

RELACION DEL C SOLUBLE CON LA MINERALIZACIÓN DEL NITRÓGENO EN ALFISOLES, MEXICO

⁽¹⁾Silvia Mónica Avilés Marín, ⁽²⁾Ángel Faz Cano, ⁽²⁾Arturo Galvis Spinola, ⁽¹⁾Roberto Soto Ortiz, ⁽¹⁾Ángel López López, ⁽¹⁾Fernando Escoboza García, ⁽¹⁾Víctor Cárdenas Salazar, Adolfo Román Calleros, Isabel Escobosa García, Daniel Araiza, Carmelo Hernández Zavalza.

⁽¹⁾Línea de investigación "Uso eficiente de agua, suelo y fertilizantes", Área de Agua-Suelo, Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California. Carretera Blvd. Delta s/n, Ej. Nuevo León, CP 21705 Mexicali BC, México. monica_aviles@uabc.mx; ⁽²⁾Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera federal México-Texcoco, CP 56230 Estado de México. galvis@colpos.mx; ⁽³⁾Grupo de Investigación "Gestión, Aprovechamiento y Recuperación de Suelos y Aguas". Dept. Ciencia y Tecnología Agraria, Universidad Politécnica de Cartagena. Paseo Alfonso XIII, 52 – 30203 Cartagena, España. angel.fazcano@upct.es

RESUMEN

El uso eficiente y máximo beneficio de la aplicación de los residuos orgánicos puede obtenerse con un mejor entendimiento de los factores que afectan los procesos de descomposición y liberación de nutrientes, así como de su medición rápida y eficaz. En la presente investigación se evaluó la relación del C soluble con la mineralización del nitrógeno de residuos orgánicos aplicados en Alfisoles, del estado de Campeche, México. La descomposición del material orgánico se midió en suelos con diferente manejo, mezclados con alfalfa (*Medicago sativa* L.) y trigo (*Triticum aestivum* L.) a dosis de 20 ton de materia seca ha⁻¹, e incubados en el laboratorio durante 80 h. La concentración de NO₃⁻ y el C soluble fueron mayores en los suelos adicionados con alfalfa respecto a los adicionados con paja de trigo. Ambas determinaciones se incrementaron al disminuir la relación C/N del material adicionado, lo cual se atribuyó a la composición bioquímica del residuo. El C soluble fue mayor en el Alfisol con selva mediana y el menor en el Alfisol con uso agrícola (cultivo de sorgo y yuca). Estos resultados reflejan el uso y manejo del suelo, siendo en la selva mediana donde existe un mayor contenido de reserva orgánica, de tal modo que la adición de material orgánico no representó un efecto evidente, como ocurrió en el suelo con uso agrícola. El C soluble describió una relación de tipo cuadrática con la concentración del nitrógeno mineral (NO₃⁻ + NH₄⁺). El C soluble es una herramienta factible de utilizarse como indicador de la mineralización del nitrógeno.

Palabras clave: C soluble, Mineralización del N, residuos orgánicos

ABSTRACT

Efficient use and maximum profit of organic residues can get with a best understanding of the processes that lead its dynamics. Its low cost and less time of this measure is also important. In this research, we evaluated the soluble C and nitrogen (N) mineralization of crop residues, and the relationship between them. Decomposition was measured in Alfisols from Campeche, México, under different managements, mixed with alfalfa (*Medicago sativa* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) in doses of 20 ton of dry matter per ha⁻¹, and incubated in the lab for 80 h. The amount of soluble C was higher in soils where alfalfa was applied, than in the ones where wheat straw was applied. Regarding the management of soil, soluble C was higher ($p < 0.05$) in an Alfisol with jungle medium (SM1) and lowest in an Alfisol with sorghum and yucca (S, and Y). These results prove that in Alfisols with crops, less protection of organic matter takes place and as a consequence less organic reserve is present. We conclude that C soluble is a useful measure of N mineralization under the conditions of this experiment.

Key words: Soluble C, N Mineralization, organic residues

1. INTRODUCCIÓN

A fin de incrementar y en su caso mantener el contenido de reservas orgánicas del suelo, se ha promovido el uso de insumos orgánicos por el efecto positivo que esto conlleva, como es el caso del incremento de la capacidad de almacenamiento de agua por el suelo, mayor resistencia contra la erosión, y aporte nutrimental edáfico, entre otros (Tate, 1987). El uso eficiente los residuos orgánicos puede obtenerse con un mejor entendimiento de los factores que afectan los procesos de descomposición y liberación de nutrimentos, a través del estudio de la interacción del residuo orgánico y el suelo.

La mineralización del nitrógeno de los residuos orgánicos, es un proceso que para cuantificarlo requiere en ocasiones de períodos prolongados de tiempo, por ejemplo, cuando se realiza a través de incubaciones bajo condiciones controladas. La determinación del C soluble se realizó a fin de obtener un indicador de rápida y practica medición de las reservas contenidas en el suelo, ya que este se relaciona con las reservas orgánicas activas que varían según la cantidad y calidad del material orgánico presente, como mencionan Fox y Piekielek (1978). Sin embargo, el uso de esta herramienta ha sido escasamente estudiada. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue determinar la relación del C soluble con la mineralización del nitrógeno en Alfisoles, del estado de Campeche, México.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron muestras de seis suelos procedentes del estado de Campeche con diferente uso y manejo (agrícola, forestal y vegetación natural) (Cuadro 1). Los suelos fueron clasificados de acuerdo a la USDA (2006). De cada suelo se tomaron muestras compuestas de 0 a 20 cm de profundidad, formadas por 10 submuestras cada una. Las muestras fueron secadas al aire bajo sombra, molidas y tamizadas en malla de 2mm. El pH se midió con el método potenciométrico, 1:2 H₂O, la conductividad con un conductímetro, relación 1:5 (v/v), reposando la suspensión por 24 h (Cuadro 1).

| Clasificación del suelo USDA | Uso del suelo | Clave |
|---|-------------------------------|--------------|
| Kandiudalf | Cultivo de sorgo (S) | S |
| Kandiudalf | Pastizal (P) | P |
| Kandiudalfs | Cultivo de yuca (Y) | Y |
| Kandiudalf | Cultivo de cedro rojo (CD) | CD |
| Typic Ferrudalf | Selva mediana (SM) | SM1 |
| Typic Ferrudalf | Selva mediana (SM) | SM2 |

Los residuos que se utilizaron fueron alfalfa (*Medicago sativa*) que es de calidad labil (relación C/N 13), paja de trigo (*Triticum aestivum* L.) de calidad estabilizada (relación C/N de 77), y una mezcla de ambos de calidad intermedia (relación C/N de 24). Estos residuos fueron previamente secados a 65°C, molidos y tamizados en malla 40. La cantidad que se aplicó de cada residuo fue a una dosis equivalente a 20 t ha⁻¹ de materia seca. Los análisis realizados fueron N total por el método semimicro-Kjeldahl (Bremner, 1965), C orgánico por digestión húmeda por el método de Walkey y Black (Nelson y Sommers, 1982), y la proteína fue estimada de manera indirecta a partir del contenido de N total (Macro-Kjeldahl) (AOAC, 1975). El contenido total de fibras (hemicelulosa, celulosa y ligninas) se determinó por el procedimiento de fibra detergente neutro y ácido (Van Soest, 1963).

Las muestras de suelo fueron puestas a incubar *in vitro* con un contenido de humedad del 65% de capacidad de campo y a temperatura de 30°C por el método de Isermeyer (1952, citado por Alef, N. 1995) modificado por Avilés (2000), durante 80 horas.

Al finalizar el período de incubación, se realizó una extracción para medir los nitratos (NO_3^-), amonio (NH_4^+) y C soluble. Para ello se adicionaron 20 mL de CaCl_2 0.01M a los frascos de incubación, se agitaron por 15 minutos, el extracto se filtró en papel del No. 42 y se procedió a la lectura. Los nitratos y amonio se midieron con un electrodo de ion selectivo (pH/mV, Coulter Beckman) en unidades de milivolts (mV). Se utilizó una curva de calibración a fin de obtener para cada valor de mV la concentración en ppm del ion analizado. El C soluble se midió en absorbancia a 360 nm de longitud de onda en un espectrofotómetro (Spectronic 20⁺ Milton Rey).

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Los suelos presentaron valores de pH entre 5 y 8. La conductividad eléctrica fue igual o menor a 1 dS m^{-1} . El contenido total de fibras fue determinado por el procedimiento de fibra detergente neutro y ácido (Van Soest, 1963) que se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Caracterización de los residuos de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y paja de trigo (*Triticum aestivum* L.)

| Residuo Orgánico | C Orgánico % | N % | C:N | Proteína % | Fibras* % | Hemicelulosa % | Celulosa % | Lignina % |
|------------------|--------------|------|-----|------------|-----------|----------------|------------|-----------|
| Alfalfa | 44.68 | 3.35 | 13 | 20.9 | 27.4 | 1.7 | 21.2 | 4.5 |
| Wheat | 46.00 | 0.60 | 77 | 3.8 | 71.1 | 23.1 | 39.6 | 8.4 |

*Percentage of fibras (hemicelulosa + celulosa + lignina)

Al finalizar el período de incubación, el C soluble y la concentración de N-NO_3^- $\mu\text{g g}^{-1}$ varió en función de la calidad del residuo y manejo del suelo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Carbono (C) soluble y nitrógeno mineralizado (NO_3^- y NH_4^+) en Alfisoles

| Uso del Alfisol | Residuo | C soluble absorbancia a 360 nm | NO_3^- $\mu\text{g g}^{-1}$ | NH_4^+ $\mu\text{g g}^{-1}$ | NO_3^- + NH_4^+ $\mu\text{g g}^{-1}$ |
|-----------------|---------------|--------------------------------------|---|---|--|
| Sorgo | Alfalfa | 0.05 | 25.3 | 1.03 | 26.4 |
| Pradera | Alfalfa | 0.07 | 60.6 | 0.08 | 60.7 |
| Yuca | Alfalfa | 0.04 | 24.5 | 0.49 | 25.0 |
| Cedro | Alfalfa | 0.12 | 53.3 | 0.01 | 53.4 |
| Selva Mediana1 | Alfalfa | 0.18 | 128.3 | 0.00 | 128.3 |
| Selva Mediana 2 | Alfalfa | 0.10 | 21.4 | 0.13 | 21.5 |
| Sorgo | Alfalfa+Trigo | 0.02 | 5.7 | 0.87 | 6.5 |
| Pradera | Alfalfa+Trigo | 0.05 | 11.6 | 0.23 | 11.8 |
| Yuca | Alfalfa+Trigo | 0.03 | 9.7 | 0.59 | 10.3 |
| Cedro | Alfalfa+Trigo | 0.11 | 21.5 | 0.01 | 21.6 |
| Selva Mediana1 | Alfalfa+Trigo | 0.18 | 95.6 | 0.02 | 95.6 |
| Selva Mediana 2 | Alfalfa+Trigo | 0.08 | 16.8 | 0.42 | 17.2 |
| Sorgo | Trigo | 0.02 | 2.7 | 6.83 | 9.6 |
| Pradera | Trigo | 0.04 | 6.1 | 0.07 | 6.1 |
| Yuca | Trigo | 0.03 | 2.4 | 1.03 | 3.4 |
| Cedro | Trigo | 0.09 | 10.5 | 0.01 | 10.5 |
| Selva Mediana1 | Trigo | 0.15 | 93.7 | 0.01 | 93.7 |
| Selva Mediana 2 | Trigo | 0.04 | 17.0 | 0.46 | 17.4 |

La concentración de los NO_3^- se incrementó a medida que disminuyó la relación C/N del residuo orgánico aplicado. Esto fue debido a la composición bioquímica del residuo labil facilita la degradación de los compuestos por la biomasa microbiana, incrementando la concentración de NO_3^- en el suelo.

Respecto al manejo de suelo, la mayor concentración de NO_3^- ($128.3 \mu\text{g g}^{-1}$) se obtuvo con el uso de vegetación natural (selva mediana 1) adicionado con alfalfa, lo cual reflejó la magnitud del proceso de descomposición. En cambio, la menor concentración de NO_3^- ($0.1 \mu\text{g g}^{-1}$) se registró en los suelos con uso agrícola (sorgo) y forestal (yuca) adicionados con paja de trigo, donde hubo menor actividad de descomposición.

En el caso del NH_4^+ , las concentraciones estuvieron por abajo de $7 \mu\text{g g}^{-1}$. En el suelo cultivado con sorgo se registró la mayor concentración NH_4^+ , con $6.83 \mu\text{g g}^{-1}$, en comparación al resto de los suelos. Esto indica que la concentración de NH_4^+ , derivado de la descomposición de los materiales aplicados, se transformó en su mayor parte a nitratos.

Similar a la tendencia de los NO_3^- , la concentración del C soluble fue afectada por la calidad de residuo aplicado, ya que con la adición de residuo de alfalfa se incrementó la concentración de C soluble, en comparación a los otros materiales (mezcla de alfalfa con paja de trigo, y trigo) que son más estabilizados.

Relación del N mineral con el C soluble

En la figura 2 se observa que la concentración de los NO_3^- se incrementa con el incremento del C soluble, mientras que el NH_4^+ decrece. La concentración de los NO_3^- fue de alrededor de $100 \mu\text{g g}^{-1}$, mientras que la del NH_4^+ fue de $10 \mu\text{g g}^{-1}$. Chantigny *et al.* (1999) reportan resultados similares y mencionan que la disminución en el contenido de N en forma de NH_4^+ se asoció consistentemente con un incremento en el contenido del C orgánico soluble.

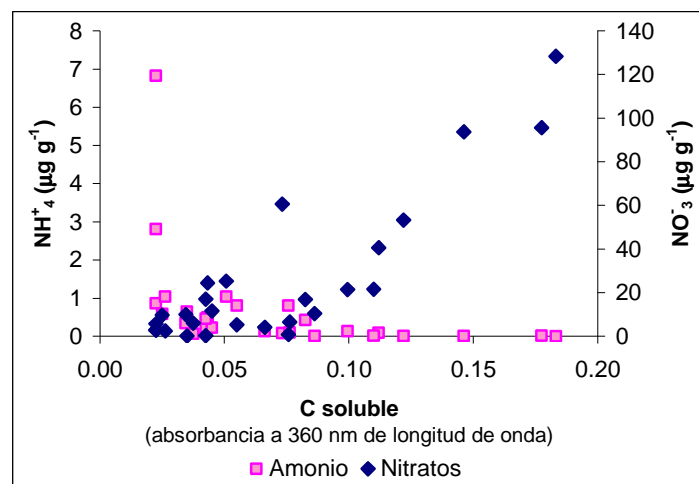


Figura 2. Relación del carbono soluble con el nitrógeno mineral (NO_3^- y NH_4^+)

En la Figura 3 se indica la relación del C soluble con el N mineral ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) obtenidos en los suelos al finalizar la incubación.

Se observa que la variación del C soluble describe una relación cuadrática con la concentración del N mineral ($R^2=0.8384$). Por ello, el C soluble resulta viable para utilizarlo como un indicador, de bajo costo y rápida determinación, de la mineralización de los materiales orgánicos que son adicionados al suelo.

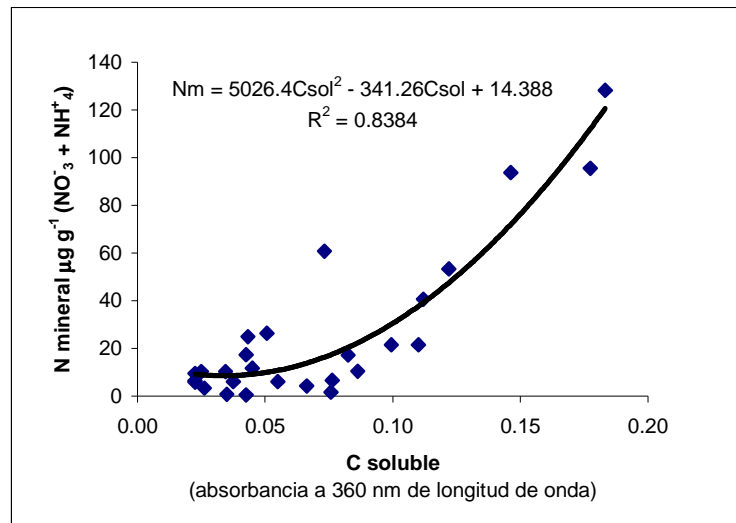


Figura 3. Relación del carbono (C) soluble con el nitrógeno mineral ($NO_3^- + NH_4^+$)

4. CONCLUSIONES

La concentración de NO_3^- y el C soluble se incrementan al disminuir la relación C/N del material orgánico adicionado. Ambas determinaciones varían por la calidad del residuo orgánico adicionado. El Alfisol con vegetación natural (selva mediana 1) presentó las mayores concentraciones de C soluble (0.18) y NO_3^- , (128.3, 95.6 y 93.7). El C soluble describió una relación de tipo cuadrática con la concentración del nitrógeno mineral ($NO_3^- + NH_4^+$). El C soluble es una herramienta factible de utilizarse como indicador de la mineralización del nitrógeno.

5. BIBLIOGRAFIA

- Alef, K. 1995. Respiration Soil. In: Alef, K. and Nannipieri, P. Eds. Methods in applied soil microbiology and biochemistry. Academic Press. Great Britain. 576 pp.
- AOAC.1975. Association of Official Agricultural Chemists Official Methods of Analysis.12th Edition, Published by the Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C.
- Avilés, M.S.M. 2000. La respiración del suelo como indicador de la mineralización de las reservas orgánicas edáficas activas en suelos calcáreos. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Bremner, J.M. 1965. Inorganic forms of nitrogen, pp. 1179-1237. In: Black, C.A. (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy Monograph. 9. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Fox,H.R. and Piekielek, P.W.1978. A rapid method for estimating the nitrogen-supplying capability of soils. Soil Science Society of American Journal 42:751-753.
- Nelson, D.W. and Sommers,LE. 1982. Total Carbon, organic carbon and organic matter. Pp 539-579 en:Page, AL, Miller DH (Keeney Eds.) Methods of Soil Analysis, ASA, SSSA, Madison, WI, USA.
- Tate, R. 1987. Soil Organic Matter. Biological and Ecological Effects. John Wiley, USA. 291 pp.
- U.S.D.A (United States Department of Agriculture) 2006. Keys to soil taxonomy. United States Department of Agriculture and Natural Resources Conservation Service. 10th Edition, 332 pp.
- Van Soest, P.J. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II A rapid method for the determination of fiber and lignin. Association Official of Agronomy Chemical Journal.46:829-835.