, generaron efectos beneficiosos sobre el crecimiento, pero no con respecto a la inoculación en forma individual. B19 y P12 sintetizaron auxinas en diferentes concentraciones, 5,71 y 4,90 mg/mL, respectivamente. B14 produce auxinas en una concentración de 10,10mg/mL, y potencialmente sintetizaría sideróforos. En las semillas control, se detectó contaminación de bacterias en el 87% de ellas, y presencia de diferentes hongos: *Cladosporium* sp., *Fusarium* sp., *Rhizopus* sp. Cuando las semillas fueron inoculadas con B14, B19 o P12, no se detectó el crecimiento de bacterias ni hongos contaminantes ni patógenos. En los ensayos *in vivo*, en suelos con *S. sclerotiorum*, se determinó una incidencia cercana al 100 %, en las semillas no inoculadas. En las semillas con fungicida y sembradas en los suelos contaminados, no se detectó emergencia de los plantines. En semillas inoculadas con B14+P12, B14+B19 o B19+P12, la incidencia se redujo un 46, 43 y 25 %, respectivamente, respecto al control, siendo los tratamientos más efectivos.

Palabras claves: *Bacillus*, poroto, biocontrol.

INTRODUCCIÓN

La producción de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) es una importante actividad agrícola en el noroeste argentino (NOA). El 70% de la producción de este cultivo está concentrada en la provincia de Salta, con una superficie estimada de aproximadamente 450.000 ha para las últimas campañas (De Bernardi, 2016). La sanidad de las semillas es uno de los principales factores que influyen en la producción del cultivo y está determinada por la presencia o ausencia de microorganismos patógenos asociados a ellas, por lo que estas pueden constituir un significativo medio de diseminación, así como también una fuente de inóculo de patógenos. Una enfermedad de gran importancia que afecta este cultivo, es el moho blanco causada por el hongo *Sclerotinia sclerotiorum*. Debido a su persistencia en los suelos y su diseminación, puede ocasionar importantes pérdidas económicas en el cultivo, por lo que es de gran importancia su control. A pesar de los esfuerzos de los programas de mejoramiento, muchos cultivares de poroto utilizados en la producción comercial, son susceptibles al moho blanco. Una de las estrategias para su control es el uso de productos químicos sobre las semillas (Vieira y col., 2010; Vizgarra, y col., 2012). Sin embargo, el uso indiscriminado de agroquímicos genera alteración en la biodiversidad, así como contaminación del agua, suelo y aire. Por ello, en los últimos años, hay una tendencia a realizar prácticas agrícolas sustentables, para minimizar el uso de agentes químicos, y así obtener alimentos sanos y seguros. Esto genera la búsqueda de alternativas no contaminantes para combatir las enfermedades de los cultivos. El uso de microorganismos beneficiosos se considera uno de los métodos más prometedores para que las prácticas de manejo del cultivo sean más racionales, seguras y ecológicamente compatibles con el ambiente (Droby y col., 2009). Diferentes especies del género *Bacillus* son ampliamente estudiadas como potenciales PGPR (plant growth-promoting rhizobacteria) en la agricultura, debido a su capacidad de promocionar el crecimiento de las plantas y como agentes de biocontrol (Jacobsen y col., 2004; Fravel, 2005; Pérez-García y col. 2011, Torres y col., 2017; Sabaté y col., 2017). El objetivo de este trabajo, fue evaluar el efecto como PGPR y como agentes de biocontrol, principalmente sobre *S. sclerotiorum*, de diferentes cepas nativas del género *Bacillus*, aisladas de suelos de la provincia de Salta, sobre el cultivo del poroto.



MATERIALES Y MÉTODOS

Aislamiento de bacterias del suelo

Se tomaron muestras de suelos agrícolas a 10 cm de profundidad, del centro-este de la provincia de Salta cultivados bajo diferentes sistemas productivos. Además se tomaron muestras de suelos prístinos, sin disturbar (cortinas). Se realizaron diluciones seriadas, que fueron inoculadas en medio Brain Heart Infusion (BHI). Las placas se incubaron a 37°C durante 24-48 h. Se preseleccionaron aquellas colonias que a simple vista presentaron morfología característica del género *Bacillus* y se realizó observación al microscopio óptico. Las cepas seleccionadas fueron conservadas en medio BHI caldo con el agregado de 20% v/v glicerol a -20°C (freezer común).

Propiedades como promotores de crecimiento en plantas de los aislados

Se determinaron algunas características como bacterias promotoras del crecimiento vegetal de las diferentes cepas aisladas. La solubilización de fósforo inorgánico se realizó mediante la técnica de Goldstein (1986). La producción de auxinas y compuestos relacionados y cianidas fue analizada por el método de de Brito Alvarez et al., (1995). La producción de sideróforos fue determinada en el medio TSA (Trypteina Soya Agar, Britania) suplementado con 8-hydroxyquinoline (de Brito Alvarez et al., 1995).

Caracterización filogenética

Se realizó la extracción de ADN a partir de un cultivo activo de 24 h a 37 °C proveniente de caldo BHI de las cepas *Bacillus* spp. de acuerdo al método de Miller (1972). Las cepas fueron caracterizadas por secuenciación de la subunidad 16S del ARNr, mediante el servicio comercial de Macrogen Inc. (Seoul, Korea). Se utilizaron los primers universales S-D-Bact-0008-a-S-20 (AGAGTTTGATCCTGGCTCAG) y S-D-Bact-1495-a-A-20 (CTACGGCTACCTTGTACGA) (Daffonchio et al., 1998). El ADN extraído fue amplificado mediante PCR de acuerdo a Sabaté et al., (2017). El estudio de homología se llevó a cabo usando el programa BLAST y las secuencias fueron depositadas en la base de datos de GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>).

Efecto de las cepas de *Bacillus* sobre el estado fitosanitario de semillas

Las semillas de poroto blanco cv. Alubia fueron inicialmente desinfectadas en alcohol 70 % durante 30 minutos y luego en solución de hipoclorito de sodio al 5 % durante 1 minuto. Luego, las semillas fueron inoculadas con las bacterias bajo estudio. Para ello, las semillas fueron sumergidas en un cultivo celular de 48 h de las cepas B19, B14 o P12 de concentración 1×10^8 ufc/ml, durante 30 minutos. Semillas sin inocular fueron utilizadas como control. Las semillas fueron dispuestas en placas de Petri (9 cm de diámetro) conteniendo Agar dextrosa papa; 5 semillas (por tratamiento) de poroto fueron colocadas de manera equidistante en las placas de Petri y fueron incubadas a 26 °C durante 10 días. Luego, se analizó la presencia o ausencia de microorganismos patógenos transmitidos por semillas y otros microorganismos contaminantes. Los ensayos fueron realizados por triplicado.

Efecto de las cepas de *Bacillus* sobre el crecimiento del poroto

Semillas de poroto blanco cv. Alubia fueron desinfectadas e inoculadas con B19, B14 y P12. Además las semillas fueron inoculadas en combinaciones de dos bacterias (las cuales crecieron como cultivos puros) como sigue: B14+B19, B14+P12, y B19+P12. También se inocularon con un fungicida químico comercial utilizado comúnmente en la región Maxim@Evolution Rizobacter, el cual fue aplicado en las semillas de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Un total de 70 semillas por tratamiento fueron sembradas cada 2 cm de distancia en bandejas plásticas conteniendo suelo estéril como sustrato. Las bandejas fueron colocadas en invernaderos con circulación de aire y control de temperatura ($28 \text{ °C} \pm 2$) durante 15 días. Luego de 9 días, se determinó el poder germinativo (PG) para cada tratamiento. Luego de 15 días, un total de 45 plantines/repeticiones fueron seleccionados al azar y se determinó el tamaño de la planta de acuerdo al protocolo de Altamirano et al., (2002). Los ensayos fueron realizados por triplicado.



Efecto de las cepas de *Bacillus* sobre la incidencia de *S. sclerotiorum*

Las semillas de poroto fueron desinfectadas e inoculadas con las bacterias bajo estudio como se mencionó anteriormente. Además se inocularon con combinaciones de dos bacterias (crecidas como cultivos puros): B14+P12, B14+B19 y B19+P12, y con el fungicida químico mencionado anteriormente. Semillas sin inocular se utilizaron como control. Por otra parte, se preparó un inoculo de *S. sclerotiorum* en granos de trigo como sustrato, de acuerdo a Elsheshtawi et al., (2017). Se preparan bandejas con suelo estéril, y se infectan con el cultivo del patógeno obtenido a partir del trigo (0.5 g de inóculo por Kg de suelo) donde se sembrarán 70 semillas de poroto por bandeja, inoculadas con cada tratamiento y sin inocular (control). Las bandejas se incuban entre 23-26°C durante 45 días. Durante ese período, se evaluó la presencia del patógeno como porcentaje de plantas que mostraron signos de la enfermedad. Además, se determinó la energía germinativa (EG) a los 5 días de la siembra.

Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo mediante el empleo del programa InfoStat (Di Rienzo et al 2015). Las variables se estudiaron mediante análisis de varianza (ANOVA) para probar las diferencias entre parámetros microbianos empleando el test de Fisher (LSD) ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aislamiento y determinación de propiedades como promotores del crecimiento en plantas

Dos cepas de *Bacillus* spp., B19 y P12, fueron aisladas de diferentes suelos, de acuerdo a sus características macro y microscópicas. Ambas cepas B19 y P12 sintetizan auxinas a diferentes concentraciones 5,71 y 4,98 mg/mL, respectivamente. Ambas cepas crecieron en medio TSA suplementado con 8-hydroxyquinoline, y fueron consideradas por lo tanto como productoras de sideróforos. Ninguna cepa produjo cianidas ni la solubilización de fósforo inorgánico en los medios utilizados.

Caracterización filogenética

El análisis de la secuencia de 16S del ADN mostró un 98 % de homología de B19 y P12 con cepas de *Bacillus* sp. de la base de datos de GenBank. Estas secuencias fueron depositadas en GenBank (números de accesos MF574161 y MF574162, respectivamente) (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>). En trabajos previos (Sabaté et al., 2017) la cepa B14 fue caracterizada como *B. amyloliquefaciens*.

Efecto de las cepas de *Bacillus* sobre el estado fitosanitarios de las semillas de poroto

A partir de estos ensayos, *B. amyloliquefaciens* B14 fue incorporada. Esta cepa fue empleada debido a que en trabajos anteriores, presentó efectos benéficos como promotor del crecimiento en poroto y como agente de biocontrol (Sabaté y col., 2017). El estado fitosanitario de las semillas control de poroto blanco cv. Alubia revelaron una contaminación bacteriana en el 87 % del total de las semillas evaluadas. Además se encontraron diferentes hongos contaminantes como *Cladosporium* sp. (60 %), y hongos fitopatógenos como *Fusarium* sp. (26 %) y *Rhizopus* sp. (7 %) de acuerdo a las observaciones macro y microscópicas. En las semillas inoculadas con las diferentes bacterias B14, B19 o P12, no se detectó crecimiento de bacterias ni hongos contaminantes, pero si se determinó el crecimiento del inoculo.

Efecto de las cepas de *Bacillus* sobre el crecimiento del cultivo

El poder germinativo (PG) de las semillas de poroto blanco cv. Alubia, sin ningún tratamiento, fue del 77%. Las semillas inoculadas con B19 mostraron un PG de 88,6 %, y un incremento promedio de la longitud de raíz de 10,4 % y del tallo de 20,2 %, con respecto al control, mostrando significativas diferencias entre ellos (Tabla 1). La inoculación con P12 también generó un efecto benéfico sobre el crecimiento de los plantines, con un incremento en la longitud de raíz de 5 % y del tallo de 30 %, aproximadamente, comparado con las semillas sin inocular, y un PG de 88,6 % (Tabla 1). La inoculación de las semillas con B14, no ejerció efectos benéficos sobre ninguno de los parámetros de crecimiento. En el tratamiento de inoculación de las semillas con el fungicida químico comercial se observó un incremento en la longitud de raíz de 2,6 % y longitud del tallo de 11,8 % con respecto a las semillas control. Todos los tratamientos que combinaron



dos cepas de bacilos generaron efectos benéficos sobre el PG y crecimiento de los plantines respecto al control. Las semillas inoculadas con B19+B14, mostraron un incremento del PG de aproximadamente 16,3 %, en la longitud de raíz de 5,2 % y del tallo de 8,1 % respecto al control. Las semillas inoculadas con B19+P12, mostraron un significativo incremento del PG de aproximadamente 21,4 %, e incremento de la longitud de raíz de 4,2 % y del tallo de 18,9 % respecto a las semillas control. Finalmente, las semillas inoculadas con B14+P12, exhibieron incremento en el PG de 18,9 %, e incremento en la longitud de raíz de 1,6 % y del tallo de 11,5 % (Tabla 1).

Tabla 1. Efecto del cultivo celular de *Bacillus* en el crecimiento de poroto común.

| Tratamientos | Semillas de Poroto blanco cv Alubia | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------|--------------------|
| | GP (%) | Long de Raíz (cm) | Long de tallo (cm) |
| Control seeds | 77.4 c | 19.3 ± 3.7 bc | 38.2 ± 3.6 d |
| Semillas inoculadas con B19 | 88.6 b | 21.3 ± 2.0 a | 45.9 ± 3.5 b |
| Semillas inoculadas con P12 | 88.6 b | 22.2 ± 1.8 a | 49.6 ± 3.0 a |
| Semillas inoculadas con B14 | 70 d | 18.0 ± 2.0 c | 34.3 ± 2.5 d |
| Semillas inoculadas con fungicida | 90 ab | 19.8 ± 2.0 ab | 42.7 ± 2.7 bc |
| Semillas inoculadas con B19 + B14 | 90 ab | 20.3 ± 1.0 a | 41.3 ± 2.0 c |
| Semillas inoculadas con B19 + P12 | 94 a | 20.1 ± 1.0 a | 45.4 ± 1.5 b |
| Semillas inoculadas con B14 + P12 | 92 a | 19.6 ± 1.3 bc | 42.6 ± 2.6 bc |

Efecto de las cepas de *Bacillus* sobre la incidencia de *S. sclerotiorum* en poroto común

Para estos ensayos, se seleccionó una cepa de *S. sclerotiorum* identificada como RF, debido a que constituye una de las cepas más resistentes a los bacilos, de acuerdo a los IF% obtenidos en estudios anteriores (datos no mostrados). Cuando las semillas de poroto control fueron sembradas en el suelo infectado con *S. sclerotiorum* RF, se determinó un EG del 7%. A los 15 días de la siembra, se determinó una incidencia de la enfermedad del 80%. Luego de 45 días de siembra en las semillas control, se determinó una incidencia cercana al 100%. Cuando las semillas fueron tratadas con el fungicida químico y sembradas en el suelo infectado con el hongo, no hubo emergencia de las semillas. Al analizar las semillas no emergidas, se detectaron aspectos similares a los del control, como presencia de esclerocios y crecimiento de moho blanco. Cuando las semillas fueron tratadas con B14, B19 o P12, se observó que la presencia del patógeno fue menor en comparación con las semillas control, 60, 52 y 50%, respectivamente. Cuando las semillas fueron inoculadas con B19+P12, no se observaron diferencias significativas en comparación con la aplicación individual de estas cepas, ya que se observó una incidencia del 50 %, a los 15 días de la siembra. Luego de 45 días, la incidencia en B19+P12 incrementó al 75 %, similar al efecto de la inoculación individual con cada bacteria. Con el tratamiento B14+B19, se observó una disminución significativa de la incidencia, en comparación con la aplicación del inoculante simple. Al finalizar los ensayos, el tratamiento con B14+B19 generó una incidencia del 43 % menor que el control. El mayor efecto protector se detectó con la aplicación de B14+P12, donde la incidencia de la enfermedad fue del 12,5 %, determinado a los 15 días de la siembra. A los 45 días de la siembra, la inoculación con B14+P12 mostró la menor incidencia comparado con el resto de los tratamientos. En este caso, también fue donde se determinó el mayor EG. Esto puede deberse a un efecto sinérgico ejercido por los diferentes metabolitos sintetizados por estas cepas. Diferentes autores han demostrado que la aplicación de más de un agente de biocontrol, incrementa el efecto de protección (Guetsky et al., 2001; Jetiyanon y Kloepper, 2002).

CONCLUSIONES

La inoculación con B14+P12 o B14+B19 fueron los tratamientos más efectivos para reducir la incidencia de *S. sclerotiorum*. Además, B19 y P12 ejercen propiedades benéficas sobre el crecimiento del cultivo de poroto blanco cv. Alubia. Por esto, diferentes tratamientos aplicando estas cepas, podrían ser utilizados como potenciales promotores del crecimiento sobre la producción comercial de poroto en la región del NOA, y para el control de enfermedades.



AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los Proyecto de investigación CIUNSa (C-2453; A-1974), CONICET (PIP 0072CO), PICT-2013-0634, PICT 2012-0888), INTA PE-Suelos 1134043.

BIBLIOGRAFÍA

- Altamirano, F., 2002. Caracterización de bacterias de la raíz de dos variedades de soja cultivadas en regiones geográficas diferentes. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Jujuy, Argentina. pp. 1-88.
- Daffonchio, D., Borin, S., Frova, G., Manachini, P., Sorlini, C., 1998. PCR fingerprinting of whole genomes: the spacers between the 16S and 23S rRNA genes and of intergenic tRNA gene regions reveals a different intra-specific genomic variability of *Bacillus cereus* and *Bacillus licheniformis*. Int. J. Syst. Bacteriol. 48, 107-116.
- De Bernardi, L.A., 2016. Perfil del Poroto, Gacetilla Informativa del Sector Agrícola. Newsletter n° 83.
- de Brito Alvarez, M., Gagne, A.G., Antoun, H., 1995. Effect of Compost on Rhizosphere Microflora of the Tomato and on the Incidence of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. Appl. Environ. Microbiol. 61, 194-199.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C.W. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Droby S., Wisniewski M., Macarisin D., Wilson C. 2009. Twenty years of postharvest biocontrol research: is it time for a new paradigm?. Postharvest Biol Technol 52, 137-145.
- Elsheshtawi, M., Elkhaky, M., Sayed, S.R., Bahkali, A.H., Mohammed, A.A., Gambhir, D., Mansour, A.S., Elgorban, A.M., 2017. Integrated control of white rot disease on beans caused by *Sclerotinia sclerotiorum* using Contans and reduced fungicides application. Saudi J. Biol. Sci. 24, 405-409.
- Fravel, D.R. 2005. Commercialization and implementation of biocontrol. Ann Rev Phytopathol 43, 337-359.
- Goldstein, A.H., 1986. Bacterial solubilization of mineral phosphates: historical perspective and future prospects. Am. J. Altern. Agric. 1, 51-57.
- Guetsky, R., Shtienberg, D., Elad, Y., Dinoor, A., 2001. Combining biocontrol agents to reduce the variability of biological control. Phytopathology 91, 621-627.
- Jacobsen, B.J., Zidack, N.K., Larson, B.J. 2004. The role of *Bacillus*-based biological control agents in integrated pest management systems: plant diseases. Phytopathology 94, 1272-1275.
- Jetiyanon, K., Klopper, J.W., 2002. Mixtures of plant growth-promoting rhizobacteria for induction of resistance against multiple plant disease. Biol. Control 24, 285-291.
- Miller, J.H., 1972. Experiments in molecular genetics. Cold Spring Harbor Laboratory. Cold Spring Harbor, p 466.
- Pérez-García, A., Romero, D., de Vicente, A., 2011. Plant protection and growth stimulation by microorganisms: biotechnological applications of *Bacilli* in agriculture. Curr. Opin. Biotechnol. 22, 187-193.
- Sabaté, D.C., Pérez Brandan, C., Petroselli, G., Erra-Balsells, R., Audisio, M.C., 2017. Decrease in the incidence of charcoal root rot in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by *Bacillus amyloliquefaciens* B14, a strain with PGPR properties. Biol Control. 113, 1-8.
- Torres, M.J., Pérez Brandan, C., Petroselli, G., Erra-Balsells, R., Audisio, M.C., 2016. Antagonistic effects of *Bacillus subtilis* subsp. *subtilis* and *B. amyloliquefaciens* against *Macrophomina phaseolina*: SEM study of fungal changes and UV-MALDI-TOF MS analysis of their bioactive compounds. Microbiol. Res. 182, 31-39.
- Vieira, R.T., Paula Júnior, Teixeira, H., Carneiro, J., 2010. White mold management in common bean by increasing within-row distance between plants. Plant Dis. 94, 361-367.
- Vizgarra, O.N., Mamaní Gonzáles, S., 2012. Poroto (*Phaseolus vulgaris* L.): Manejo y recomendaciones. 4° Congreso de Cultivos de Verano. EEAOC.



C2P35. TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA: ¿TÉCNICA PARA DETERMINAR LAS MODIFICACIONES EN SUELOS CON HORMIGAS CORTADORAS DE HOJAS?

Sabattini, Julián A.¹; Diaz, Eduardo L.²; Hernandez, Juan P.³; Cian, Juan C.¹, Sabattini Iván A.¹

¹ Cátedra de Ecología de los Sistemas Agropecuarios, ² Cátedra de Riego y Drenaje, ³ Cátedra de Edafología. Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos. Ruta 11 km 10,5. Oro Verde, Entre Ríos. Argentina.

juliansabattini@fca.uner.edu.ar, juliansabattini@hotmail.com.

RESUMEN

Las hormigas cortadoras de hojas (HCH) son ampliamente conocidas por su actividad como “ingenieros del ecosistema”, ya que afectan directamente las propiedades del suelo al construir y mantener sus nidos. Nuestro objetivo fue determinar las modificaciones físicas de un suelo Vertisol en un gradiente espacial a causa de la construcción de nidos de HCH del Espinal Argentino utilizando una metodología geofísica no invasiva. Si la construcción de los nidos de *A. vollenweideri* provoca una perturbación de la estructura del suelo, esperamos que dicho efecto se vea reflejado en cambios en la resistividad de suelo. El estudio se realizó en un Establecimiento agropecuario ubicado en el departamento La Paz (Entre Ríos, Argentina). Durante Agosto 2017 se seleccionó un nido adulto de *Atta vollenweideri* donde se realizaron mediciones de resistividad eléctrica sobre cuatro transectas considerando los puntos cardinales más importantes: Norte-Sur, Este-Oeste, Noreste-Suroeste, y Noroeste-Sureste. Se utilizó un equipo de prospección eléctrica por corriente continua con compensación automática de potenciales espontáneos. El espaciado entre electrodos seleccionado fue de 1 m, y en cada transecta se investigó un ancho total de 10 metros hacia ambos lados del centro del nido. Cuantitativamente se realizó un tratamiento estadístico con técnicas no paramétricas, y en forma cualitativa por medio de perfiles transversales a cada profundidad, utilizando una interpolación de isovalores de resistividad. Es posible afirmar que la utilización de herramientas geofísicas no invasivas como la Tomografía de Resistividad Eléctrica, permiten conocer las modificaciones físicas que provoca la construcción y el mantenimiento de colonias de *Atta vollenweideri* en suelos Vertisoles. Se observó una modificación en la resistividad eléctrica que permite afirmar la presencia de zonas con cámaras de aire dentro de la colonia pertenecientes al jardín de hongos, a las galerías y túneles internos, como a las cámaras de crianza.

Palabras clave: *Atta vollenweideri*, ingenieras del ecosistema, Espinal Argentino.

INTRODUCCIÓN

Las hormigas cortadoras de hojas (HCH) son ampliamente conocidas por su actividad como “ingenieros del ecosistema”, ya que afectan directamente las propiedades del suelo al construir y mantener sus nidos (Leal et al. 2014). Las HCH movilizan gran cantidad de suelo al construir cavidades y túneles subterráneos para albergar a la colonia y garantizar las condiciones adecuadas de temperatura y humedad del hongo que cultivan (Bollazzi et al. 2008). Por ejemplo, un nido adulto de *Atta* puede contener entre 300 a 7800 cámaras desde la superficie de suelo hasta los 7 metros de profundidad (Jonkman 1978). Estas construcciones pueden mover entre 30 y 40 toneladas de suelo (Autori 1942, Bucher y Zuccardi 1967; Bucher 1982). Existen abundantes evidencias que la construcción de los nidos modifica las propiedades físicas y químicas del suelo diferenciándolo de suelos adyacentes, afectando la vegetación circundante (Farji-Brener y Werenkraut 2015). Desde el punto de vista físico, aumentan el drenaje y aireación a través de la formación de galerías subterráneas; y desde el punto de vista químico enriquecen nutritivamente el suelo debido al almacenamiento y acumulación de alimentos, basura y cadáveres (Folgarait 1998). *Atta vollenweideri* Forel 1893, es una especie de HCH que presenta la particularidad de construir nidos tipos cónicos, con una parte aérea que puede llegar a un metro de altura y seis metros de diámetro, y una parte subterránea que puede alcanzar cinco metros de profundidad (Bonetto 1959, Jonkman 1976). Debido al enriquecimiento de nutrientes que generan en el suelo, se ha registrado que sobre nidos muertos en la sabana paraguaya colonizaron especies del género *Prosopis* spp. a causa del enriquecimiento de nutrientes en el suelo (Jonkman 1978, Bucher 1982). Sin embargo, en Argentina se encontró que posteriormente a la muerte de las colonias, se produce una pérdida de fertilidad de los suelos debido a la inversión del perfil del suelo causada por la actividad del nido (Bucher y Zuccardi 1967). El centro norte de la provincia de Entre Ríos presenta condiciones agroecológicas muy características, que permiten la presencia de esta especie en montes xerófilos sobre suelos Alfisoles con características vérticas y Vertisoles (Plan Mapa de Suelos 1993), donde se ha informado sobre la modificación de las



propiedades físicas como resultado de la construcción de estos nidos utilizando la técnica de la resistencia mecánica a la penetración en los primeros 80 cm de profundidad (Díaz et al 2016).

Las modificaciones en las alteraciones físicas de la estructura de un suelo pueden ser provocadas por acciones antrópicas (Andrade Marinho et al. 2016, García-Tomillo et al. 2015; 2017) o biológicas (Folgarait 1998, Díaz et al 2016). Diagnosticar esta alteración implica utilizar métodos que permitan determinar la calidad estructural a través de propiedades medibles. Entre ellas, la resistencia es la propiedad inherente de todos los materiales de resistir el flujo de una corriente eléctrica. A mayores contenidos de humedad la resistividad disminuye, comportamiento similar en suelos arcillosos (Hernández et al. 2017). El principio general de la exploración geoelectrica es medir la capacidad de las características subterráneas para limitar la transferencia de cargas eléctricas (Tabbagh et al. 2000). Los materiales del suelo pueden ser distinguidos fácilmente de materiales aislantes como aire, hielo, y plásticos (Basso et al. 2010). Las tomografías de resistencia eléctrica (TRE) se expresan en ohmio metro (Ωm) y están reconocidas como un método geofísico no invasivo para el estudio de la variabilidad espacial y temporal del suelo, siendo utilizadas para estudiar el efecto del laboreo en propiedades físicas del suelo (Rossi et al. 2013, Besson et al. 2013), para describir capas de suelo labrado (Besson et al. 2004), estimar el contenido de agua del suelo (Samouëlian et al. 2005, Seladji et al. 2010) y cuantificar la conductividad hidráulica saturada del suelo (Farzaman et al. 2015). Según Friedman (2005), los factores que afectan al valor de resistividad eléctrica (RE) en el suelo pueden ser: la porosidad; el contenido en agua; la estructura, distribución del tamaño, forma y orientación de las partículas; la capacidad de intercambio catiónico y composición de cationes de la solución del suelo; entre otros. El paso de la corriente sucede dentro de los poros rellenos de agua y en la superficie de las partículas de arcilla, la RE dependerá en cierta medida de la densidad aparente del suelo y de forma más general de la estructura del suelo (Basso et al., 2010).

Nuestro objetivo fue determinar las modificaciones físicas de un suelo Vertisol en un gradiente espacial a causa de la construcción de nidos de HCH del Espinal Argentino utilizando una metodología geofísica no invasiva. Si la construcción de los nidos de *A. vollenweideri* provoca una perturbación de la estructura del suelo, esperamos que dicho efecto se vea reflejado en cambios en la resistividad de suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El estudio se realizó en un Establecimiento agropecuario ubicado en el departamento La Paz (Entre Ríos, Argentina) cercano a la localidad de Hasenkamp (31°23'26,94" LS - 59°42'45,10" LO). Climáticamente, responde a un clima subtropical sin estación seca, que se caracteriza por su escasa oscilación anual de temperatura y abundancia de precipitaciones durante el año. La temperatura media anual de la provincia aumenta latitudinalmente de Sur a Norte de 17 a 20.5°C, siendo Enero el mes más cálido con temperaturas promedio de 25 a 27°C, y Julio el mes más frío, con una temperatura media de 12 a 14°C. La precipitación media anual disminuye en forma gradual de NE a SO y oscila entre 1.000 a 1.300 mm, concentradas entre Octubre y Marzo. Además, la extensa longitud de ríos y arroyos que atraviesan la provincia, aportan gran cantidad de humedad en el aire y suelo (Rojas y Saluso 1987). Desde Enero a Agosto 2017 las precipitaciones en el área de estudio fueron de 969 mm. Topográficamente el nido se encuentra en una zona plana con suaves ondulaciones, y los suelos presentan drenaje lento que provoca la retención de agua superficial luego de precipitaciones. El suelo es un *Argiudol vértico* correspondiente a la Serie Arroyo Carrasco. Presenta un epipedón de 20 cm y de textura franco-arcillo-limosa, seguido de horizonte impermeable e impenetrable por las raíces de textura arcillo-limosa por su elevado contenido de arcilla (41%). No tienen peligro de erosión, pero el exceso de agua superficial periódica y las características físico-químicas adversas, reducen considerablemente su aptitud y capacidad productiva. Según Cabrera (1976) el área de estudio corresponde a la Provincia Fitogeográfica del Espinal, caracterizada por bosques xerófilos dominados por *Prosopis nigra*, *Prosopis affinis* y *Vachelia caven*. Estos ecosistemas son heterogéneos en su fisonomía y estructura del estrato arbóreo y arbustivo, propio de la diversidad en los suelos y la red hidrográfica particular del territorio. En términos dinámicos, los bosques nativos se encuentran entre la etapa inicial a intermedia de la sucesión vegetal clímax (Sabattini et al. 2015).

Determinación de la RE

Durante Agosto 2017 se seleccionó un nido adulto de *Atta vollenweideri* cuyas dimensiones eran 7,5 metros de diámetro y 40 cm de altura. Se realizaron mediciones de RE sobre cuatro transectas considerando los puntos cardinales más importantes: Norte-Sur, Este-Oeste, Noreste-Suroeste, y Noroeste-Sureste.

Para la medición de la resistividad eléctrica habitualmente se utilizan los métodos de prospección geofísica eléctrica simétricos, entre ellos el de Schlumberger (Orellana, 1982), que analizan la variación unidimensional de las propiedades eléctricas en profundidad. Los mismos pueden ser interpretados mediante técnicas computacionales a partir de un modelo eléctrico conceptual utilizando algoritmos de ajuste automáticos entre los valores observados y los correspondientes a modelos teóricos generados, adoptando un valor de corte o error admisible (Díaz Ucha, 1988). Se utilizó la técnica de TRE empleando la configuración dipolo-dipolo Axil, la misma resulta apta para la determinación de la resistividad del subsuelo y consecuentemente las variaciones bidimensionales de las propiedades eléctricas. La tomografía eléctrica es muy sensible a cambios de resistividad horizontal, a costa de disminuir los cambios verticales de dicho parámetro. En la **Figura 1** se presenta un esquema de medición de las resistividades aparentes, donde C1 y C2 simbolizan los electrodos de corriente y P1 y P2 los electrodos donde se registra el potencial inducido por el campo eléctrico generado en los electrodos de corriente. Se utilizó un equipo de prospección eléctrica por corriente continua con compensación automática de potenciales espontáneos ABEM TERRAMETER SAS SYSTEM, equipado con un Booster SAS 300. El mismo utiliza tecnología digital y procesamiento SAS (Signal Averaging System, sistema de medias aritméticas móviles de la señal), que toma lecturas consecutivas en forma automática y los resultados se promedian en forma continua.

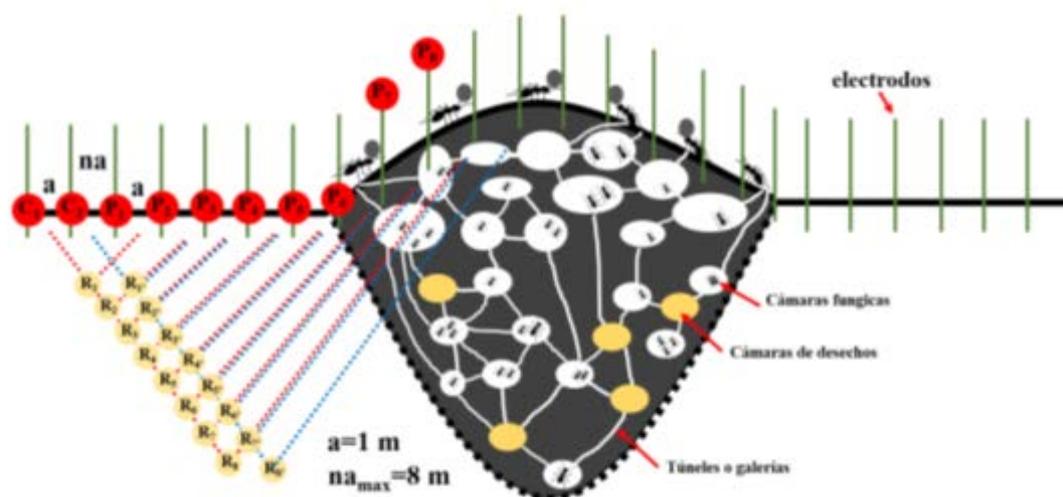


Figura 1. Esquema del dispositivo dipolo-dipolo utilizado sobre un modelo conceptual de un nido típico de *Atta vollenweideri*.

El equipo contiene tres unidades: transmisor, receptor, y el microprocesador. El Booster SAS 300 envía una corriente definida (intensidad constante) y regulada. La señal transmitida se mide mediante el receptor en intervalos de tiempos discretos, cuando la corriente, la polarización inducida y los transitorios han decaído a los niveles inferiores. La amplitud de corriente es seleccionable y ajustable a las condiciones de investigación entre 0.2 hasta 500 mA. Atendiendo a las condiciones de medición se desplazaron dos electrodos de corriente y dos de potencial a lo largo de una línea de registro la que consistió en cuatro cables unipolares de 2 mm² de sección, conectados a cuatro electrodos, que se desplazaban copiando el esquema de medición, de 35 cm de longitud y 8 mm de diámetro.

El espaciado entre electrodos seleccionado fue de 1 m y los electrodos de inyección de corriente y las posiciones de los puntos de medición de potencial fueron un total de 22, lo que permitió investigar el ancho total del perfil de 10 metros para ambos lados del centro del nido. Su profundidad media de investigación depende del factor “n” así como de “a” (Figura 4). Las precipitaciones durante el mes de Agosto 2017 fueron de 146 mm, lo cual al momento de la medición se puede asumir que las condiciones de humedad del perfil eran buenas a excesivas. Se registraron para cada dipolo de corriente ocho mediciones de potencial, de manera de garantizar una pseudo profundidad de investigación de 4 metros. Totalizaron 148 mediciones de resistividad aparente cada 0,5 metros de profundidad. La máxima pseudo-profundidad investigada fue 4 metros. El rango de valores medidos osciló entre 0,14 y 132,1 Ω .m.

Cuantitativamente se realizó un tratamiento estadístico para establecer diferencias significativas entre el área ocupada por el nido y el sector testigo adyacente a cada profundidad evaluada, para ello se utilizaron pruebas de normalidad Shapiro-Wilks de la variable ($W=0,83$; $p<0,0001$) y técnicas no paramétricas. Además se realizó un análisis cualitativo por medio de perfiles transversales para cada transecta y longitudinales a cada profundidad, utilizando una



interpolación de isovalores de RE, a través del método de ponderación de distancia inversa (Zimmerman et al. 1999) el cual se basa en asignar pesos a los datos del entorno en función a la inversa de la distancia que los separa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En términos generales no se observaron diferencias significativas (Kruskal-Wallis, $H=0,28$, $p=0,5978$) entre el sector testigo ($15,46 \Omega.m$) y con nidos ($16,95 \Omega.m$) teniendo en cuenta todo el perfil evaluado, y considerando la influencia del tamaño del nido. En superficie se registraron la mayor resistividad en ambas situaciones, explicables posiblemente por la presencia de calcáreos en los mismos. A partir de esta profundidad la resistividad comienza a descender, con un marcado paralelismo a partir de 1,5 metros hasta el extremo final del perfil evaluado, respondiendo a mayores contenidos de humedad, suelos más arcillosos y contenido de sales del agua higroscópica retenida por las arcillas (Hernández et al. 2017).

Considerando el análisis en profundidad (**Tabla 1**), se pueden observar diferencias significativas en los primeros 50 cm de profundidad en la RE, siendo mayor donde sobre el área del nido. Sin embargo en profundidad no se obtuvieron diferencias significativas. Estos resultados pueden estar explicados porque en superficie aumenta el número y volumen de las cámaras fúngicas y de desechos (Jonkman 1978), siendo mayor el contenido de aire afectando inversamente al paso de la corriente eléctrica. Hasta 1,5 m de profundidad se observa un leve aumento en la RE sobre el área del nido que pueda deberse al número de canales internos y galerías que las hormigas realizan para llegar a alimentar a las crías y a las reinas. Estas conclusiones debieran ser corroboradas en futuras investigaciones realizando un barrido espacial con mayor resolución, debido a que el tamaño de las cámaras fúngicas disminuye en profundidad. Estos resultados demuestran que la actividad de las HCH provocan modificaciones sobre las propiedades físicas, tal como se ha reportado a través del aumento en la resistencia mecánica a la penetración en los primeros 20 cm de profundidad sobre la cresta de los nidos, a causa de concreciones calcáreas que la hormiga traslada a la superficie durante la construcción y el mantenimiento del nido (Díaz et al. 2016). Esto provocaría una disminución en la tasa de infiltración de agua sobre el nido, reduciendo el riesgo de inundación de la colonia, y afectando a la porosidad, el drenaje, la aireación y la densidad aparente del suelo. Esto se ve reflejado en los perfiles de las progresivas confeccionadas, observando uniformidad de las mediciones con descenso gradual de las resistividades aparentes en profundidad, comportamiento característico en suelos con arcillas de la Formación Hernandarias (Tujchneider y Fili, 1988).

Tabla 1. Diferencias en la Resistencia Electrica ($\Omega.m$) en profundidad entre área que ocupa el nido y el sector testigo. Medias * son significativamente diferentes (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$)

| Profundidad (m) | RE ($\Omega.m$) | | H | p |
|-----------------|-------------------|---------------|---------|--------|
| | Nido | Testigo | | |
| 0,5 | 38,57 ± 12,23 | 34,53 ± 7,67 | 6,26 * | 0,0124 |
| 1,0 | 16,27 ± 5,58 | 15,42 ± 3,58 | 0,42 ns | 0,5181 |
| 1,5 | 11,46 ± 6,48 | 10,34 ± 5,34 | 0,49 ns | 0,4856 |
| 2,0 | 7,25 ± 5,62 | 8,54 ± 8,13 | 0,11 ns | 0,7426 |
| 2,5 | 10,33 ± 7,48 | 11,00 ± 9,36 | 0,02 ns | 0,8860 |
| 3,0 | 9,04 ± 5,86 | 12,61 ± 14,13 | 0,78 ns | 0,3780 |
| 3,5 | 9,63 ± 6,42 | 13,78 ± 10,15 | 1,23 ns | 0,2676 |
| 4,0 | 20,39 ± 36,20 | 17,44 ± 17,08 | 1,15 ns | 0,2838 |

En términos cualitativos, se puede observar que los cambios espaciales de RE sobre el área superficial que ocupa nido, dependen del sentido cardinal de las transectas. En este sentido, por ejemplo, se registró un aumento considerable de la RE en cercanías del centro del nido sobre la transecta con sentido Oeste-Este, pudiendo responder a la presencia de una cámara de hongos o bien a la galería intrincada de caminos internos característicos de las colonias de *Atta vollenweideri* (Jonkman 1976). Por otro lado, la variabilidad observada de la RE a partir del metro de profundidad en todas transectas se puede deber a una mayor humedad en las inmediaciones de las cámaras de cría y de los jardines de hongos, sumado al aumento en el contenido de Ca^{++} , que provoca un aumento considerable en el paso de la corriente eléctrica.

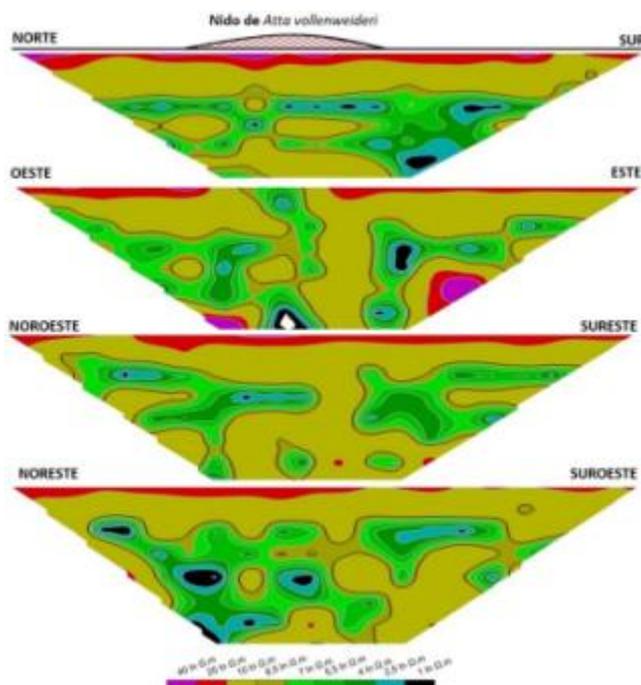


Figura 2. Representación vertical de la Resistividad Eléctrica de cada transecta ($\ln \Omega.m$) evaluada (N-S, O-E, NO-SE, NE-SO).

CONCLUSIONES

Es posible afirmar que la utilización de herramientas geofísicas no invasivas como la Tomografía de Resistividad Eléctrica, permiten conocer las modificaciones físicas que provoca la construcción y el mantenimiento de colonias de *Atta vollenweideri* en suelos Vertisoles. Se observó una modificación en la resistividad eléctrica que puede comprobar la presencia de zonas con cámaras de aire dentro de la colonia pertenecientes al jardín de hongos, a las galerías y túneles internos, como a las cámaras de crianza. Obtener un mapa de RE con mayor detalle espacial y profundidad permitiría conocer otros aspectos morfológicos de los nidos de HCH, como por ejemplo: profundidad efectiva de anidación, volumen de cámaras internas, estimación de la edad de las colonias, entre otros aspectos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó en marco de las actividades del PID-UNER 2173 “Evaluación de la actividad forrajera de hormigas cortadoras en un bosque nativo del centro norte de Entre Ríos” y PID-UNER-NOVEL 2197 “Caracterización de los suelos modificados por hormigas cortadoras de hojas en Entre Ríos”. Se agradece el apoyo en las tareas de campo y recopilación de información a: Susana Bongiovanni, Ramiro Giardini y Nicolas Pereyra.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade Marinho, M; A Paz Gonzalez; Garcia Tomillo A; Valcárcel Armesto M; Raposo González JR; & J Dafonte. 2016. Uso de la tomografía eléctrica resistiva para caracterizar el perfil cultural del suelo.
- Autori, M. 1942. Contribucao para o conhecimento da sauva (*Atta* spp) 3. Excavacao de un sauverio. (*Atta sexdens*). Archivos do Instituto Biologico do Sao Pablo 13:137-148.
- Basso, B; M Amato; G Bitella; R Rossi; A Kravchenko; L Sartori; LM Carvahlo; & J Gomes. 2010. Two-Dimensional Spatial and Temporal Variation of Soil Physical Properties in Tillage Systems Using Electrical Resistivity Tomography. Agron. J., 102(2):440-449.
- Besson, A; I Cousin; A Samouëlian; H Boizard; & G Richard. 2004. Structural heterogeneity of the soil tilled layer as characterized by 2D electrical resistivity surveying. Soil Till Res. 79:239–249.
- Besson, A; M. Séger; G Giot; I Cousin. 2013. Identifying the characteristic scales of soil structural recovery after compaction from three in-field methods of monitoring. Geoderma, 204–205:130-139.
- Bollazzi, M.; Kronenbitter, J; & F Roces. 2008. Soil temperature, digging behaviour, and the adaptive value of nest depth in South American species of *Acromyrmex* leaf-cutting ants. Oecologia 158:165–175.



- Bonetto, A. 1959. Las hormigas cortadoras de la provincia de Santa Fe (géneros *Atta* y *Acromyrmex*). Dirección General de Recursos Naturales. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Provincia de Santa Fe, Argentina.
- Bucher, EH 1982. Chaco and Caatinga-South American Arid Savannas, Woodlands and Thickets. En: BJ Huntley, & BH Walker (Eds.). Ecology of Tropical Savannas. Springer Berlin Heidelberg. 48-79.
- Bucher, EH; & RB Zuccardi. 1967. Significación de los hormigueros de *Atta vollenweideri* Forel como alteradores del suelo en la provincia de Tucumán. Acta Zoológica Lilloana 23:83-96.
- Cabrera, AL. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. 2da Edición. Tomo II, Fascículo 1. Editorial Acme. Buenos Aires.
- Diaz, EL; JA Sabattini; JP Hernandez; IA Sabattini; JC Cian; & RA Sabattini. 2016. Efecto de los nidos de la hormiga cortadora de hojas *Atta vollenweideri* sobre las propiedades físicas del suelo en un bosque nativo. Ecología Austral. 26:229-235.
- Farji-Brener, AG; & V Werenkraut. 2015. A meta-analysis of leaf-cutting ant nest effects on soil fertility and plant performance. Ecological Entomology 40:150-158.
- Farzamian, M; FA Monteiro Santos; & MA Khalil. 2015. Application of EM38 and ERT methods in estimation of saturated hydraulic conductivity in unsaturated soil. J. Appl Geophys. 112:175-189.
- Folgarait, PJ 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. Biodiversity and Conservation 7:1221-1244.
- Friedman, SP. 2005. Soil properties influencing apparent electrical conductivity: A review. Comput. Electron. Agr. 46:45-70.
- García-Tomillo, A; T Figueiredo; J Dafonte Dafonte; A Almeida; & A Paz-González. 2015. Estudio con tomografía de resistividad eléctrica del efecto del tráfico de maquinaria en un suelo agrícola. Estudios en la Zona No Saturada Vol XVII 1-5.
- García Hernandez. 2017. Comparing effects of tillage treatments performed with animal traction on soil physical properties and soil electrical resistivity: preliminary experimental results. Open Agriculture. 2:317-328.
- Hernandez, JP; A Paz-Gonzalez; & EL Diaz. 2017. Evaluación de la distribución de humedad en la zona no saturada mediante calicata eléctrica, Oro Verde, Entre Ríos, Argentina. Estudios en la Zona No Saturada. 8:115-124.
- Jonkman, JCM. 1978. Nests of the leaf-cutting ant *Atta vollenweideri* as accelerators of succession in pastures. Zeitschrift für Angewandte Entomologie 86:25-34.
- Jonkman, JCM. 1976. Biology and ecology of the leaf cutting ant *Atta vollenweideri* Forel, 1893. Zeitschrift für Angewandte Entomologie. 81:140-148.
- Leal, I.R., Wirth, R., and M. Tabarelli. 2014. The multiple impacts of leaf-cutting ants and their novel ecological role in humand-modified neotropical forests. Biotropica 46:516-528.
- Plan Mapa de Suelos Provincia de Entre Ríos. 1993. Carta de Suelos de la República Argentina. Departamento Federal, Provincia de Entre Ríos. Serie Relevamiento de recursos naturales N°3. Convenio INTA Gobierno de Entre Ríos. 99 pp.
- Rojas, A; & JH Saluso. 1987. Informe Climático de la Provincia de Entre Ríos. Publicación Técnica N° 14. INTA EEA Paraná, Entre Ríos, Argentina.
- Rossi, R; M Amato; G Bitella; & R. Bochicchio. 2013. Electrical resistivity tomography to delineate greenhouse soil variability. Int. Agrophys. 13(27):211-218
- Sabattini, JA ; RA Sabattini; & SG Ledesma. 2015. Caracterización del bosque nativo del centro norte de Entre Ríos (Argentina). Agrociencia. 19:8-16.
- Samouëlian, A; I Cousin; A Tabbagh; A Bruand, & G Richard. 2005. Electrical resistivity survey in soil science: a review. Soil Till Res. 83:173-193.
- Seladji, S; P Cosenza; A Tabbagh; J Ranger; & G Richard. 2010. The effect of compaction on soil electrical resistivity: a laboratory investigation, Eur. J. Soil Sci., 61(6):1365-2389.
- Tabbagh, A; M Dabas, A Hesse, & C Panissod. 2000. Soil resistivity: A non-invasive tool to map soil structure horizonation. Geoderma 97:393-404
- Tujchneider, OC; & M Fili. 1988. Geohidrología de la Cuenca del Arroyo Feliciano. Provincia de Entre Ríos - Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina. Buenos Aires. Tomo XLIII. 2, 163-174.
- Zimmerman, DC; C Pavlik; A Ruggles; & MP Armstrong. 1999. An experimental comparison of ordinary and universal kriging and inverse distance weighting. Mathematical Geology 31:375-390.

-Tom



C2P36. FUNCIONES DE LA COMUNIDAD MICROBIANA COMO EJES DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL SUELO

Serri, Danna.L.^{1*}; Oberto, Rodrigo.¹; Chavarría, Diego.^{1,2}; Boccolini, Mónica.³; Galarza, Carlos.³; Chiófalo, Sergio.⁴; Manrique, Marcela.⁴; Sueldo, Romina.⁴; Fernández Belmonte, María.C.⁴; Miranda, Julio.⁵; Alvarez, Carolina.⁵; Vettorello, Cecilia.⁶; Bustos, Natalia.⁶; Apezteguía, Hernán.⁶; Mattalia, Laura.⁷; Cholaky, Carmen.⁷; Mortola, Natalia.⁸; Romaniuk, Romina.⁸. y Vargas Gil, Silvina.^{1,2}.

¹Instituto de Patología Vegetal, CIAP-INTA. ²CONICET; ³EAA INTA Marcos Juárez; ⁴Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias (FICA)-UNSL; ⁵EAA INTA Manfredi; ⁶Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA)-UNC; ⁷Facultad de Agronomía y Veterinaria (FAyV)-UNRC. ⁸Instituto de Suelos INTA Castelar. *serri.danna@inta.gob.ar - Av. 11 de Septiembre 4755. Córdoba, Argentina.

RESUMEN

En la región Pampeana Argentina, la simplificación de los agroecosistemas ha ocasionado la disminución de los servicios ecosistémicos, resultando en la pérdida de recursos, como la calidad del suelo. Además, ésta región presenta marcadas diferencias en las condiciones edafoclimáticas de los ambientes que la conforman. Ante esta situación, la sustentabilidad de los sistemas productivos se convierte en la principal preocupación de análisis ya que poco se conoce sobre el nivel de deterioro del suelo como consecuencia de los cambios en el uso y manejo de la tierra. Nuestro objetivo fue caracterizar situaciones naturales y agrícolas en diferentes ambientes (subhúmedos y semiáridos) de la región Pampeana, mediante indicadores biológicos y el contenido de carbono orgánico edáfico, para conocer el nivel de deterioro del suelo como respuesta a la agriculturización. Durante 2013, 2014 y 2015, se evaluaron sitios correspondientes a las localidades de Río Cuarto, Rafael García, Manfredi y Marcos Juárez de la provincia de Córdoba, y un sitio en Villa Mercedes provincia de San Luis. En cada localidad, para el muestreo de suelo, se consideró como marco de referencia la situación natural, y se compararon diferentes secuencias de cultivos correspondientes a ensayos de larga duración, siendo soja-maíz, soja-cultivos de cobertura-maíz y soja-pastura-maíz, las combinaciones de cultivos más frecuentemente utilizadas en cada ambiente. Los parámetros evaluados fueron carbono de biomasa microbiana (CBM), respiración microbiana (RM), actividades enzimáticas de hidrólisis del diacetato de fluoresceína (FDA), fosfatasa ácida (FA) y deshidrogenasa (DHG) y carbono orgánico total (COT) del suelo. A partir de los parámetros, se construyó un índice de calidad de suelos (InCS) mediante la selección de un conjunto mínimo de indicadores. Los resultados obtenidos expresaron que los indicadores más significativos fueron CBM y COT, seguidos de RM y las enzimas FA y FDA. En general esos indicadores permitieron diferenciar los suelos prístinos respecto de los de uso antrópico, y los ambientes de la región. A su vez, las diferencias entre los InCS fueron significativas y superiores para las situaciones naturales, sin observarse diferencias entre las secuencias de cultivos. Así, por ejemplo, la situación prístina de Marcos Juárez presentó un InCS de 2, mientras que la secuencia agrícola con y sin cultivo de cobertura alcanzó 1,3 en el InCS, siendo RM, CBM y COT los indicadores seleccionados. Por otra parte, el InCS para Río Cuarto estuvo representado por FDA y FA, siendo 1,3 el valor del suelo prístino, mientras que para la secuencia agrícola y agrícola ganadera fue de 0,74 y 0,68, respectivamente. En conclusión, el cambio en el uso del suelo para cada uno de los sitios evaluados reveló a través de los indicadores biológicos y el carbono orgánico, una disminución de las funciones de las comunidades microbianas indicando una degradación y pérdida de calidad del suelo por la agriculturización.

Palabras claves: Suelo, agriculturización, sustentabilidad



C2P37. DIVERSIDAD MICROBIANA DEL SUELO: PERFIL FOSFOLIPÍDICO DE LAS COMUNIDADES EN RESPUESTA A LA INTENSIFICACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

Serri, Dannae.L.; Chavarría, Diego.; Salvagiotti, Fernando.; Bacigaluppo, Silvina.; Meriles, José. y Vargas Gil, Silvina.

¹Instituto de Patología Vegetal, CIAP - INTA. ²CONICET. ³INTA EEA Oliveros. ⁴Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTA) - FCEFYN - UNC.AV. * - Av. 11 de Septiembre 4755. Córdoba. Argentina.

serri.dannae@inta.gob.ar

RESUMEN

En los ecosistemas agrícolas, la sustitución de la vegetación natural por la introducción de especies de cultivos de alta productividad, es responsable de cambios significativos en la estructura de la comunidad microbiana del suelo. La hipótesis del trabajo es que la reducción en la diversidad de plantas acompañaría concomitantemente una reducción en la diversidad microbiana del suelo, afectando importantes funciones ecológicas. Para contrarrestar estos efectos, la intensificación sustentable de los sistemas agrícolas a través de la combinación de diferentes especies vegetales y/o la utilización de cultivos de servicio invernales, pueden ser herramientas que contribuyan a la diversificación del sistema. El objetivo de este trabajo fue evaluar la diversidad microbiana del suelo en respuesta a la intensificación sustentable de los sistemas agrícolas. En las campañas 2015 y 2016 se tomaron muestras de suelo de un ensayo de larga duración, perteneciente a EEA INTA Oliveros implantado en el año 2006. Los tratamientos fueron distintas secuencias agrícolas que resultan de la combinación de los cultivos soja (S), maíz (M) y trigo (T), incluyendo la alternativa de T como cultivo de cobertura invernal (CC). De esta manera, los tratamientos tendientes a la intensificación sustentable del sistema agrícola fueron: S-S; CC-S; M-S-T/S; M-CC-S-T/S; M-T/S y M-T/S-CC. La estructura de las comunidades microbianas de suelo se estudió mediante los perfiles de fosfolípidos de ácidos grasos (PLFAs). Se determinaron bacterias Gram positivas (GP), bacterias Gram negativas (GN), bacterias totales y hongos totales, hongos micorrízicos arbusculares, Actinomicetes y PLFAs totales (TPLFAs). Se observó un porcentaje significativamente mayor de bacterias GN en los tratamientos M-T/S-CC, M-S-T/S y M-CC-S-T/S, donde M-T/S-CC registró un 26% más de bacterias GN respecto del monocultivo de soja (S-S). Los restantes grupos microbianos no registraron diferencias estadísticamente significativas para las secuencias en estudio. Si bien TPLFAs no presentó diferencias significativas para los tratamientos evaluados, hubo un menor porcentaje en S-S. Los distintos grupos microbianos se analizaron mediante un análisis de componentes principales, que no logró diferenciar las secuencias agrícolas, donde los primeros dos componentes principales, CP1 y CP2, explicaron el 61,7% y 15,3% de la variabilidad de los datos, respectivamente. Sin embargo, según CP1 se observó la mayor confluencia de los grupos microbianos hacia la diferenciación de la secuencia M-T/S-CC. Para una mejor visualización de los resultados se realizó un análisis de conglomerados. El dendrograma, con una correlación de 0,77, reveló al 65% de la distancia las primeras asociaciones entre las secuencias que contienen al cultivo de maíz, y a posterior la secuencia que tienen como cultivo principal soja (CC-S), dejando finalmente al monocultivo (S-S) en el último nivel de asociación.

Palabras claves: PLFA, secuencias de cultivos, sustentabilidad



C2P38. RESPUESTAS BIOQUÍMICAS DE LOS MICROORGANISMOS DEL SUELO A LA IMPLEMENTACION DE SISTEMAS SILVOPASTORILES

Silberman, Juan Eduardo¹; Albanesi, Ada S¹.; Medina, Jorge¹ y Grasso, Daniel²

¹Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Avenida Belgrano (S) 1912. Santiago del Estero. Argentina. albanesi@unse.edu.ar, juan.silberman@gmail.com

²Instituto de Suelos. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. INTA Castelar. Nicolás Repetto y De los Reseros s/n. Hurlingham, Buenos Aires. Argentina.

RESUMEN

Los sistemas silvopastoriles habilitados mediante rolado de baja intensidad son promovidos como una alternativa para mejorar la sostenibilidad de las prácticas agropecuarias por los beneficios múltiples que tendría la inclusión de árboles en los agroecosistemas. A su vez constituye una alternativa que permite integrar la producción con la conservación e incluir a los pobladores que habitan zonas con bosque nativo en concordancia con la Ley N° 26.331/07. Sin embargo la información existente respecto del impacto de estos sistemas en la bioquímica del suelo es escasa y limitada a determinadas regiones del mundo lo que dificulta su generalización. Se conoce que los sistemas silvopastoriles tienen un gran potencial para mejorar la bioquímica del suelo. Sin embargo los factores que inciden en la diversidad funcional del suelo a nivel local permanecen poco esclarecidos. Por ello resulta imprescindible el abordaje del estudio con el propósito de poder suministrar información para la toma de decisiones que permitan hacer un uso racional del recurso suelo en la región. El objetivo fue comprender las respuestas bioquímicas de las comunidades microbianas del suelo generadas por la transformación de bosques secundarios en sistemas silvopastoriles. En la EEA INTA Santiago del Estero (clima semiárido y suelo Haplustol éntico) se llevó a cabo un experimento factorial con tres factores (uso del suelo, especie arbórea y tiempo de incubación), cada uno con tres niveles, con un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones. Las variables respuesta fueron: el potencial catabólico (AWCD), número de fuentes de carbono metabolizadas (riqueza), la diversidad catabólica (H') de las comunidades microbianas mediante la utilización del método BIOLOG MicroEcoplate®. El potencial catabólico (AWCD) y la diversidad catabólica (H') son mayores en los sistemas silvopastoriles de cinco años respecto del bosque. La especie mistol se destaca por su mayor aporte de mantillo comparado con los quebrachos y por su alto potencial catabólico y diversidad catabólica. A su vez la preferencia metabólica depende del uso del suelo y de la cobertura del suelo. Por todo ello se deduce que el uso silvopastoril y las diferentes especies arbóreas dominantes en los bosques del Chaco controlan la capacidad de las comunidades microbianas del suelo para metabolizar diferentes sustratos. El uso silvopastoril, a través de la implementación de rolado selectivo de baja intensidad (RBI) y siembra de *Panicum maximum*, tiene muchos aspectos positivos relacionados con la productividad de forraje herbáceo, la conservación de la materia orgánica del suelo, la diversidad de árboles, el bienestar animal y beneficios para la sociedad ya que constituye una alternativa que permite incluir a los pobladores que habitan zonas con bosque nativo en concordancia con la ley nacional N° 26.331/07. Este trabajo contribuye con un beneficio adicional, ya que este manejo influye de manera directa en la funcionalidad de las comunidades microbianas, estimulando la actividad catabólica e incrementando diversidad funcional de los microorganismos del suelo, por lo que sugiere que estos sistemas serían sustentables, desde el punto de vista ecológico, económico y social.

Palabras claves: BIOLOG, *Panicum maximum*, *Ziziphus mistol*



C2P39. AVANCES EN EL USO DE BIOFERTILIZANTES EN SORGO AZUCARADO SOBRE SUELOS SALINO-SÓDICOS DE TUCUMÁN

Tonato J.; Tortora M. L.; Casen S. y Romero E. R.

Estacion Experimental Agroindustrial Obispo Colombes. Avenida William Cross. Las Talitas, Tafi Viejo, Tucumán. Argentina.
jtonatto@eeaoc.org.ar

RESUMEN

Los cultivos energéticos han despertando un gran interés para contribuir a la diversificación de la matriz energética de los países, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y el uso de los derivados del petróleo. Para asegurar la sustentabilidad de los programas bioenergéticos, es necesario disminuir el uso de insumos de alta demanda de energía fósil. Una alternativa viable, ambiental y económica para el manejo de los cultivos energéticos, es la utilización de biofertilizantes. Se realizó un ensayo exploratorio en condiciones de campo en la localidad de Monte Toro (Depto. Graneros, Tucumán), en un suelo de características salino-sódico. Se inocularon semillas con 3 biofertilizantes a base de bacterias PGPB y uno a base de micorrizas vesículo-arbusculares. Se destaca la capacidad de los biofertilizantes evaluados de generar un efecto favorable sobre el crecimiento y el rendimiento cultural del sorgo azucarado sin afectar los parámetros de calidad fabril. Se podría considerar el uso de estos bioproductos dentro del esquema de manejo agronómico del cultivo, realizando ensayos adicionales para analizar con mayor detalle el efecto de estos biofertilizantes sobre el crecimiento y desarrollo del sorgo azucarado bajo diferentes condiciones ambientales y tipos de suelo de la provincia.

Palabras clave: inoculantes, bioenergía, sostenibilidad

INTRODUCCIÓN

Los cultivos energéticos, cuyo objetivo es la producción de biomasa con alto potencial bioenergético, han despertando un gran interés como opción para contribuir a la diversificación de la matriz energética de los países. Una de las razones principales, es que la sustitución de combustibles fósiles por fuentes renovables ayudará a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera y el uso de los derivados del petróleo.

El sorgo azucarado (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), es un cultivo multifuncional de alto potencial, por su elevada productividad (entre 20 a 50 t de materia seca/ha) en ciclos cortos de producción (3-4 meses) y la amplia gama de productos alimenticios e industriales que provee (Mazziotto, 2005; Almodares & Hadi, 2009; Romero *et al.*, 2010). Se caracteriza por poseer un tallo con jugos ricos en azúcares, similar a la caña de azúcar, que puede utilizarse para la producción de biocombustibles (bioetanol) y electricidad.

Al igual que otras gramíneas, el sorgo es un cultivo que se caracteriza por ser exigente en nitrógeno y requerir cantidades suficientes de fósforo y potasio para desarrollar un buen sistema radicular. Por ésta razón, la fertilización del cultivo es una práctica agronómica necesaria que, en general, se efectúa mediante el agregado de fertilizantes sintéticos. La intensificación de la agricultura se ha convertido en un factor determinante en las consideraciones para el desarrollo de tecnologías para la producción en la industria de los fertilizantes, presentando nuevos desafíos para la protección del medio ambiente (Skowrońska & Filipek, 2014). Además, para asegurar la sustentabilidad de los programas bioenergéticos, es necesario disminuir y/o reemplazar el uso de insumos que demandan altos niveles de energía fósil, entre los que se destacan de manera significativa los fertilizantes nitrogenados sintéticos (Fengxiang *et al.*, 2011). Según informes de la IPCC, este insumo es responsable de alrededor del 0,8% del total de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (CO₂-eq por año) y 1,3% de las emisiones globales de N₂O (Bellarby *et al.*, 2008; Brentrup & Pallier, 2008).

Una alternativa viable, ambiental y económica para el manejo integral de los cultivos energéticos, es la utilización de biofertilizantes constituidos por microorganismos (hongos y/o bacterias) promotores del crecimiento. Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal, también conocidas como PGPB, son capaces de estimular el desarrollo de las plantas a través de diferentes mecanismos tales como la fijación biológica de nitrógeno, producción de fitohormonas, etc. Las micorrizas vesículo-arbusculares (MAV) son hongos ampliamente distribuidos en el suelo, capaces de establecer asociaciones mutualistas con los vegetales. Se reconoce su capacidad para mejorar la estructura del suelo gracias al crecimiento del micelio y la secreción de glomalinas (Faggioli *et al.*, 2008). Asimismo, actúan como una prolongación del



sistema radicular (Peterson *et al.*, 2004), facilitando la adquisición de agua y nutrientes de baja movilidad. Por su menor diámetro, las micorrizas tienen mayor superficie de absorción que las raíces del vegetal.

Teniendo en cuenta la importancia económica y ambiental de los biofertilizantes como alternativa para reducir el uso de fertilizantes químicos en el manejo integral de cultivos energéticos, el objetivo de este trabajo es realizar una evaluación preliminar del uso de bacterias y micorrizas benéficas capaces de asociarse con el cultivo de sorgo azucarado (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) en condiciones de campo, a fin de mejorar el crecimiento y la productividad bioenergética del cultivo de sorgo azucarado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un ensayo exploratorio en condiciones de campo, en el cual se inocularon semillas de sorgo azucarado del híbrido comercial Argensil 165 Bio (Argenetics S.A.) con diferentes fuentes de biofertilización. Se evaluó el efecto de 3 biofertilizantes a base de bacterias PGPB: i) cepa comercial *A. brasilense* Az39 (Azur Soil S.A.), ii) cepa *A. brasilense* ChiE1, autóctona aislada del interior de raíces de caña de azúcar, iii) cepa *A. brasilense* CABR1, autóctona aislada de la superficie de raíces de sorgo azucarado y de un biofertilizante comercial a base de micorrizas vesículo-arbusculares (MAV) (Crinigan Biofertilizantes) sobre los componentes de rendimiento cultural y parámetros de calidad fabril. El ensayo se llevó a cabo en la localidad de Monte Toro (Depto. Graneros, Tucumán), ubicado dentro de la subregión de Llanura Deprimida Salina seca sub-húmeda. Esta presenta suelos de características salino-sódico con presencia de carbonatos (Alfisol, Natrustalf típico) (Moyano *et al.*, 2014). A continuación se presenta el análisis de suelo correspondiente a la localización del sitio experimental (Tabla 1).

Tabla 1: Propiedades físico-químicas al momento de la siembra en diferentes profundidades de suelo, localidad Monte Toro (Depto. Graneros, Tucumán).

| Muestra | pH | CE (dS/m) | Carbonatos (%) | Textura estimada | M.O. (%) | P disponible (BK I) |
|-----------|-----|-----------|----------------|------------------|----------|---------------------|
| 0-20 cm | 7,7 | 5,2 | 0,3 | Franco | 2,6 | 32,5 |
| 20-50 cm | 8,3 | 5,7 | 0,7 | Franco Arenoso | - | - |
| 50-100 cm | 9,2 | 4,8 | 1,2 | Franco Arenoso | - | - |

La precipitación acumulada para el ciclo del cultivo (enero a junio de 2017) fue de 673 mm, la evapotranspiración potencial de 504 mm y una temperatura media de 22 °C.

Basados en experiencias previas y recomendaciones de los fabricantes, la concentración bacteriana a aplicar fue de 109 UFC/ml. El volumen de aplicación de cada bioproducto fue de 10 ml/kg de semillas. En el caso de la inoculación con micorrizas, se realizó la suspensión de 400 gr de bioproducto comercial en 2 l de agua y se aplicó en 50 kg de semillas.

La inoculación se efectuó manualmente el día de siembra (18/0/2017) a fin de obtener una distribución y cobertura uniformes de los diferentes bioproductos sobre las semillas. El diseño experimental empleado fue completamente aleatorizado con un total de 5 tratamientos (incluyendo un testigo sin inocular) y 4 repeticiones cada uno. El diseño de siembra utilizado es el de líneas dobles (0,52 m entre líneas y 1,04 m entre líneas dobles). La dimensión de las parcelas fue de 3400 m². La siembra fue realizada mecánicamente bajo un sistema de siembra directa. La densidad de siembra fue de 18 semillas/m (líneas simples), buscando establecer una población final de 10 plantas/m. Se realizó un manejo agronómico que permitió asegurar el adecuado establecimiento y desarrollo del cultivo, sin el suplemento de agua de riego.

Los parámetros evaluados fueron los siguientes:



1.Evaluaciones No Destructivas: población de tallos y evaluaciones de crecimiento (altura hasta hoja +1).

2.Evaluaciones Destructivas - Estimación de Rendimiento Cultural: Determinación de la composición vegetativa (peso de hojas y vainas, tallos limpios y panoja). A partir de la información obtenida de los componentes de rendimiento, se estimó el rendimiento cultural (t/ha) de los diferentes tratamientos.

3.Determinación de Calidad Fabril: En el momento de cosecha se realizaron determinaciones de parámetros de calidad fabril (brix, azúcares fermentecibles totales y otros).

La información obtenida fue analizada estadísticamente (ANOVA, Test de Fischer) con un nivel de significación $\alpha= 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presenta los resultados del análisis estadístico para las variables evaluadas respecto de la composición vegetativa de plantas (peso de tallos, peso de hojas verdes y peso de panoja) (Tabla 2).

Tabla 2: composición vegetativa de plantas para los distintos tratamientos evaluados. Letras distintas en columnas indican diferencias significativas ($p<0,05$).

| Composición Vegetativa | | | |
|------------------------|--------------------|------------------------|------------------|
| Tratamiento | Peso de tallo (kg) | Peso Hojas Verdes (kg) | Peso Panoja (kg) |
| AZ39 | 0,43 a | 0,13 ab | 0,1 a |
| CHIE1 | 0,42 ab | 0,15 a | 0,1 a |
| CABR1 | 0,41 ab | 0,11 ab | 0,09 ab |
| MAV | 0,40 ab | 0,13 ab | 0,09 ab |
| TESTIGO | 0,38 b | 0,11 b | 0,08 b |

Se registraron diferencias significativas respecto del testigo en el caso de la variable peso de tallos a favor de la cepa Az39, sin observarse diferencias significativas entre los demás tratamientos. Al considerar el peso de hojas verdes se observó una diferencia significativa respecto del testigo únicamente a favor de la cepa ChiE1. Al evaluar el peso de la panoja, ambos tratamientos (Az39 y ChiE 1) reflejaron diferencias significativas respecto del testigo.

El análisis del crecimiento de plantas en altura no reflejó diferencias significativas entre los diferentes tratamientos evaluados, si bien se registraron mayores valores de altura en los casos donde se utilizaron los bioinoculantes con diferencias de hasta 10 cm respecto del testigo (Figura 1).

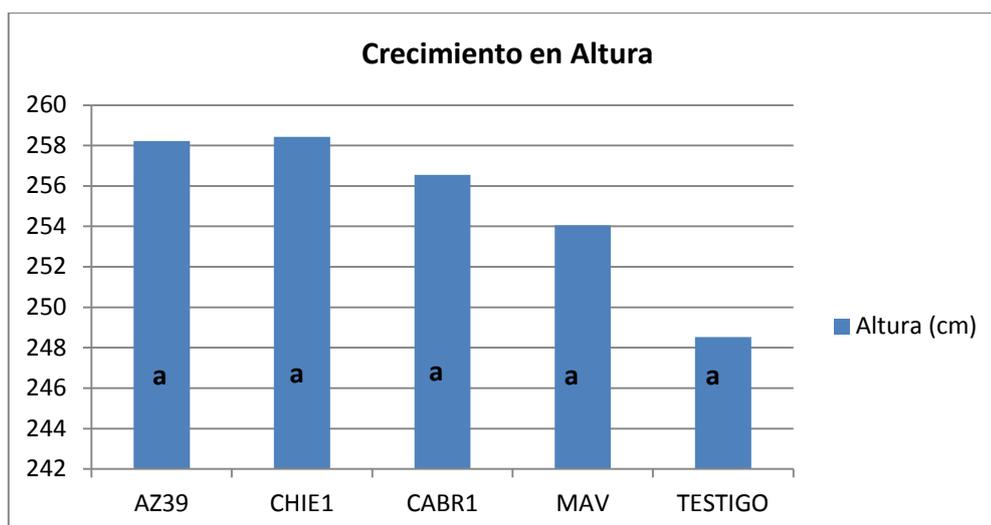


Figura 1: Crecimiento en altura de plantas para los distintos tratamientos evaluados. Letras distintas en columnas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La población de tallos establecida al momento de cosecha fue menor al óptimo, con valores entre 3,1 y 4 tallos/m, debido principalmente a limitantes de tipo edáficas (condiciones de salinidad y/o sodicidad) y ambientales del periodo considerado.

El análisis del rendimiento cultural estimado (t/ha) ratifica el comportamiento observado en las variable peso e tallos, solamente detectando diferencias significativas a favor de la cepa Az39 (Figura 2). Si se consideran los incrementos de rendimiento respecto del testigo, la cepa Az39 alcanzó un adicional de 7,5 t/ha, mientras que las cepas ChiE1 y CABR1 lograron 2,5 y 1,5 t/ha adicionales respectivamente.

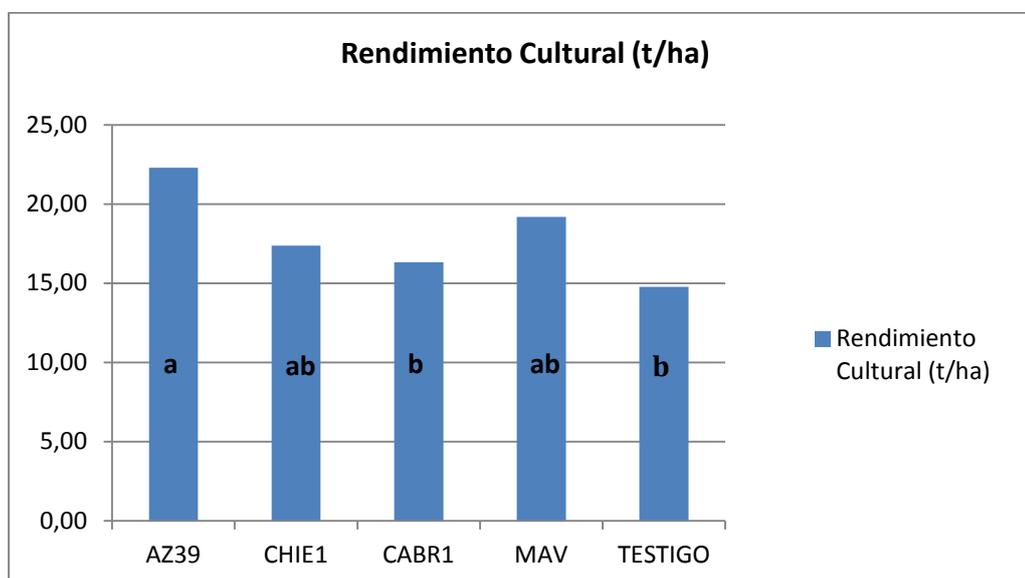


Figura 2: Rendimiento cultural estimado para los distintos tratamientos evaluados. Letras distintas en columnas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Respecto de los parámetros de calidad fabril evaluados (brix y azúcares totales en jugo) no fueron afectados por los diferentes tratamientos inoculados (Tabla 3).



Tabla 3: Parámetros de calidad fabril para los distintos tratamientos evaluados. Letras distintas en columnas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

| Parámetros de Calidad Fabril | | |
|------------------------------|----------|------------------------------|
| Tratamiento | Brix (°) | Azucares Totales (gr/100 ml) |
| AZ39 | 12,52 ab | 9,81 a |
| CHIE1 | 12,15 ab | 9,33 a |
| CABR1 | 12,59 ab | 9,78 a |
| MAV | 11,85 b | 9,05 a |
| TESTIGO | 13,24 a | 10,29 a |

CONCLUSIONES

Este estudio constituye un ensayo exploratorio en suelos salino-sódicos que generalmente imponen serias restricciones para el normal desarrollo de los cultivos. Sin embargo, se observa una cierta capacidad de los biofertilizantes evaluados de generar un efecto favorable sobre el crecimiento y el rendimiento cultural del sorgo azucarado cultivado en dichas condiciones, lo que permitiría un mayor aprovechamiento de la biomasa. Por ello, sería factible considerar el uso de este tipo de bioproductos dentro del esquema de manejo agronómico de este cultivo, principalmente cuando el objetivo es el de la producción de fuentes de energía renovables como son el bioetanol y la cogeneración de energía eléctrica con bajo impacto ambiental.

Se requiere continuar con estos ensayos para evaluar con mayor detalle el efecto de los biofertilizantes sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de sorgo azucarado que permitan establecer relaciones bajo diferentes condiciones ambientales y tipos de suelo de la provincia.

BIBLIOGRAFÍA

- Almodares A & MR Hadi. 2009. Production of bioethanol from sweet sorghum: a review. *Afr. J. Agric. Res.* 4 (9): 772-780.
- Bellarby, J.; B Foereid; A Hastings & P Smith. 2008. Cool Farming: Climate impacts of agriculture and mitigation potential. Greenpeace International. Amsterdam, The Netherlands. 44.
- Brentrup F. & C Pallière. 2008. Energy efficiency and greenhouse gas emissions in European nitrogen fertilizer production and use. *International Fertiliser Society. Proceedings* 639: 1-25.
- Faggioli, VS; GS. Freytes & CM. Galarza. 2008. Micorrización natural de maíz y su relación con la absorción de fósforo del suelo en diferentes sistemas de labranzas y fertilización. *Actas XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Potrero de los Funes, San Luis. 13 al 16 de mayo de 2008.*
- Fengxiang XH; RL King; JS Linder; T Yub; SS Durbha; NH Younan; DL Montsa; Y Su; JC Luthe & MJ Plodinec M. 2011. Nutrient fertilizer requirements for sustainable biomass supply to meet U.S. bioenergy goal. *Biomass and Bioenergy. Volume 35, Issue 1:* 253-262.
- Peterson R.L., H.B. Massicotte & L.H. Melville. 2004. Arbuscular mycorrhizas. En: *Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology. NRC - CNRC. Research Press. Ottawa. Canada. Chap.3:* 57-79.
- Mazziotto J. 2005. Agroecología y biocombustibles, herramientas para el desarrollo. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. Cap. V: 185 – 236.
- Moyano S.; ME Puchulu; D Fernandez; ME Vides; SM Nieva & G Aceñolaza. 2014. Características y distribución espacial de los suelos de la provincia de Tucumán. En: *Geología de Tucumán. Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán. Tucumán.* 421.
- Romero E. R.; G Cárdenas; J Scandalariis & S Casen. 2010. Aprovechamiento bioenergético integral de la caña de azúcar y del sorgo azucarado en el NOA. *Importancia y perspectivas. Avance Agroind.* 31 (3): 19–25.
- Skowrońska M. y Filipek T. 2014. Life cycle assessment of fertilizers: a review. *Int. Agrophys.*, 2014, 28, 101-110.



C2P40. EFECTO DE LA INTENSIFICACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE SOBRE INDICADORES MOLECULARES Y BIOQUÍMICOS EDÁFICOS

Vallasciani, Maribel¹; Ferreras, Laura²; Toresani, Silvia²; Boccolini, Mónica³; Bortolato, Marta²; Schiavón, María Eugenia²; Ortíz, Jimena³; Fiori, Evelyn Gisel² y Saperdi, Andrés²

¹Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas, UNR. ²Facultad de Ciencias Agrarias. UNR. ³EEA INTA Marcos Juárez. maribelvallasciani@hotmail.com

RESUMEN

Prácticas de manejo que permitan incrementar el contenido de carbono del suelo y favorecer la diversidad y actividad microbiana contribuyen a la sustentabilidad de los sistemas agrícolas. El estudio se realizó en la EEA INTA Oliveros en un suelo Argiudol Típico serie Maciel, en un ensayo de rotaciones de larga duración implantado en 2006. Los tratamientos fueron: monocultivo de Soja, rotación Maíz-Trigo/Soja 2° y rotación Maíz-Soja 1°-Trigo/Soja 2°, en siembra directa; con y sin trigo como cultivo de cobertura. El objetivo de este trabajo fue evaluar, luego de tres ciclos completos de rotaciones, los cambios producidos por diferentes prácticas de manejo sobre la actividad y diversidad bacteriana del suelo mediante el uso de técnicas bioquímicas y moleculares. Se evaluaron el carbono de la biomasa microbiana (CBM), enzimas de suelo como fosfatasa, arilsulfatasa y betaglucosidasa, y como parámetro químico carbono orgánico total. La técnica molecular empleada fue DGGE, donde se amplificó mediante PCR el gen 16S ADNr de bacterias y con los datos de intensidad y posición de cada banda en el gel se calculó el Índice de diversidad de Shannon. Los resultados del análisis molecular muestran diferencias significativas entre tratamientos, presentando las rotaciones con gramíneas una mayor diversidad microbiana con respecto al monocultivo de soja. No se observaron diferencias estadísticamente significativas al analizar los tratamientos con y sin cultivo de cobertura. En el análisis de componentes principales que relaciona Índice de Shannon con las otras variables analizadas y se explicó (CP1 + CP2) el 74% de la variancia total de los datos. El coeficiente de correlación de Pearson entre carbono orgánico total y el índice de Shannon fue 0,43. La inclusión de gramíneas en un programa de intensificación agrícola sustentable promueve cambios favorables en la calidad del suelo que permiten un uso más eficiente de los recursos disponibles.

Palabras claves: rotación de cultivos, actividad enzimática, diversidad microbiana

INTRODUCCIÓN

La agricultura continua y la amplia difusión del monocultivo de soja han provocado en las últimas décadas el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas edáficas, impactando negativamente en la calidad de los suelos agrícolas de la región pampeana. A través de la intensificación agrícola sustentable se puede lograr una mayor y más eficiente producción por unidad de recurso y/o insumo involucrado, sin perjuicio ambiental. Incrementar la frecuencia de gramíneas y/o implementar cultivos de cobertura aumentaría la eficiencia en la captura de recursos, que además también contribuirían a aumentar la diversidad funcional y a mejorar la calidad del suelo. Para evaluarla, es necesario la búsqueda e identificación de indicadores sensibles asociados a las propiedades físicas, químicas y biológicas que permitan monitorear en forma temprana y de manera eficaz los cambios que se puedan producir.

El objetivo de este trabajo fue evaluar parámetros microbiológicos como indicadores de los cambios producidos por diferentes prácticas de manejo, mediante el uso de técnicas moleculares y bioquímicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un ensayo de rotaciones de larga duración implantado en 2006 ubicado en la EEA INTA Oliveros (32° 43' 30'' S - 62° 05' 30'' O), sobre un Argiudol Típico serie Maciel con historia previa de más de 30 años de agricultura continua. Los tratamientos fueron: monocultivo de Soja (S-S), rotación Maíz-Trigo/Soja 2° (M-T/S) y rotación Maíz-Soja 1°-Trigo/Soja 2° (M-S-T/S), en siembra directa; con (CC) y sin (SC) trigo como cultivo de cobertura, el cual fue secado 30 días antes de la siembra de los cultivos para producción de granos. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con tres repeticiones. Teniendo en cuenta el tiempo real ocupado por cultivos en cada secuencia, se establecieron los siguientes Índices de Intensificación (II): Soja-Soja (II=0,39); Soja-CC-Soja (II=0,69); Maíz-Soja-Trigo/Soja (II=0,55); Maíz-CC-Soja-Trigo/Soja (II=0,64); Maíz-Trigo/Soja (II=0,64); Maíz-Trigo/Soja-CC (II=0,80).



Las muestras de suelo fueron extraídas sobre el cultivo de soja, a la profundidad de 0-7,5 cm, en noviembre de 2015 luego de tres ciclos completos de rotaciones agrícolas. Las muestras fueron tamizadas por una malla de 2 mm y conservadas a 4 °C hasta su análisis, dentro de los 15 días de recolección. Para establecer umbrales de referencia para los indicadores se consideró el suelo de un sector adyacente al ensayo con máximo estado de conservación (Testigo). Se considera que un suelo de referencia de máxima calidad es aquel que puede mantener una buena productividad y producir el mínimo disturbio del ambiente (Albanesi *et al.*, 2013).

Desde el año 2006 se determinaron diferentes indicadores bioquímicos de calidad de suelo (actividad enzimática y CBM) con la intención de monitorear su comportamiento en el ensayo de rotaciones con y sin cultivo de cobertura y luego en un plan de intensificación agrícola. Al finalizar el tercer ciclo de las secuencias de cultivos en rotaciones (año 2015) se incorporó la utilización de indicadores moleculares, con el fin de evaluar los efectos acumulados de dichas secuencias y del monocultivo de soja en la diversidad microbiana del suelo.

Los parámetros bioquímicos y moleculares evaluados fueron:

- Actividad de las enzimas que participan en el ciclado del carbono, fósforo y azufre, respectivamente: betaglucosidasa, fosfatasa ácida, arilsulfatasa, según Tabatabai (1982). La concentración de los productos se determinó por colorimetría, expresando los resultados como μg de producto $\text{h}^{-1} \text{g}^{-1}$ de suelo en base seca.

- Actividad enzimática global: se determinó la actividad de un grupo de enzimas que incluye proteasas, lipasas y esterasas por el método de la hidrólisis del Diacetato de Fluoresceína (FDA), según Schnürer & Rosswall (1982). Los resultados se expresaron como μg de fluoresceína $\text{h}^{-1} \text{g}^{-1}$ de suelo en base seca.

- Carbono de la biomasa microbiana: método de Fumigación-Extracción (Vance *et al.*, 1987). El CBM se calculó mediante la diferencia entre las muestras fumigadas y no fumigadas. Los resultados se expresaron como $\mu\text{g C g}^{-1}$ de suelo en base seca.

- Análisis de fingerprinting: la extracción del ADN total se realizó con kit comercial MOBIO para suelo. Para la amplificación del gen 16S ADN ribosomal de bacterias se realizó PCR (reacción en cadena de la polimerasa) con cebadores universales F341-GC y R534 (Muyzer *et al.*, 1998). Los productos de amplificación correspondientes a cada muestra se separaron por electroforesis en gel de gradiente desnaturizante (DGGE). Con los datos obtenidos a partir de los perfiles de DGGE, se determinó el índice de diversidad de Shannon-Weaver (H) a través de la siguiente fórmula:

$$H = - \sum_{i=1}^S (p_i) (\log_2 p_i)$$

Donde S=número de bandas en cada calle del gel, y p_i =proporción entre la intensidad de una banda específica y la suma de las intensidades de todas las bandas de una misma calle.

- Carbono orgánico total (COT): por el método de Walkley-Black que consiste en la oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio en ácido sulfúrico concentrado durante 30 minutos, titulando luego el exceso del agente oxidante con sulfato amónico ferroso (Nelson & Sommers, 1982). Los resultados se expresaron en mg de CO g^{-1} suelo seco.

- Análisis estadístico: Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) sobre la matriz de correlaciones de las variables estudiadas (H, actividad enzimática, CBM y COT), utilizando el software estadístico INFOSTAT 2011 (Di Rienzo *et al.*, 2011). En el análisis de DGGE, los datos de intensidad y posición de cada banda se analizaron mediante el software GelCompare II (2005). Para el cálculo de diversidad se utilizó PAST y para su análisis estadístico se empleó ANOVA con LCD de INFOSTAT (2011). Se utilizó análisis de correlación de Pearson para establecer una medida numérica de la relación entre variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos que incluyeron mayor proporción de gramíneas (secuencias M-T/S y M-S-T/S) presentaron un patrón con mayor número de bandas y más intensas, en comparación con los patrones obtenidos en el tratamiento monocultivo de soja (Fig. 1). Se observó un incremento del 30% en el patrón de bandas del gel de las rotaciones con

gramíneas respecto al monocultivo de soja. La técnica de DGGE es una herramienta que permite determinar la riqueza de las especies dominantes y establecer perfiles de las poblaciones microbianas. La diversidad se determina por el número e intensidad de bandas y se asume que cada banda del gel representa una unidad taxonómica operacional, que por simplicidad es llamada especie (Tao *et al.*, 2012).

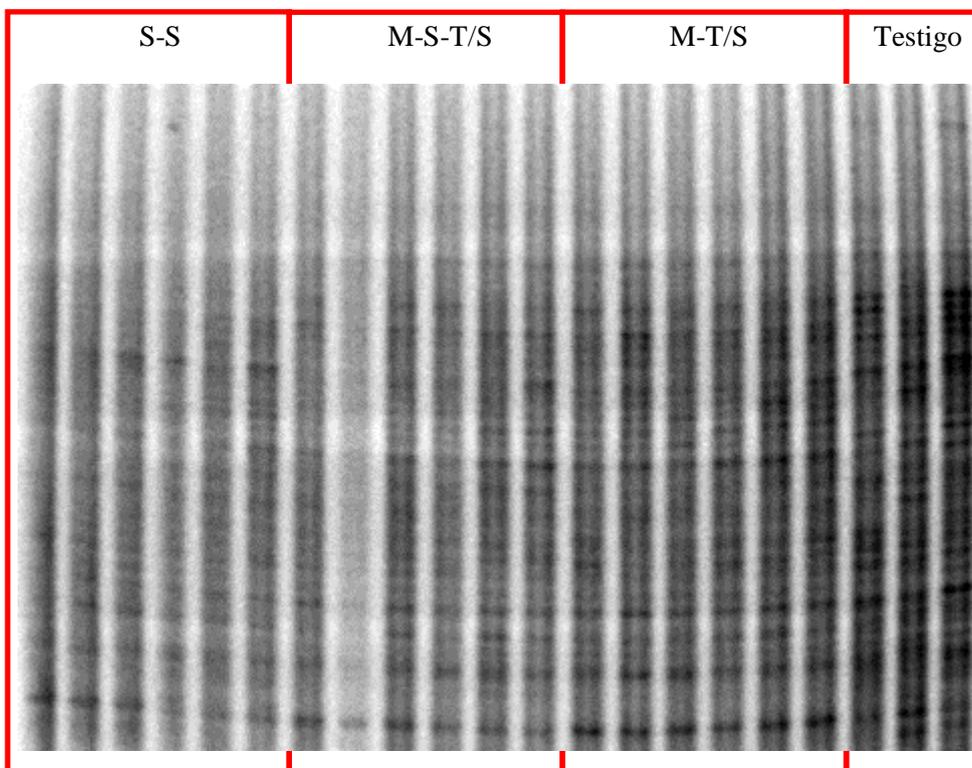


Figura 1. Perfiles de DGGE obtenidos a partir de la amplificación enzimática del gen 16S ADN ribosomal extraído de muestras de suelo.

El Índice de Shannon en nuestro ensayo mostró diferencias significativas entre tratamientos, presentando las rotaciones un mayor valor con respecto al monocultivo de soja. No se observaron diferencias estadísticamente significativas al analizar los tratamientos con y sin cultivo de cobertura (Tabla 1). Si consideramos al Testigo como valor umbral ($H = 3,380$), las secuencias que incluyeron gramíneas y el monocultivo en promedio presentaron valores de H inferiores con respecto al testigo, en un 13% y 24% respectivamente. Sin embargo, otros autores utilizando el Índice de Shannon para evaluar el efecto de labranzas (siembra directa y convencional) y el uso de fertilización, no hallaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos dentro de cada muestreo (Vallejo *et al.*, 2010).

Tabla 1: Estimación del Índice de Shannon-Weaver como descriptor de diversidad microbiana.

| Tratamiento | Nº bandas | Shannon (H) |
|-------------|-----------|-------------|
| SS-CC | 14 | 2,633 A |
| SS-SC | 17 | 2,830 A B |
| M-S-T/S-CC | 20 | 2,944 B |
| M-S-T/S-SC | 20 | 2,984 B |
| M-T/S-CC | 20 | 3,010 B |
| M-T/S-SC | 21 | 3,023 B |

Medias con letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

Con la matriz de datos obtenida a partir del software GelCompare II (2005) se realizó además el análisis de conglomerados que consiste en un algoritmo de clasificación mediante el cual se obtienen una o varias particiones de acuerdo con criterios establecidos, permitiendo visualizar la relación jerárquica entre tratamientos al agruparlos en un dendrograma (Fig. 2). En la figura se observa la separación de la rama monocultivo de soja y secuencias que incluyen gramíneas. A su vez dentro de la rama monocultivo de soja (S-S) se separa la situación que presenta CC respecto al monocultivo SC. En cuanto a los tratamientos M-T/S y M-S-T/S, se observó mayor similitud de las comunidades, no pudiendo establecerse separaciones netas entre dichas rotaciones CC y SC.

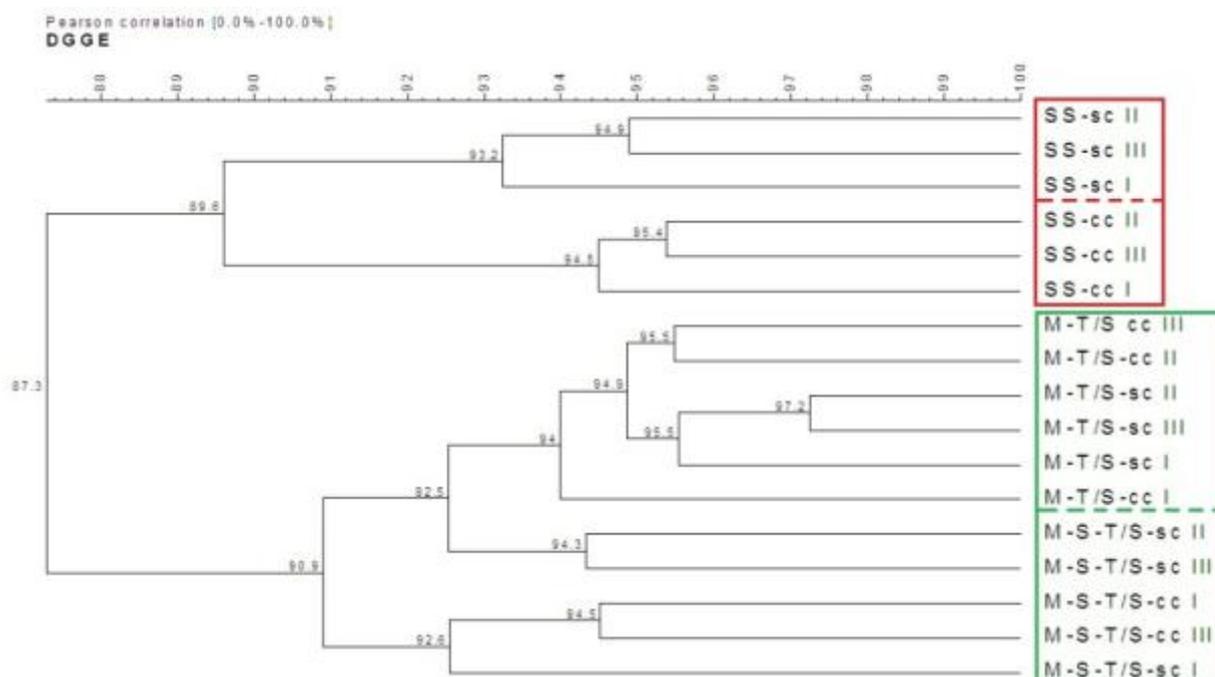


Figura 2: Análisis de conglomerados del set de datos generados por DGGE basado en el coeficiente de similitud de Pearson y el método de unión de enlace medio (UPGMA).

La actividad de la microbiota edáfica influye sobre la estabilidad y fertilidad de los ecosistemas. Un buen nivel de actividad microbiana es esencial para el mantenimiento de la calidad del suelo dado que los microorganismos son la fuente principal de enzimas, y a pesar de sus relativamente bajas cantidades, juegan un rol fundamental en el mantenimiento y dinámica de los nutrientes a través del ciclado de la materia orgánica (Bastida *et al.*, 2006). Por lo mencionado, se evaluó como indicador químico el COT puesto que tiene un rol determinante en la provisión de nutrientes y en la formación de la estructura del suelo (Rotenberg *et al.*, 2007; Lal, 2008). Por otra parte, a través del CBM se determinó la fracción de la materia orgánica compuesta por células microbianas vivas (Bastida *et al.*, 2006). A los fines de determinar las variables que tuvieron mayor incidencia en diferenciar los tratamientos se utilizó un análisis multivariado de componentes principales, utilizando las siete variables.

A través de ACP se buscó reducir la dimensionalidad de los datos para facilitar la interpretación, observar si existe agrupamiento de los tratamientos analizados y tratar de hallar alguna variable que pueda resumir la información relevada. Se crearon dos nuevas variables o factores denominadas componentes principales (CP1 y CP2), que consisten en la combinación lineal de las variables observadas, y que conservan la mayor variabilidad posible. La CP1 explicó el 55% de la variancia y la CP2 el 19%, por lo tanto se retuvieron estas dos componentes que en total explicaron el 74% de la variancia total de los datos. El valor de cada uno de los autovectores presenta la contribución relativa de cada variable en las dos componentes principales (Tabla 2). Para la CP1 los autovectores de las siete variables estudiadas presentaron valores positivos; siendo elevados para arilsulfatasa, betaglucosidasa, fostatasa, FDA y COT, por lo tanto significa que han tenido mucho peso en definir la CP1. A esta nueva variable le corresponderán valores positivos cuando las variables analizadas presenten valores elevados. En el caso de CBM y el Índice de Shannon, si bien los autovectores fueron positivos, los valores fueron bajos. En el caso de la CP2, solo COT e Índice de Shannon presentaron autovectores elevados y de signo positivo. Por lo tanto, indican que esta segunda nueva variable (CP2) tomará valores positivos cuando las variables COT y H presenten valores altos. Mediante el gráfico en dos dimensiones se puede observar la combinación

de las siete variables originales, facilitando la interpretación de los datos y la detección de posibles agrupamientos. En la Fig. 3 se puede observar que los tratamientos con mayor intensificación (M-T/S con y sin CC) y S-S CC presentaron valores elevados de las siete variables (a la derecha del cero de la CP1). Por otro lado, S-S SC y M-S-T/S (con y sin CC) se encuentran a la izquierda del cero, por lo tanto presentan valores bajos de las variables. No obstante, M-S-T/S CC se presentó en una situación intermedia.

Tabla 2: Autovectores correspondientes a la CP1 y CP2.

| Variables | e1 | e2 |
|-----------------|------|-------|
| Arilsulfatasa | 0,45 | -0,27 |
| Betaglucosidasa | 0,47 | -0,09 |
| Fosfatasa | 0,49 | 0,05 |
| FDA | 0,37 | -0,25 |
| CBM | 0,13 | 0,20 |
| COT | 0,42 | 0,39 |
| H | 0,05 | 0,81 |

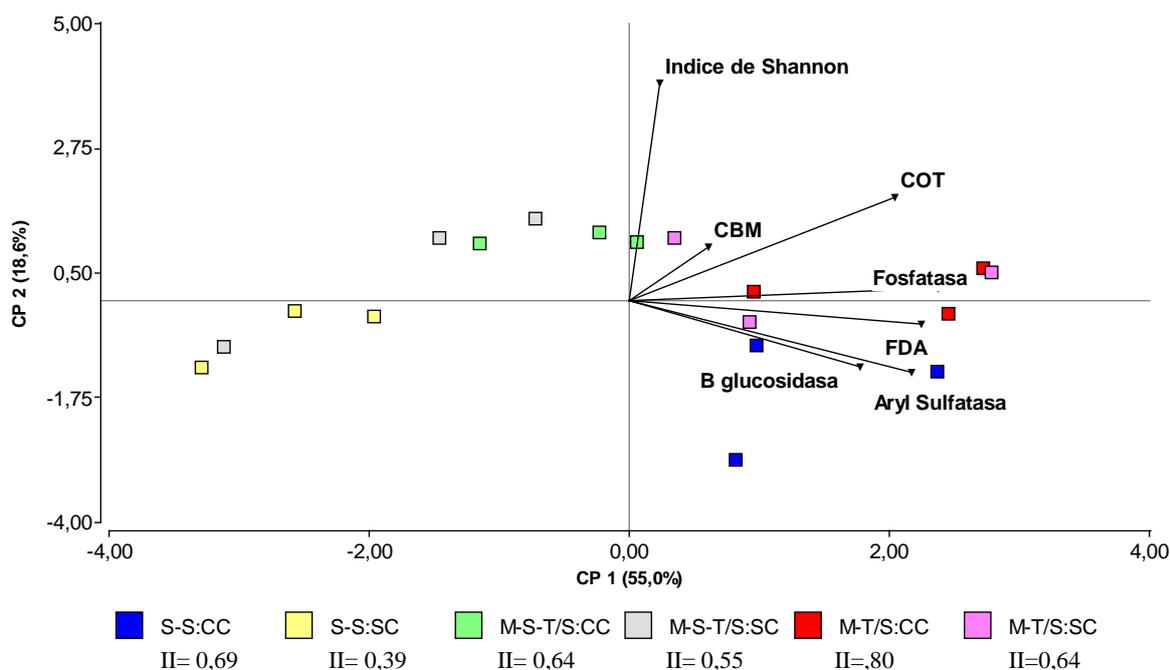


Figura 3: Análisis de componentes principales sobre las variables: COT, CBM, Fosfatasa, betaglucosidasa, arilsulfatasa, FDA, e Índice de Shannon

Se buscó la correlación del Índice de diversidad de Shannon con el COT, fundamentado en que las gramíneas en rotación con el cultivo de soja y la inclusión del cultivo de cobertura (CC), incorpora al suelo una mayor proporción de residuos fácilmente degradables. Los CC actúan equilibrando el balance de C por el aporte de la biomasa aérea y raíces cuyos exudados radicales en la zona rizosférica estimulan la actividad de los microorganismos del suelo. El aporte de C lábil constituye el sustrato inicial para la descomposición microbiana, se estimula la actividad de los microorganismos con un incremento en la población y en la producción de enzimas. El coeficiente de Correlación de Pearson entre COT e Índice de Shannon, fue 0,43 ($p < 0,1$), poniendo de manifiesto la relación entre ambas variables. No se observó esta relación entre actividad de enzimas y el H.



CONCLUSIONES

La inclusión de gramíneas en las secuencias que aporten grandes volúmenes de rastrojo, como así también la implementación de los cultivos de cobertura son alternativas que se presentan como más sustentables al monocultivo de soja que produce una disminución de la diversidad microbiana del suelo y de la actividad enzimática. Un modelo productivo que contribuya a aumentar el contenido de materia orgánica del suelo, además del impacto positivo en su condición física, química y biológica, también contribuye a la sustentabilidad ambiental ya que se reduce la emisión de CO₂ a la atmósfera través del secuestro de carbono en el suelo. Asimismo, el análisis del fingerprinting de la comunidad microbiana por PCR puede utilizarse para detectar cambios producidos en un suelo con sistemas de rotaciones agrícolas.

AGRADECIMIENTOS

Dr. Fernando Salvagiotti y MSc. Silvina Bacigalupo. EEA INTA Oliveros.

BIBLIOGRAFÍA

- Albanesi, A; A, Anriquez; JA, Dominguez Nuñez; J, Silverman & C, Kunst. 2013. Calidad de suelo. Propiedades biológicas y evaluación en ecosistemas semiáridos. En: A Albanesi (Ed.). Microbiología Agrícola. Un aporte de la investigación en Argentina. 2da ed. pp 1-25. Magna Publicaciones Tucumán Argentina. pp 489.
- Bastida, F; JF Moreno; T Hernández & C García. 2006. Microbiological degradation index of soils in a semiarid climate. *Soil Biol. Biochem.* 38: 3463-3473.
- Di Rienzo, J; F, Casanoves; M, Balzarini; L, Gonzalez; M, Tablada & C, Robledo. 2011. Infostat, versión 2011. Grupo Infostat.
- Lal, R. 2008. Soils and sustainable agriculture. A review. *Agron Sustain Dev* 28:57-64.
- Muyzer, G & K Smalla. 1998. Application of denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) and temperature gradient gel electrophoresis (TGGE) in microbial ecology. *Antonie Leeuwenhoek*, 73, 127-141.
- Nelson, DW & LE Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. En: Page, AL; RH Miller & DR Keeney (Eds.). *Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy Madison, WI, USA, pp. 1159.
- Rotenberg, D; A, Jiménez Wells; EJ, Chapman; AE, Whitfield; RM, Goodman & LR, Cooperband. 2007. Soil properties associated with organic matter-mediated suppression of bean root rot in field soil amended with fresh and composted paper mill residuals. *Soil Biol. Biochem.* 39: 2936-2948.
- Schnürer, J & R Thomas. 1982. "Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter." *Appl Environ Microbiol* 43: 1256-1261.
- Tabatabai, M. 1982. Soil Enzymes. En: A Page, E. Millar & D. Kenney (Eds.). *Methods of soil analysis, Chemical and Microbiological Properties, Part 2*. pp: 902-953 Madison, WI, USA: Am. Soc. Agron. pp: 1159.
- Tao, SQ. 2012. Analysis of the Bacterial Communities in Lime Concretion Black Soil upon the Incorporation of Crop Residues. *Open Journ Soil Scien*, 2: 312-319.
- Vallejo Rojas, VB; I Mijangos & C Garbisu. Biodiversidad edáfica como bioindicador de la salud del suelo mediante métodos moleculares. San Sebastián, 2010, 15 p. (Tesis para obtener el título de Máster en Biodiversidad, Funcionamiento y Gestión de Ecosistemas). Universidad del País Vasco.
- Vance, ED; PC. Brookes & DS Jenkinson. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 19: 703-707.



C2P41. DESCOMPOSICION DE RESIDUOS Y ACTIVIDAD MICROBIANA: EFECTO DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO

Viruel, Emilce¹; Banegas, Natalia R.^{1,2}; Nasca, José A.¹ y Maza, Marianela³

¹Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido. Centro de Investigaciones Agropecuarias. INTA. Chañar Pozo S/N, Leales (4113), Tucumán, Argentina.

²Cátedra Edafología. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de Tucumán. Florentino Ameghino S/N. Manantial (4105), Tucumán, Argentina.

³CONICET-Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (IIACS-CIAP, INTA) Leales (4113), Tucumán, Argentina. viruel.emilce@inta.gob.ar

RESUMEN

En la región del NOA se ha producido en los últimos años, un proceso de transformación de los sistemas productivos, avanzando la agricultura sobre áreas boscosas o bien ocupadas anteriormente por la ganadería. La región de la Llanura Deprimida Salina de Tucumán no escapa a esta realidad, observándose en estos años la conversión de sistemas ganaderos a agrícolas. El impacto de estos cambios del uso de suelo en la región no fue estudiado en profundidad aún. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la transformación de sistemas ganaderos en base pastoril (PP) a sistemas agrícolas, específicamente a maíz, en dos sistemas de labranza (convencional y siembra directa, MLC y MSD, respectivamente). El trabajo se realizó en el IIACS de INTA, departamento Leales, provincia de Tucumán. El clima es de tipo subtropical subhúmedo con estación seca. El suelo en estudio es un Haplustol fluvacuéntico de textura franco limosa. Se determinaron como indicadores microbianos: carbono de biomasa microbiana (CBM), actividad enzimática (FDA), respiración edáfica (RE), y se evaluó, además, la descomposición de mantillo en los tres sistemas a través de la técnica de "litter bags" en intervalos de 40 días durante 160 días. El pasaje de pasturas a agricultura provocó una caída en todas las variables microbianas evaluadas. Los valores de RE fueron significativamente menores (un 77%) en los tratamientos con maíz (MLC y MSD) respecto a PP. En el caso de la biomasa microbiana, los valores de CBM en PP fueron mayores en un 63 y 44 % respecto a MSD y MLC, respectivamente. Mientras que en la actividad enzimática microbiana (FDA), los valores en PP fueron casi tres veces superiores respecto a MLC, y dos veces respecto a MSD. La mayor tasa de descomposición de mantillo se observó en MLC, con valores que llegan a duplicar y triplicar los de PP y MSD, respectivamente. A los 160 días, la mayor degradación del residuo vegetal se observó en las bolsas colocadas en MLC, siendo la masa seca remanente del 23%, mientras que en los otros sistemas evaluados estos valores son del 47% y 56% para PP y MSD, respectivamente. Los sistemas pastoriles (PP) mostraron mejores valores de los indicadores microbianos que los sistemas agrícolas, independientemente del tipo de manejo en estos últimos. Sin embargo, esta tendencia no coincidió en la descomposición de los residuos vegetales, siendo el maíz con labranza convencional el que presentó mayor tasa de descomposición, inclusive que las pasturas. Resulta de este estudio, la necesidad de continuar evaluando en plazos temporales mayores, con el fin de analizar el efecto del cambio de uso de suelo sobre estas propiedades.

Palabras clave: mantillo; parámetros microbiológicos; uso de la tierra.



C2P42. EFECTO DE LA INTERSIEMBRA PASTURA-MAÍZ SOBRE LA MICROBIOTA EDÁFICA EN SISTEMA PASTORIL BOVINO DEL CHACO SEMIÁRIDO

Viruel, Emilce¹; Maza, Marianela², Nasca, José A.¹ y Banegas, Natalia R.^{1,3}

¹Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido. Centro de Investigaciones Agropecuarias. (IIACS-CIAP, INTA). Chañar Pozo S/N, Leales (4113), Tucumán, Argentina

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) - IIACS-CIAP, INTA. Chañar Pozo S/N, Leales (4113), Tucumán, Argentina.

³Cátedra Edafología. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de Tucumán. Florentino Ameghino S/N, Manantial (4105), Tucumán, Argentina.

viruel.emilce@inta.gob.ar

RESUMEN

La combinación de crecimiento demográfico, aumento de los ingresos y urbanización, plantea un desafío sin precedentes a los sistemas alimentarios y agrícolas. Impulsadas por la fuerte demanda de una emergente clase media mundial, las dietas serán más diversificadas, y el incremento de los alimentos de origen animal como la carne y la leche será particularmente acentuado. En el Noroeste Argentino (NOA) la producción bovina se realiza, principalmente, en sistemas pastoriles extensivos y semi-extensivos, sobre pastizales y bosques naturales degradados, con un fuerte componente de leñosas arbustivas que limitan severamente la oferta de forraje y la productividad animal de estos sistemas. La integración de pasturas con cultivos anuales es una alternativa para incrementar la oferta forrajera, ya que mejora los rendimientos y condiciones fisicoquímicas del suelo. Poca información existe sobre el efecto de la implementación de interseembra sobre variables microbiológicas en sistemas ganaderos de la región. Por este motivo, el objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto sobre variables microbiológicas del suelo de la incorporación de maíz en un sistema pastoril bovino del Chaco Semiárido. El trabajo se realizó en el campo experimental del IIACS-CIAP-INTA (Leales, Tucumán) en un sistema de cría intensiva de 55 ha. El muestreo de rizósfera se realizó en el mes de febrero de 2017. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente por ANOVA y test de diferencia de medias (Tukey $p \leq 0,05$) con el programa INFOSTAT. Los tratamientos evaluados fueron pastura pura (*Chloris gayana* cv Finecut; PP), interseembra maíz-pastura (*Chloris gayana* cv Finecut - *Zea mays* L.; IS) y maíz destinado a silo (*Zea mays* L.; MS). De cada tratamiento se determinó carbono de biomasa microbiana (CBM), actividad enzimática (FDA), respiración edáfica (RE), carbono orgánico (CO) y nitrógeno total (Nt). Se observó una respuesta negativa de la incorporación de maíz al sistema pastoril sobre las tres variables evaluadas. La actividad enzimática (FDA) en el tratamiento PP (1475,84 $\mu\text{g FDA g}^{-1}$) fue significativamente mayor que en IS y MS (1146 $\mu\text{g FDA g}^{-1}$ y 823,53 $\mu\text{g FDA g}^{-1}$ respectivamente). La biomasa microbiana (CBM) siguió el mismo patrón que la actividad enzimática, con un descenso significativo de los valores en IS y MS (512,27 y 487,64 $\mu\text{g CBM g}^{-1}$, respectivamente) respecto a PP (1189,55 $\mu\text{g CBM g}^{-1}$). Los valores de respiración edáfica (RE) fueron mayores nuevamente en PP (1442,74 $\mu\text{g CO}_2 \text{g}^{-1}$), seguido de IS (829,05 $\mu\text{g CO}_2 \text{g}^{-1}$) y por último MS (537,26 $\mu\text{g CO}_2 \text{g}^{-1}$). En cuanto a los valores de CO, el aporte de C por parte del maíz al sistema produjo un incremento en IS (20,9 $\text{g kg de suelo}^{-1}$) con respecto a PP y MS (17,83 y 13,05 $\text{g kg de suelo}^{-1}$). En cuanto al N total, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, mostrando un comportamiento similar a las variables microbiológicas. La incorporación de maíz en la renovación de las pasturas produce en primera medida un descenso en las variables microbianas y un incremento en aporte de nutrientes (C y N).

Palabras clave: microbiota, interseembra, ganadería