

ACTIVIDAD UREÁSICA COMO INDICADOR TEMPRANO DE CALIDAD DE UN SUELO DE SABANA BAJO MANEJO CONSERVACIONISTA

María A. Rodríguez B.⁽¹⁾; Zenaida Lozano⁽¹⁾; Parken González⁽¹⁾; Starling Rodríguez⁽¹⁾; Ronelly Caballero⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela.

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar el efecto del tipo de residuo orgánico y la fertilización fosfórica sobre la dinámica de la actividad de la enzima ureasa, se realizaron evaluaciones en un ensayo ubicado en las sabanas bien drenadas del estado Guárico (Venezuela). Se utilizaron dos cultivos de cobertura como residuos para la siembra directa de maíz y posterior pastoreo con ganado bovino: *Brachiaria dictyoneura* (BD) y *Centrosema macrocarpum* (CM), y la sabana natural (SN) como testigo. Con cuatro tipos de fertilización, en un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones en parcelas de 900 m². Se tomaron muestras de 0 a 5 cm en tres épocas. Se evaluó la calidad de los residuos dejados en superficie y en cada época la actividad de la ureasa. Los resultados indicaron que la introducción de los cultivos de cobertura de distinta calidad y la fertilización estimuló la actividad enzimática con relación a la SN, destacándose un aumento de la actividad ureásica en el suelo en el que se utilizó CM como residuo en la época de floración del cultivo.

Palabras clave adicionales: *Brachiaria dictyoneura*, *Centrosema macrocarpum*, calidad del residuo, ureasa.

INTRODUCCIÓN

El ecosistema de sabana es uno de los espacios más explotados de Suramérica, la elevada tecnificación empleada para su uso con monocultivos, ha producido un rápido deterioro de los suelos de estas zonas. En vista de esta problemática, en los últimos años se han planteado investigaciones dirigidas al establecimiento de sistemas de manejo conservacionista de suelos de sabanas con un enfoque agroecológico; con el uso de barbechos mejorados de gramíneas y leguminosas como residuos para la siembra directa de maíz en sistemas mixtos cereal-ganado, en los cuales es muy importante tomar en cuenta la calidad de los residuos dejados en superficie, por lo que en estudios previos se ha vinculado la tasa de mineralización de los mismos con sus propiedades bioquímicas, tales como: el contenido de N (Bending et al., 1998), la relación C/N (Rivero y Paolini, 1995), contenido de lignina (L) y celulosa (Fioretto et al., 2005), contenido de polifenoles (PP) (Palm y Sánchez, 1991), las relaciones L/N, PP/N y (L+PP)/N (Palm y Sánchez, 1991; Singh et al., 2007). Dentro de este marco, la actividad enzimática es considerada como una de las características más dinámicas del suelo, ya que responde rápidamente a los cambios en las prácticas de manejo dentro de un sistema. Se utiliza la medición de la actividad de distintas enzimas del suelo, como por ejemplo la ureasa, para seguir la dinámica de la mineralización del N, ya que permite evaluar los cambios producidos en las transformaciones de este elemento esencial en los suelos, como efecto del uso de residuos orgánicos de distintos orígenes, debido a su participación como enzimas hidrolíticas en la descomposición de residuos. La importancia del estudio de este tipo de enzimas cuando se realizan prácticas conservacionistas en los suelos radica en: por una parte, el material orgánico puede incorporar directamente enzimas; y por otra, la materia orgánica adicionada potencia la actividad microbiana y en definitiva aumentará su actividad (Palma et al., 2000). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del tipo de residuo

orgánico sobre la dinámica de la actividad de la enzima ureasa como indicador temprano en un sistema de producción de maíz bajo un manejo conservacionista.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el siguiente trabajo se tomaron muestras y realizaron evaluaciones en un ensayo de campo instalado en las Sabanas de Sur-Oriente del estado Guárico (Venezuela). La zona se caracteriza por tener un clima marcadamente estacional, con una época de lluvia de junio a noviembre con un promedio de 1365 mm de lluvia. El suelo es un Typic Plinthustuls, francosa gruesa, caolinítica isohipertérmica. Se utilizaron 2 cultivos de cobertura, *Brachiaria dictyoneura* (BD) y *Centrosema macrocarpum* (CM), como barbechos mejorados para la siembra directa de maíz y posterior pastoreo con ganado bovino. Dentro de cada cobertura se instauraron cuatro (4) manejos de fertilización distribuidos en un diseño completamente aleatorizado. A cada tratamiento se le aplicó una fertilización básica de $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ y $80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$, diferenciándose sólo en la fuente fosfórica quedando de la siguiente manera: Control, sin fertilización, BRF, dosis baja de P como roca fosfórica (25% P_2O_5 +inoculación con micorriza), ARF, dosis alta de fósforo (100 % P_2O_5 como roca fosfórica) y ARF+FD, dosis alta de fósforo (50 % Roca fosfórica + 50% Fosfato diamónico). Se utilizaron parcelas de 18 m por 350 m para cada tipo de fertilización y dentro de cada una se establecieron tres parcelas de muestreo de 15 m por 60 m. Al término de la cosecha del maíz el pastoreo fue intensivo, con la introducción en cada parcela de un rebaño de ganado bovino equivalente a 2 ua.ha^{-1} , consumiendo ad libitum la biomasa disponible proveniente de los residuos de cosecha del maíz y el rebrote de las coberturas. Se tomaron muestras de suelo para las evaluaciones de la actividad enzimática en las siguientes épocas: Inicial: antes del corte de la cobertura para la siembra de maíz; floración: a los 108 días después de la siembra (dds) y después del pastoreo: a los 338 dds. En cada tratamiento de fertilización se tomaron doce (12) muestras compuestas a una (1) profundidad de muestreo de 0 a 5 cm. La actividad ureásica se determinó por el método de la medición del amonio liberado a partir de una solución de urea, por la actividad ureásica del suelo cuando se incubaba en un lapso de tiempo de 2 horas a 37°C ; este método está constituido por dos fases, una de liberación y extracción del amonio y la segunda, la cuantificación del amonio liberado por la acción de un medio de oxidación y su posterior lectura en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 690 nm (Kandeler y Gerber, 1988). A los residuos se les determinó N total (%Nt) por Kjeldahl, contenido de lignina (L), celulosa (C), hemicelulosa (H) por el método de Van Soest y Wine (1968), polifenoles (P) por el método del Folin Ciocalteu (Kaluza et al., 1980) y carbono orgánico (%CO) por el método de Walkley y Black (1934). A los datos obtenidos se les realizó la prueba de Wilk-Shapiro para comprobar la normalidad de las variables, las cuales no cumplieron con dicha prueba y se le aplicó la Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con un nivel de confianza del 95% para los tipos de cobertura y entre los diferentes tratamientos de fertilización para cada cobertura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al evaluar la calidad bioquímica de los residuos se obtuvieron los valores de los parámetros que se muestran en el Cuadro 1. Se observó un mayor contenido de N en la leguminosa que en la gramínea. En lo que respecta a la relación C/N es menor en CM, sin embargo la misma cobertura posee un mayor contenido de lignina y polifenoles. En lo que respecta al contenido de celulosa y hemicelulosa, estas destacan más en BD que en CM, causando de esta manera un retardo en la descomposición de ese material vegetal. A pesar de que la leguminosa CM tiene altos valores de lignina y polifenoles, al relacionarlo con el contenido de NT, la hace más fácilmente

mineralizable que la gramínea BD, lo cual se refleja en los valores de las relaciones L/N y L+P/N.

Cuadro 1. Calidad de los residuos de gramínea y leguminosa marcados con ^{15}N colocados en superficie.

Parámetro evaluado	<i>Brachiaria dictyoneura</i>	<i>Centrosema macrocarpum</i>
Nitrógeno total (%)	1,38	2,29
Carbono orgánico total (%)	39,04	36,66
Lignina (%)	5,60	9,05
Celulosa (%)	30,79	23,64
Hemicelulosa (%)	34,11	14,47
Polifenoles (%)	6,80	8,74
Relación C/N	28,29	16,01
Relación L/N	4,05	3,95
Relación (L+PP)/N	8,99	7,77

En la Figura 1 se observa que antes del corte de las coberturas (AC) la actividad ureásica es menor, en comparación con los otros tiempos evaluados, lo cual hace evidente el efecto del uso de estos residuos sobre la actividad de esta enzima en el suelo. Se observa que en las tres épocas evaluadas, la actividad ureásica se destacó en el suelo con CM como residuo a pesar de no presentarse diferencia significativa para AC ni para DP, sólo en la época de F, sin embargo esto pareciera indicar que el material de esta leguminosa presenta una mayor proporción de fracción fácilmente degradable con respecto a la gramínea. Esta enzima sufre un aumento a final del ciclo, lo que se puede atribuir al efecto del factor animal. En este mismo sentido, en una investigación realizada por García et al. (2000), encontraron que la actividad ureásica detectada era significativamente superior en el suelo enmendado con residuos con alto contenido de compuestos nitrogenados, en comparación con un suelo control. A pesar que esta comparación de la tendencia en la actividad ureásica se hace en los suelos sin fertilización, se aprecia que la presencia de los residuos de las coberturas BD y CM en la superficie, es suficiente para iniciar la formación de una biomasa microbiana, la cual activará el ciclo del nitrógeno entre otros, destacándose el suelo que tiene la leguminosa como residuo, ya que la enzima ureásica no sólo cataliza la hidrólisis de la urea (fertilizante nitrogenado), sino que también participa en la hidrólisis de los sustratos tipo ureico naturales, como por ejemplo los productos resultantes de la mineralización del ácido nucleico (Burbano, 1989; García et al., 2000). En la Figura 2a, se muestra el efecto que tuvieron los distintos tipos de fertilización sobre la actividad ureásica en comparación con el Control, mostrándose que el manejo que utiliza fertilizante nitrogenado (ARF+FD) presentó menores valores lo que no concuerda con lo obtenido por Palma et al. (1997), quienes encontraron que la fertilización con urea produjera un incremento en la actividad de la enzima, estimulada por la adición del fertilizante que actuó como un sustrato enzimático. El manejo que presentó mejor resultado en todas las épocas fue en el que se inoculó micorriza, lo

cual pueda deberse a que en los suelos en donde existe micorrización, en la zona rizoférica existe una actividad microorgánica muy importante y que no sólo se le adjudica a las micorrizas sino a la cooperación que se presenta entre toda la microbiota existente en dicha zona (Barea et al., 1987 y Barea et al., 2002). La actividad de la ureasa no presentó diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre la fertilización ARF+FD y el control en las épocas AC y F. En el Control se presentó dicha actividad significativamente menor que el resto de los casos, solo en la época DP. En la Figura 2b, se observa el efecto que tienen los distintos tipos de fertilización sobre la actividad ureásica en comparación con el Control, cuando se usó CM como cobertura. No se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en la actividad enzimática en la mayoría de las épocas, excepto en DP. En donde es significativamente menor es en el Control, acerca de esto se infiere que posiblemente en los tratamientos que recibieron fertilización se favoreció más el crecimiento de la leguminosa y aún quedan residuos de esta en el suelo que impulsen la actividad ureásica (Burbano, 1989; García et al., 2000).

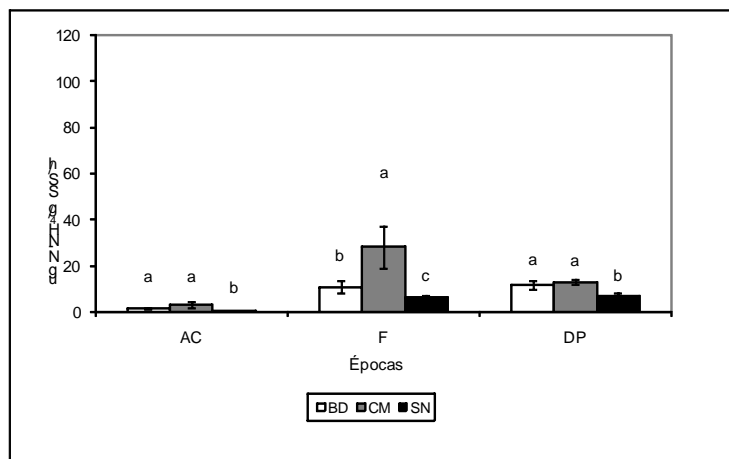


Figura 1. Actividad ureásica para cada una de las épocas, en las coberturas *Brachiaria dictyoneura* (BD), *Centrosema macrocarpum* (CM) y Sabana natural (SN). Épocas: AC: antes del corte, F: floración y DP: después del pastoreo. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

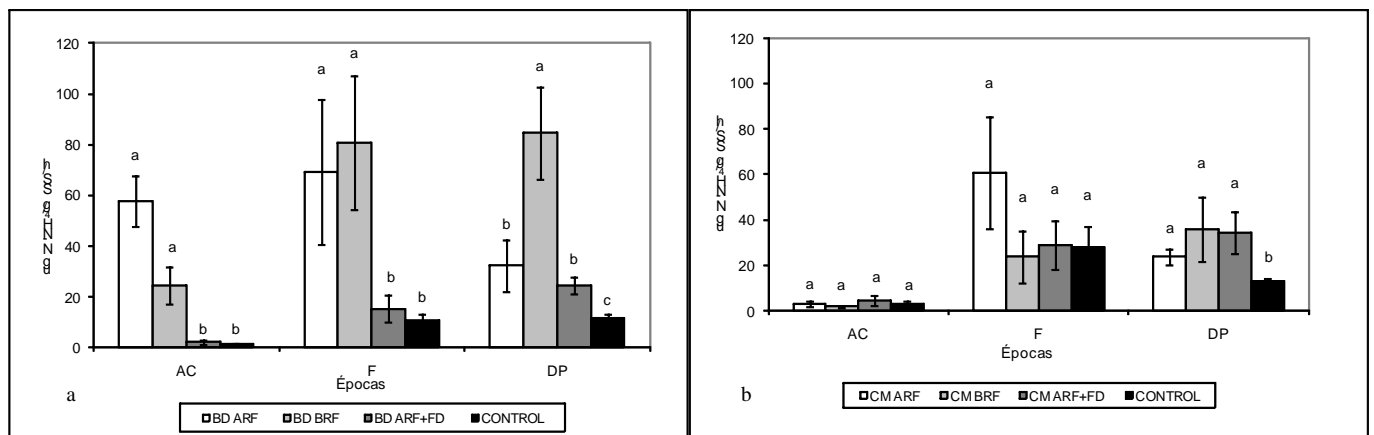


Figura 2. Actividad ureásica en los cuatro tipos de fertilización con (a) *Brachiaria dictyoneura* (BD) y (b) *Centrosema macrocarpum* (CM) como residuo. Control, sin fertilización, BRF, dosis baja de P como roca fosfórica (25% P₂O₅ +inoculación con micorriza), ARF, dosis alta de fósforo (100 % P₂O₅ como roca fosfórica) y ARF+FD, dosis alta de fósforo (50 % Roca fosfórica + 50% Fosfato diamónico); Épocas: AC: antes del corte, F: floración y DP: después del pastoreo. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

CONCLUSIONES

La leguminosa CM tiene altos valores de lignina (L) y polifenoles (PP), resulta más mineralizable que la gramínea BD debido a su mayor contenido de Nt, lo cual se refleja en los valores de las relaciones L/N y (L+PP)/N. La fertilización estimuló la actividad enzimática con relación a la SN, destacándose un aumento de la actividad ureásica en el suelo en el que se utilizó CM como residuo en la época de floración (F) del cultivo. La actividad de la enzima ureasa del suelo fue un parámetro sensible al uso de los residuos de las coberturas BD y CM, en donde influyó principalmente la calidad bioquímica de los mismos, por lo cual pueden ser útiles como indicadores de la calidad de un suelo bajo manejo conservacionista en donde el proceso de mineralización del nitrógeno de dichos residuos es de gran importancia.

BIBLIOGRAFÍA

- BAREA, J.M.; C. AZCÓN-AGUILAR Y R. AZCÓN. 1987. Vesicular-arbuscular mycorrhiza improves both symbiotic N₂ fixation and n uptake from soil as assessed with a 15N technique under field conditions. *New Phytol.* 107:717-725.
- BAREA, J.M.; R. AZCÓN Y C. AZCÓN-AGUILAR. 2002. Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality. *Antonie van Leeuwenhoek* 81: 343–351.
- BENDING, G.; M. TURNER Y I. BURNS. 1998. Fate of nitrogen from crop residues as affected by biochemical quality and the microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.* 30:2055-2065.
- BURBANO, H. 1989. El suelo: Una visión sobre sus componentes biorgánicos. 1ra Ed. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. 447 p.
- FIORETTO, A.; C. DI NARDO; S. PAPA Y A. FUGGI. 2005. Lignin and cellulose degradation and nitrogen dynamics during decomposition of three leaf litter species in a Mediterranean ecosystem. *Soil Biol. Biochem.* 37:1083-1091.
- GARCÍA, C.; T. HERNÁNDEZ; J. PASCUAL; J. L. MORENO Y M. ROS. 2000. Actividad microbiana en suelos del sureste español sometidos a procesos de degradación y desertificación. Estrategias para su rehabilitación. En: Investigación y Perspectivas de la enzimología de suelos en España. 1ra ed. CSIC, España. 352 p.
- KALUZA, W; R. MCGRATH; T. ROBERTS Y H. SHORODER. 1980. Separation of phenolics of *Sorghum bicolor*. *J. Agric. Food Chem.* 28:1191-1196.
- KANDELER, E. Y H. GERBER. 1988. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. *Biol. Fertil. Soils* 6: 68-72.
- PALM, C.A. Y P.A. SÁNCHEZ. 1991. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biol. Biochem.* 23: 83-88.
- PALMA, R.M.; N.M. ARRIGO, M.F. VASQUEZ Y J. UTSUMI. 1997. Actividad ureasa en distintos sistemas de labranza y su relación con la acidez titulable. *Ciencia del Suelo* 15: 99-101.
- PALMA, R.M.; N.M. ARRIGO; M.I. SAUBIDET Y M.E. CONTI. 2000. Chemical and biochemical properties as potencial indicators of disturbances. *Biol. Fertil. Soils* 32:381-384.
- RIVERO, C. Y J. PAOLINI. 1995. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre algunas propiedades químicas de dos suelos en Venezuela. *Venesuelos* 3:24-30.
- SINGH, S.; K.P. GHOSHAL Y K.P. SINGH. 2007. Synchronizing nitrogen availability through application of organic inputs of varying resource quality in a tropical dryland agroecosystem. *Appl. Soil Ecol.* 36: 164-175.
- VAN SOEST, P.J. Y R.H. WINE. 1968. The determination of lignin and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. *J. Ass. Offic. Anal. Chem.* 51:780-787.

WALKLEY, A. E I. A. BLACK. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.