

# Bioquímica







# Substancias húmicas empleadas en el cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.)

LARA-HERRERA, A.

BRAVO-LOZANO, A. G.

AVELAR-MEJÍA, J. J.

LLAMAS-LLAMAS, J. J.

LUNA-FLORES, M.

Universidad Autónoma de Zacatecas

Unidad Académica de Agronomía

QUINTERO-LIZAOLA, R.

Programa de Edafología

Colegio de Postgraduados

PRECIADO-RANGEL, P.

Instituto Tecnológico de Torreón

Correo-e: alara204@hotmail.com

## RESUMEN

El presente trabajo se basa en una serie de experiencias que se han obtenido al producir abonos orgánicos de diverso materiales y al emplearlos en el proceso de producción de chile en el estado de Zacatecas. Se reportan las propiedades de vermicompostas producidas a base de diversos residuos agropecuarios. Se presentan los resultados de producir plántulas de chile mediante el uso de vermicomposta en invernadero; así como en almácigos rústicos en suelo. Se comparó el efecto que tiene la vermicomposta con el efecto de algunos enraizadores comerciales. Al combinarla con bacterias solubilizadoras de fósforo, se encontró un efecto favorable en las características de las plántulas. Las plántulas de chile que se desarrollan en mezclas con vermicomposta y cepellones de 25 ó 35 mL presentan mejores propiedades. La aplicación de lixiviados del proceso del vermicompostaje incrementaron la producción de frutos de chile, ya sea la aplicarlo en el sistema de riego por goteo o directamente en la base del tallo. También presentó efecto favorable en la producción de frutos la aspersión foliar de la solución del lixi-

viado del vermicompostaje, este efecto fue más favorable entre las 12 y 16 semanas después del trasplante. En general, con el uso de sustancias húmicas se han logrado mejoras importantes de la producción de chile, en el ahorro de insumos y en el mejoramiento de los suelos.

*Palabras clave:* humus, vermicomposta, calidad de plántula.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) juega un papel importante en la dieta de la población mexicana, se establece en una amplia superficie del territorio nacional. Este cultivo presenta los mayores incrementos en superficie sembrada y en el valor de la producción, es una de las opciones que genera más ingresos para los productores y es de las principales fuentes generadoras de empleo (Serna-Pérez *et al.*, 2008; Zegbe-Domínguez *et al.*, 2012).

La tecnología para la producción de chile presenta diversos problemas que han ocasionado reducción de los rendimientos, algunos de ellos se relacionan con la degradación de los recursos suelo y agua (Serna-Pérez *et al.*, 2008), por el uso excesivo e inadecuado de fertilizantes químicos, incremento en los costos de producción y a la reducción de los precios de los chiles (Galindo-González, 2007) debido a lo anterior los productores han buscado fuentes alternativas de nutrición para los cultivos y de esta forma ser competitivos.

Los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero-Lima, 2000; Capulín *et*



al., 2007). El uso de abonos orgánicos en la producción de chile se ha evaluado en los años recientes con resultados variables (Arancon et al., 2004; Ramos-Gourcy et al., 2011). Capulín et al. (2007) han reportado que con el uso de estiércol líquido de ganado bovino acidulado es factible aportar los nutrimentos que requiere un cultivo de pimiento en condiciones de invernadero. El uso de extractos de estiércoles o de compostas es una buena alternativa para suministrar los nutrimentos requeridos por los cultivos mediante el sistema de riego por goteo, Preciado-Rangel et al. (2011) evaluaron la producción y calidad de tomate nutridos con soluciones nutritivas orgánicas: té de composta, té de vermicomposta y lixiviado obtenido del proceso de vermicomposteo y las compararon con una solución nutritiva a base fertilizantes químicos, encontraron que con el té de composta o vermicomposta la diferencia de producción es sólo 26 por ciento menor que con la fertilización química, la menor producción se obtuvo con la solución de extracto del proceso de vermicomposteo, sin embargo, los parámetros de calidad de los frutos fueron más favorables para las soluciones orgánicas para el contenido de sólidos solubles totales en los frutos, el diámetro de los frutos no fue diferente respecto a la solución inorgánica, sólo con el lixiviado obtenido del proceso de vermicompostaje el diámetro fue menor.

García et al. (2008) encontraron que el té de vermicomposta es una alternativa para la producción de maíz forrajero, con el cual se puede tener una reducción mayor al 50 por ciento en el uso de fertilizantes químicos; además, se lograron cambios favorables en las propiedades del suelo. En este aspecto Hargreaves et al. (2009) también reportan mejoras en las propiedades físicas, químicas y microbiológicas en los suelos donde se utilizaron té de composta para la producción de fresa de excelente calidad.

León-Galavis et al. (2009) evaluaron dos enraizadores comerciales un biofertilizante comercial a base de bacterias *Aspirillum brassilensis* y hongos micorrizicos *Glomus intraradices*, y vermicomposta elaborada con estiércol de bovino, así como algunas combinaciones entre ellos. Encontraron que la mejor producción de plántulas

de chile fue con los tratamientos con vermicomposta, particularmente la mayor producción de raíz. Resultados similares reportan Lara-Herrera et al. (2008), quienes evaluaron el efecto de la aplicación de 25 por ciento de vermicomposta al sustrato (v:v) y el volumen del cepellón, encontraron que con cepellones de 25 ó 35 mL y con vermicomposta las plántulas de chile tuvieron los mejores parámetros de calidad, particularmente se estimuló el crecimiento de la raíz, lo cual concuerda con lo reportado por Costa et al. (2008).

Las razones por las cuales se han obtenido los resultados previamente mencionados, se deben a las sustancias húmicas que contienen las compostas y vermicompostas. Cuando la materia orgánica es biotransformada se generan múltiples compuestos químicos orgánicos, dependiendo de los procesos bioquímicos que ocurran y la composición química de los materiales; entre ellos los grupos que se obtienen son: amino, amina, amida, alcohol, aldehído y carboxilo, los cuales, en parte, son los responsables de propiedades físicas y químicas que favorecen la formación de agregados del suelo.

En forma genérica, un producto de la oxidación de los materiales orgánicos son los ácidos húmicos y fúlvicos. Los principales grupos funcionales de los ácidos húmicos son los carboxilos, hidroxilos, grupos fenólicos, hidroxilos alcohólicos, cetonas y quinonas (Dursun, 2007). Labrador (2001) menciona que los grupos hidroxifenólicos o carboxílicos ( $-OH$   $-COOH$ ), le dan propiedades ácidas a los ácidos húmicos y la posibilidad de formar complejos, es decir que pueden acomplejar y/o quelatar cationes, debido a su alto contenido de grupos funcionales libres.

Las sustancias húmicas estimulan el crecimiento de las plantas por diversos mecanismos (Clapp et al., 2001), (a) aumento de la permeabilidad de las membranas, la absorción de oxígeno, respiración y la fotosíntesis, absorción de fósforo por la raíz y elongación celular, transporte de iones y actuando como cito quininas (Dursun, 2007), (b) formación de complejos orgánicos con los micronutrimentos metálicos Fe, Mn, Zn y Cu, de esta forma aumenta significativamente la absorción de micronutrientes y los rendimientos





de varios cultivos (Chen *et al.*, 1990), (c) actúan como transportadoras de nutrientes al interactuar con los fosfolípidos de las membranas (Chen *et al.*, 1990), (d) el efecto positivo de las sustancias húmicas sobre las plantas se puede atribuir a la solubilización de iones como Fe, por lo que cuando se utilizan sustancias húmicas para mejorar el crecimiento de las plantas es necesario suministrar suficiente cantidad de minerales. El resultado final que se obtiene es mejor crecimiento y desarrollo de las plantas y por lo tanto mayor producción y calidad. El objetivo de este trabajo es presentar los resultados que se han logrado para mejorar la producción de chile, con énfasis en el uso de materiales humificados, principalmente vermicompostas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

A partir del año 1998, se ha desarrollado con los productores de chile organizados en el Consejo Estatal de Productores de Chile de Zacatecas, una serie de trabajos tendientes a mejorar los sistemas de producción de este cultivo. Para lograr este objetivo se ha tratado de incidir en las diferentes partes del sistema de producción: selección de semilla, mejoramiento genético, producción de plántulas de calidad, preparación del terreno, diseño y operación óptimos del sistema de riego, uso eficiente de los abonos orgánicos y fertilizantes químicos, manejo integrado de plagas y enfermedades, control racional de la maleza. Una parte importante de las mejoras obtenidas la constituye el uso de compuestos orgánicos humificados.

Las alternativas que se han tratado de integrar al paquete tecnológico de los productores se busca que sean sustentables, es decir, que los materiales recomendados sean preferentemente generados por los mismos productores, que esos materiales no contaminen a los recursos naturales, que sean tecnologías sencillas, prácticas, fáciles de llevar a cabo y económicamente factibles. Desde hace 13 años se ha integrado, en cada ciclo agrícola, por lo menos un aspecto tecnológico que contribuya con la producción sustentable

de cultivos agrícolas, entre ellos el chile. Una de esas tecnologías es la que permite el uso eficiente de los fertilizantes. Es complicado mejorar la producción exclusivamente con el uso de fertilizantes químicos; es importante que el suelo tenga las propiedades físicas, químicas y microbiológicas que favorezcan la disponibilidad y absorción de nutrimentos, en ese aspecto, el aporte de nutrimentos con fuentes orgánicas ha sido una buena alternativa para mejorar las propiedades del suelo, el aprovechamiento de los fertilizantes, el desarrollo de los cultivos y la producción.

Se evaluaron vermicompostas elaboradas a base de diversos materiales, cualquiera de ellos mezclados con estiércol de ganado bovino: paja de frijol, rastrojo de maíz, residuos de las plantas de chile y residuos de las podas de durazno, guayabo, vid y nopal (Dueñas-González *et al.*, 2004). Se determinó el efecto del: dosis de vermicomposta (Varela-Flores *et al.*, 2005), tamaño del cepellón e inoculación con microorganismos, en la producción de plántulas de chile en charolas bajo invernadero (Lara-Herrera *et al.*, 2008). Y dosis de vermicomposta en almácigos en suelo (Lara-Flores *et al.*, 2012). Se evaluaron dos formas de aplicación de lixiviado del proceso vermicompostaje durante el ciclo del cultivo de chile: En el sistema de riego por goteo vs aplicación a la base de la planta. También se evaluó el momento de la aspersión foliar de la solución orgánica generada del lixiviado del vermicompostaje, sobre el desarrollo del cultivo de chile y la producción de frutos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las vermicompostas producidas con diferentes materiales (paja de frijol, rastrojo, residuos de la poda de durazno, guayabo o vid) presentaron propiedades físicas y químicas muy similares, una diferencia importante fue el tiempo para lograr el proceso de humificación completo, en este aspecto los residuos de las podas requirieron más tiempo, lo cual se debe a la mayor relación C/N presentadas en el cuadro 1.

La evaluación de vermicompostas en la germinación, crecimiento y calidad de plántulas de



CUADRO 1

EFFECTO DE LOS RESIDUOS DE PODA DE DURAZNO (PD), DE GUAYABO (PG), DE VID (PV), PAJA DE FRIJOL (PA), RASTROJO (RA) Y LA MEZCLA DE ÉSTOS (PO+PA), EN EL pH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) ENTRE 1 Y 4 MESES DESPUÉS DE HABER INICIADO EL VERMICOMPOSTAJE (DUEÑAS-GONZÁLEZ ET AL., 2004)

| Material Orgánico | pH     | CE      | N <sub>min</sub> | P    | K      | Ca     | Mg     | Tiempo (días) |
|-------------------|--------|---------|------------------|------|--------|--------|--------|---------------|
| PD                | 8.22 a | 3.68 c  | 387 b            | 18 a | 458 b  | 824 a  | 362 c  | 180 a         |
| PG                | 7.93 a | 4.16 bc | 395 b            | 22 a | 494 a  | 769 ab | 425 ab | 164 a         |
| PV                | 7.98 a | 4.42 b  | 415 ab           | 24 a | 464 ab | 812 a  | 408 b  | 150 ab        |
| PA                | 8.42 a | 5.32 a  | 459 a            | 28 a | 430 b  | 715 b  | 467 a  | 120 b         |
| RA                | 8.35 a | 5.89 a  | 474 a            | 26 a | 512 a  | 790 ab | 480 a  | 134 b         |
| $\bar{x}$         | 8.18   | 4.69    | 426              | 34   | 472    | 782    | 428    | 150           |

Cifras con la misma letra en cada columna, son estadísticamente iguales (Tukey 0.05)

chile en invernadero por efecto de la dosis de vermicomposta dio como resultado que la mejor dosis es entre 25 y 33 por ciento de vermicomposta mezclada con turba. Esto se debe a que con las dosis mayores de 33 por ciento la concentración de sales que contiene la vermicomposta inhibe la germinación y el desarrollo de las plántulas, sobre todo cuando la concentración es de 100 por ciento vermicomposta (cuadros 2, 3 y 4).

CUADRO 2

PORCENTAJE DE GERMINACIÓN (PG), ÍNDICE DE CLOROFILA (IC), LONGITUD DE TALLO (LT), DIÁMETRO DE TALLO (DT) Y RELACIÓN ENTRE LA LONGITUD Y EL DIÁMETRO DEL TALLO (RLD) DE PLÁNTULAS DE CHILE 'MIRASOL' OBTENIDOS CON DIFERENTES PORCENTAJES DE VERMICOMPOSTA EN EL SUSTRATO (PVS) (VARELA-FLORES ET AL., 2005)

| PVS         | PE     | IC (unidades SPAD) | LT (cm) | DT (mm) | RLD    |
|-------------|--------|--------------------|---------|---------|--------|
| 0 (Testigo) | 92.6 a | 22.2 c             | 7.6 b   | 1.85 c  | 4.10 a |
| 33          | 76.4 b | 36.4 b             | 11.7 a  | 2.38 a  | 4.92 a |
| 66          | 32.1 c | 39.3 a             | 8.2 b   | 2.11 b  | 3.89 b |
| 100         | 11.4 d | 40.8 a             | 5.7 c   | 1.86 c  | 3.06 c |

Cifras con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey 0.5)

La dosis de vermicomposta en los almácigos en suelo tuvo su mejor comportamiento cuando la concentración fue de 30 por ciento en base al

volumen, debido a que los parámetros que definen la calidad de las plántulas fueron, en general, mejores con esas dosis (cuadros 5, 6 y 7), en la medida que las dosis aumentan de 30 por ciento las plántulas pierden cualidades: plántulas más succulentas, mayor área foliar y peso de parte aérea, pero proporcionalmente menos raíces y el diámetro del tallo es relativamente más delgado. Preferentemente se deben preferir aquellas que tengan profuso sistema radical y amplio diámetro de tallo.

La combinación de la aplicación de vermicomposta con la inoculación de bacterias solubilizadoras de fósforo incrementó el volumen y el peso de raíz, así como el DT y el PSV de las plántulas de chile desarrolladas en charolas con cepellones de diferentes volúmenes (cuadro 8). Esta es una alternativa sustentable para poder mejorar la producción de chile, lo cual también reporta Nieto *et al.* (2002).

La aplicación de lixiviado de vermicomposta mediante el sistema de riego por goteo comparada con la aplicación en "drench" a la base de la planta, no presentó diferencias y ambos tuvieron mayor peso de raíz y producción de frutos, pero sólo cuando se llevaron a cabo dos o tres aplicaciones, al momento del trasplante, 2 SDT y 4 SDT (cuadro 9).

La aplicación foliar de solución a base del extracto de vermicomposta estimuló el crecimiento de la planta, lo cual se reflejó en peso seco de





CUADRO 3

VOLUMEN DE RAÍCES (VR), PESO SECO DE PLÁNTULAS (PSP), PESO SECO DE RAÍCES (PSR) Y RELACIÓN VÁSTAGO: RAÍZ (RVR) DE PLÁNTULAS DE CHILE 'MIRASOL' OBTENIDAS CON DIFERENTES PORCENTAJES DE VERMICOMPOSTA EN EL SUSTAZO (PVS) (VARELA ET AL., 2005)

| PVS         | VR<br>(mL/20 plántulas) | PSP<br>(g/20 plántulas) | PSR<br>(g/20 plántulas) | RVR       |
|-------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------|
| 0 (Testigo) | 4.6 a                   | 0.7945 b                | 0.2395 a                | 3.3173 c  |
| 33          | 4.0 a                   | 1.3883 a                | 0.1960 a                | 7.0831 b  |
| 66          | 1.9 b                   | 0.8513 b                | 0.0973 b                | 8.7492 a  |
| 100         | 1.4 b                   | 0.5862 c                | 0.0781 b                | 7.5057 ab |

Cifras con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey 0.5)

CUADRO 4

PESO SECO DE RAÍZ (PSR), PESO SECO DE VÁSTAGO (PSV), RELACIÓN VÁSTAGO : RAÍZ (RVR), NÚMERO DE HOJAS (NH), LONGITUD DE TALLO (LT), DIÁMETRO DE TALLO (DT) E ÍNDICE DE CLOROFILA EN HOJAS DE PLÁNTULAS DE CHILE, POR EFECTO LA APLICACIÓN DE VERMICOMPOSTA (V) EN EL SUSTRATO (TURBA = T) EN RELACIÓN 3:1 (V:V), A LAS 7 SEMANAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA (SDS) (LARA-HERRERA ET AL., 2008)

| Sustrato | PSR<br>(mg pl <sup>-1</sup> ) | PSV<br>(mg pl <sup>-1</sup> ) | RVR    | NH    | LT<br>(cm) | DT<br>(mm) | RLD    | Clorofila |
|----------|-------------------------------|-------------------------------|--------|-------|------------|------------|--------|-----------|
| T        | 34.6 b                        | 81.2 b                        | 2.35 a | 7.1 a | 6.0 b      | 2.16 b     | 2.78 a | 37.9 b    |
| T+V      | 41.2 a                        | 86.4 a                        | 2.10 a | 7.4 a | 7.4 a      | 2.43 a     | 3.04 a | 43.5 a    |

Cifras seguidas con la misma letra son iguales en cada variable (Tukey  $p \leq 0.05$ )

CUADRO 5

PORCENTAJE DE EMERGENCIA (PE) A LAS SIETE SEMANAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA (SDS) Y ÁREA FOLIAR (CM<sup>2</sup> PLÁNTULA<sup>-1</sup>), ÍNDICE DEL CONTENIDO DE CLOROFILA (ICC, EN UNIDADES SPAD) Y CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO (CN, G KG<sup>-1</sup>) EN PLÁNTULAS DE CHILE MIRASOL A LAS 12 SDS, POR EFECTO DE LAS DOSIS DE VERMICOMPOSTA EN EL SUELO DE LOS ALMÁCIGOS. N=6 (LARA-FLORES ET AL., 2012)

| Dosis<br>(L m <sup>-2</sup> ) | Suelo de Agronomía  |         |        |        | Suelo de El Saladillo |         |        |         |
|-------------------------------|---------------------|---------|--------|--------|-----------------------|---------|--------|---------|
|                               | PE                  | AF      | ICC    | CN     | PE                    | AF      | ICC    | CN      |
| 0                             | 68.3 c <sup>†</sup> | 5.12 c  | 31.4 c | 19.3 d | 66.5 b                | 4.98 d  | 28.7 c | 14.0 d  |
| 15                            | 72.7 bc             | 5.97 c  | 39.4 b | 24.3 c | 71.6 b                | 5.83 cd | 36.7 b | 22.3 c  |
| 30                            | 88.2 a              | 7.43 b  | 44.7 a | 28.7 b | 85.8 a                | 6.75 bc | 41.3 a | 29.2 b  |
| 45                            | 84.6 a              | 8.13 ab | 48.3 a | 35.7 a | 84.9 a                | 7.50 ab | 44.3 a | 33.1 ab |
| 60                            | 77.5 b              | 9.25 a  | 47.9 a | 37.6 a | 81.4 a                | 8.00 a  | 44.7 a | 35.0 a  |
| DMS                           | 6.12                | 1.363   | 4.31   | 3.61   | 6.46                  | 1.229   | 4.49   | 3.97    |

<sup>†</sup>Cifras seguidas con diferente letra en cada columna son diferentes al 5 por ciento de probabilidad.





CUADRO 6

LONGITUD (LT), DIÁMETRO (DT) Y RELACIÓN ENTRE LA LONGITUD Y EL DIÁMETRO DEL TALLO (RLD) DE LAS PLÁNTULAS DE CHILE MIRASOL POR EFECTO DE LA DOSIS DE VERMICOMPOSTA EN DOS SUELOS. A LAS 12 SEMANAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA (SDS) EN ALMÁCIGO. N=6 (LARA-FLORES ET AL., 2012)

| Dosis (L m <sup>-2</sup> ) | Suelo de Agronomía (SDS) |         |         | Suelo de El Saladillo (SDS) |         |        |
|----------------------------|--------------------------|---------|---------|-----------------------------|---------|--------|
|                            | LT (cm)                  | DT (mm) | RLD     | LT (cm)                     | DT (cm) | RLD    |
| 0                          | 4.47 c                   | 1.31 b  | 3.41 b  | 4.26 c                      | 1.25 b  | 3.41 b |
| 15                         | 4.94 c                   | 1.54 b  | 3.28 b  | 4.75 c                      | 1.53 a  | 3.11 b |
| 30                         | 6.89 b                   | 1.77 a  | 3.89 ab | 6.23 b                      | 1.68 a  | 3.71 b |
| 45                         | 7.73 ab                  | 1.87 a  | 4.13 a  | 8.17 a                      | 1.73 a  | 4.72 a |
| 60                         | 8.41 a                   | 1.91 a  | 4.40 a  | 8.17 a                      | 1.77 a  | 4.62 a |
| DMS                        | 1.142                    | 0.294   | 0.846   | 1.254                       | 0.274   | 0.732  |

<sup>†</sup>Cifras seguidas con diferente letra en cada columna son diferentes al 5% de probabilidad.

CUADRO 7

PESO SECO DEL VÁSTAGO (PSV, HOJAS Y TALLO, MG PLÁNTULA<sup>-1</sup>), PESO SECO DE RAÍZ (PSR, MG PLÁNTULA<sup>-1</sup>) Y RELACIÓN ENTRE EL PESO SECO DEL VÁSTAGO Y EL DE LA RAÍZ (RVR) DE CHILE MIRASOL POR EFECTO DE LA DOSIS DE VERMICOMPOSTA EN EL SUELO. A LAS 12 SEMANAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA (SDS) EN ALMÁCIGO. N=6. (LARA-FLORES ET AL., 2012).

| Dosis (L m <sup>-2</sup> ) | Suelo de Agronomía (SDS) |        |        | Suelo de El Saladillo (SDS) |         |        |
|----------------------------|--------------------------|--------|--------|-----------------------------|---------|--------|
|                            | PSV                      | PSR    | RVR    | PSV                         | PSR     | RVR    |
| 0                          | 55.3 c                   | 15.9 c | 3.47 a | 48.5 c                      | 15.17 b | 3.17 b |
| 15                         | 61.7 bc                  | 21.2 b | 3.21 a | 59.2 bc                     | 20.18 a | 2.94 b |
| 30                         | 69.6 b                   | 24.5 a | 2.84 b | 63.5 b                      | 19.83 a | 3.26 b |
| 45                         | 79.7 a                   | 26.8 a | 2.97 b | 75.8 a                      | 21.01 a | 3.60 a |
| 60                         | 83.9 a                   | 25.3 a | 3.31 a | 78.3 a                      | 19.51 a | 4.11 a |
| DMS                        | 9.85                     | 3.11   | 0.366  | 10.72                       | 3.278   | 0.566  |

<sup>†</sup>Cifras seguidas con diferente letra en cada columna son diferentes al 5 % de probabilidad.

hojas, número de flores, número de frutos y peso de frutos. El momento de aplicación con el cual se tuvo mayor producción de frutos fue entre las 12 y 16 SDT (cuadro 10).

## CONCLUSIONES

Las vermicompostas generadas de diversos materiales orgánicos presentaron cambios leves en sus propiedades al final del proceso de vermicompostaje, pero el tiempo de biomadurez fue más contrastante. Con el uso de compuestos orgánicos

que aportan sustancias húmicas se incrementa el crecimiento de las plantas de chile. La aplicación de vermicomposta en dosis de 25 a 33 por ciento (v:v) en el sustrato, favorece el crecimiento y la calidad de plántulas de chile en invernadero o en almácigos en suelo.

La vermicomposta tiene un efecto más favorable o igual a algunos productos empleados comercialmente como enraizadores de plántulas de chile. La combinación de vermicomposta y bacterias solubilizadoras de fósforo y micorrizas con vermicomposta incrementaron la calidad de las plántulas de chile. No hubo diferencia entre





CUADRO 8

PESO SECO DE RAÍZ (PSR), PESO SECO DE VÁSTAGO (PSV), RELACIÓN VÁSTAGO: RAÍZ (RVR), NÚMERO DE HOJAS (NH), LONGITUD DE TALLO (LT), DIÁMETRO DE TALLO (DT) E ÍNDICE DE CLOROFILA EN HOJAS DE PLÁNTULAS DE CHILE, POR EFECTO DE LA INOCULACIÓN DE BACTERIAS SOLUBILIZADORAS DE FÓSFORO Y MICORRIZAS EN LA TURBA CON 25% DE VERMICOMPOSTA (T + V + M), A LAS 7 SEMANAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA (SDS). (LARA-HERRERA ET AL., 2008)

| Sustrato | PSR<br>(mg pl <sup>-1</sup> ) | PSV<br>(mg pl <sup>-1</sup> ) | RVR    | NH    | LT<br>(cm) | DT<br>(mm) | RLD    | Clorofila |
|----------|-------------------------------|-------------------------------|--------|-------|------------|------------|--------|-----------|
| T        | 34.6 b                        | 81.2 b                        | 2.35 a | 7.1 a | 6.0 b      | 2.16 b     | 2.78 a | 37.9 b    |
| T+V+M    | 41.2 a                        | 86.4 a                        | 2.10 a | 7.4 a | 7.4 a      | 2.43 a     | 3.04 a | 43.5 a    |

Cifras seguidas con la misma letra son iguales en cada variable (Tukey  $p \leq 0.05$ )

CUADRO 9

PESO SECO DE RAÍZ (PSR), PESO SECO PLANTA (PSP), NÚMERO DE FRUTOS (NF), PESO DE FRUTOS POR PLANTA (PFP) POR EFECTO DE TRES APLICACIONES (EN EL TRASPLANTE Y A LAS 2 Y 4 SEMANAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE) DE LIXIVIADO DE VERMICOMPOSTA EN DRENCH Y EN EL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO DEL CULTIVO DE CHILE PUYA

| Forma de aplicación | PSR<br>(g pl <sup>-1</sup> ) | PSP<br>(g pl <sup>-1</sup> ) | NF     | PFP<br>(g pl <sup>-1</sup> ) |
|---------------------|------------------------------|------------------------------|--------|------------------------------|
| Control             | 5.858 a                      | 88.6 b                       | 68.2 b | 138.2 b                      |
| Drench              | 6.351 a                      | 97.1 a                       | 77.1 a | 171.2 a                      |
| Goteo               | 6.548 a                      | 108.5 a                      | 81.4 a | 186.4 a                      |

Cifras seguidas con la misma letra son iguales en cada variable (Tukey  $p \leq 0.05$ )

CUADRO 10

PESO SECO DE RAÍZ (PSR), PESO SECO DE PLANTA (PSP), NÚMERO DE FRUTOS (NF) Y PESO DE FRUTOS POR PLANTA (PFP) POR EFECTO DEL MOMENTO DE UNA APLICACIÓN FOLIAR DE LIXIVIADO DE VERMICOMPOSTA AL CULTIVO DE CHILE PUYA

| Momento de aplicación | PSR<br>(g pl <sup>-1</sup> ) | PSP<br>(g pl <sup>-1</sup> ) | NF      | PFP<br>(g pl <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------|------------------------------|------------------------------|---------|------------------------------|
| Control               | 5.858 a                      | 88.6 b                       | 68.2 b  | 138.2 b                      |
| 8                     | 5.951 a                      | 89.1 b                       | 73.5 b  | 159.2 b                      |
| 10                    | 5.898 a                      | 91.5 ab                      | 83.4 ab | 176.4 ab                     |
| 12                    | 6.178 a                      | 93.5 a                       | 91.7 a  | 194.5 a                      |
| 14                    | 6.012 a                      | 94.3 a                       | 93.6 a  | 195.7 a                      |
| 16                    | 5.871 a                      | 91.3 ab                      | 89.3 a  | 177.2 ab                     |
| 18                    | 6.090 a                      | 88.8 b                       | 84.4 ab | 174.1 ab                     |
| 20                    | 5.984 a                      | 89.0 b                       | 82.2 ab | 168.3 ab                     |

Cifras seguidas con la misma letra son iguales en cada variable (Tukey  $p \leq 0.05$ )

aplicar lixiviado del proceso de vermicompostaje en el sistema de riego por goteo y la aplicación dirigida a la planta ("drench"), pero estas dos formas incrementaron el crecimiento, el desarrollo de la planta y la producción de frutos. El momento de la aspersión foliar de solución con lixiviado

de vermicomposta en el cultivo de chile es más efectivo entre las 12 y 16 semanas después del trasplante.



## BIBLIOGRAFÍA

- Arancon, N.Q., C.A. Eduards, R. Atiyeh and J.D. Metzger. 2004. Effects of vermicompost produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresour. Technol.* 93: 139–144.
- Capulín, G.J., R.E. Núñez, A.J.L. Aguilar, B.M. Estrada, J.P. Sánchez y S.J.L. Mateo. 2007. Uso de estiércol líquido de bovino acidulado en la producción de pimiento morrón. *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 13: 5–11.
- Chen, Y. and T. Aviad. 1990. Effects of humic substances on plant growth. In: *Humic Substances in Soil and Crop Science; Selected Readings*. Madison: American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. pp: 161–186.
- Clapp, C.E., Y. Chen, M.H.B. Hayes and H.H. Cheng. 2001. Plant growth promoting activity of humic substances. pp 43–255. In: Swift, R.S. and K.M. Sparks (eds.). *Understanding and managing organic matter in soils, sediment, and waters*. Madison, WI: international humic Science Society.
- Costa G., P. Labrousse, C. Bodin, S. Lhernould, M. Carlué, P. Krausz. 2008. Effects of Humic Substances on the Rooting and Development of Woody Plant Cuttings. *Acta Hort.* 779, 255–262
- Dueñas-González, G., A. Lara-Herrera, R. Quintero-Lizaola, J.J. Avelar-Mejía, L.H. Zelaya-de Santiago y J.J. Llamas-Llamas. 2004. Propiedades de cinco residuos agropecuarios mezclados con estiércol durante el proceso de vermicompostaje. VIII Jornadas de Investigación en la Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, Zac., México.
- Dursun, A., I. Guven and M. Turan. 2007. Macro and micro nutrient contents of tomato (*Lycopersicon esculentum*) and eggplant (*Solanum melongena* var. *Esculentum*) seedlings and their effects on seedling growth in relation to humic acid application. *Improved Crop Quality by Nutrient Management* 86: 121–128.
- Galindo-González, G. 2007. El servicio de asistencia técnica a los productores de chile seco en Zacatecas. *Convergencia* 14: 137–165.
- García, G.R., L. Dendooven, M.F.A. Gutiérrez. 2008. Vermicomposting leachate (worm tea) as liquid fertilizer for maize (*Zea mais* L.) forage production. *Asian J. Plant Sci.* 7: 360–367.
- Hargreaves, J.C., M.S. Adla and P.R. Warman. 2009. Are compost teas an effective nutrient amendment in the cultivation of strawberries? *J. Sci. Food Agric.* 89: 390–397.
- Labrador, M.J. 2001. *La materia orgánica en los agroecosistemas*. Madrid España. 293 p.
- Lara-Flores, N., F. Blanco-Macías, A. Lara-Herrera, P. Preciado-Rangel, J.J. Avelar-Mejía, A.G. Bravo-Lozano, J.J. Llamas-Llamas, M. Luna-Flores. 2012. Dosis de vermicomposta en el crecimiento y calidad de plántulas de chile en almácigos. In: *Memorias del XXXVII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo*. Zacatecas, Zac., México.
- León-Galaviz, J.J., A.G. Bravo Lozano, A. Lara Herrera, M. Luna Flores, J. Lozano-Gutiérrez, J.J. Avelar Mejía, M.P. España-Luna. 2009. Evaluación de enraizadores de plántulas de chile (*Capsicum annum* L.). In: *Memorias de la Sexta Convención Mundial del Chile*. Mérida, Yucatán, México. pp: 269–274.
- Lara-Herrera, A., R. Meza-Fajardo, J.J. Avelar-Mejía, M. Luna-Flores, J.J. Llamas-Llamas y A.G. Bravo-Lozano. 2008. Sustratos y volumen de cepellón en la producción de plántulas de chile en invernadero. In: *Memorias de la Quinta Convención Mundial del Chile*. San Luis Potosí, S.L.P., México. pp: 89–95.
- Nieto, A., B. Murillo, E. Troyo, J. Larrinaga y J.L. García. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible de chile (*Capsicum annum* L.) en zonas áridas. *Interciencia* 27: 417–421.
- Preciado-Rangel, Pablo, Fortis-Hernández, Manuel, García-Hernández, José Luis, Rueda-Puente, Edgar, Esparza-Rivera, Juan, Lara-Herrera, Alfredo, Segura-Castruita, Miguel Ángel, Orosco-Vidal, Jorge. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia* 36: 289–693.
- Ramos-Gourcy, F., J.S. Aguilar-Rubalcava, M.A. López-Gutiérrez, Y.M. Ochoa-Fuentes y O. Vázquez Martínez. 2011. Efecto de abonos or-





- gánicos en el rendimiento del cultivo de chile ancho (*Capsicum annuum* L.), y sobre las características químicas del suelo de la parcela experimental. *Rev. Investigación y Ciencia*. (51): 3–9.
- Romero–Lima, M.R. 2000. Abonos orgánicos en el contexto de la agricultura orgánica y la ciencia del suelo. In: R. Quintero–Lizaola, T. Reyna–Trujillo, L. Corlay–Chee, A. Ibañez–Huerta y N.E. García–Calderón (Eds.). *La Edafología y sus perspectivas al siglo XXI*. Tomo I. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma Chapingo, México. pp: 369–378.
- Serna–Pérez, A., J.A. Zegbe, J. Mena–Covarrubias y S. Rubio–Díaz. 2008. Sistemas de manejo para la producción sustentable de chile seco cv. “Mirasol”. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(3):41–44.
- Varela–Flores, A. Lara–Herrera, J.J. Avelar–Mejía, J.J. Llamas–Llamas, P. Preciado–Rangel y L.H. Zelaya–de Santiago. 2005. Lombricomposta en la producción de plántulas de chile e invernadero. In: *Memorias de la Segunda Convención Mundial del Chile*. Zacatecas, Zac., México. pp: 169–175.
- Zegbe–Domínguez, J.A., J. Mena–Covarrubias, R.D. Valdez–Cepeda, M.D. Amador–Ramírez y G. Esparza–Frausto. 2012. Importancia, diversidad genética y situación del cultivo del chile en México. In: *Cultivo del chile en México, tendencias de producción y problemas fitosanitarios*. J.A. Zegbe–Domínguez, R.D. Valdez–Cepeda y A. Lara–Herrera. Proyecto editorial de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, Zac., México. pp: 11–47.









# La Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.

## Cinco decenios de conocimientos y aportaciones

QUINTERO L., R.

TOVAR S., J.

OSUNA L., O.

ALCÁNTAR G., G.

Posgrado de Edafología

Colegio de Postgraduados

Correo-e: [quintero@colpos.mx](mailto:quintero@colpos.mx)

### RESUMEN

El estudio se presenta en el marco del 50 aniversario de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. (SMCS) y trata de hacer un resumen y agrupar el trabajo que se ha realizado por parte de la sociedad a través de sus treinta y seis congresos, en veintidós estados de la República Mexicana. Es importante destacar cada una de las actividades que la SMCS ha realizado a lo largo de estas cinco décadas a nivel nacional e internacional en cada una de las divisiones con las que se rige: I. Diagnóstico, Metodología y Evaluación del Recurso Suelo, II. Relación Suelo-Clima-Biota, III. Aprovechamiento del Recurso Suelo y IV. Educación y Asistencia Técnica. Este trabajo surge con la inquietud de resaltar y, al mismo tiempo, hacer un análisis de lo que ha significado la SMCS ante la gran gama de problemas que existen en nuestro país en materia edafológica.

**Palabras clave:** Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.

### INTRODUCCIÓN

Después de 25 años de haberse realizado el XX Congreso de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, la ciudad de Zacatecas vuelve a ser sede. El XXXVII congreso de SMCS coincide con el

50 aniversario de su existencia. La SMCS se fundó el 19 de octubre de 1962 (Anexo 1) con el objetivo de reunir a estudiantes, técnicos y profesionistas interesados en el desarrollo de las diversas disciplinas de la Ciencia del Suelo.

El presente trabajo se presenta en el marco del 50 aniversario de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo con el fin de observar, destacar y analizar la trascendencia e impacto que ha tenido durante estos 50 años a través de sus treinta y seis congresos nacionales y sus diferentes publicaciones. En todos los congresos que se realizaron a lo largo y ancho del país se presentaron más de 7000 trabajos en las modalidades de ponencia oral y en cartel.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó la revisión de cada una de las memorias de los congresos realizados desde 1963 a 2011 y se hizo una agrupación de los trabajos de acuerdo a la estructura que maneja la SMCS.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la creación de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo se expresa el crecimiento no sólo numérico del grupo de profesionales dedicados al estudio de los suelos, sino también, el desarrollo y consolidación de las actividades docentes, de investigación y de extensión agrícola, que se venían desarrollando en estos ámbitos académicos desde muchas décadas antes. Su conformación expresa la madurez científica a la que había llegado la comunidad de investigadores dedicados a la ciencia del suelo. La sociedad se instituyó después de muchos años de discusión (incluso de álgidos enfrentamientos entre las diferentes corrientes de profesionales que la inte-





gra), acerca del presente y la prospectiva de esta ciencia (Palacios y Leos, 2011).

Para entender el desarrollo de la Ciencia del Suelo es importante destacar el papel que ha jugado el Colegio de Postgraduados (CP), durante estos 50 años. Desde su fundación con el Dr. Nicolás Sánchez Durón, como primer presidente de la SMCS, nueve de los 23 presidentes que han desfilado al frente del liderazgo de la Sociedad, pertenecieron o pertenecen a la planta académica del CP. Asimismo, el CP tiene una contribución decidida en la formación de recursos humanos a nivel de postgrado en diferentes áreas de la Ciencia del Suelo que provienen o realizan estancias en muchas instituciones de educación superior de México y el mundo. En la figura 1 se presenta la distribución de los diferentes congresos realizados en el país. Los estados de México y Coahuila fueron sede en cuatro ocasiones cada uno. Los únicos estados que aún no han sido sedes son: Sinaloa, Nayarit, Aguascalientes, Tlaxcala, Puebla, Morelos, Yucatán y Quintana Roo.



Figura 1. Mapa de los diferentes congresos realizados por la SMCS.

La tendencia en el número de ponencias ha sido de aumento, desde el origen de la Sociedad, con un mínimo inferior a cien en el congreso realizado en Toluca, Estado de México en 1980, hasta un número mayor a 600 en el año de 1992 en el congreso XXV, realizado en el puerto de Acapulco, Guerrero. A este Congreso Nacional siguió, dos años más tarde, el Congreso Mundial de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo. Pos-

teriormente, en 1995 disminuyó a la mitad y año con año el número de trabajos ha ido en aumento (figura 2), con un promedio de 245 ponencias entre 1995 y 2011.

Desde 1980, la SMCS se rige por una estructura de cuatro divisiones disciplinarias básicas, las que a su vez se subdividen internamente para abordar la problemática que rodea el estudio de los suelos en la República Mexicana. Las divisiones temáticas comprenden los siguientes aspectos: I: Diagnóstico, Metodología y Evaluación de Recurso Suelo. a) Génesis, morfología y clasificación de suelos; b) Física de suelos; y c) Contaminación. II: Relación Suelo-Clima-Biota. a) Nutrición vegetal; b) Relación agua-suelo-planta-atmósfera; c) Biología del suelo; y d) Uso y manejo de agua. III. Aprovechamiento del Recurso Suelo. a) Conservación del suelo; b) Drenaje y recuperación; c) Fertilidad y d) Productividad de agroecosistemas. IV. Educación y Asistencia Técnica. a) Educación y b) Crédito y asistencia técnica (cuadro 1).

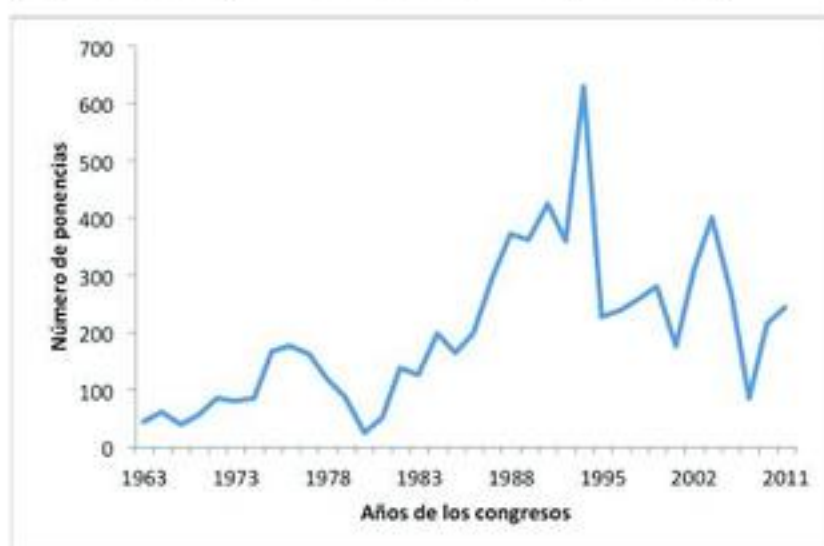


Figura 2. Número de ponencias por congreso.

A mediados del decenio de 1980 se utilizó la subdivisión Tecnología y uso de fertilizantes, dentro de la división Aprovechamiento del Recurso Suelo. Posteriormente, se cambió a la división Relación-Suelo-Clima-Biota, hasta que finalmente se optó por suprimirla de las divisiones. Como se observa en la figura 3, la discusión y enfoques, con los que se analizan los diferentes resultados de investigación y las experiencias en campo de los miembros de la SMCS, han tendido a desarrollar una amplia discusión sobre aspectos que tienen que ver con los temas que integran



las tres principales divisiones temáticas (I con el 22 por ciento, II con 38 por ciento y III con 36 por ciento), conjuntándose entre las tres un rango de discusión de 96 por ciento de los temas tratados en todos los congresos, dejando a la División IV (temas de educación y asistencia técnica) con el 4 por ciento de las preferencias de discusión.

En la figura 3 se aprecia que los trabajos presentados en todos los congresos vinculados con el suelo, clima y biota, constituyen una tendencia del 38 por ciento. Esto se explica porque durante mucho tiempo la subdivisión de Tecnología y uso de Fertilizantes estuvo dentro de dicha división, asimismo muchos trabajos se relacionan con el vínculo entre cultivo agrícola y suelo. Con una frecuencia de 36 por ciento se presentan los trabajos que tienen que ver con el aprovechamiento del suelo en sus modalidades de conservación, drenaje, fertilidad y en particular la vinculada a la agricultura presente en agroecosistemas locales. En este ámbito los temas predominantes han tenido que ver con la acción del investigador en estudios particulares (en gran medida aspectos puntuales de la temática) casi todos realizados en parcelas, analizando por lo general problemáticas específicas que presentan los cultivos.

Posteriormente, la temática preferentemente abordada se relaciona con la estructura y morfología del suelo, así como con la evaluación y monitoreo de su comportamiento químico y físico en condiciones controladas o ante contingencias presentadas en su uso, dicha temática obtuvo el 22 por ciento de los trabajos totales, lo cual muestra el interés de un grupo reducido de investigadores por abordar aspectos básicos de la investigación científica de los suelos para formular apreciaciones y evaluaciones acerca de su comportamiento estadístico, químico y/o físico.

CUADRO 1

TRABAJOS PRESENTADOS EN CADA DIVISIÓN DE 1963 A 2011

| I DIAGNÓSTICO, METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN DEL RECURSO SUELO |                                               |     |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----|
| 1                                                         | Génesis, morfología y clasificación de suelos | 566 |

|                                       |                                      |      |
|---------------------------------------|--------------------------------------|------|
| 2                                     | Física de suelos                     | 418  |
| 3                                     | Química de suelos                    | 408  |
| 4                                     | Contaminación                        | 216  |
| II RELACIÓN SUELO-CLIMA-BIOTA.        |                                      |      |
| 1                                     | Nutrición vegetal                    | 1048 |
| 2                                     | Relación agua-suelo-planta-atmósfera | 810  |
| 3                                     | Biología del suelo                   | 494  |
| 4                                     | Uso y manejo del agua                | 364  |
| III APROVECHAMIENTO DEL RECURSO SUELO |                                      |      |
| 1                                     | Conservación del Suelo               | 578  |
| 2                                     | Drenaje y recuperación               | 219  |
| 3                                     | Fertilidad                           | 1102 |
| 4                                     | Productividad de Agroecosistemas     | 710  |
| IV Educación y asistencia técnica     |                                      |      |
| 1                                     | Educación                            | 101  |
| 2                                     | Crédito y asistencia técnica         | 146  |
| Total                                 |                                      | 7180 |

La temática IV vinculada con estudios acerca de la educación y la asistencia técnica, sólo alcanza el 4 por ciento de los trabajos presentados en el total de los congresos realizados. En este sentido, se ha marcado la tendencia a discutir los temas vinculados a la aplicabilidad de las ciencias del suelo, principalmente desde una perspectiva científica y tecnológica, dejando de lado el análisis de la educación, la docencia, la didáctica de la enseñanza y la readecuación curricular en los estudios de la ciencia del suelo. Así, la calidad de los planes de estudios, la formación de recursos humanos en el ámbito académico y la exposición, conocimiento y discusión de las experiencias profesionales de los investigadores del suelo para con los productores agropecuarios, son aspectos escasamente abordados por el común de los investigadores.

Del análisis de los resultados presentados en la figura 3 y el cuadro 1, se podría inferir que existe escasa discusión acerca de la manera en que se realizan los procesos de transferencia de tecnología entre investigador y productor. Lo anterior se puede entender como que en la actualidad el desarrollo científico y la innovación tecnológica se desarrollan, casi exclusivamente en el ámbito





de la investigación teórica o experimental sin integrar el papel social que tendría que visualizar la SMCS como parte de su proyecto histórico y en su prospectiva institucional. De ahí que la parte correspondiente a la educación y la asistencia técnica presentan enormes rezagos.

Es importante resaltar que en la división III destaca el apartado de Fertilidad con 1102 trabajos y en la división II sobresale Nutrición Vegetal con 1048 trabajos; no obstante se plantean preguntas como: ¿Con que facilidad se lleva a cabo la trasferencia de tecnología entre investigador y productor?, ¿Cuál ha sido el impacto de los trabajos que se han realizado a lo largo de estos 50 años en materia de Fertilidad y Nutrición Vegetal?

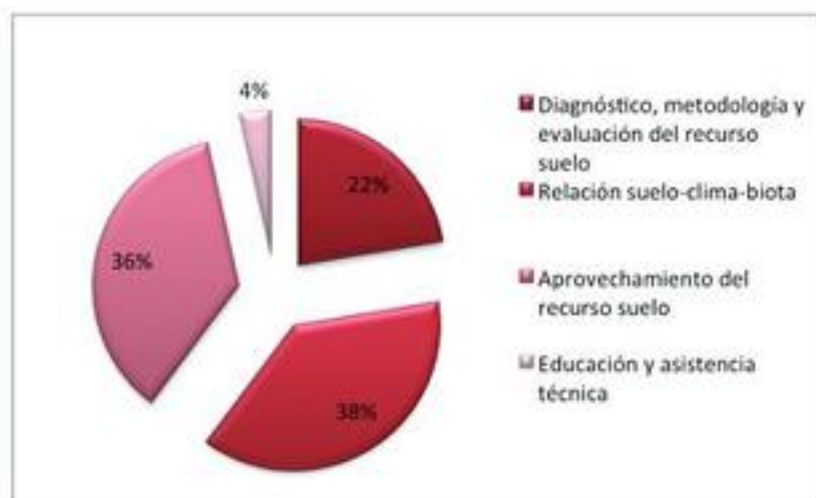


Figura 3. Ponencias por división de la Ciencia del Suelo.

## CONCLUSIONES

La intensión de los resultados de esta investigación permiten abrir el abanico de posibilidades de análisis de cada una de las divisiones de la ciencia del suelo y, al mismo tiempo, destacar la participación de los miembros de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo que a lo largo de estos 50 años han aportado y contribuido a la investigación en cada una de las diferentes áreas antes mencionadas.

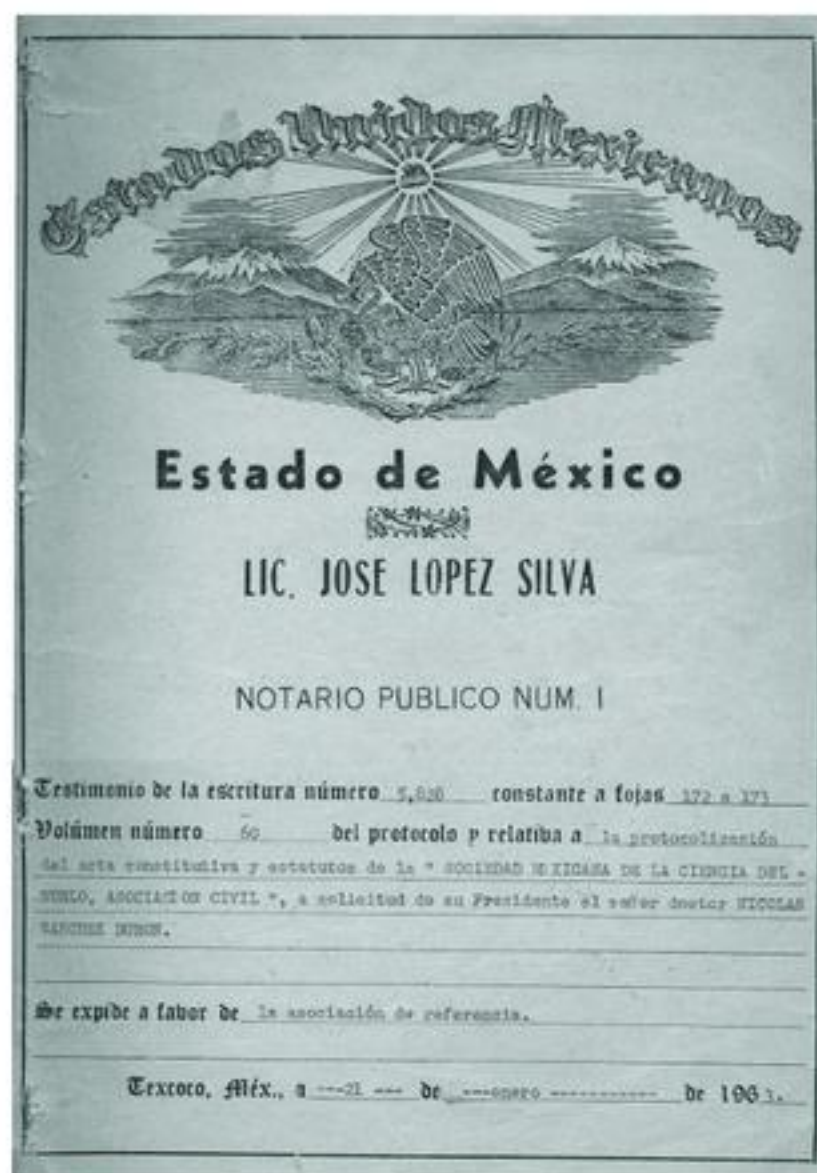
## BIBLIOGRAFÍA

Palacios, R. y Leos, R. (Coord.) 2011, La Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, una histo-

ria de identidad compartida. Vol. 1. UACH/CIES-TAAM/SMCS. 170p.

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. 1963–2011. Memorias del I al XXXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. México.

## ANEXOS





Lic. José López Silva

Notario Público No. 1

No. 16 de Septiembre No. 186

Trancoso, Edo. de México



VOLUMEN SESENTA

NUMERO CINCO MIL OCHOCIENTOS VEINTIOCHO

EN LA CIUDAD DE TEXCOCO, Estado de México, a los once días del mes de diciembre de mil novecientos sesenta y dos, ante mí, el licenciado JOSE LOPEZ SILVA, Notario Público número uno de este Distrito, compareció el señor doctor NICOLAS SANCHEZ DURON, a quien doy fé conocer y hábil para contratar y obligarse y dijo que con su carácter de Presidente de "SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO", ASOCIACION CIVIL, para su protocolización presenta el acta constitutiva y los estatutos de dicha Asociación; así como el permiso concedido por la Secretaría de Relaciones Exteriores, en términos de la fracción primera del artículo veintisiete Constitucional, para constituir la referida Asociación y para insertar en esta acta la siguiente cláusula: " Todo extranjero que en el acto de la constitución o en cualquier tiempo ulterior, adquiriera un interés o participación social en la sociedad se considerará por ese simple hecho como mexicano respecto de uno y otra, y se entenderá que conviene en no invocar la protección de su gobierno, bajo la pena, en caso de faltar a su convenio, de perder dicho interés o participación en beneficio de la Nación Mexicana ". - - -

- - - Yo, el Notario que suscribe en virtud de la petición anterior, glose y protocolizo los documentos antes relacionados los que en catorce fojas útiles, selladas y rubricadas, dejó agregadas al apéndice de este protocolo, bajo el número de este instrumento y marcados con las letras A, B y C. - - -

- - - Por sus generales el señor doctor Sánchez Durón, manifestó: ser mexicano por nacimiento, casado, de treinta y nueve años de edad, originario de Aguascalientes y vecino de México, Distrito Federal, con domicilio en Mollendo novecientos setenta y cinco, y protestó estar al corriente en el pago del impuesto sobre la renta. - - -

- - - Le ída la presente al compareciente y explicado que le fué el valor y fuerza legal de su contenido, manifestó su -

COTEJADO



conformidad y la firma el nueve de enero de mil novecientos se-  
 senta y tres. Doy Fé. - - Una firma ilegible. - - Pasó ante mí.  
 Una firma ilegible. - - Rúbricas. - - Sello: Lic. José López -  
 Silva. Notario Público. No. 1. Texcoco, Méx., Estados Unidos -  
 Mexicanos.- El Escudo Nacional. - - - - -  
 - - - - En la ciudad de Texcoco, a los once días del mes de --  
 enero de mil novecientos sesenta y tres, en que fué devuelta -  
 la nota del timbre que se remitió a la Oficina Federal de Ha--  
 cienda de esta plaza, la que protocolizo y agregó al apéndice  
 relativo, bajo el número de este instrumento y marcada con la  
 letra " D ", autorizo el acta que antecede. Doy Fé. - - Una -  
 firma ilegible. - - Rúbrica. - - Sello de autorizar. - - - - -  
 - - - - - DOCUMENTOS DEL APENDICE - - - - -  
 - - - - ACTA CONSTITUTIVA.- Acta de la Sesión Extraordinaria --  
 para la formación de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del --  
 Suelo, A.C.- En el Local que ocupa el salón de actos del Insti-  
 tuto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, sito en la ca-  
 lle Dr. José María Vértiz # 724 en México, D. F., siendo las-  
 19.00 Hs. del día 19 de octubre de 1962, se reunieron las si-  
 guientes personas: Roberto Núñez Escobar; Antonio Turrent Fer-  
 nández; Ricardo García Lagos; Ramón Fernández González; J. Ig-  
 nacio Navarro G; Rubén Guajardo Viera; Rodolfo Vera y Zapata;-  
 Leodegario Quilantán V; Rodolfo Moreno D; Waldo Oberón Her-  
 nández; Francisco Ferrer Andrade; Prisciliano Valle Méndez; Jo-  
 sé de Jesús Romero-Chávez; Francisco Ibañez Vélez; Carlos "omo  
 Garza; Elías Kesselbrenner Ladeshensky; José Luis Garduño Val-  
 dés; Eugenio Duarte Rodríguez; Andrés Maldonado Ortiz; L. Galp-  
 lei Cervantes R; Mario Macías Villada; Guillermo Garzandía Flo-  
 res; Manuel Alvarez Gastelum; Rafael Bifano; Guillermo Ramírez  
 Cervantes; Juan de Dios Utiérrez; Margarita del Muro de Ren-  
 dón; Adán Arzola Utiérrez; Enrique Valdivia Muñoz; Mario Avi-  
 la Hernández; Gaudencio Flores Mata; Guillermo León Vallejo; -  
 José N. Leal Silva; Carlota Ma. R. Vda. de González, Enrique -  
 Ortega T; Nicolás Aguilera H. y Nicolás Sánchez D. La presente





Lic. José López Silva

Notario Público No. 1

No. 16 de Septiembre No. 126

Toluca, Edo. de México



- 2 -

reunión tuvo por objeto dar forma a la idea exteriorizada por numerosos profesionistas en reuniones previas celebradas a partir de noviembre de 1961, de constituir una Sociedad que reúna y vincule en la forma más estrecha posible a todos los técnicos dedicados a actividades relacionadas íntimamente con la -- Ciencia del Suelo con objeto de fomentar el progreso de esas -- actividades mediante la superación técnica de sus asociados en beneficio de la Agricultura en general.- La sesión se desarrolló bajo el siguiente programa.- Primero.- Se pasa lista de -- presentes.- Segundo.- Se nombra Presidente de Debates al Sr. -- Tercero.- Se aprueba la siguiente orden del día: 1.- Aprobación de la formación de la " Sociedad Mexicana de la Ciencia del -- Suelo ", A. C.- 2.- Revisión y aprobación de los Estatutos.- - 3.- Elección y toma de posesión de la Mesa Directiva.- 4.- Asuntos Generales.- Cuarto.- Acuerdos.- 1.- Se aprueba por unanimidad la formación de una asociación Civil titulada " Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo " cuyas finalidades se explican en el artículo tercero de los estatutos que regirán sus -- actividades.- La duración de la Sociedad es por tiempo indefinido.- 2.- Se revisa y aprueba el proyecto de estatutos elaborado por la Comisión nombrada ex-profeso, e integrada por los Sres, Ings. Ramón Fernández González y Fernando Martínez Sainos y el Dr. Enrique Ortega Torres.- 3.- Se procede a la elección de la primera Mesa Directiva, que queda integrada en la forma siguiente: Presidente; Dr. Nicolás Sánchez Durón.- Vicepresidente: Prof. Nicolás Aguilera Herrera.- Secretario: Ing. Roberto Nuñez Escobar.- Tesorero: Ing. Ricardo García Lagos.- Primer Vocal: Ing. Antonio Turrent Fernández.- Segundo Vocal: Ing. Donaciano Ojeda Herrera.- 4.- La protesta a los miembros de la Mesa Directiva es tomada por el Ing. Ramón Fernández, miembro de la Comisión Organizadora.- 5.- Se aprueba que la próxima sesión sea llevada a cabo el día 8 de noviembre.- 6.- Se establece la primera delegación de la Sociedad, en Chapingo,-

COTEJADO





Edo. de México.- No habiendo más asuntos que tratar, se levanta la sesión siendo las 22 Hs.- De conformidad con la presente acta, a continuación firman los asistentes: R. Fernández.- Juan Velasco.- Una firma ilegible. - <sup>Page 25</sup> Tres firmas ilegibles. - - - -  
Otras dos firmas ilegibles. - - E. Valdez. - Elías K. - - - -  
L. Godínez.- Cuatro firmas ilegibles.- - M. Anda. - C. M. - - - -  
R. Viuda de González. - -J. Díaz Romero.- - Dos firmas ilegibles. - - A. Gutiérrez. - - Gutiérrez. - - Una firma ilegible.-  
Rubio Guajardo.- - Germán G.- - Rodolfo N. - Dos firmas ilegibles. - - Otras cuatro firmas ilegibles. - - Mario Macías. - -  
F. Ibañez V.- - - Una firma ilegible. - - Nicolás V. Aguilera. Otra firma ilegible. - - Roberto Núñez. - - R. García Lagós. -  
- - - - ESTATUTOS.- ESTATUTOS DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A.C.- CAPITULO PRIMERO I.- Del nombre, Sede y Objetivos de la Sociedad.- Artículo 1o.- La Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo ( Asoc. Civil) es una asociación civil de carácter científico sin fines lucrativos, teniendo como objetivo agrupar a los técnicos y profesionales interesados en el desenvolvimiento de las diversas fases de la Ciencia del Suelo. Artículo 2o.- La sede de la Sociedad será la ciudad de México, y el domicilio el del Tesorero.- Tendrá también domicilio legal en aquellos lugares donde funcionen Secciones o Delegaciones de la misma.- Artículo 3o.- Serán objetivos de la Sociedad: a) Agrupar a los profesionales cuyas actividades científicas, --- técnicas o educativas, estén relacionadas con diversos aspectos de la Ciencia del Suelo.- b).- Fomentar entre sus socios el estímulo para la investigación, aplicación y divulgación de todo aquello de interés relacionado con la Ciencia del Suelo.- c).- Editar en forma sistemática y continuada una revista que sea el órgano editorial de la Sociedad y en la cual se den a conocer los mejores trabajos técnicos dentro de las principales Ramas.- Relación Suelo-Planta.- Química de Suelos.- Física de Suelos.- Biología de Suelos.- Génesis, clasificación y cartografía de Suelos.- Conservación de Suelos.- Relaciones Agua-Sue





Lic. José López Silva

Notario Público No. 1

No. 16 de Septiembre No. 126

Texas, Edo. de México



- 3 -

la-Planta.- Varios.- d).- Realizar reuniones cada vez que los intereses de la Sociedad lo requieran.- e).- Constituir comisiones que se avoquen a los problemas específicos de las ramas que vayan integrando la Sociedad.- f).- Mantener estrechas relaciones con Instituciones nacionales o internacionales y especialistas en la Ciencia del Suelo, para contribuir a la mutua-resolución de problemas científicos, académicos o profesionales. g).- Estimular la colaboración de otras Instituciones para que la Sociedad cuente con una biblioteca especializada en Suelos y dé un servicio bibliográfico organizado científicamente, que sirva como fuente de información a los miembros de la misma y a otras Instituciones.- Artículo 4o.- La Sociedad será de carácter científico sin fines lucrativos y no tomará partido en cuestiones políticas ni tendrá características de organización gremial.- - - - -

- - - - CAPITULO II-DE LOS SOCIOS.- Artículo 5o.- La Sociedad estará formada por socios fundadores, socios de número, socios estudiantes, socios honorarios y socios benefactores.- Pueden ser socios fundadores y de número, todos aquellos profesionales que se hayan inscrito hasta la fecha 31 de diciembre de 1962.- de acuerdo con los estipulado por la Asamblea.- Artículo 7o.- Los profesionales que se inscriban después de la fecha estipulada en el artículo anterior serán socios de número.- Artículo 8o.- Los estudiantes de profesiones afines a la Ciencia del Suelo, podrán ingresar a la Sociedad en la categoría de Socios estudiantes.- Artículo 9o.- Se podrán designar socios honorarios sólo a personas que se hayan distinguido por sus actividades en favor del progreso de la Ciencia del Suelo.- Artículo 10o.- Podrán ser socios benefactores, las personas naturales o jurídicas que contribuyan económicamente o en otra forma impor

COTIZADO





tante al incremento del patrimonio de la Sociedad.- Artículo -  
 11.- Son deberes de los socios.- a).- Asistir a las reuniones-  
 ordinarias y extraordinarias así como participar en las discu-  
 siones y votaciones.- b).- Cumplir con los estatutos y determi-  
 naciones de la Asamblea y de la Mesa Directiva, relacionadas -  
 con la Sociedad.- c).- Contribuir en la forma más amplia posi-  
 ble al desarrollo de la Ciencia del Suelo mediante la publica-  
 ción de trabajos, participación en conferencias o cualesquiera  
 otros eventos científicos.- Así mismo, desempeñar las comisio-  
 nes que con tal fin se les confieran.- d).- Pagar puntualmente  
 la cuota anual que apruebe la Asamblea en la primera reunión -  
 trimestral de la Sociedad durante cada año de su existencia.--  
 Artículo 12o.- Son derechos de los Socios: a).- Los socios fun-  
 dadores, de número y honorarios, tendrán voz y voto en todas -  
 las reuniones de la Sociedad.- b).- Recibir los citatorios y -  
 las publicaciones de la Sociedad.- c).- Solicitar información-  
 y ayuda en problemas que tengan relación con las actividades -  
 de la Sociedad.- d).- Participar en todos los actos que la So-  
 ciedad organice, sujetándose a los requisitos que los rijan. -  
 e).- Ser electos como representantes de la Sociedad cuando la-  
 Asamblea o la Mesa directiva así lo determinen.- f).- Ser elec-  
 tos para los cargos directivos.- g).- Modificar los presentes-  
 Estatutos en Asamblea ordinaria.- - - - -  
 - - - - CAPITULO III.- DE LA MESA DIRECTIVA.- Artículo 13o.-  
 La Asamblea General de los miembros de la Sociedad constituye-  
 la autoridad máxima de la misma y sus resoluciones deberán ser  
 acatadas por todos los socios.- Artículo 14o.- Una reunión ordi-  
 naria de la Sociedad podrá constituirse en Asamblea cuando ---  
 asistan a ella la mitad más uno de los socios residentes y cuan-  
 do menos tres miembros de la Mesa Directiva.- Artículo 15o.-  
 La sociedad tendrá una Mesa Directiva formada por un Presiden-  
 te, un Vicepresidente, un Secretario, un tesorero y dos Voca-  
 les.- Artículo 16o.- La duración en funciones del Presidente,-  
 Vicepresidente, Secretario, Tesorero y Vocales, debe ser de un





Lic. José López Silva

Notario Público No. 1

No. 16 de Septiembre No. 196

Toluca, Edo. de México

- 4 -



año, con opción de reelegirse por decisión de la Asamblea.- Tomarán posesión de sus cargos en una Asamblea.- Artículo 17o.- Ninguno de los miembros de la Mesa Directiva recibirá remuneración alguna.- - - - -

- - - CAPITULO IV. FUNCIONES DE LA MESA DIRECTIVA.- Artículo

18o.- Son funciones de la Mesa Directiva.- a).- Dirigir los -- destinos de la Sociedad y administrar debidamente los bienes -- de la misma.- b).- Presentar ante la Asamblea para su conside- ración, discusión y aprobación, la política de publicaciones -- que se juzgue más conveniente para la Sociedad.- c).- Nombrar- las Comisiones a que se hace referencia en el inciso e) del -- artículo 3o. Capítulo I.- d).- Tratar de que a las reuniones -- asista el mayor número posible de socios, atendiendo durante -- las mismas las proposiciones de los mismos.- e).- Ejercer las- demás funciones que les correspondan de acuerdo con los Estatu- tos.- Artículo 19o.- El Presidente y en su ausencia el Vicepre- sidente, tendrán las siguientes funciones: a).- Presidir las-- reuniones de la Mesa Directiva y de la Sociedad, así como pre- parar el programa para cada reunión.- b).- Coordinar todas las actividades de la Sociedad y velar por el cumplimiento de los- Estatutos y resoluciones de la misma.- c).- Representar ofici- al y jurídicamente a la Sociedad si para ello no se ha nombra- do un representante especial.- d).- Resolver todo asunto urgen- te, informando sus acuerdos a la Mesa Directiva, así como a los socios, en la primera reunión de la Sociedad, posterior a di- chos acuerdos.- e).- Buscar cualesquiera medios que permitan -- atraer colaboraciones económicas o de bienes para incrementar- el patrimonio de la Sociedad.- Artículo 20o.- Son atribuciones del Secretario: a).- Recibir y despachar la correspondencia de la Sociedad.- b).- Llevar los libros de actas, debiendo en ca- da reunión leer y someter a la consideración de los socios el- acta de la reunión anterior.- c).- Dar a conocer en las reuni- ones, cualesquiera acuerdos de la Mesa Directiva, ajustándose

COTEJAL





a lo dispuesto por los Estatutos.- d).- Hacer los citatorios para las reuniones de la Sociedad, así como recibir y distribuir los trabajos científicos de sus socios.- Artículo 21o.- Son atribuciones del Tesorero: a).- Presentar un informe detallado de los proyectos presupuestales y estados de cuenta de la Sociedad.- b).- Manejar los fondos de acuerdo con la Mesa Directiva.- c).- Cobrar las cuotas correspondientes.- Artículo 22o.- El Patrimonio de la Sociedad estará formado por: a).- Las cuotas ordinarias y aportaciones especiales de sus miembros b).- Las donaciones, subvenciones o legados que provengan de sus socios, terceras personas o diversas instituciones.- c).- Las instalaciones de biblioteca o cualesquiera otras requeridas para su funcionamiento.- CAPITULO V.- DE LAS ASAMBLEAS.- Artículo 23o.- La Sociedad celebrará 4 tipos de reuniones: Sesiones ordinarias, Sesiones extraordinarias, Conferencias y Congresos.- a).- Las sesiones ordinarias se celebrarán cada 3 meses.- b).- Las sesiones extraordinarias se celebrarán cuando el Presidente de la Sociedad lo considere oportuno o por petición especial de 5 ó más socios y siempre para tratar un asunto concreto.- c).- Las fechas en que deban celebrarse las Conferencias y Congresos quedarán al criterio de la Mesa Directiva, que sabrá elegir el momento más oportuno para que la asistencia sea lo más numerosa posible.- - - - -

- - - - CAPITULO VI.- DE LAS PUBLICACIONES.- Artículo 24o.- La Sociedad editará una revista que sea su órgano editorial, cuando sus finanzas y trabajos disponibles lo permitan.- Artículo 25o.- Los trabajos deberán ser de carácter científico o técnico y estarán sujetos a la aprobación de una Comisión Editorial Técnica que ajustándose a un reglamento interno de publicaciones, someta sus recomendaciones finales a consideración de la Mesa Directiva.- Artículo 26o.- La Comisión Editorial Técnica deberá estar integrada por el Secretario y un socio para cada una de las ramas establecidas, los cuales podrán asesorarse de las personas que juzguen conveniente en cada caso.- Dicha Comi





Lic. José López Silva

Notario Público No. 1

No. 16 de Septiembre No. 126

Toluca, Edo. de México



- 5 -

sión será nombrada por la Mesa Directiva y sus funciones deben durar un año, pudiendo ser reelectos por períodos adicionales de igual tiempo.- Artículo 27o.- Las opiniones que se expongan en los trabajos y se publiquen en la revista o en las memorias de la Sociedad, serán responsabilidad exclusiva del autor o autores correspondientes.- Artículo 28o.- Los trabajos que presenten los socios podrán transcribirse en otras publicaciones si así conviene al autor o autores y a la Sociedad, ajustándose al reglamento respectivo.- Artículo 29o.- La Comisión Editorial Técnica podrá, a través del Secretario, promover intercambio literario nacional e internacional, en beneficio de la Sociedad y a nombre de la misma.- - - - -

- - - - CAPITULO VII.-DE LAS DELEGACIONES Y SECCIONES.- Artículo 30o.- En cualquier lugar, en donde residan 5 o más socios, tendrán derecho a elegir a un Delegado Regional de la Sociedad. El Delegado Regional será electo por un período de dos años y sus funciones consistirán en: a).- Mantener contacto con la Mesa Directiva.- b).- Promover y coordinar las actividades de la Sociedad en la zona de su jurisdicción.- c).- Promover el aumento del número de asociados, con la tendencia de establecer una Sección regional de la Sociedad cuando se tengan 10 o más socios y las condiciones lo justifiquen.- En forma análoga podrán funcionar Delegaciones de cualquiera de las ramas o especialidades de Suelos, con la mira de establecer las Secciones respectivas.- Artículo 31o.- La creación de una Sección de la Sociedad se realizará a petición de las personas interesadas en pertenecer a ella y requerirá el reconocimiento de la Asamblea.- CAPITULO VIII. DE LAS CREDENCIALES, INSIGNIAS Y OTROS ASPECTOS DE LA SOCIEDAD.- Artículo 32o.- La Sociedad acreditará a sus miembros fundadores y de número con una credencial -- firmada por el Presidente y el Tesorero con el sello oficial de la Sociedad y diplomas alusivos a los socios honorarios y benefactores.- Artículo 33o.- La Sociedad tendrá un emblema que-

COTIZADO





se apruebe juntamente con su lema en Asamblea General.- Artículo 34o.- El nombre de la Sociedad no podrá usarse como razón social en la compra-venta de muebles e inmuebles para beneficio de personas.- Todo mueble o inmueble formará parte del patrimonio de la Sociedad.- Artículo 35.- La Sociedad podrá disolverse por resolución en tal sentido de las dos terceras partes de los socios presentes en una Asamblea.- Sus bienes tendrán el destino que los socios decidan de común acuerdo.- - - - -  
- - - - TRANSITORIOS.- 1.- Los presentes Estatutos de la Sociedad entran en vigor hoy 19 de octubre de 1962, en que fueron aprobados por la Asamblea.- 2.- Desde el momento en que la Sociedad adquiriera un local propio éste será el domicilio de la misma.- México, D. F., a 19 de octubre de 1962.- Una firma ilegible. - - R. García Lagos.- Otra firma ilegible. - Roberto Nuez. - - Dichos Estatutos constan de once fojas escritas por una sola cara y timbradas por dos pesos cada una. - - - - -  
- - - - PERMISO DE LA SECRETARÍA DE RELACIONES EXTERIORES.- Al margen Sello que dice: Poder Ejecutivo Federal. México, D. F., Estados Unidos Mexicanos.- El Escudo Nacional.- Secretaría de Relaciones Exteriores.- Direc. General de Asuntos Jurídicos.- Sec. Permisos.- Art. 27.- Núm. 14960.- Exp. 251789.- Timbres por valor de dos pesos debidamente cancelados.- Al centro: --- La Secretaría de Relaciones Exteriores.- En atención a que el Sr. Nicolás Sánchez Durón, en escrito fechado el 15 del actual, solicita permiso de esta Secretaría para constituir en unión de otras personas una Asociación Civil, de acuerdo con el Código Civil, bajo la denominación: "SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO", A. C., con el siguiente objeto: a), Agrupar a los profesionales cuyas actividades científicas, técnicas y educativas, estén relacionadas con diversos aspectos de la Ciencia del Suelo. b), Fomentar entre sus socios el estímulo para la investigación, aplicación y divulgación de todo aquello de interés relacionado con la Ciencia del Suelo. c).- Editar en forma sistemática y continua una revista que sea el ór-





Lic. José López Silva

Notario Público No. 1

No. 16 de Septiembre No. 126

Toluca, Edo. de México

- 6 -



g) editorial de la Sociedad y en la cual se den a conocer --  
los mejores trabajos técnicos dentro de las principales Ramas;  
Relación Suelo-Planta-Química de Suelo Física de Suelos.- Bio-  
logía de Suelos.- Génesis, clasificación y cartografía de Sue-  
los.- Conservación de Suelos.- Relaciones Aguas, Suelo, Planta  
Varios. d).- Realizar reuniones cada vez que los intereses de  
la Sociedad lo requieran. e).- Constituir comisiones que se --  
avocuen a los problemas específicos de las ramas que vayan in-  
tegrando la Sociedad. f).- Mantener estrechas relaciones con -  
Instituciones nacionales o internacionales y especialistas en-  
la Ciencia del Suelo, para contribuir a la mutua resolución de  
problemas científicos, académicos o profesionales. g).- Estimular la colaboración de otras Instituciones para que la socie-  
dad cuente con una biblioteca especializada en Suelos y dé un-  
servicio bibliográfico organizado científicamente, que sirva -  
como fuente de información a los miembros de la misma y a ----  
otras Instituciones.- Con capital de: \$..... y para inser-  
tar en la escritura constitutiva de la asociación, la siguien-  
te cláusula especificada en el Artículo 2o del Reglamento de -  
la Ley Orgánica de la fracción I del Artículo 27 Constitucional  
por medio de la cual se conviene con el Gobierno Mexicano, an-  
te la Secretaría de Relaciones Exteriores, por los socios fun-  
dadores y los futuros que la asociación, pudiera tener, en que:  
" Todo extranjero que en el acto de la constitución o en cual-  
quier tiempo ulterior, adquiera un interés o participación so-  
cial en la sociedad, se considerará por ese simple hecho como-  
mexicano respecto de uno y otra, y se entenderá que conviene -  
en no invocar la protección de su Gobierno, bajo la pena, en -  
caso de faltar a su convenio, de perder dicho interés o parti-  
cipación en beneficio de la Nación Mexicana"; CONCEDE al soli-  
citante, permiso para constituir la asociación y para que la -  
escritura constitutiva contenga la cláusula mencionada.- Con -  
las sanciones y condiciones establecidas por los artículos 1o.

COTEJ





3o. Fracción III, 5o. 6o. y 7o. del Decreto de 29 de junio de 1944, publicado en el Diario Oficial de 7 de julio del mismo año, artículo 6o del de 28 de septiembre de 1945; y por lo que toca a lo dispuesto por el artículo 3o. Fracción III del citado Decreto, el capital social deberá estar representado en cincuenta y uno por ciento por mexicano y para el caso de que se trate de una sociedad por acciones, éstas serán nominativas en el porcentaje detentado por mexicanos con voto necesario en todo caso y sin ninguna limitación y la mayoría de los administradores serán también de nacionalidad mexicana, en la inteligencia de que cualquier transmisión de acciones, de acciones, títulos o participaciones que se haga contraviniendo lo anterior, no producirá efectos de ninguna especie, pasando a ser propiedad de la Nación, la acción, título o participación de que se trata, de acuerdo con el artículo 5o, del Decreto de 29 de junio de 1944; las acciones títulos o certificados de aportación, además de los anunciados que exige el artículo 125 de la Ley General de Sociedades Mercantiles, llevarán impresa o grabada la misma cláusula, cumpliendo con lo establecido en el artículo 4o del Reglamento ya citado; el texto íntegro de este permiso se insertará en la escritura constitutiva; en cada caso de establecimiento o adquisición de negociaciones, empresas o de acciones y participaciones en otras sociedades, así como de bienes raíces y concesiones deberá solicitarse de esta Secretaría el permiso previo; el uso de este documento implica la aceptación incondicional de sus términos y dejará de surtir efecto alguno si no se hace uso del mismo, dentro de los noventa días hábiles siguientes a la fecha de su expedición.- México, D. F., a veintiocho de noviembre, de mil novecientos sesenta y dos. Sufragio Efectivo. No. Reelección. P. O. del Secretario, P. O. del Director General. El Jefe del departamento. Una firma ilegible. - - Rúbrica. - - Lic. Manlio Herrera Madrigal. - - Ra. bcr.- 26950.- F-2G-51%. - - - - -  
- - - - NOTA DEL TIMBRE.- Al margen sello: Lic. José López Sil





Lic. José López Silva

Notario Público No. 1

No. 16 de Septiembre No. 126

Texcoco, Edo. de México



- 7 -

va.- Notario Público No. 1. Texcoco, Méx., Al centro: C. Jefe de la Oficina Federal de Hacienda.- Presente.- Con esta fecha y bajo el número 5,828 se firmó en el protocolo de mi cargo una acta extendida el 11 de Diciembre del año próximo pasado, en la que se consigna la protocolización del Acta Constitutiva y de los Estatutos de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Asociación Civil a solicitud del Presidente de la misma señor Dr. Nicolás Sánchez Durón. El instrumento ocupó 2-hojas del protocolo.- Dada la naturaleza de la Sociedad no hay Capital Social.- Conforme a la Fracción XIV, inciso c), del artículo 4o de la Tarifa General del Timbre se causa el impuesto que sigue: Cuota fija.....\$15.00.- El interesado protestó estar al corriente en el pago del impuesto sobre la renta.- Atentamente.- Texcoco, Méx., a 9 de enero de 1963.- Una firma ilegible. - - Rúbrica. - - Lic. José López Silva.- El suscrito, Jefe de la Oficina Federal de Hacienda de esta plaza, certifica: que con esta fecha se adhieren y cancelan en el original de la presente nota timbres comunes por valor de quince pesos, de acuerdo con la liquidación formulada por el C. Notario que la suscribe y bajo su responsabilidad.- Texcoco, Méx., a 11 de enero de 1963.- A. E. Gómez. - - Rúbrica.- Andrés E. Gómez. Alemán. - - Sello de la Oficina Federal de hacienda de esta plaza. - - - - -

ES PRIMER TESTIMONIO fielmente sacado de su matriz que obra en el protocolo de mi cargo y apéndice relativo. Va en siete fojas con los timbres de Ley, adheridos y cancelados, cotejado y corregido y se expide para -- la SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, ASOCIACION CIVIL ", para -- los usos legales que mejor le convengan. Texcoco, Méx., a los veintidós días del mes de enero de mil novecientos sesenta y tres. Doy Fé. - - -

DERECHOS DEVENGADOS:  
CINCUENTA PESOS.



LIC. JOSE LOPEZ SILVA.



En la Ciudad de Texcoco, Estado de México, a los --  
doce días del mes de Agosto de mil novecientos no--  
venta y dos, Yó, el Licenciado PABLO MARTINEZ CANO,  
Notario Público número Dos de este Distrito, en ejer--  
cicio, - - - - -

- - - - - C E R T I F I C O: - - - - -  
Que ante mí comparece el señor ROBERTO QUINTERO LI--  
ZAOLA, en su carácter de Actual Secretario General--  
de la Asociación a que se refiere la presente escri--  
tura, y manifiesta bajo protesta de decir verdad --  
que el domicilio Social de dicha Asociación se en--  
cuentra ubicado en Chapingo, perteneciente a este --  
Municipio y Distrito de Texcoco, Estado de México.--  
DOY FE. - - - - -

SR. ROBERTO QUINTERO  
LIZAOLA.  
SECRETARIO GENERAL.



LIC. PABLO MARTINEZ CANO.  
NOTARIO PUBLICO No. 2  
DEL DISTRITO.

Inscrito en el Registro Público de la Propiedad  
Libro, I Sección III a las 9:00 horas,  
sajo la Partida número 236 del Volumen II  
en la Ciudad de México, a 13 de Agosto de 1992



EL REGISTRADOR DE LA PROPIEDAD

Lic. Luis Manuel Salinas Pérez

TEXCOCO, Méx.





ACTA de la sesión extraordinaria para la formación de la  
Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.

En el local que ocupa el salón de actos del Instituto Mexi-  
cano de Recursos Naturales Renovables, sito en la calle Dr. José  
María Vértiz # 724 en México, D.F., siendo las 19:00 Hs. del día  
19 de octubre de 1962, se reunieron las siguientes personas:

Roberto Núñez Escobar; Antonio Turrent Fernández; Ricardo García  
Lagos; Ramón Fernández González; J. Ignacio Navarro G.; Rubén Gua-  
jardo Viera; Rodolfo Vera y Zapata; Leodegario Quilantán V.; Rodol-  
fo Moreno D.; Waldo Soberón Hernández; Francisco Ferrer Andrade;  
Prisciliano Valle Méndez; José de Jesús Romero Chávez; Francisco  
Ibáñez Vélez; Carlos Romo Garza; Elías Kesselbrenner Ladeschensky;  
José Luis Garcuño Valdés; Eugenio Duarte Rodríguez; Andrés Maldo-  
nado Ortiz; L. Galplei Cervantes R.; Mario Macías Villada; Guiller-  
mo Garmendia Flores; Manuel Álvarez Gastelum; Rafael Bifano; Gui-  
llermo Ramírez Cervantes; Juan de Dios Gutiérrez; Margarita del -  
Muro de Rendón; Adán Arzola Gutiérrez; Enrique Valdivia Muñoz; Ma-  
rio Avila Hernández; Gaudencio Flores Mata; Guillermo León Valle-  
jo; José M. Leal Silva; Carlota Ma. R. vda. de González; Enrique -  
Ortega T.; Nicolás Aguilera H. y Nicolás Sánchez D.

La presente reunión tuvo por objeto dar forma a la idea exte-  
riorizada por numerosos profesionistas en reuniones previas cele-  
bradas a partir de Noviembre de 1961, de constituir una Sociedad -  
que reuna y vincule en la forma más estrecha posible a todos los -  
técnicos dedicados a actividades relacionadas intimamente con la -  
Ciencia del Suelo con objeto de fomentar el progreso de esas acti-  
vidades mediante la superación técnica de sus asociados en benefi-  
cio de la Agricultura en general.

La sesión se desarrolló bajo el siguiente programa:

A LA VUELTA.



Primero.- Se pasa lista de presentes.

Segundo.- Se nombra Presidente de Debates al Sr.

Tercero.- Se aprueba la siguiente orden del día:

- 1.- Aprobación de la formación de la "Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo" A.C.
- 2.- Revisión y aprobación de los Estatutos.
- 3.- Elección y toma de posesión de la Mesa Directiva.
- 4.- Asuntos generales.

Cuarto.- Acuerdos.-

- 1.- Se aprueba por unanimidad la formación de una asociación civil titulada "Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo" cuyas finalidades se explican en el artículo tercero de los estatutos que regirán sus actividades. La duración de la Sociedad es por tiempo indefinido.
- 2.- Se revisa y aprueba el proyecto de estatutos elaborado por la Comisión nombrada ex-profeso, e integrado por los Sres. Ings. Ramón Fernández González y Edo. Martínez Sainos y el Dr. Enrique Ortega Torre.
- 3.- Se procede a la elección de la primera Mesa Directiva que queda integrada en la forma siguiente: Presidente: Dr. Nicolás Sánchez Durón. Vicepresidente: Prof. Nicolás Aguilera Herrera. Secretario: Ing. Roberto Reiz Escobar. Tesorero: Ing. Ricardo García Lago. Primer Vocal: Ing. Antonio Turrent Fernández. Segundo Vocal: Ing. Donaciano Ojeda Herrera.
- 4.- La protesta a los miembros de la Mesa Directiva es hecha por el Ing. Ramón Fernández, miembro de la Comisión Organizadora.
- 5.- Se aprueba que la próxima sesión sea llevada a cabo el día 8 de noviembre.
- 6.- Se establece la primera delegación de la Sociedad Chapingo, Edo. de México.

No habiendo más asuntos que tratar, se levanta la sesión siendo las 22 Hs.

De conformidad con la presente acta, a continuación firman los asistentes:

*[Firmas manuscritas de los asistentes]*

A. Bustamante A LA HOY





13.

de una at

n sus acti

tiempo inc

stutos ele

, e interi  
números y l

tegn Torre

Mean Dire

nte: Presi  
ante: Prof

ng. Robert

arcia Lage  
número 1

•

## Directiva

bto de la

Levada a c

1a. Society.

[illegible]

e la sede

14

acción fir

As

1

M. F. 1111

Wagner, Carl

100

2000

1005

1. *Quercus*

15

•

A LA HOJ

2

\_\_\_\_\_

---







# Actividades microbianas y enzimáticas en la formación de sustancias húmicas

QUINTERO-LIZAOLA, R.

Colegio de Postgraduados  
Posgrado de Edafología

Correo-e: quintero@colpos.mx

## RESUMEN

Es posible convertir los residuos orgánicos en biofertilizantes de excelente calidad agrícola mediante la técnica del compostaje. Esta práctica antigua, consiste en la biodegradación aeróbica de la materia orgánica bajo condiciones controladas. Los microorganismos transforman los compuestos orgánicos mediante reacciones metabólicas para la formación de sustancias húmicas. El presente trabajo se efectuó para evaluar la actividad de los microorganismos y las cinéticas de las enzimas involucradas en los procesos de mineralización dentro del ciclo del carbono (amilasa, celulasa, lipasa e invertasa), nitrógeno (proteasa, amidasa, ureasa y nitrogenasa), fósforo (fosfatasa ácida y alcalina-fosfomonoesterasas) y azufre (arilsulfatasas), así como la deshidrogenasa y la producción de sustancias húmicas "ácidos húmicos, flúvicos y huminas", en paja picada y molida, subproducto del cultivo de *Pleurotus ostreatus* con o sin lombriz *Eisenia andrei*.

**Palabras clave:** enzimas, micro-organismos, mineralización.

## INTRODUCCIÓN

La acumulación de desechos orgánicos producidos por la actividad humana bien sea agrícola, industrial o doméstica, causa deterioro del paisaje, contaminación del ambiente y problemas sanitarios. Es posible convertir los residuos orgánicos

en biofertilizantes de excelente calidad agrícola mediante la técnica del compostaje. Esta práctica antigua, consiste en la biodegradación aeróbica de la materia orgánica bajo condiciones controladas. Si se controlan adecuadamente los factores del compostaje, se obtiene al final del proceso de descomposición un compost maduro, el cual, es un abono orgánico altamente humificado, seguro desde el punto de vista sanitario, libre de sustancias fitotóxicas y los nutrimentos que contiene estarán disponibles para las plantas después de un proceso gradual de mineralización (Madrid y Castellanos, 1998).

Podemos definir el compostaje como un proceso dirigido y controlado de mineralización y pre-humificación de la materia orgánica, a través de un conjunto de técnicas que permiten el manejo de las variables del proceso; y que tienen como objetivo la obtención de un abono orgánico de alta calidad físico-química y microbiológica (Sánchez et al., 2006). El compostaje se define como la biooxidación de la materia orgánica por una gran variedad de microorganismos llamados Telúricos, que son en principio transformadores de la materia orgánica en el compost. Las reacciones bioquímicas puestas en juego durante el compostaje se deben principalmente a la producción de proteínas especiales llamadas enzimas producidas por microorganismos transformadores de la compost (Ruiz, 2011).

La materia orgánica se descompone a través de la actividad de los microorganismos: bacterias y hongos principalmente, que se van alimentando de ella. Pero para poder hacerlo necesitan oxígeno y agua (aireación y humedecimiento de los residuos orgánicos en procesamiento). Sin estas condiciones el proceso se detiene o la materia orgánica se pudre (sin suficiente oxígeno) liberando malos olores. También la materia orgánica al descomponerse se calienta hasta aproximadamente 60°C, lo cual favorece la destrucción de



patógenos y de semillas de malas hierbas (Silva *et al.*, 2011).

Los microorganismos transforman los compuestos orgánicos mediante reacciones metabólicas, en las que se separan los electrones de los compuestos y se oxidan las estructuras de carbono a dióxido de carbono y agua. Nunca se produce una oxidación completa debido a que una parte del material orgánico se transforma y otra no es biodegradable (Silva *et al.*, 2011). Para poder actuar sobre los materiales orgánicos, los microorganismos secretan una serie de enzimas que catalizan las reacciones en los procesos de compostaje y vermicompostaje. Químicamente las enzimas son proteínas que catalizan las reacciones, constan de una fracción proteínica y un grupo prostético. En la primera se localiza la especificidad de acción sobre un determinado sustrato y el segundo determina el curso de la reacción (Alef y Nannipieri, 1995; mencionado por Quintero, 2003).

La eficiencia enzimática sobre un sustrato es afectada por factores como: contacto entre la enzima y el sustrato, concentración de la enzima y el sustrato, temperatura, pH, presencia de coenzimas o de activadores e inhibidores. Por ello es muy importante tener conocimiento sobre las enzimas que participan en la actividad de los procesos de mineralización de compost, vermicompost y el suelo. Algunas de estas enzimas son las proteasas, amidasas, ureasas y nitrogenasas, cada una con una actividad específica y muy importante en el proceso de degradación de los residuos (Quintero, 2003).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se colocó paja de avena en la que se cultivó *Pleurotus ostreatus*, molida (<2mm) y picada (<4mm) en cajas de plástico de 20x31x13 cm. La humedad de la caja se mantuvo entre 75 y 85 por ciento de la capacidad de campo y la temperatura entre 25 y 30°C. En cada caja se introdujeron 200 lombrices (*Eisenia andrei* Bouché) cliteladas las que llevaron y se pusieron a incubar por 115 días. Para este experimento se utilizó un diseño de

bloques completamente al azar con tres repeticiones. Los tratamientos fueron paja molida con lombriz (PMCL), paja molida sin lombriz (PMSL), paja picada con lombriz (PPCL) y Paja picada sin lombriz (PPSL).

Se evaluaron los grandes grupos microbianos en el proceso de producción de compost y vermicompost, se cuantificaron las poblaciones de bacterias, actinomicetos y hongos presentes mediante recuento de las unidades formadoras de colonias (UFC). Además, se evaluaron las poblaciones de grupos microbianos específicos: celulolíticos, lipolíticos, ligninolíticos, proteolíticos, amonificantes, nitrificantes (nitrito oxidantes y amonio oxidantes), desnitrificantes y fijadores libres de nitrógeno.

Así, también, la actividad enzimática del ciclo del carbono (amilasa, celulasa, lipasa e invertasa), del ciclo del nitrógeno (proteasa, amidasa, ureasa y nitrogenasa), del ciclo del fósforo (fosfatasa ácida y alcalina-fosfomonoesterasas) y del ciclo del azufre (arilsulfatasas) y deshidrogenasa (Quintero *et al.*, 2002). La separación de la fracciones de la materia orgánica se realizó mediante el método de Kononova y Belchikova (1961), cuantificadas gravimetricamente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Tratamiento: paja molida sin lombriz (PMSL)

La actividad microbiana y enzimática en el proceso de compostaje con paja molida, se muestra a continuación:

MICROORGANISMOS DEL CICLO DEL CARBONO Y SU INTERACCIÓN CON LOS GRANDES GRUPOS

|               |   |               |      |
|---------------|---|---------------|------|
| Celulolíticos | – | Bacterias     | 0.87 |
| Lipolíticos   | – | Bacterias     | 0.87 |
| Lipolíticos   | – | Hongos        | 0.86 |
| Celulolíticos | – | Hongos        | 0.74 |
| Celulolíticos | – | Actinomicetos | 0.51 |





MICROORGANISMOS DEL CICLO DEL NITRÓGENO Y SU INTERACCIÓN CON LOS GRANDES GRUPOS

|                  |   |           |      |
|------------------|---|-----------|------|
| Amonificantes    | – | Bacterias | 0.92 |
| Desnitrificantes | – | Bacterias | 0.87 |
| Desnitrificantes | – | Hongos    | 0.69 |
| Amonificantes    | – | Hongos    | 0.69 |

MICROORGANISMOS DEL CICLO DEL CARBONO

|             |   |               |      |
|-------------|---|---------------|------|
| Lipolíticos | – | Celulolíticos | 0.91 |
|-------------|---|---------------|------|

MICROORGANISMOS DEL CICLO DEL NITRÓGENO

|                  |   |                       |      |
|------------------|---|-----------------------|------|
| Desnitrificantes | – | Amonificantes         | 0.95 |
| FLN              | – | Nitri-NH <sub>4</sub> | 0.88 |

MICROORGANISMOS DEL CICLO DEL NITRÓGENO Y SU INTERACCIÓN CON LOS MICROORGANISMOS DEL CICLO DEL CARBONO

|                       |   |                |      |
|-----------------------|---|----------------|------|
| Desnitrificantes      | – | Celulolíticos  | 0.98 |
| Nitri-NH <sub>4</sub> | – | Ligninolíticos | 0.97 |
| Amonificantes         | – | Celulolíticos  | 0.92 |
| Desnitrificantes      | – | Lipolíticos    | 0.89 |
| FLN                   | – | Ligninolíticos | 0.89 |
| Nitri-NO <sub>2</sub> | – | Amilolíticos   | 0.86 |
| Amonificantes         | – | Lipolíticos    | 0.83 |

ENZIMAS DEL CICLO DEL CARBONO Y SU INTERACCIÓN CON LOS GRANDES GRUPOS MICROBIANOS

|           |   |           |      |
|-----------|---|-----------|------|
| Invertasa | – | Hongos    | 0.90 |
| Lipasa    | – | Bacterias | 0.85 |
| Lipasa    | – | Hongos    | 0.80 |
| Celulasa  | – | Bacterias | 0.79 |
| Invertasa | – | Bacterias | 0.78 |
| Celulasa  | – | Hongos    | 0.67 |

ENZIMAS DEL CICLO DEL CARBONO

|           |   |        |      |
|-----------|---|--------|------|
| Invertasa | – | Lipasa | 0.91 |
|-----------|---|--------|------|

ENZIMAS DEL CICLO DEL CARBONO Y SU INTERACCIÓN CON MICROORGANISMOS DEL CICLO DEL CARBONO

|           |   |               |      |
|-----------|---|---------------|------|
| Celulasa  | – | Lipolíticos   | 0.94 |
| Lipasa    | – | Celulolíticos | 0.58 |
| Invertasa | – | Lipolíticos   | 0.58 |
| Invertasa | – | Celulolíticos | 0.55 |
| Lipasa    | – | Lipolíticos   | 0.54 |

ENZIMAS DEL CICLO DEL CARBONO Y SU INTERACCIÓN CON MICROORGANISMOS DEL CICLO DEL NITRÓGENO

|           |   |                  |      |
|-----------|---|------------------|------|
| Celulasa  | – | Desnitrificantes | 0.95 |
| Celulasa  | – | Amonificantes    | 0.88 |
| Invertasa | – | Proteolíticos    | 0.69 |
| Lipasa    | – | Amonificantes    | 0.66 |
| Lipasa    | – | Desnitrificantes | 0.59 |

ENZIMAS DEL CICLO DEL NITRÓGENO Y SU INTERACCIÓN CON LOS GRANDES GRUPOS

|             |   |           |      |
|-------------|---|-----------|------|
| Proteasa    | – | Hongos    | 0.80 |
| Nitrogenasa | – | Bacterias | 0.73 |
| Amidasa     | – | Bacterias | 0.64 |
| Ureasa      | – | Bacterias | 0.62 |
| Amidasa     | – | Hongos    | 0.61 |
| Ureasa      | – | Hongos    | 0.60 |
| Nitrogenasa | – | Hongos    | 0.60 |
| Proteasa    | – | Bacterias | 0.55 |

ENZIMAS DEL CICLO DEL NITRÓGENO

|             |   |          |      |
|-------------|---|----------|------|
| Ureasa      | – | Amidasa  | 1.00 |
| Ureasa      | – | Proteasa | 0.71 |
| Amidasa     | – | Proteasa | 0.69 |
| Nitrogenasa | – | Amidasa  | 0.62 |
| Nitrogenasa | – | Ureasa   | 0.60 |

ENZIMAS DEL CICLO DEL NITRÓGENO Y SU INTERACCIÓN CON MICROORGANISMOS DEL CICLO DEL CARBONO

|             |   |                |      |
|-------------|---|----------------|------|
| Nitrogenasa | – | Ligninolíticos | 0.71 |
|-------------|---|----------------|------|



ENZIMAS DEL CICLO DEL NITRÓGENO Y SU INTERACCIÓN  
CON MICROORGANISMOS DEL CICLO DEL NITRÓGENO

|             |   |                       |      |
|-------------|---|-----------------------|------|
| Proteasa    | – | Proteolíticos         | 0.89 |
| Nitrogenasa | – | FLN                   | 0.72 |
| Nitrogenasa | – | Amonificantes         | 0.64 |
| Nitrogenasa | – | Nitri-NH <sub>4</sub> | 0.55 |

ENZIMAS DEL CICLO DEL NITRÓGENO Y SU INTERACCIÓN  
CON ENZIMAS DEL CICLO DEL CARBONO

|             |   |           |      |
|-------------|---|-----------|------|
| Amidasa     | – | Lipasa    | 0.95 |
| Proteasa    | – | Invertasa | 0.94 |
| Ureasa      | – | Lipasa    | 0.94 |
| Ureasa      | – | Invertasa | 0.84 |
| Amidasa     | – | Invertasa | 0.83 |
| Proteasa    | – | Lipasa    | 0.73 |
| Nitrogenasa | – | Lipasa    | 0.73 |
| Nitrogenasa | – | Invertasa | 0.56 |

INTERACCIÓN DE LA DESHIDROGENASA CON ENZIMAS  
DEL CICLO DEL CARBONO

|                |   |         |      |
|----------------|---|---------|------|
| Deshidrogenasa | – | Amilasa | 0.55 |
|----------------|---|---------|------|

INTERACCIÓN DE LA "FOS ÁC"  
CON ENZIMAS DEL CICLO DEL CARBONO

|                 |   |         |      |
|-----------------|---|---------|------|
| Fosfatasa Ácida | – | Amilasa | 0.83 |
|-----------------|---|---------|------|

INTERACCIÓN DE LA "FOS ÁC"  
CON LA DESHIDROGENASA

|                 |   |                |      |
|-----------------|---|----------------|------|
| Fosfatasa Ácida | – | Deshidrogenasa | 0.68 |
|-----------------|---|----------------|------|

INTERACCIÓN DE LA "FOS AL" CON MICROORGANISMOS  
DEL CICLO DEL NITRÓGENO

|                    |   |                       |      |
|--------------------|---|-----------------------|------|
| Fosfatasa Alcalina | – | Nitri-NO <sub>2</sub> | 0.51 |
|--------------------|---|-----------------------|------|

INTERACCIÓN DE LA "FOS AL" CON ENZIMAS  
DEL CICLO DEL CARBONO

|                    |   |         |      |
|--------------------|---|---------|------|
| Fosfatasa Alcalina | – | Amilasa | 0.95 |
|--------------------|---|---------|------|

INTERACCIÓN DE LA "FOS AL" CON LA "FOS ÁC"

|                    |   |                 |      |
|--------------------|---|-----------------|------|
| Fosfatasa Alcalina | – | Fosfatasa Ácida | 0.91 |
|--------------------|---|-----------------|------|

INTERACCIÓN DE "ARIL" CON ENZIMAS  
DEL CICLO DEL CARBONO

|                |   |                    |      |
|----------------|---|--------------------|------|
| Aril Sulfatasa | – | Fosfatasa Ácida    | 0.99 |
| Aril Sulfatasa | – | Amilasa            | 0.94 |
| Aril Sulfatasa | – | Deshidrogenasa     | 0.94 |
| Aril Sulfatasa | – | Amilasa            | 0.91 |
| Aril Sulfatasa | – | Fosfatasa Alcalina | 0.89 |

INTERACCIÓN DE "AC HÚMICOS" CON OTRAS ENZIMAS

|                |   |                    |      |
|----------------|---|--------------------|------|
| Ácidos Húmicos | – | Aril Sulfatasa     | 0.99 |
| Ácidos Húmicos | – | Fosfatasa Ácida    | 0.99 |
| Ácidos Húmicos | – | Amilasa            | 0.94 |
| Ácidos Húmicos | – | Fosfatasa Alcalina | 0.90 |
| Ácidos Húmicos | – | Deshidrogenasa     | 0.64 |

Tratamiento: paja picada sin lombriz (PPSL)

La actividad microbiana y enzimática en el proceso de compostaje con paja picada, se muestra a continuación:

MICROORGANISMOS DEL CICLO DEL CARBONO Y SU  
INTERACCIÓN CON LOS GRANDES GRUPOS

|             |   |               |      |
|-------------|---|---------------|------|
| Lipolíticos | – | Hongos        | 0.91 |
| Lipolíticos | – | Actinomicetos | 0.85 |
| Lipolíticos | – | Bacterias     | 0.77 |

MICROORGANISMOS DEL CICLO DEL NITRÓGENO Y SU  
INTERACCIÓN CON LOS GRANDES GRUPOS

|                  |   |               |      |
|------------------|---|---------------|------|
| Proteolíticos    | – | Hongos        | 0.99 |
| Proteolíticos    | – | Actinomicetos | 0.98 |
| Desnitrificantes | – | Bacterias     | 0.70 |
| FLN              | – | Bacterias     | 0.69 |

MICROORGANISMOS DEL CICLO DEL NITRÓGENO

|                       |   |                       |      |
|-----------------------|---|-----------------------|------|
| FLN                   | – | Desnitrificantes      | 0.99 |
| FLN                   | – | Amonificantes         | 0.96 |
| Desnitrificantes      | – | Amonificantes         | 0.95 |
| Nitri-NO <sub>2</sub> | – | Nitri-NH <sub>4</sub> | 0.57 |
| Nitri-NO <sub>2</sub> | – | Amonificantes         | 0.53 |





MICROORGANISMOS DEL CICLO DEL NITRÓGENO  
Y SU INTERACCIÓN CON LOS MICROORGANISMOS  
DEL CICLO DEL CARBONO

|                       |   |                |      |
|-----------------------|---|----------------|------|
| Proteolíticos         | – | Lipolíticos    | 0.88 |
| Nitri-NH <sub>4</sub> | – | Ligninolíticos | 0.79 |
| FLN                   | – | Celulolíticos  | 0.64 |
| Amonificantes         | – | Celulolíticos  | 0.63 |

ENZIMAS DEL CICLO DEL CARBONO Y SU INTERACCIÓN  
CON LOS GRANDES GRUPOS MICROBIANOS

|           |   |               |      |
|-----------|---|---------------|------|
| Invertasa | – | Bacterias     | 0.90 |
| Lipasa    | – | Bacterias     | 0.87 |
| Lipasa    | – | Actinomicetos | 0.81 |
| Invertasa | – | Hongos        | 0.63 |
| Invertasa | – | Actinomicetos | 0.61 |

ENZIMAS DEL CICLO DEL CARBONO

|           |   |        |      |
|-----------|---|--------|------|
| Invertasa | – | Lipasa | 0.93 |
|-----------|---|--------|------|

ENZIMAS DEL CICLO DEL CARBONO Y SU INTERACCIÓN  
CON MICROORGANISMOS DEL CICLO DEL CARBONO

|           |   |               |      |
|-----------|---|---------------|------|
| Lipasa    | – | Lipolíticos   | 0.96 |
| Invertasa | – | Lipolíticos   | 0.80 |
| Celulasa  | – | Celulolíticos | 0.71 |

ENZIMAS DEL CICLO DEL CARBONO Y SU INTERACCIÓN  
CON MICROORGANISMOS DEL CICLO DEL NITRÓGENO

|           |   |                  |      |
|-----------|---|------------------|------|
| Celulasa  | – | Amonificantes    | 0.86 |
| Lipasa    | – | Proteolíticos    | 0.79 |
| Celulasa  | – | FLN              | 0.76 |
| Celulasa  | – | Desnitrificantes | 0.75 |
| Invertasa | – | Proteolíticos    | 0.55 |

ENZIMAS DEL CICLO DEL NITRÓGENO Y SU INTERACCIÓN  
CON LOS GRANDES GRUPOS

|          |   |               |      |
|----------|---|---------------|------|
| Ureasa   | – | Bacterias     | 0.95 |
| Amidasa  | – | Bacterias     | 0.94 |
| Proteasa | – | Hongos        | 0.89 |
| Proteasa | – | Actinomicetos | 0.87 |
| Proteasa | – | Bacterias     | 0.82 |
| Amidasa  | – | Hongos        | 0.69 |

|         |   |               |      |
|---------|---|---------------|------|
| Amidasa | – | Actinomicetos | 0.68 |
| Ureasa  | – | Actinomicetos | 0.65 |
| Ureasa  | – | Hongos        | 0.65 |

ENZIMAS DEL CICLO DEL NITRÓGENO

|         |   |          |      |
|---------|---|----------|------|
| Ureasa  | – | Amidasa  | 1.00 |
| Amidasa | – | Proteasa | 0.93 |
| Ureasa  | – | Proteasa | 0.90 |

ENZIMAS DEL CICLO DEL NITRÓGENO Y SU INTERACCIÓN  
CON MICROORGANISMOS DEL CICLO DEL CARBONO

|          |   |             |      |
|----------|---|-------------|------|
| Proteasa | – | Lipolíticos | 0.98 |
| Amidasa  | – | Lipolíticos | 0.88 |
| Ureasa   | – | Lipolíticos | 0.84 |

ENZIMAS DEL CICLO DEL NITRÓGENO Y SU INTERACCIÓN  
CON MICROORGANISMOS DEL CICLO DEL NITRÓGENO

|             |   |                       |      |
|-------------|---|-----------------------|------|
| Nitrogenasa | – | Nitri-NO <sub>2</sub> | 0.91 |
| Proteasa    | – | Proteolíticos         | 0.86 |
| Nitrogenasa | – | Amonificantes         | 0.80 |
| Nitrogenasa | – | FLN                   | 0.70 |
| Amidasa     | – | Proteolíticos         | 0.62 |
| Nitrogenasa | – | Desnitrificantes      | 0.62 |
| Ureasa      | – | Proteolíticos         | 0.58 |
| Ureasa      | – | Desnitrificantes      | 0.50 |

ENZIMAS DEL CICLO DEL NITRÓGENO Y SU INTERACCIÓN  
CON ENZIMAS DEL CICLO DEL CARBONO

|             |   |           |      |
|-------------|---|-----------|------|
| Proteasa    | – | Lipasa    | 0.98 |
| Amidasa     | – | Lipasa    | 0.97 |
| Amidasa     | – | Invertasa | 0.97 |
| Ureasa      | – | Invertasa | 0.96 |
| Ureasa      | – | Lipasa    | 0.94 |
| Proteasa    | – | Invertasa | 0.85 |
| Nitrogenasa | – | Celulasa  | 0.61 |

INTERACCIÓN DE LA DESHIDROGENASA  
CON LOS GRANDES GRUPOS

|                |   |               |      |
|----------------|---|---------------|------|
| Deshidrogenasa | – | Bacterias     | 0.91 |
| Deshidrogenasa | – | Hongos        | 0.73 |
| Deshidrogenasa | – | Actinomicetos | 0.68 |



INTERACCIÓN DE LA DESHIDROGENASA CON  
MICROORGANISMOS DEL CICLO DEL CARBONO

|                |   |             |      |
|----------------|---|-------------|------|
| Deshidrogenasa | – | Lipolíticos | 0.89 |
|----------------|---|-------------|------|

INTERACCIÓN DE LA DESHIDROGENASA CON  
MICROORGANISMOS DEL CICLO DEL NITRÓGENO

|                |   |               |      |
|----------------|---|---------------|------|
| Deshidrogenasa | – | Proteolíticos | 0.65 |
|----------------|---|---------------|------|

INTERACCIÓN DE LA DESHIDROGENASA  
CON ENZIMAS DEL CICLO DEL CARBONO

|                |   |           |      |
|----------------|---|-----------|------|
| Deshidrogenasa | – | Invertasa | 0.98 |
| Deshidrogenasa | – | Lipasa    | 0.97 |

INTERACCIÓN DE LA DESHIDROGENASA  
CON ENZIMAS DEL CICLO DEL NITRÓGENO

|                |   |          |      |
|----------------|---|----------|------|
| Deshidrogenasa | – | Amidasa  | 0.97 |
| Deshidrogenasa | – | Ureasa   | 0.96 |
| Deshidrogenasa | – | Proteasa | 0.92 |

INTERACCIÓN DE LA "FOS ÁC" CON MICROORGANISMOS DEL  
CICLO DEL CARBONO

|                 |   |              |      |
|-----------------|---|--------------|------|
| Fosfatasa Ácida | – | Amilolíticos | 0.53 |
|-----------------|---|--------------|------|

INTERACCIÓN DE LA "FOS ÁC" CON ENZIMAS  
DEL CICLO DEL CARBONO

|                 |   |         |      |
|-----------------|---|---------|------|
| Fosfatasa Ácida | – | Amilasa | 0.83 |
|-----------------|---|---------|------|

INTERACCIÓN DE LA "FOS AL" CON MICROORGANISMOS  
DEL CICLO DEL CARBONO

|                    |   |              |      |
|--------------------|---|--------------|------|
| Fosfatasa Alcalina | – | Amilolíticos | 0.55 |
|--------------------|---|--------------|------|

INTERACCIÓN DE LA "FOS AL" CON ENZIMAS  
DEL CICLO DEL CARBONO

|                    |   |         |      |
|--------------------|---|---------|------|
| Fosfatasa Alcalina | – | Amilasa | 0.83 |
|--------------------|---|---------|------|

INTERACCIÓN DE LA "FOS AL" CON LA "FOS ÁC"

|                    |   |                 |      |
|--------------------|---|-----------------|------|
| Fosfatasa Alcalina | – | Fosfatasa Ácida | 0.95 |
|--------------------|---|-----------------|------|

INTERACCIÓN DE "ARIL" CON OTRAS ENZIMAS

|                |   |                    |      |
|----------------|---|--------------------|------|
| Aril Sulfatasa | – | Fosfatasa Alcalina | 0.96 |
| Aril Sulfatasa | – | Amilasa            | 0.91 |
| Aril Sulfatasa | – | Fosfatasa Ácida    | 0.89 |

INTERACCIÓN DE "AC HÚMICOS" CON OTRAS ENZIMAS

|                |   |                    |      |
|----------------|---|--------------------|------|
| Ácidos Húmicos | – | Aril Sulfatasa     | 0.98 |
| Ácidos Húmicos | – | Fosfatasa Alcalina | 0.93 |
| Ácidos Húmicos | – | Amilasa            | 0.86 |
| Ácidos Húmicos | – | Fosfatasa Ácida    | 0.82 |

## Microorganismos

### Tratamiento de PPSL

Hongos y actinomicetos, específicamente los lipolíticos, FLN, desnitrificantes, amonificantes, nitrito oxidantes, amonio oxidantes, proteolíticos, ligninolíticos y celulolíticos.

### Tratamiento de PPCL

Los grandes grupos de microorganismos intervinieron en el siguiente orden: actinomicetos, hongos y bacterias, específicamente los microorganismos ligninolíticos, lipolíticos, amilolíticos, celulolíticos (ciclo del C); proteolíticos, desnitrificantes, FLN, amonificantes, Nitri  $\text{NH}_4$  (ciclo del N).

### Tratamiento de PMSL

Bacterias, hongos, actinomicetos (en ese orden), específicamente los microorganismos celulolíticos, lipolíticos, desnitrificantes, FLN, amonificantes, amonio oxidantes, ligninolíticos, nitrito oxidantes y amilolíticos.

### Tratamiento de PMCL

Los grandes grupos intervinieron en el siguiente orden: hongos, bacterias y actinomicetos; los microorganismos con actividad específica fueron lipolíticos, celulolíticos, ligninolíticos, amilolíticos (ciclo del C) y proteolíticos, fijadores libres de nitrógeno, desnitrificantes (ciclo del N).





## Grupo de enzimas

### Tratamiento de PPSL

- Ciclo del Carbono: Invertasa y Lipasa (0.93).
- Ciclo del Nitrógeno: Ureasa, Amidasa y Proteasa (0.95, 0.94, 0.89).
- También influyó la Deshidrogenasa, las Fosfatasas y la Arilsulfatasa.
- En la producción de sustancias húmicas influyó la Arilsulfatasa y Fosfatasa alcalina.

### Tratamiento de PPCL

- Ciclo del Carbono: Amilasa, Celulasa e Invertasa.
- Ciclo del Nitrógeno: Proteasa, Nitrogenasa, Ureasa, Amidasa (0.98, 0.95, 0.86 y 0.85 respectivamente).
- La Deshidrogenasa correlacionó bien con la Lipasa e Invertasa (0.97 y 0.88) y con la Amidasa y Ureasa (0.89).
- Ciclo del fósforo: la Fosfatasa alcalina se correlacionó con la fosfatasa ácida (0.98).
- Ciclo del azufre: la Arilsulfatasa correlacionó con las fosfatasas (0.97).
- En la formación de sustancias húmicas intervinieron la Arilsulfatasa y las fosfatasas (0.99 y 0.95).

### Tratamiento de PMSL

- Ciclo del Carbono: Invertasa, Lipasa y Celulasa (0.90, 0.85, 0.79).
- Ciclo del Nitrógeno: Proteasa, Nitrogenasa, Amidasa y Ureasa (0.80, 0.73, 0.64, 0.62).
- Ciclo del fósforo: Fosfatasa alcalina y ácida (0.95, 0.83 con la amilasa).
- Ciclo del azufre: Arilsulfatasa (0.94).
- En la producción de sustancias húmicas intervinieron la Arilsulfatasa, Fosfatasa ácida, amilasa, fosfatasa alcalina (0.99, 0.99, 0.94 y 0.90).

### Tratamiento de PMCL

- Ciclo del Carbono: Amilasa, Lipasa, Invertasa (0.98, 0.94, 0.80).
- Ciclo del Nitrógeno: Proteasa, Ureasa, Amidasa, Nitrogenasa (0.91, 0.91, 0.89, 0.77).
- Tuvo buena actividad la Deshidrogenasa; la Arilsulfatasa correlacionó bien con las fosfatasas

(0.98) y en la formación de sustancias húmicas intervino la Arilsulfatasa, la Fosfatasa ácida y alcalina.

## CONCLUSIONES

La lombriz influyó en el proceso, ya que en los tratamientos donde se incluyó la lombriz (lombricompostaje) se observó mayor actividad de los microorganismos. La presencia de lombrices disparó las poblaciones del ciclo del nitrógeno pero inhibieron las del ciclo del carbono. Los resultados se explican con base en los hábitos alimenticios de las lombrices y las condiciones ambientales durante el experimento.

La presencia de lombrices redujo el número de bacterias, actinomicetos y hongos, ya que las lombrices reducen las poblaciones de estos grupos microbianos. Los cambios inducidos por las lombrices y el establecimiento de interacciones de competencia por nutrientes y depredación entre las lombrices y los grandes grupos microbianos pueden explicar dicho comportamiento. La presencia de la lombriz compostera (*Eisenia andrei*) en la paja de avena, subproducto del cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* en la paja molida y picada estimuló las actividades enzimáticas de los procesos de mineralización. Además la presencia de lombrices influyó en la producción de sustancias húmicas.

Es importante destacar que el tamaño de partícula influyó en el proceso, ya que en la paja molida (PM) al incrementarse la superficie específica del material, estimuló a las poblaciones microbianas y también la actividad enzimática fue mayor que en el caso de la paja picada (PP). La producción de ácidos húmicos fue más alta en los tratamientos con PM con respecto a los de la PP, a los que se les agregaron lombrices. Finalmente para el caso de los grupos de enzimas debemos resaltar la participación de la Fosfatasas y Arilsulfatasa que intervinieron en la producción de las sustancias húmicas.



## BIBLIOGRAFÍA

- Madrid, C. y Y. Castellanos. 1998. Efecto de activadores sobre la calidad de compostas elaborados con cachaza y bagazo de la caña de azúcar. *Venezuelos* 6(1 y 2):22–28.
- Quintero, L.R., R. Ferrera C., J.D. Etchevers B., N.E. García C., R. Rodríguez K., G. Alcántar G. y A. Aguilar S. 2003. Enzimas que participan en el proceso de vermicompostaje. *TERRA Latinoamericana* 21 (1): 73–80.
- Ruiz, F.J.F. 2011. Ingeniería del compostaje. Primera reimpresión. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Ed. de México.
- Sánchez H.R., V.M. Ordaz C., D.J. Palma L., J. Sánchez B. 2006. El vermicompostaje: elemento útil en la agricultura sustentable. Primera Edición. Colegio de postgraduados, Campus Tabasco. Fundación Produce de Tabasco, A. C. México. pág. 9.
- Silva, V.J.P., P. López M. y P. Valencia A. 2011. Recuperación de nutrientes en fase sólida a través del compostaje. Escuela de Ingeniería de los Recursos naturales y del Ambiente. Universidad del Valle–Facultad de Ingeniería. Colombia. En: <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/compostaje.pdf>. (Consultado: 08–10–2011).





# Avances en investigación sobre la biotransformación de residuos orgánicos

QUINTERO—LIZAOLA, R.

ZAPATA—ZUÑIGA, V. A.

Posgrado en Edafología

Colegio de Postgraduados

Campus Montecillo

Correo-e: quintero@colpos.mx

## RESUMEN

El trabajo consta de una revisión de información, previamente procesada, con el fin de reconocer los avances de los procesos de biodegradación de materiales orgánicos, realizados en el Colegio de Postgraduados en el área de Edafología; las primeras investigaciones datan de 1978 lo cual demuestra el interés por los investigadores por la aplicación de alternativas en el agro mexicano. Con el paso del tiempo se fueron sumando trabajos en diferentes áreas de la línea de investigación, todas con la intención de mejorar los procesos hasta ese momento conocidos, además de generar propuestas que apoyaran a los productores en los procesos de producción con el fin de reutilizar materiales orgánicos y mejorar las condiciones y propiedades físicas químicas y microbiológicas del suelo. Se separaron los trabajos de investigación en tres líneas, las cuales facilitaron la comprensión del trabajo de revisión, además de reconocer los avances de cada una de ellas con la idea de dar seguimiento a los procesos de investigación ya realizados, incluso explorar áreas que pocos han trabajado. La línea "A" se recopilaron estudios de la actividad microbiana y procesos de bio-transformación que ocurren en el compostaje; se encontraron 4 trabajos enfocados en la actividad y cuantificación de microorganismos y enzimas encontrados en los procesos de biodegradación aerobia de materiales orgánicos. Para la línea "B" se enfocó en la elaboración de abonos orgánicos con

diferentes materiales; aquí destaca los trabajos de uso de los residuos de la industria tequilera, papelera, y azucarera, para la elaboración de abonos orgánicos para su aplicación como mejoradores de la fertilidad del suelo. Por último la línea "C" donde hablan de la evaluación de materiales orgánicos previamente biodegradados, aplicados en cultivos y en el suelo, se identificaron 10 trabajos los cuales mencionan la importancia de incorporar materia orgánica para mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo, además de proporcionar beneficios de restauración de los mismos.

*Palabras clave:* biotransformación, composta, materia orgánica.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la sociedad humana ha venido creando un esquema de consumo donde es más importante los objetos adquiridos que las sentimientos y los valores inculcados; de tal manera que ha generado una enorme desperdicio de objetos útiles tanto orgánicos como inorgánicos, de tal manera que la cultura de reusó y reciclaje ha venido perdiendo fuerza por motivo de patrones de actitud en la sociedad humana. Para el caso de los residuos orgánicos se desechan de las grandes urbes diariamente un sinnúmero de toneladas de materiales orgánicos provenientes principalmente de mercados, agroindustrias y hogares, los cuales generan problemas sanitarios a la sociedad en general. Es por ello que se viene reactivando el modelo del reciclaje de materiales orgánicos a partir de procesos de biodegradación aerobia llamado compostaje y posteriormente vermicompostaje con uso de lombriz roja californiana, como estrategia de transformación de residuos orgánicos que benefician a los suelos pobres en fertilidad y estructura.





En este tenor el Colegio de Postgraduados en particular el posgrado en Edafología se han preocupado por la situación, lo cual desde 1978 ha venido realizando investigaciones sobre elaboración y uso de materiales orgánicos para la mejora de la composición de los suelos, retomando las experiencias de las antiguas culturas sobre el uso de procesos de compostaje, las cuales vinieron a hacer un cambio en la agricultura ya que emplearon proceso de reciclaje de nutrientes a partir de los tejidos vegetales y animales procedentes de los excedentes de cosecha y residuos de hogares, para posteriormente ser aplicados a los cultivos de traspatio. Trasladándonos a la actualidad, se han modificado los procesos y las herramientas de compostaje con el sentido de optimizar los procesos, de tal manera que el empleo de estas tecnologías dependerá el fin del producto, ya sea con interés socioeconómico, o simplemente autoconsumo.

El presente trabajo de investigación consta del estudio del estado del arte de la composta y vermicomposta. Se recopilaron 22 trabajos de investigación con diferentes temas de investigación pero todos utilizados de manera directa e indirecta la composta y vermicomposta. Se separó la información en tres líneas de investigación y se realizó un análisis detallado de cada trabajo:

- A) Estudio microbiano y procesos de biotransformación que ocurren en el proceso de compostaje.
- B) Elaboración de abonos orgánicos con diferentes materiales.
- C) Evaluación de materiales orgánicos aplicados en cultivos y suelo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se describió de manera breve los trabajos realizados en las diferentes líneas de investigación, se comenzó en orden que se mencionó anteriormente. Para la línea "A" el trabajo de investigación inició en 1987 con un experimento que constó de la aplicación de compostas y vermicompostas como fuente de material orgánico en los suelos como una alternativa factible para corregir

la baja fertilidad de estos; presenta ventajas adicionales sobre alguna característica físico-químicas del suelo, así como afectar positivamente la flora microbiana; teniéndose como experiencia la implementación de técnicas de reciclaje de estos estiércoles o materiales composteables, de los cuales el tratamiento de descomposición anaeróbica ha cobrado gran importancia, por ser un método económico y técnicamente atractivo. Es por ello que las líneas se han desarrollado bajo criterios factibles de investigación y sobre todo facilidad de establecer, los cuales tienen como objetivo obtener fertilizantes órgano-minerales a partir de la fermentación de microorganismos anaerobios y anaerobios que encontramos en estiércoles y subproductos de cosechas o industrias, al igual determinar la calidad nutrimental de estos materiales partiendo de análisis microbiológicos y evaluar agronómicamente sus aplicación bajo condiciones de campo e invernadero (Galván, 1987).

Dentro de la misma línea de investigación se estableció dos experimentos para estudiar el efecto de la inoculación de rizobacterias y micorrizas arbúsculares; adicionando vermicomposta en lechuga (*Lactuca sativa* L.), con la finalidad encontrar diferencias altamente significativas en la germinación de los tratamientos de semillas encontrando a la cepa *Hafnia alvei* (P-3) como promotora de la germinación en más de 36.5 por ciento con respecto al testigo; también se encontraron cepas que inhibían la germinación, tales como *Pseudomonas aeruginosa* (7PS y 11PS) en segundo término se evaluó el efecto interactivo de la cepa bacteriana R1B, hongo micorrízico y vermicomposta, en el crecimiento y fotosíntesis de lechuga encontrándose que la inoculación de dicho hongo disminuye la población de cepa bacteriana. En las dos fechas de muestreo, los tratamientos M+V (30dds) y B+M+V (90 dds) fueron los que incrementaron significativamente el área foliar, peso fresco y seco de la parte aérea; y volumen radical (Díaz, 1998).

Como parte de la elaboración de proceso de compostaje es necesario comprender la intervención de factores controlados y no controlados para la fermentación de la materia orgánica, es el





caso del trabajo donde se evaluó la Aireación Forzada (AF) y Aireación Manual (AM) en la dinámica de la temperatura, humedad, pH, conductividad eléctrica (CE), respiración microbiana, poblaciones de celulíticos, lignolíticos, amilolíticos, coliformes totales (*Escherichia coli*), dinámica de nitrógeno total e inorgánico ( $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ ) y P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn y Mn totales, porcentaje de descomposición, pesos específico, carbono de los ácidos húmicos y fúlvicos, así como la toxicidad de la composta en la germinación de 15 especies hortícolas (Velasco, 2002).

Al igual saber la actividad microbiana que se encuentra actuando en el proceso de descomposición de la materia es importante de analizar y evaluar; es el caso de la investigación dinámica enzimática del proceso de compostaje y vermicompostaje (compostaje con incorporación de la lombriz *Eisenia andrei*) de paja de avena, molida y picada. Veintitrés, 46, 69, 92, 115 y 148 días después de adicionadas las lombrices, se tomaron muestras en todos los tratamientos para medir la actividad de las enzimas: proteasa, amidasa, ureasa y nitrogenasa. La actividad de esas enzimas fue mayor en los tratamientos con lombrices que en los que no se aplicó el anélido. La actividad enzimática disminuyó en relación directa con la madurez de la composta. La paja molida aceleró los procesos enzimáticos (Quintero, 2002).

La línea investigación "B" comenzó con la evaluación agronómica de desechos agrícolas y agroindustriales con diferentes relaciones carbono / nitrógeno, con el propósito de determinar la calidad del fertilizante con nitrógeno de seis desechos agrícolas y agroindustriales, concretamente estiércol vacuno, estiércol de gallina, estiércol porcino, paja de arroz, pulpa de café y cachaza, tanto aplicada como complementada con materiales nitrogenados o carbonados, para encontrar la más eficiente relación C/N en cuanto a la utilización de nitrógeno por planta (Polanco, 1987). En la industria tequilera en el estado de Jalisco la producción de residuos orgánicos provenientes del proceso de destilación de la piña de agave tequilero son enormes es por ello que se realizó una investigación donde se estudiaron los procesos de biodegradación del bagazo, con fin de proponer el

manejo adecuado y eficiencia, mediante el estudio de la dinámica de los grupos microbianos con actividades fisiológicas específicas en el ciclo de carbono y del nitrógeno, que participan durante la biotransformación del bagazo de agave tequilero, así como la utilización como sustratos orgánicos para contenedor económicamente redituable (Rodríguez, 2004).

Sobre la aplicación de la composta y vermicomposta al suelo y su efecto que genera estos en la composición nutrimental y estructura; se inició el proceso de investigación con seis muestras de vermicompostaje de mezclas elaboradas a partir de nopal, paja y estiércol, evaluando el efecto de las dos mejores mezclas en un Adisol teniendo al maíz como cultivo indicador. Las dos mezclas fueron seleccionadas como las mejores debido a los resultados en relación a su mejor vermicompostaje dado por el tamaño de partículas y su contenido nutrimental. La segunda parte del experimento se evaluaron cuatro dosis de fertilización de fósforo y tres de abonos orgánicos, dos vermicompostas y gallinaza, en dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo. Los tres abonos orgánicos presentaron mayores incrementos en altura de planta, diámetro de tallo y biomasa total que las dosis de fertilización química. La gallinaza fue mejor abono orgánico numéricamente aunque igual estadísticamente a los vermicomposts de nopal (Bello, 2003).

Posteriormente del proceso de producción de materia prima los residuos de materiales orgánicos empleados es necesario darle una utilidad con el fin de optimizar los insumos utilizados es el caso de caracterización del vermicompost proveniente de los residuos de paja de cebada subproducto del hongo *Pleurotus ostreatus* (1780 g) más estiércol de ganado bovino (0, 190, 250 y 380 g) y se evaluó su madurez. Se manejaron tres tratamientos con tres repeticiones. El experimento permaneció durante 235 días bajo condiciones semi controladas. Se midieron parámetros de humificación (ácidos húmicos y fúlvicos y relación  $E_4:E_6$ ) y en relación carbono: nitrógeno (C:N) fue mayor de 30 en todos los tratamientos y la relación  $E_4:E_6$  mayor a de 5. La concentración de N no se incrementó al aumentar la dosis de estiércol



en los tres tiramientos, y el porcentaje de C disminuyó. Los resultados muestran que la relación C:N y  $E_4:E_6$  no son buenos indicadores para la evaluar la madurez del vermicompost producido. En general, todos los tratamientos incrementaron la concentración de micronutrientes, macronutrientes y la conductividad eléctrica (CE); ya que al inicio la CE de la paja era de 3.48 y del estiércol 4.64 dSm<sup>-1</sup>, pero al final del proceso en el testigo y los tratamientos fue alta 10.71, 10.27, 9.53, 7.98 dSm<sup>-1</sup>. Se obtuvo un pH de 6.5 a 7.5, éste rango es adecuado para el crecimiento y desarrollo de la mayoría de los cultivos (Morales, 2007).

Para el mejoramiento de la estructura física y química del suelo, se evaluó el efecto de la vinaza y composta de cahaza, sobre la nutrición del cultivo, el rendimiento de caña, la calidad de los jugos y en el análisis comparativo de los costos de su uso como abono orgánico. El experimento fue realizado en el ingenio Pujilitic, en Chiapas, México. Los tratamientos evaluados fueron vinaza de 150 y 250 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, fertilización química NPK (160-80-80), composta de cachaza de 15t/ha<sup>-1</sup> y un testigo, utilizando análisis de varianza. Los resultados muestran que las aplicaciones de vinaza y composta no afectaron el pH, la conductividad eléctrica ni la capacidad de intercambio catiónico del suelo. Se observó que los tratamientos de vinaza de materia orgánica, K y P en el suelo (Hernández, 2008).

Para disminuir el impacto de las industrias en el medio semiurbano, en este caso la industria papelera se han generado estrategias para tratar sus residuos, el cual consiste en una primera etapa del aislamiento y selección de microorganismos celulolíticos y posteriormente, la preparación de un inóculo constituido por los microorganismos seleccionados. Finalmente, se desarrolló un proceso de compostaje de residuos, en el cual se registró durante 120 días el cambio de temperatura, pH y el porcentaje de humedad. Se instalaron 24 pilas, resultantes de seis tratamientos con cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en la adición de tres distintas fuentes de nitrógeno (sin, 2.5 por ciento KNO<sub>3</sub> y 10 por ciento pollinaza), y dos concentraciones de aceleradores microbianos (sin y 1 por ciento de inóculo).

Durante el compostaje se evaluó la dinámica microbiana celulolítica y total, y el análisis de elementos mayores (C, N, P y K). Al término de la etapa de estabilización se determinó el porcentaje de degradación y el índice de germinación (IG) de *Lactuca sativa*, *Brassica oleraceae* var. Itálica y *Phaseolus vulgaris* para evaluar posibles efectos tóxicos de las compostas. Se presentó una fase termófila de poca duración (7 días) al inicio del proceso de compostaje (Baca, 2009).

En el mismo tenor, sobre la contaminación por residuos en zonas semiurbanas, solo que con otro tipo de materiales, en este caso por estiércol de las unidades de producción de bovinos en el municipio de Texcoco el cual constituyen una fuente de contaminación en la zona, por pérdidas de nutrimentos. El presente trabajo evaluó, la situación actual de producción y manejo de los estiércoles; estableció la ubicación en el municipio de Texcoco de los principales centros productores de estiércol, se investigó el destino y uso, se implementó el manejo con aditivos (paja, suelo y una cubierta de plástico) para reducir la pérdida de nutrimentos.

Para la investigación primero se hicieron una serie de encuestas en diferentes comunidades para ubicar las granjas con sistemas intensivos y de traspato, y tener el número de animales existentes por cada unidad de producción y así estimar la cantidad de estiércol producido tanto en los sistemas intensivos como los sistemas de traspato, se conoció el uso, manejo y el destino de la producción de estiércol de los diferentes sistemas, de cada unidad de producción se procedió a tomar una muestra de estiércol fresco y una muestra de estiércol del que tienen amontonado por más de tres meses (seco, una segunda fase se estableció el experimento de los estiércoles para probar efecto de los aditivos con el objetivo de evaluar la reducción de nutrimentos, a nivel de laboratorio se determinó la cantidad de nitrógeno, fósforo, pH, conductividad eléctrica y carbono total, con el uso de los aditivos se pudo comprobar que se puede reducir la pérdida de los nutrientes y el manejo en fresco de manera inmediata y evitar la contaminación de los mantos freáticos y el ambiente. Se conoció la producción





de los estiércoles en Texcoco. En los sistemas de traspatio no se tiene un manejo inmediato de estiércoles. En los sistemas intensivos de bovinos lecheros se hace incorporación del estiércol para la producción de los forrajes (Mediana, 2010).

Sobre la línea "C" de investigación el cual propone la evaluación de composta y vermicomposta aplicada en cultivos y como mejoradores del suelo. En México se han hecho una serie de investigaciones, con respecto a la adición de materiales orgánicos sin tratamiento para el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo; un ejemplo es el trabajo sobre las relaciones existentes entre algunas componentes físicas y químicas; además de los cambios que se producen en los suelos, por la aplicación de dosis elevadas de fósforo y gallinaza durante nueve años y el comportamiento físico-químico de algunos nutrimentos, con lo que se pretende buscar una explicación a las transformaciones que se presentan por dicho manejo, en suelos provenientes de cenizas volcánicas y que conducen a una mayor productividad de los suelos de Casas Blancas; las propiedades y caracterización analizadas fueron: pH con tres medios de suspensión (aguas destilada, CaCl 0.01 M y KCL 1 N), capacidad de intercambio catiónico, cationes intercambiables (calcio, magnesio, potasio, sodio, aluminio y hierro), materia orgánica, fósforo inorgánico, capacidad máxima de adsorción y constante de energía de retención de fósforo (isotermas de Lagmuir), análisis mecánico, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y por último se calculó el porcentaje de humedad aprovechable (Gutiérrez, 1980).

Los primeros trabajos de aplicación de productos orgánicos para mejorar la fertilidad del suelo de la sierra tarasca Michoacán, se inicio con un experimento que comprendo pruebas de invernadero y laboratorio se empleo ácido oxálico a 5 dosis: 0, 100, 300, 600 y 900 kg/ha; con 3 dosis de  $P_2O_5$ : 0, 100 y 300 kg/ha, reportándose que el ácido oxálico no redujo al porcentaje de fijación de fósforo; en invernadero se observo que no fue posible romper el estanciamiento en el crecimiento en el crecimiento de la lechuga que se presenta cuando crecen en esos suelos. Se vio que con las dosis

de 100 y 300 kg/ha de  $P_2O_5$  y las 5 de ácido oxálico se desarrollaron curvas sigmoidales. Con 0 kg/ha de  $P_2O_5$  después del crecimiento inicial logrando en la 1er. semana, se presentó una inhibición hasta el momento de cosechar. Las pruebas de laboratorio ratificó lo encontrado en invernadero, y así se tiene que ningún caso hubo caso hubo aumento en la cantidad de fósforo aprovechable (Puente, 1978).

Los materiales aplicados en diferentes cultivo muchas veces se han reportado como éxitos solo que nada más a sido empírico, es el caso de la investigación donde se estudió el efecto combinado de la fertirrigación nitrogenada y aplicaciones de estiércol bovino sobre el rendimiento y calidad de tomate de cáscara en invernadero. El experimento bajo condiciones de invernadero fue conducido en el campo experimental de la Universidad Autónoma Chapingo en Chapingo, México, durante el verano de 2000. Se evaluaron cuatro niveles de nitrógeno (N); 0, 80, 160 y 240 kg ha<sup>-1</sup> y cuatro niveles de estiércol bovino (EB) 0, 4, 8 y 12 t ha<sup>-1</sup>. El factor nitrógeno afectó significativamente a la mayoría de las variables estudiadas. Los valores máximos de altura de planta, número de entrenudo, frutos inmaduros y unidades SAPD se presentaron con 160 y 240 kg de N ha<sup>-1</sup>. En frutos cosechados y materia seca el nivel de 240 kg de N ha<sup>-1</sup> presento los valores más altos por corte y total con 21.0 y 74 frutos planta<sup>-1</sup> superando en 358.5 y 345.8 por ciento al testigo (Ramos, 2001).

El estiércol es de los principales materiales orgánicos registrados, como parte esencial de la elaboración de compostas y vermicompostas, al igual en la aplicación directa a los cultivos, obteniendo resultados favorables en la producción y en la estructura del suelo. El empleo del estiércol en fresco mediante un extracto como solución nutritiva es una alternativa de manejo que contribuye a reducir los problemas de contaminación que estos materiales provocan a los cuerpos naturales de agua y permite reutilizar los nutrimentos que contiene. Se usó el extracto líquido de estiércol de bovino (ELEB) como solución nutritiva en la nutrición de jitomate y chile morrón. En un primer experimento el ELEB fue acidulada con ácido fosfórico y ácido cítrico, con dos niveles de



conductividad eléctrica (CE): 1.8 y 3.6 dS m<sup>-1</sup>, en el riego de jitomate. El segundo experimento consistió en acidular al ELEB con ácidos orgánicos: cítrico y acético, y ácidos inorgánicos: nítrico y fosfórico, a una CE de 2.0 dS m<sup>-1</sup>. En el tercer experimento el ELEB se trató de tres diferentes maneras: a) ELEB fermentado y crudo; b) ELEB sin y con el complemento de fertilizantes inorgánicos, y c) ELEB con CE de 2.0 y 4.0 dS m<sup>-1</sup> se usó la solución nutritiva de Steiner como testigo.

Los resultados encontrados en el primer ensayo indicaron una superioridad del ELEB acidulado con ácido fosfórico como fuente nutrimental en la producción de jitomate y se concluye que el ELEB acidulado con ácido fosfórico como fuente nutrimental en la producción de jitomate y se concluye que el ELEB tratado con ácido cítrico es deficiente en N, P, Ca y S. Los resultados del segundo experimento los resultados mostraron que los ácidos orgánicos agregados al ELEB influyen de manera negativa en la disponibilidad de amonio, calcio y hierro; se concluye que el ácido nítrico es el mejor acidulante del ELEB ya que además de bajar el pH aporta N a la solución. El tercer experimento mostró que el ELEB crudo tiene un comportamiento similar al fermentado en la producción de materia seca, rendimiento de fruto e índice de productividad el agua; sin embargo, hubo ligera superioridad del ELEB fermentado en contenido de sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT) y firmeza (F) del fruto (Capulín, 2004).

Después de haber documentado los resultados de los beneficios que generaba la incorporación de materiales orgánicos sin tratar al suelo, y haber analizado las diferencias significativas entre materiales no madurados y la composta la cual tiene amplias posibilidades de elaborarse, a la vez que va acorde con una agricultura sustentable y productiva de hortalizas con mayor inocuidad alimentaria. Es por ello que durante el ciclo 2003–04 se realizó un estudio en Celaya, Guanajuato, con propósito de evaluar el uso de injerto (factor A) en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), variedad Gironda sobre Maxifort. Las plantas se establecieron en tres medios de desarrollo (factor B): cultivo sin suelo (CSS), suelo (S) y suelo + composta (S+C), en el que incorpora 100 t ha<sup>-1</sup>

de composta elaborada con residuos de cultivo de champiñón (*Agaricus bisporus*). En planta se cuantificó rendimiento total, rendimiento comercial y diámetro ecuatorial del fruto. Se determinó la concentración de nutrimentos en tejidos foliar y extracto celular de peciolo (ECP) de la hoja más recientemente madura (HMRM). En S y S+C se midieron las poblaciones de nematodos y patógenos para determinar su impacto sobre la sanidad del cultivo. El tratamiento CL/S+C obtuvo el mayor rendimiento comercial (37.9 Kg m<sup>2</sup>) que superó ( $p \leq 0.01$ ) a todos los demás. Los tratamientos SL/S y SL/CSS obtuvieron los menores rendimientos (23.5 y 22.8 kg m<sup>2</sup>, respectivamente), siendo estadísticamente menores iguales entre sí. Las diferencias se atribuyeron al injerto, al medio de desarrollo al aporte de agua y nutrimentos. En los tres medios de cultivo, las plantas injertadas absorbieron mayor cantidad de nitratos respecto a la planta sin injerto (Guillén, 2006).

Para probar la eficiencia de la composta se comparó un sistema hidropónico convencional (inorgánico) y otro propuesto como alternativo (orgánico). En este ensayo la planta se ubicó en un sustrato inerte (tezontle) y sobre este se colocó un abono orgánico, el cual nutre la planta. Los tres abonos orgánicos fueron gallinaza, lombricomposta y estiércol de bovino dosificado a tres niveles casa no (100, 200, 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno mineral) utilizando como testigo la solución nutritiva de Steiner, se incluyeron también tres tratamientos en los cuales se incorporó el nivel dos de cada uno de los abonos con el sustrato. En total se generaron 13 tratamientos: solución Steiner, gallinaza superficial nivel 1, 2 y 3, lombricomposta superficial 1, 2 y 3, estiércol bovino superficial nivel 1, 2 y 3, gallinaza incorporado nivel 2, lombricomposta incorporada nivel 2 y estiércol bovino incorporado nivel 2. Como planta indicadora se utilizó chile “güero” (*Capsicum annum* L.) cv. Santa Fe Grande (Cuervo, 2010).

Los sistemas de producción hidropónicos se han propuesto la sustitución de los medios de crecimiento no renovables, como turbas, por las mezclas con vermicomposta de materiales diversos. En tomate se ha demostrado que las mezclas con vermicomposta influyen en el crecimiento,





rendimiento y calidad de los cultivos; sin embargo, la evaluación de las mezclas de sustratos en general, se han llevado a cabo mediante propuestas aisladas no sistematizadas. Por ello los objetivos de la presente investigación fueron determinar a través de un programa de optimización en SAS, mezclas de vermicomposta con tezontle que resulten en la mejora de las características físicas y químicas del sustrato para el crecimiento del tomate en invernadero; y reducir la fertilización inorgánica mediante la combinación del uso de mezclas de tezontle-vermicompost con fertilización química sin disminuir el crecimiento, rendimiento y calidad postcosecha de frutos de tomate (Crespo, 2010).

Un sub producto de la vermicomposta con potencial para fertilización son los efluentes, o también conocidos como lixiviados que han sido empleados de manera empírica por los campesinos quienes han observado su potencial como fertilizante foliar, en otras ocasiones es utilizado durante la floración para asegurar el amarre del fruto, por ello que en parcelas de guayabo al oriente del estado de Michoacán se propone como alternativa la utilización de sustratos húmicos (SH) aplicadas al follaje y al suelo y evaluar sus efecto sobre la absorción de nutrimentos y calidad comercial del fruto en guayabo, lo que contribuye al anejo orgánico del cultivo, impulsado por autoridades estatales y federales. La presente investigación se realizó en tres huertas de guayabo (La Esperanza, La Loma y El Camaleón ubicados en el estado de Michoacán, en diferentes etapas de producción. En general el SH incremento el contenido de N, Zn, Cu, Fe en el follaje y P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y B en fruto de guayaba, los diámetros polar y ecuatorial, peso individual, firmeza y grosor de cáscara también fueron más altos con la utilización de SH (Gutiérrez, 2009).

Al igual se evaluó el efecto de la aplicación simple y combinada de extractos de vermicomposta y solución de Steiner a cinco concentraciones (0, 25, 50, 75 y 100 por ciento v/v, respectivamente para cada factor), sobre la concentración nutrimental en hojas, producción de biomasa seca, crecimiento vegetativos y calidad de postcosecha de lechuga (*Lactuca sativa* var. Longifolia

cv. Parris Island) en un sistema hidropónico. Los resultados mostraron que la aplicación individual de dosis bajas de extractos de vermicomposta incrementaron los valores de todas las variables medidas. Sin embargo, este efecto se tornó negativos conforme se incrementó la concentración de extractos de vermicomposta. Se observaron también efectos positivos de bajas concentraciones de extractos de vermicomposta adicionada con bajas concentraciones de la solución de Steiner. Sin embargo, al aumentarse el nivel de ambos factores se observan efectos negativos, los cuales fueron pronunciados conforme se incrementó la concentración de extractos de vermicomposta. Estos efectos negativos pueden estar asociados a los valores altos de conductividad eléctrica para los tratamientos con los niveles más altos de ambos factores (Jiménez, 2008).

En el mismo sentido, se han utilizado un sin fin de productos orgánicos los cuales han tenido resultados positivos es el caso de evaluación del efecto de los efluentes anaerobios sólidos y líquidos de estiércol, en el desarrollo del cempoalxóchitl (*Tagetes patula* L.). El estiércol fue sometido a fermentación empleando, cinco digestores cuantificándose las poblaciones anaerobias formadoras y no formadoras de endosporas a los 0, 15, 30 y 45 días de incubación (DI). Se realizaron diluciones seriadas de las muestras, inoculándose alícuotas de 0.1 mL-1 sobre placas de agar para anaerobios. Éstas fueron incubadas en una cámara de anaerobiosis mantenida a 28 °C, y las unidades formadoras de colonias (UFC) fueron cuantificadas a las 48 horas. Las poblaciones formadoras y no formadoras de endosporas se incrementaron a los 15 DI, se observó una ligera disminución de anaerobios no formadores de endosporas a los 30 DI. No obstante ambas poblaciones alcanzaron su estabilización a los 45 DI (Suárez, 2001).

## CONCLUSIONES

Los aportes de los trabajos de investigación hasta ahora realizados van directamente generados a fortalecer la ciencia básica del proceso de biodegradación de materiales orgánicos, para la producción



de abonos orgánicos, y solo algunos están dirigidos a la aplicación de la tecnología generada en el COLPOS. El resultado de la recopilación de información será de gran utilidad para posteriores trabajos de investigación relacionados con los procesos de biodegradación de materiales orgánicos dedicados a la producción de alimentos en el campo.

Los trabajos hasta hoy realizados en cuanto actividad microbiana se ha encontrado una serie de microorganismos que han identificado en los procesos de biotransformación como son rizobacterias y micorrizas arbusculares, las cuales fueron probadas en lechuga para conocer los porcentajes de germinación, las cuales encontraron cepas que inhibían la germinación, tales como *Pseudomonas aeruginosa*. También se trabajó con los intervenciones de factores controlados y no controlados para la fermentación de la materia orgánica, donde se evaluó la Aireación Forzada y Aireación Manual en la dinámica de la temperatura, humedad, pH, conductividad eléctrica, respiración microbiana, poblaciones de celulíticos, lignolíticos, amilolíticos, coliformes totales; se cuantificó al igual la dinámica enzimática del proceso de compostaje y vermicompostaje con diferentes materiales orgánicos; estos trabajos demuestran que aún hay un amplio campo de exploración en lo que respecta a la actividad microbiana de los procesos de biotransformación para uso en la agricultura.

Para la línea B los resultados son mayúsculos, ya que se han hecho más trabajos aplicables, con el sentido de solucionar problemáticas que aquejan a la sociedad, lo cual inicia con la comprobación del comportamiento de seis desechos agrícolas e industriales con el propósito de determinar la calidad de los abonos orgánicos producidos; al igual se realizaron trabajos con residuos de la industria tequilera, papelera y azucarera, todas con el fin de establecer una utilidad a los desechos generados por su industria, también se trabajó con residuos de la producción de hongos comestibles, y de nopales, con el mismo sentido de optimizar los recursos ahí presentes. Esto demuestra que hay mayor interés por la solución de problemas, que por la generación de ciencia básica.

La línea C, las aportaciones han sido considerables ya que se han empleado una serie de

estrategias que se utilizaron para mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo, es el caso de la aplicación de estiércoles crudos que han sido empleados sin medida y han traído problemas de composición química, lo cual han trabajado los investigadores para reconocer los daños generados. Posteriormente se trabajó con aplicaciones de abonos orgánicos con diferentes tratamientos para conocer el efecto que estos tienen a corto, medio y largo plazo, los resultados obtenidos en su mayoría son a corto plazo los cuales se ven cuantificados en rendimiento, esto quiere decir que hace falta que se evalúen a mayor tiempo, lo cual con el fin de conocer sus aportaciones a la composición física y química del suelo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Baca-Sánchez, G.R. 2009. Compostaje para el tratamiento de residuos celulósicos derivados de la industria papelera. Tesis de Maestría en Ciencia, Especialidad en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Pp. 1.
- Bello-Hernández, J. Vermicompostaje de nopal y su evaluación en la disponibilidad de fósforo en un Andisol. Tesis de Maestría en Ciencia, Especialidad en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Pp. 1.
- Capulín-Grande, J. Uso de extracto de líquido de estiércol de bovino en la producción de hortalizas y cambios de solubilidad nutrimental al acidularse con ácido orgánico e inorgánico. Tesis de Maestría en Ciencia, Especialidad en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Pp. 1.
- Cruz-Crespo, E. 2010. Mezclas de vermicompost y tezontle, diseñadas mediante un programa de SAS, para el cultivo de tomate bajo invernadero e hidroponía. Tesis de Maestría en Ciencia, Especialidad en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Pp. 1.
- Cuervo-Osorio, V. 2010. Abonos orgánicos como insumo de nutrición vegetal en un sistema hidropónico alternativo. Tesis de Maestría en Ciencia, Especialidad en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Pp. 1.





- Díaz-Vargas, P. 1998. Biofertilización de cultivos de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con bacterias promotoras de crecimiento, micorrizas arbusculares y vermicomposta. Tesis de Maestría en Ciencia, Especialidad en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Pp. 1.
- Galván-Quiroga, R.A. 1987. Elaboración y evaluación de fertilizantes órgano-minerales a partir de la fermentación anaeróbica de estiércol vacuno. Tesis de Maestría en Ciencia, Especialidad en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Pp. 1.
- Gutiérrez-Castañeda, I.J. Sustancias húmicas: efectos sobre absorción nutrimental y calidad de fruto en guayabo. Tesis de Maestría en Ciencia, Especialidad en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Pp. 1.
- Gutiérrez-Rodríguez, E. 1980. Efecto de la aplicación de abonos orgánicos e inorgánicos sobre las propiedades químicas y físicas de un suelo ando. Tesis de Maestría en Ciencia, Especialidad en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Pp. 1.
- Hernández-Melchor, G.I. 2007. Vinaza y composta de cachaza como fuentes de NPK en caña de azúcar. Tesis de Maestría en Ciencia, Especialidad en Producción Agroalimentaria en el Trópico. Cárdenas, Tabasco, México. Pp. 1.
- Jiménez-Morales, V.D. 2008. Materiales orgánicos en la producción de porta injertos de cítricos en vivero. Tesis de Maestría en Ciencia, Especialidad en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Pp. 1.
- Medina-Lara, M.S. 2010. Situación actual de la producción y manejo de estiércol en el municipio de Texcoco. Tesis de Maestría en Ciencia, Especialidad en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Pp. 1.
- Morales-Hernández, É. 2007. Índice de maduración y caracterización del vermicomposta. Tesis de Maestría en Ciencia, Especialidad en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Pp. 1.
- Polanco-Sánchez, C.A. 1987. Evaluación agronómica de desechos agrícolas y agroindustriales con diferentes relaciones carbono / nitrógeno. Tesis de Maestría en Ciencia, Especialidad en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Pp. 1.
- Quintero, L.R. 2002. Formación de humus y dinámica enzimática en el proceso de vermicompostaje. Tesis de Doctorado en Ciencia, Especialidad en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Pp. 1.
- Ramos-Lara, C. 2001. Fertirrigación nitrogenada y aplicación de estiércol de bovino en tomate de cascara (*Pyysalis ixocarpa* Brot) en invernadero. Tesis de Maestría en Ciencia, Especialidad en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Pp. 1.
- Rodríguez-Guillén, A. Injerto y composta para la producción intensiva de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) bajo condiciones de suelo y cultivo sin suelo invernadero. Tesis de Maestría en Ciencia, Especialidad en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Pp. 1.
- Rodríguez-Macías, R. 2004. Desarrollo y caracterización de sustratos orgánicos a partir del bagazo de agave tequilero. Tesis de Doctorado en Ciencia, Especialidad en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Pp. 1.
- Salustio-Santamarina, R. 2000. Escalamiento de los procesos de compostaje y vermicompostaje aspectos. Tesis de Maestría en Ciencia, Especialidad en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Pp. 1.
- Suárez-Natera, E. 2001. Aplicación del efluente anaerobio de estiércol bovino en el desarrollo de cempoalxochitl (*Tagetes patula* L.). Tesis de Maestría en Ciencia, Especialidad en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Pp. 1.
- Velasco-Velasco, J. 2002. Alternativa tecnológica de reciclaje de los desechos orgánicos del coligió de posgraduados. Tesis de Maestría en Ciencia, Especialidad en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Pp. 1.
- Puente, B.J.A. 1978. Efecto de Algunos ácidos orgánicos sobre la disponibilidad del fósforo en suelos de la sierra tarasca. Tesis de Maestría en Ciencia, Especialidad en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Pp. 26-27.









# Salinidad y actividad enzimática en suelos orgánicos

REYES-ORTIGOZA, A.L.

ARROYO-MARTÍNEZ, C.

ARREGUÍN-BUCIO, M.

Laboratorio de Edafología

Facultad de Ciencias

Departamento de Ecología y Recursos Naturales

Universidad Nacional Autónoma de México

Correo-e: amadalaurea@ciencias.unam.mx

## RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en suelos de Xochimilco, San Gregorio Atlapulco y Tláhuac, con el objetivo de ver el efecto de la salinidad sobre la actividad enzimática en suelos ricos en materia orgánica. Se hizo un muestreo sistemático construyendo una malla en el área de estudio. Hubo un total de 75 muestras colectadas, de las cuáles se seleccionaron 17 con conductividad eléctrica (CE) contrastante 2 dS m<sup>-2</sup> (Grupo A) y 20 dS m<sup>-2</sup> (Grupo B). En las muestras se determinaron pH, CE e iones solubles (carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, calcio, magnesio, sodio y potasio), nitrógeno y carbono total, además de la actividad enzimática de ureasa, fosfatasa, glucosidasa, catalasa y deshidrogenasa. Se encontró que la actividad de glucosidasa, ureasa y catalasa fue muy semejante entre los dos grupos de suelos (A y B) mientras que la fosfatasa y la deshidrogenasa fue diferente estadísticamente entre los dos grupos de suelos. La fosfatasa fue más alta en el grupo A, mientras que la deshidrogenasa fue más activa en el grupo B. Estas respuestas indican mejor disponibilidad de fósforo en suelos no salinos y alteración metabólica en la actividad respiratoria de los microorganismos en suelos salinos. Además las actividades de glucosidasa y ureasa semejantes se atribuyeron al elevado contenido de carbono y a la semejanza en contenidos de nitrógeno, esto implicó que en los suelos la riqueza de carbono actuó como amortiguador de la salinidad y por tanto la mineraliza-

ción del carbono es lenta. Esta relación se corroboró por la diferencia en CE en las muestras con base en la distribución espacial cada 500 m de los suelos, mientras que hubo contenidos semejantes de carbono en suelos con altas y bajas CE. Se concluyó, que el contenido de carbono, limita la degradación de los suelos y disminuye los efectos de la salinidad sobre la actividad de glucosidasa, ureasa y catalasa, pero no amortigua los efectos en la actividad de deshidrogenasa y fosfatasa.

*Palabras clave:* salinidad, actividad enzimática, chinampas.

## INTRODUCCIÓN

En la zona chinampera existen suelos que están contaminados por sales, debido al mal manejo con acumulación de desechos, al riego con aguas contaminadas, a la aplicación de fertilizantes y a la proximidad del área urbana. Sin embargo, el origen antrópico de estas chinampas que implicó acumulación de lodo extraído del fondo de la ciénega, así como la aplicación continua de espesos mantos de plantas acuáticas y estiércol o compostas han conferido características favorables a estos suelos, entre las que se pueden citar elevados porcentajes de materia orgánica hasta de 70g 100 g<sup>-1</sup> de suelo, altas capacidades de intercambio catiónico 90–100 cmol<sup>+</sup>kg<sup>-1</sup> que atenúan los efectos de salinidad (Reyes-Ortigoza y Calderón, 2004).

La materia orgánica actúa como amortiguador de cualquier tipo de contaminante debido a que está constituida tanto de moléculas orgánicas efímeras como de sustancias húmicas entre las que se pueden citar los ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas que en su estructura química tienen grupos funcionales carboxilo, fenólico, alcohólico y cetonas que retienen metales traza, iones salinos o moléculas tóxicas aromáticas provenientes de pesticidas (Sposito y Page, 1982). Con base en esto el objetivo del trabajo fue analizar que tanto modifica la salinidad la ac-





tividad enzimática en suelos con altos contenidos de materia orgánica, puesto que las enzimas son importantes dentro de numerosos procesos de catálisis en el suelo y se asocian íntimamente a la actividad microbiana y a la disponibilidad de nutrientes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en la zona chinampera Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco 19° 17'N 99° 04' W (considerada Sitio Ramsar 1363) y en los humedales de Tláhuac (Unidades UTM 503149 X 2133326 y) (PAOT, 2005; Ramsar, 2011; INECOL, 2002) (mapa 1). El muestreo fue sistemático construyendo una malla en el área de estudio que abarca aproximadamente 2700 hectáreas. Hubo un total de 75 muestras colectadas, de las cuáles se seleccionaron 17 muestras con conductividad eléctrica (CE) contrastante 2 y 20 dS m<sup>-2</sup>. Las 17 muestras de suelo con que se trabajó se ubicaron de acuerdo a su conductividad en dos grupos A y B, en el grupo A se ubicaron 6 suelos de conductividad baja y en el grupo B se ubicaron 11 suelos de conductividad alta.

Las muestras trabajadas corresponden a profundidades superficiales de 0 a 40 cm, se hicieron pastas de saturación para determinar pH, conductividad eléctrica e iones solubles (carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos), nitrógeno total, y carbono total (ISRIC, 2002). También se determinó la actividad enzimática de ureasa, fosfatasa, glucosidasa, catalasa y deshidrogenasa. Se hicieron 3 replicas por determinación. Las muestras para actividad enzimática, se conservaron en refrigeración, se tamizaron a 2 mm y se trabajaron en húmedo.

Los métodos utilizados para glucosidasa y fosfomonoesterasa ácida y alcalina, consisten en incubar el suelo con el sustrato p-nitrofenol. La ureasa utiliza urea y la coloración de amonio se efectúa con reactivo alcalino y Folin Ciocalteu's fenol 2N Sigma, se leen las muestras problema a 420 y 700 nm respectivamente. La catalasa se evalúa por descomposición de agua oxigenada y

valoración con permanganato y la deshidrogenasa por reducción de 2,3,5 Trifenil 2H tetrazolium a trifenilformazan (García et al., 2003).

Para los análisis físicos y químicos las muestras se secaron y tamizaron con malla de 2 mm el porcentaje de Carbono se determinó por el método de Walkley & Black, N por el método de Kjeldahl. Los análisis de salinidad CE, pH e iones salinos solubles se hicieron con base en los métodos convencionales. Con muestras secas tamizadas en malla de 2 mm iones solubles (Na<sup>+</sup> K<sup>+</sup> por espectroscopia de emisión de llama y Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> por titulación con EDTA 0.02 M), CO<sub>3</sub> y HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> por colorimetría y SO<sub>4</sub> por gravimetría. Con el programa estadístico SPSS se hizo análisis de varianza y prueba de Tuckey para ver diferencias significativas.

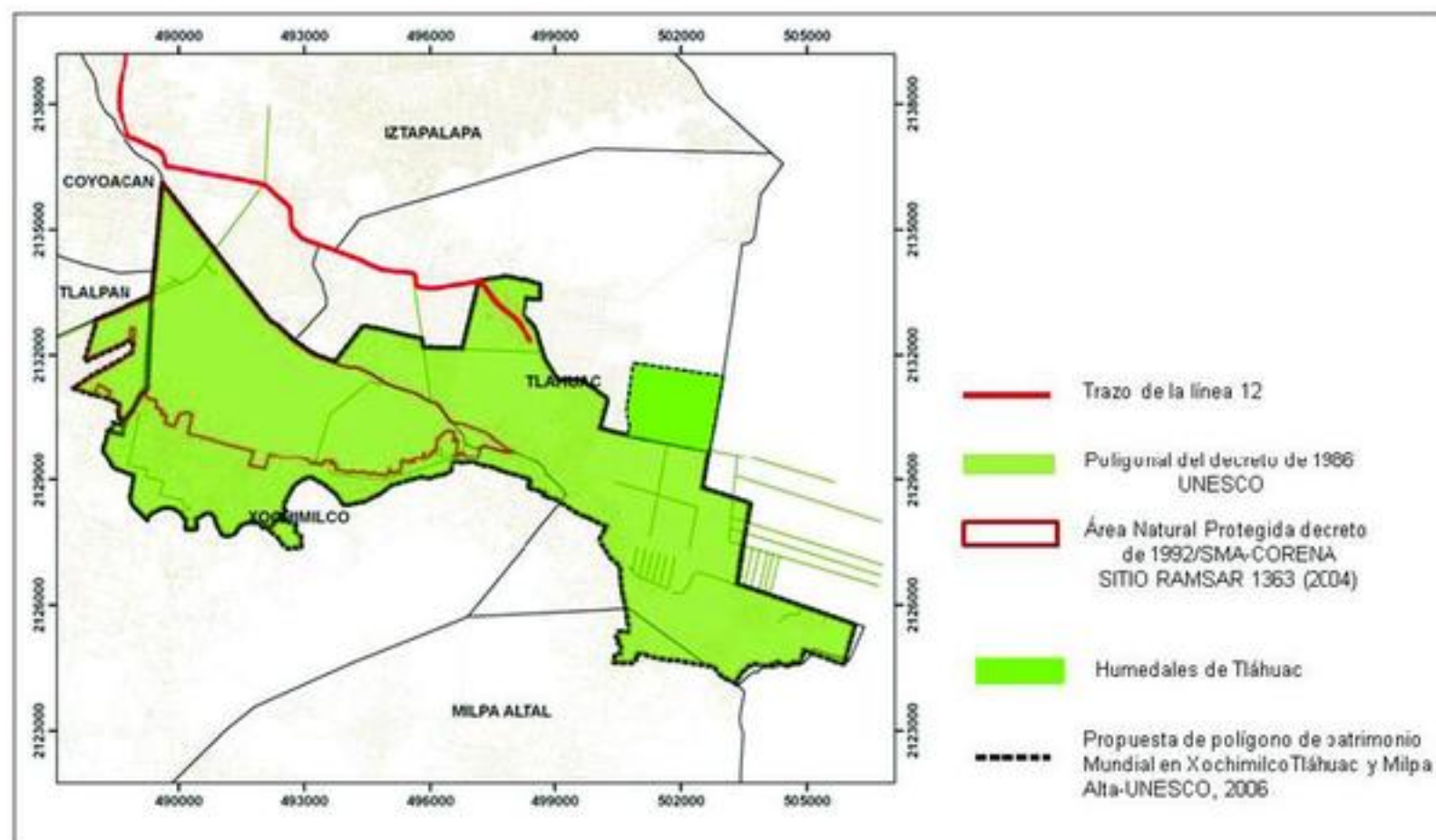
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en los resultados promedio de los dos grupos de suelo hubo diferencias estadísticamente significativas entre los suelos del Grupo A y Grupo B, puesto que la conductividad eléctrica (CE) de los suelos fue contrastante, el pH se diferenció por una unidad, los valores de carbono se diferenciaron por 4 g en 100 g de suelo y la relación C/N en 7 unidades. Los contenidos de nitrógeno fueron muy parecidos (tabla 1). La CE y el pH separaron claramente los suelos salinos (Grupo B) de los no salinos (Grupo A), características que se comprobaron con los contenidos de sales solubles (tabla 2).

La actividad enzimática de glucosidasa, catalasa y ureasa fue muy parecida en ambos grupos y no hubo diferencia estadística, sin embargo para las enzimas fosfatasa tanto ácida como alcalina y deshidrogenasa, si hubo diferencias significativas entre grupos. Ya que la actividad de glucosidasa, catalasa y ureasa se asocia a la degradación de compuestos que contienen carbono y nitrógeno la ausencia de diferencias estadísticas se atribuye a los contenidos de carbono extremadamente altos y a los contenidos semejantes de nitrógeno en ambos grupos de suelos (cuadro 1), lo que implica un efecto amortiguador de la materia orgánica.







Mapa 1. Zona de estudio.

nica contra las sales solubles, por tanto se limita la degradación de la materia orgánica, lo que se corrobora por las relaciones C/N que aunque presentaron diferencias estadísticas entre grupos ambas están en los rangos de suelos con poca mineralización.

La materia orgánica sin embargo no actúa de la misma forma en la actividad de fosfatasa asociada a la degradación de compuestos de fósforo, por tanto hay una respuesta de mayor sensibilidad a la salinidad. Esta mayor disponibilidad o mineralización de fósforo en los suelos no salinos (Grupo A) con respecto a los suelos salinos (Grupo B) implicaría una mayor productividad agrícola en suelos no salinos. La actividad de la deshidrogenasa fue sensible a la salinidad encontrándose una mayor actividad en los suelos salinos, por tanto hay una alteración de la actividad respiratoria de los microorganismos, ya que la deshidrogenasa está asociada a la cadena respiratoria y es la única enzima que se asocia a actividad intracelular de microorganismos. Mientras que la glucosidasa, fosfatasa y ureasa se asocia a su actividad en la solución del suelo. Por tanto, la salinidad altera la fisiología de los microorganismos.

Con base en el tipo de muestreo en una malla tomando puntos cada 500 m de distancia se observó que la distribución de la salinidad y contenido de nitrógeno si es cambiante de un punto a otro por ejemplo entre el punto B12 y D12 mientras que la concentración de carbono en los mismos puntos es muy semejante. Lo mismo ocurre entre los puntos E22, F22 y H22 o F23 y G23 ya que hay diferencias entre CE mientras que el contenido de carbono es semejante (cuadro 1). Igual ocurre entre los puntos de la línea E o de la línea F, pues se diferencian más en salinidad a distancias cortas y el contenido de carbono es muy semejante.

Estos datos implican también que aunque exista salinidad, la riqueza de materia orgánica o contenido de carbono limitan o hacen muy lenta la degradación, por lo mismo, la actividad enzimática de glucosidasa muy relacionada con la degradación de carbono es muy pobre y muy parecida en suelos no salinos (Grupo A) y salinos (Grupo B).



**CUADRO 1**  
**pH, CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, CARBONO, NITRÓGENO Y ACTIVIDAD ENZIMÁTICA**  
**EN SUELOS DE SAN GREGORIO, TLÁHUAC Y XOCHIMILCO**

| Muestra  | Lugar        | pH    | CE<br>dS m <sup>-2</sup> | % C    | % N   | C/N    | Glucosidasa<br>µg de PNO g <sup>-1</sup> suelo h <sup>-1</sup> | Fosfatasa<br>Ácida<br>µg de PNF g <sup>-1</sup> suelo h <sup>-1</sup> | Fosfatasa<br>Alcalina | Deshidrogenasa<br>µg TFP g <sup>-1</sup> suelo h <sup>-1</sup> | Catalasa<br>mmoles de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub><br>g <sup>-1</sup> suelo h <sup>-1</sup> | Ureasa<br>µg NH <sub>4</sub> g <sup>-1</sup> suelo h <sup>-1</sup> |
|----------|--------------|-------|--------------------------|--------|-------|--------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| B12      | San Gregorio | 3.2   | 2.96                     | 48.89  | 0.82  | 59.62  | 0.051                                                          | 4.25                                                                  | 3.79                  | 0                                                              | 1.34                                                                                         | 0.049                                                              |
| B17      | San Gregorio | 7.9   | 1.99                     | 12.28  | 0.74  | 16.59  | 0.13                                                           | 3.28                                                                  | 4.12                  | 13.08                                                          | 1.18                                                                                         | 0.034                                                              |
| B18      | San Gregorio | 7.8   | 1.93                     | 13.19  | 0.57  | 23.14  | 0.143                                                          | 2.45                                                                  | 3.15                  | 0                                                              | 1.13                                                                                         | 0.031                                                              |
| C17      | San Gregorio | 8     | 2.12                     | 11.83  | 0.82  | 14.43  | 0.049                                                          | 3.69                                                                  | 4.88                  | 58.18                                                          | 0.21                                                                                         | 0.014                                                              |
| F14      | San Gregorio | 7.9   | 1.91                     | 7.05   | 0.3   | 23.50  | 0.019                                                          | 1.01                                                                  | 1.83                  | 26.97                                                          | 0.95                                                                                         | 0.014                                                              |
| H8       | Xochimilco   | 8.5   | 2.13                     | 25.91  | 0.76  | 34.09  | 0.076                                                          | 4.07                                                                  | 4.05                  | 25.21                                                          | 0.72                                                                                         | 0.034                                                              |
| Promedio | Grupo A      | 7.22a | 2.17a                    | 19.86a | 0.67a | 29.64a | 0.08a                                                          | 3.13a                                                                 | 3.64a                 | 20.57a                                                         | 0.92a                                                                                        | 0.03a                                                              |
| D12      | San Gregorio | 8.4   | 19.19                    | 48.53  | 1.25  | 38.82  | 0.287                                                          | 3.93                                                                  | 4.52                  | 97.12                                                          | 1.41                                                                                         | 0.045                                                              |
| E16      | San Gregorio | 8.2   | 27.84                    | 7.73   | 0.34  | 22.74  | 0.066                                                          | 1.91                                                                  | 2.87                  | 45.01                                                          | 0.76                                                                                         | 0.024                                                              |
| E17      | San Gregorio | 9.2   | 24.08                    | 10.69  | 0.81  | 13.20  | 0.038                                                          | 4.59                                                                  | 4.14                  | 59.46                                                          | 1.56                                                                                         | 0.025                                                              |
| E22      | Tláhuac      | 7.9   | 24.92                    | 15.34  | 0.79  | 19.42  | 0.054                                                          | 0.83                                                                  | 1.97                  | 45.85                                                          | 0.41                                                                                         | 0.019                                                              |
| E24      | Tláhuac      | 8     | 44.8                     | 11.64  | 0.65  | 17.91  | 0.062                                                          | 0.29                                                                  | 1.05                  | 11.65                                                          | 0.59                                                                                         | 0.014                                                              |
| F15      | San Gregorio | 8.3   | 22.02                    | 10     | 0.65  | 15.38  | 0.141                                                          | 1.47                                                                  | 2.67                  | 45.4                                                           | 1.03                                                                                         | 0.022                                                              |
| F21      | Tláhuac      | 6.7   | 21.28                    | 10.58  | 0.55  | 19.24  | 0.009                                                          | 0.35                                                                  | 1.5                   | 20.26                                                          | 0.51                                                                                         | 0.005                                                              |
| F22      | Tláhuac      | 7.7   | 32.05                    | 12.69  | 0.78  | 16.27  | 0.065                                                          | 0.24                                                                  | 1.14                  | 13.78                                                          | 0.54                                                                                         | 0.012                                                              |
| F23      | Tláhuac      | 8.1   | 17.75                    | 18.51  | 0.55  | 33.65  | n.d                                                            | 0.36                                                                  | 1.14                  | 5.35                                                           | 0.46                                                                                         | 0.018                                                              |
| G23      | Tláhuac      | 8.1   | 24.7                     | 13.75  | 0.59  | 23.31  | 0.041                                                          | 0.65                                                                  | 2.15                  | 21.25                                                          | 0.55                                                                                         | 0.015                                                              |
| H22      | Tláhuac      | 8.4   | 34.87                    | 13.22  | 0.62  | 21.32  | 0.038                                                          | 1.15                                                                  | 2.48                  | 23.27                                                          | 0.45                                                                                         | 0.004                                                              |
| Promedio | Grupo B      | 8.09b | 26.68b                   | 15.7b  | 0.69a | 22.78b | 0.08a                                                          | 1.43b                                                                 | 2.33b                 | 35.31b                                                         | 0.75a                                                                                        | 0.02a                                                              |

**CUADRO 2**  
**IONES SALINOS EN PASTA DE SATURACIÓN EN SUELOS DE SAN GREGORIO, TLÁHUAC Y XOCHIMILCO**

| Muestra  | Lugar        | CO <sub>3</sub><br>(mmol/l) | HCO <sub>3</sub> | Cloruros | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Na+     | K+    | m.e. de SO <sub>4</sub> |
|----------|--------------|-----------------------------|------------------|----------|------------------|------------------|---------|-------|-------------------------|
| B12      | San Gregorio | 0.00                        | 0.80             | 5.70     | 4.60             | 19.55            | 4.43    | 3.42  | 0.00                    |
| B17      | San Gregorio | 1.60                        | 4.20             | 4.70     | 5.06             | 17.48            | 12.94   | 3.19  | 0.01                    |
| B18      | San Gregorio | 1.60                        | 3.40             | 13.30    | 5.52             | 27.60            | 6.28    | 0.91  | 0.00                    |
| C17      | San Gregorio | 2.00                        | 3.60             | 6.00     | 3.22             | 26.68            | 13.67   | 2.97  | 0.01                    |
| F14      | San Gregorio | 1.20                        | 1.40             | 1.70     | 9.66             | 13.34            | 6.65    | 2.83  | 0.02                    |
| H8       | Xochimilco   | 1.60                        | 6.00             | 1.06     | 2.89             | 19.52            | 9.47    | 2.81  | 0.01                    |
| Promedio | Grupo A      | 1.33a                       | 3.23a            | 5.41a    | 5.16a            | 20.7a            | 8.91a   | 2.69a | 0.01a                   |
| D12      | San Gregorio | 2.80                        | 10.60            | 65.70    | 21.62            | 104.88           | 104.25  | 13.23 | 0.18                    |
| E16      | San Gregorio | 1.20                        | 13.80            | 179.40   | 23.92            | 49.22            | 2329.19 | 13.46 | 1.06                    |
| E17      | San Gregorio | 8.40                        | 23.80            | 153.90   | 4.14             | 40.02            | 3216.50 | 13.69 | 0.09                    |
| E22      | Tláhuac      | 2.00                        | 13.40            | 7.24     | 16.39            | 83.37            | 151.06  | 6.62  | 0.13                    |
| E24      | Tláhuac      | 2.00                        | 16.80            | 21.30    | 13.73            | 166.02           | 337.84  | 7.94  | 0.37                    |
| F15      | San Gregorio | 2.00                        | 8.00             | 54.80    | 18.40            | 118.22           | 1848.56 | 14.14 | 0.26                    |
| F21      | Tláhuac      | 0.80                        | 15.00            | 9.08     | 19.28            | 93.98            | 150.15  | 8.62  | 0.12                    |
| F22      | Tláhuac      | 3.20                        | 9.20             | 5.30     | 28.67            | 127.47           | 162.66  | 7.03  | 0.10                    |
| F23      | Tláhuac      | 4.80                        | 3.40             | 6.06     | 21.93            | 58.55            | 125.12  | 2.54  | 0.11                    |
| G23      | Tláhuac      | 1.60                        | 10.40            | 8.58     | 22.17            | 61.93            | 204.75  | 8.85  | 0.13                    |
| H22      | Tláhuac      | 0.80                        | 10.00            | 14.19    | 12.05            | 63.37            | 304.47  | 11.61 | 0.32                    |
| Promedio | Grupo B      | 2.69b                       | 11.47b           | 47.78b   | 18.39b           | 87.91b           | 812.23b | 9.79b | 0.26b                   |

## CONCLUSIONES

La actividad enzimática de glucosidasa, ureasa y catalasa es semejante en suelos salinos y no salinos de la zona de San Gregorio Atlapulco, Tlá-

huac y Xochimilco. La actividad enzimática de fosfatasa y deshidrogenasa es diferente en suelos salinos y no salinos. Los contenidos de carbono son altos y los de nitrógeno son iguales en los dos grupos de suelos y se relaciona con las activida-





des enzimáticas iguales en glucosidasa y ureasa. También amortiguan el efecto de salinidad sobre la actividad enzimática de glucosidasa, ureasa y catalasa; pero no atenúan el efecto de la salinidad sobre la actividad enzimática de fosfatasa y deshidrogenasa.

## BIBLIOGRAFÍA

- García, I., Gil, S.F., Hernández, F.T., Trasar, C.C. 2003. Técnicas de análisis de parámetros bioquímicos en suelos: medidas de actividades enzimáticas y biomasa microbiana. Mundi Prensa, Madrid, España.
- ISRIC. 2002. Procedures for analysis. ISRIC. FAO. 21-1.
- Reyes-Ortigoza, A.L. y García-Calderón, N.E. 2004. Evolución de las fracciones húmicas de suelos en la zona chinampera de la ciudad de México. *Terra Latinoamericana* 22 (3):289-298.
- PAOT. 2010. Estudio espacio temporal del uso del suelo en el área localizada entre el trazo de la línea 12 del metro y el sitio Ramsar 1363, 74 pp.
- Ramsar. 2011. The list of wetlands of international importance, 43 pp.
- INECOL. 2002. Ficha informativa de humedales (Ramsar-FIR). Zona Lacustre Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco. 22 pp.









# Sustancias húmicas en áreas naturales protegidas

GALICIA PALACIOS, M. S.

REYES ORTIGOZA, A. M.

Laboratorio de Edafología Nicolás Aguilera

Facultad de Ciencias

Departamento de Ecología y Recursos Naturales

Universidad Nacional Autónoma de México

Correo-e: maryso57@yahoo.com.mx

## RESUMEN

Los humedales almacenan grandes cantidades de carbono debido a la descomposición lenta de la materia orgánica por exceso de agua que crea condiciones anaeróbicas. El objetivo fue investigar la evolución de las sustancias húmicas en suelos del sitio Ramsar 1363 que contienen sales, sodio y permanecen bajo condiciones de humedad. Se trabajó con 8 muestras de suelo de 0 a 20 cm seleccionadas de una colecta con muestras tomadas cada 500 x 500 m de San Gregorio Atlapulco, Xochimilco y Tláhuac, Distrito Federal. A las muestras se les extrajeron sustancias húmicas, se les determinó pH y Conductividad eléctrica (CE) en extracto de pasta de saturación, Carbono total (Ct) del suelo y en las fracciones húmicas y Nitrógeno total (Nt). Los resultados muestran que el mayor contenido de carbono está en las fracciones poco evolucionadas (MOL y AF) y en las Huminas en todos los suelos. El carbono de la fracción de AH mostró la siguiente relación Xochimilco > San Gregorio > Tláhuac. La relación  $E_4/E_6$  en los suelos de Xochimilco es de 3.0 – 3.33 estos valores indican que las moléculas de los AH tienen mayor evolución, son más aromáticas y complejas. Se concluye que los AH son evolucionados en los suelos de Xochimilco a pesar de tener alta salinidad, sodicidad y nivel freático elevado.

**Palabras clave:** ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, humina.

## INTRODUCCIÓN

La construcción de las chinampas ocurrió en tiempos prehispánicos con capas de vegetación acuática, fango del fondo del lago y rodeadas de ahuejote *Salix bonplandiana* Kunth, son consideradas únicas en el mundo. La palabra chinampa proviene del nahuatl Chinamitl = varas entretrejidas y pan = sobre. La función de esta zona como proveedor de agua a la Ciudad de México, fue a partir de 1906, pero la sobre-explotación del acuífero, propicio un descenso en el nivel del agua del lago hundimiento gradual del suelo, baja productividad y desarrollo de actividades agrícolas diferentes a las tradicionales, a partir de 1956 se aplica agua mal tratada generando contaminación por sales y sodio e impacto ambiental que atentan contra su condición de Patrimonio Mundial Cultural y Natural y Zona Sujeta a Conservación Ecológica. Actualmente las chinampas están localizadas en Xochimilco, Acalpixca, Atlapulco, Tlaxialtemalco, Tetelco, Mixquic y Tláhuac, estas áreas fueron declaradas Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO en 1987 y a partir de 2004 esta zonas se han considerado sitio RAMSAR 1363 con 2657 ha. La zona lacustre de Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco se localiza en el llamado suelo de conservación o área rural, con canales y apantles al sureste del Distrito Federal.

Constituye un ecosistema remanente de la cuenca de México formado por planicies inundadas naturales, es un área natural de descarga del poco flujo subterráneo, la zona tiene importancia por la biodiversidad de las especies acuáticas, terrestres y fauna, como tule (*Typha latifolia* y *Scirpus americanus*), algunas de ellas vulnerables y de distribución muy restringida como *Nymphaea mexicana* y el ajolote *Ambystoma mexicanum*, aportando un patrimonio genético importante, además de funcionar como zona de alimentación y reproducción de peces y aves. A principio de los ochenta se reconocen los humedales como una





## MATERIALES Y MÉTODOS

Federal. La selección se hizo con base en el contenido de sales solubles, nivel freático y contenido de materia orgánica. A las muestras seleccionadas se les extrajeron las sustancias húmicas (AH, AF y huminas) por el método de Kononova & Bel'chicova (1960), con pirofosfato y hidróxido de sodio y se les determinó Carbono total por el método de Walkley y Black. Con los AH una vez purificados se realizó el coeficiente de extinción óptica en el espectro visible, de 450 hasta 726 nm, con un espectrofotómetro PYE UNICAM 8600 UV/VIS para determinar la relación  $E_4/E_6$ . Se trazaron las curvas de densidad óptica. Así como el umbral de coagulación. Así también a las muestras se les determinó pH y Conductividad eléctrica (CE) en extracto de pasta de saturación, Carbono total (Ct) por el método de Walkley y Black y Nitrógeno total (Nt), método de Kjeldahl van Reeuwijk (2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se observa que los pHs del extracto de la pasta de saturación son muy altos y se encuentran en el suelos de San Gregorio con valores de 7.3 – 9.2 y una (CE) de 14.2–23.4 para San Gre-



Mapa 1. Localización de la zona de estudio.



CUADRO 1  
CONTENIDO DE CARBONO ORGÁNICO EN LAS DIFERENTES FRACCIONES

| Profundidad<br>cm      | pH pasta<br>saturación | CE<br>dS<br>m <sup>-1</sup> | Ct g/<br>kg | Nt g/<br>kg | C/N  | Cs g/<br>kg | C<br>MOL<br>g/kg | AF g/kg | AH g/<br>kg | Hu<br>minas<br>g/kg | AH/AF | E4/<br>E6 | C<br>mol<br>Ca <sup>2+</sup><br>/L |
|------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|------|-------------|------------------|---------|-------------|---------------------|-------|-----------|------------------------------------|
| San Gregorio<br>0 – 20 | 7.9                    | 1.91                        | 78.4        | 8.7         | 8.91 | 0.49        | 0.63             | 13.1    | 6.64        | 57.5<br>*73.3       | 0.50  | 4.93      | 35                                 |
| San Gregorio<br>0 – 20 | 7.3                    | 3.49                        | 82.5        | 8.6         | 9.59 | 0.45        | 0.66             | 20.7    | 30.2        | 30.5<br>*36.9       | 1.45  | 3.28      | 25                                 |
| San Gregorio<br>0 – 20 | 9.2                    | 23.4                        | 62.0        | 8.3         | 7.46 | 2.15        | 0.18             | 6.61    | 3.36        | 49.7<br>*77.3       | 0.50  | 3.33      | 25                                 |
| San Gregorio<br>0 – 20 | 8.6                    | 14.2                        | 33.1        | 7.1         | 4.66 | 0.75        | 0.16             | 17.8    | 4.55        | 9.84<br>*29.7       | 0.25  | 4.82      | 27                                 |
| Xochimilco<br>0 – 20   | 8.5                    | 7.2                         | 70.1        | 9.3         | 7.53 | 1.03        | 0.16             | 4.0     | 11.4        | 53.5<br>*76.3       | 2.85  | 3.17      | 22                                 |
| Xochimilco<br>0 – 20   | 7.8                    | 5.71                        | 66.0        | 9.46        | 6.97 | 0.41        | 1.08             | 11.7    | 7.89        | 44.9<br>*68.0       | 0.67  | 3.31      | 25                                 |
| Xochimilco<br>0 – 20   | 7.5                    | 7.71                        | 164         | 7.23        | 14.4 | 3.39        | 0.98             | 22.5    | 67.8        | 60.2<br>*37         | 3.01  | 3.0       | 7.5                                |
| Tláhuac<br>0 – 20      | 8.0                    | 42.1                        | 45.4        | 8.62        | 5.26 | 1.67        | 0.31             | 5.43    | 5.04        | 32.9<br>*72.5       | 0.92  | 3.31      | 25                                 |
| Tláhuac<br>0 – 20      | 7.6                    | 14.1                        | 86.6        | 12.1        | 7.15 | 0.32        | 0.78             | 17.3    | 10.6        | 57.6<br>*66.5       | 0.61  | 3.28      | 22                                 |

\* Porcentaje de C con respecto al C total.

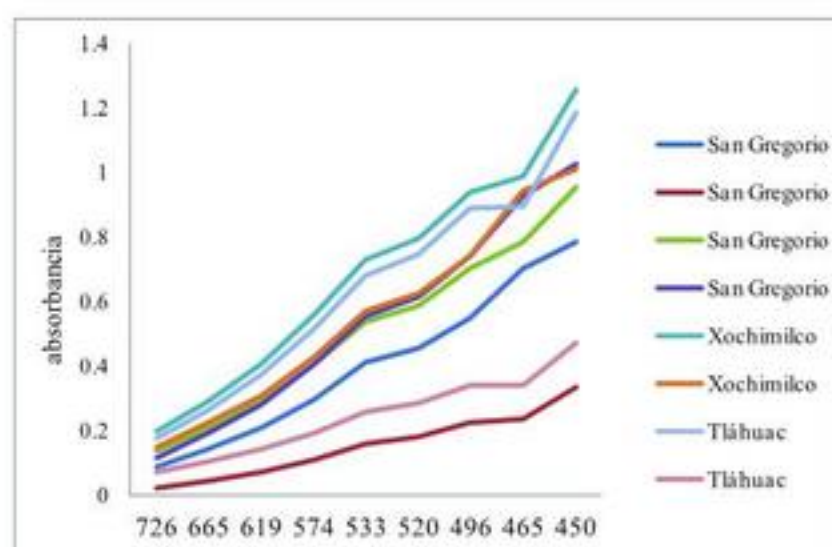
gorio y 42.1 dS/m para Tláhuac, con respecto al carbono total (Ct) del suelo con contenidos muy altos para Xochimilco de 70.1 – 164 g/kg y Tláhuac varía de 45.4 a 86.6 g/kg de suelo que implican valores muy altos (Landon 1984). El contenido de Nitrógeno total (Nt) es muy alto y varían de 7.1 – 12.1 g/kg de suelo en todos los sitios estudiados (Jones y Wolf, 1984). La relación C/N es menor de 10 en todos los suelos debido al mayor contenido de carbono total con respecto al nitrógeno total, estos valores indican mayor mineralización de la materia orgánica por el manejo intensivo del suelo por la incorporación de residuos de cosecha y abonos, excepto para Xochimilco con 14.4 en el que los procesos de mineralización y humificación de la materia orgánica se están llevando en forma equilibrada. El mayor contenido de carbono soluble Cs se encuentra en el suelo de Xochimilco con 3.39 g/kg y San Gregorio con 2.15g/kg

de suelo con una CE de 23.4 dS/m. El carbono de la materia orgánica libre (MOL) es menor de 1 g/kg en todos los suelos excepto para Xochimilco que tiene 1g/kg. Los valores más altos de carbono de los ácidos fúlvicos (AF) es para Xochimilco con 22.5 y San Gregorio 20.7 para estos suelos el carbono de los (AH) es de 67.8 y 30.2 g/kg respectivamente, todos los demás suelos tienen valores muy bajos de AH de 3.36–11.4 gC/kg.

El mayor contenido de carbono se encuentra en las huminas en el que se forman complejos muy estables órgano–montmorillonita (García *et al.*, 1994; Galicia, 2009) y varía de 9.84–60.2 g/kg que equivale al 29.7 –36.7 por ciento con respecto al carbono total del suelo para Xochimilco y San Gregorio. La relación AH/AF es menor de 1 debido a que hay más AF que AH excepto para Xochimilco que varía de 2.85–3.01, que indica mayor evolución de las sustancias húmicas extraíbles con



los reactivos alcalinos, el predominio de AF hace que estos suelos tengan mayor susceptibilidad a la degradación por sales como: sulfatos, cloruros de sodio, magnesio y predominio de sodio intercambiable (Galicía *et al.*, 2009, 2011) así también hay mayor mineralización del carbono por las condiciones de humedad y manejo del suelo que favorecen la actividad biológica. La relación  $E_4/E_6$  es muy baja de 3.17–3.0 hay mayor evolución, condensación y aromaticidad de los AH, reflejado en el umbral de coagulación de los AH con valores de 22 – 25 cmol  $\text{Ca}^{+2}/\text{L}$  gráfica 1, para el suelo de Xochimilco con valor de 7.5 cmol  $\text{Ca}^{+2}/\text{L}$ , por lo que se obtuvo la siguiente serie evolutiva de los AH en el sitio Ramsar 1363, Xochimilco > AH San Gregorio > AH de Tláhuac.



Gráfica 1. Espectro de absorción de los AH de los suelos Perfil de suelo en Xochimilco

## CONCLUSIONES

El alto porcentaje de carbono en el suelo se atribuye a el manejo (debido al aporte del material orgánico) y al origen del suelo. El alto contenido de N es debido a la mineralización y aporte del agua lodo rico en este elemento, así como el ambiente eutrófico del agua de los canales y desechos de ganado de traspasio.

El mayor grado de humificación se encuentra en la superficie de 0–20 cm, predominan los AF sobre los AH, también hay una alta proporción de huminas, atribuible al nivel freático elevado, baja actividad biológica y manejo antrópico. La relación  $E_4/E_6$  de los AH con valor de 3 en suelos de Xochimilco y Tláhuac, indica mayor evolución del humus, a pesar de la salinidad, lo que implica un efecto amortiguador de la materia orgánica.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre G., A. 2007. Química de Suelos de Inundación Temporal y Perenne. UNAM, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Estado de México, 271 pág.
- Galicía P., M.S, González M., E. and García C., N.E. 2009. Some Features Involved with the Geographic Distribution of Antrosols from Xochimilco and Tlahuac, Delegations in Mexico City Soil Geography International Conference of Soil Geography, New Horizons, Santa Cruz, Oaxaca, Huatulco.
- García C., N.E; M.S. Galicía P; N. Aguilera; L. Reyes. 1994. Organic Matter and Humic Substances Contents in Chinampa Soils from Xochimilco–Tláhuac Areas, Mexico. In: Transactions 15<sup>th</sup> International Congress of Soil Science. Acapulco, Gro. 14–16 July. Vol. 3<sup>a</sup>; 368– 382 pp.
- Kononova M., M., Bel'chikova N., P. (1960). Investigations on the Nature of Soil Humic Substances Soviet Soil Science 11: 1149–1153.
- Stevenson F., J. 1994. Humus Chemistry Genesis, Composition, Reaction. John Wiley & Sons, Inc. 496 pp.





# Pérdidas de nitrógeno en sistemas agrícolas: vía volatilización de amoníaco

VELASCO-VELASCO, J.

ALMARÁZ-SUÁREZ, J. J.

Colegio de Postgraduados, campus Córdoba

FERRERA-CERRATO, R.

Colegio de Postgraduados, campus Montecillo

Correo-e: joel42ts@colpos.mx

## RESUMEN

El amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) es esencial para la vida y producimos 142 millones de toneladas anualmente para ser usada de manera muy ineficiente en sistemas agrícolas en la producción de aminoácidos esenciales y otros compuestos de nitrógeno reducido que consumimos a través de los alimentos. Sin embargo, la emisión de amoníaco a la atmósfera puede contribuir en la formación e incremento de materia suspendida el cual afecta la salud humana, disminuye la biodiversidad, contribuye a la eutroficación y acidificación de los ecosistemas acuático y terrestre. Posteriormente con la deposición y la formación de óxido nítrico, contribuye al efecto invernadero. Es esencial evidenciar científicamente los efectos medioambientales adversos para sustentar e implementar acciones específicas hacia políticas públicas sobre el uso eficiente de N en la agricultura mexicana.

**Palabras clave:** eutroficación, emisión de amoníaco, contaminación ambiental.

## INTRODUCCIÓN

El nitrógeno contenido en los aminoácidos, proteínas y DNA es necesario para la vida. Mientras que el nitrógeno más abundante en la naturaleza, en su mayoría no está en formas asimilables por los organismos (nitrógeno gaseoso,  $\text{N}_2$ ). Sin

la intervención humana el abastecimiento de nitrógeno sería insuficiente para sustentar la vida humana actual. A inicios del siglo XX el hombre ha aprendido como convertir  $\text{N}_2$  gaseoso a formas que pueden sustentar la producción de alimentos. Esta habilidad ha permitido que más del 40 por ciento de la población a nivel mundial haya subsistido actualmente. Se tienen dos grandes problemas con el nitrógeno: en algunas regiones del mundo el nitrógeno reactivo no es suficiente para sustentar la vida humana, teniendo como resultado el hambre y desnutrición mientras que en otras regiones se tiene suficiente nitrógeno reactivo (principalmente por la quema de fósiles y la incorporación ineficiente de nitrógeno a los alimentos), resultando en los mayores efectos en la salud humana y generando problemas ambientales adversos. Éste es probablemente el más grande problema dentro de los disturbios ecológicos. Por ejemplo, la mitad de los fertilizantes nitrogenados sintéticos han sido usados en la agricultura durante los últimos 15 a 20 años. Una alternativa para la reducción de ese problema es el desarrollo de una base científica confiable, sobre la cual se fundamente el cambio e implementación de programas y políticas de uso eficiente de nitrógeno. De acuerdo con Erisman y Sutton (2007), la parte menos conocida del ciclo del nitrógeno es la forma reducida de nitrógeno. El nitrógeno reducido, tal como amoníaco, amonio y aminas son esenciales en la producción de alimentos, en ecología y también en el ambiente. Muchas veces, lejos de considerarlo como un serio problema para el ambiente, el nitrógeno reducido no puede ser reconocido como tal y solo es relevante de manera local por que su tiempo de vida atmosférico es corto.

La producción y uso de fertilizantes, la actividad industrial y el tráfico producen emisiones de N reducido al ambiente. La mayor fuente, sin embargo, está relacionada con la excreta ani-



mal en la reproducción de ganadería intensiva. La emisión de amoníaco a la atmósfera puede contribuir en la formación de la materia dispersa afectando la salud humana, disminuyendo la biodiversidad, contribuyendo a la eutrofización y acidificación de los ecosistemas acuático y terrestre, después la deposición y la formación de óxido nítrico, contribuyendo al efecto invernadero. La aplicación desmedida de nitrógeno reducido, puede tener efecto de cascada en el ambiente y contribuir a diferentes efectos, hasta que en esa cadena de nitrógeno reactivo se convierta otra vez en  $N_2$ . Ambientalmente la escala de este efecto se ha extendido en algunas regiones europeas, tal como Dinamarca, Holanda, partes de Francia, el Valle de Po, como toda Europa. Norteamérica no es la excepción y con ello varias regiones de México tales como el noroeste, bajo, occidente, Golfo de México, entre otras.

#### *El ciclo del nitrógeno en sistemas agrícolas*

Un atributo de los suelos agrícolas, universalmente importante, es la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Una adecuada y balanceada disponibilidad de un extenso rango de macro y micronutrientes se requiere para optimizar el crecimiento de las plantas; sin embargo, en la mayoría de los agro-ecosistemas la principal limitante es el nitrógeno. Las investigaciones confirman que la disponibilidad de nitrógeno en sistemas agrícolas puede restringir el rendimiento potencial de los cultivos a través del déficit de nitrógeno en los periodos de mayor demanda del cultivo. Lo anterior en sistemas convencionales de producción y puede ser aún más frecuente en sistemas manejados orgánicamente y particularmente con cultivos no leguminosos (Dalton and Brand-Hardy, 2003). La mayoría de las plantas, animales y microorganismos están adaptados para usar y retener pequeñas cantidades de nitrógeno eficientemente (Brady and Weil, 2002). En condiciones naturales el ciclo de N está esencialmente en equilibrio, y puede tolerar cambios ya sea a través de la absorción por las plantas, almacenaje y uso, resultando en un incremento de producción de biomasa. Sin embargo, la adición de grandes can-

tidades nitrógeno al sistema suelo causa desbalances en el ciclo del nitrógeno y resulta en flujos de salida descontrolados del sistema.

Primeramente, las vías por las cuales el nitrógeno puede ser disponible para las plantas son: por la mineralización de la materia orgánica (figura 1), por deposición de la atmósfera y fijación biológica, y por la aplicación de fertilizantes inorgánicos y estiércoles. Así, si el nitrógeno no es absorbido por las plantas, este puede ser perdido por lixiviación, volatilización, o fijado en las arcillas del suelo e incorporado a la materia orgánica (White, 2006). La mineralización es el proceso mediante el cual los compuestos de nitrógeno orgánico son transformados durante la descomposición microbiana para liberar iones amonio y carbono como bióxido de carbono, esto de acuerdo a la siguiente reacción (Vinten and Smith, 1993):



Posteriormente el  $NH_4$  es oxidado a  $NO_3$  mediante la reacción siguiente.



La velocidad de los procesos es afectado por muchos factores, incluyendo la composición del sustrato, temperatura del suelo, contenido de humedad y pH. La inmovilización es el proceso reversible por el cual hay una incorporación neta de nitrógeno mineral, usualmente  $NH_4$  a formas orgánicas. Una mayor influencia sobre el balance entre mineralización e inmovilización es la que ejerce la relación C:N durante la descomposición de los residuos. Baja relación C:N generalmente resulta en mineralización neta y una alta tasa de descomposición. White (2006) observó que dependiendo del tipo de suelo y las condiciones ambientales la cantidad de N en suelo en la zona de la rizósfera presenta rangos de 1 a 10  $Mg\ ha^{-1}$ , mucho de los cuales se encuentran en los primeros 15–20 cm del perfil del suelo.





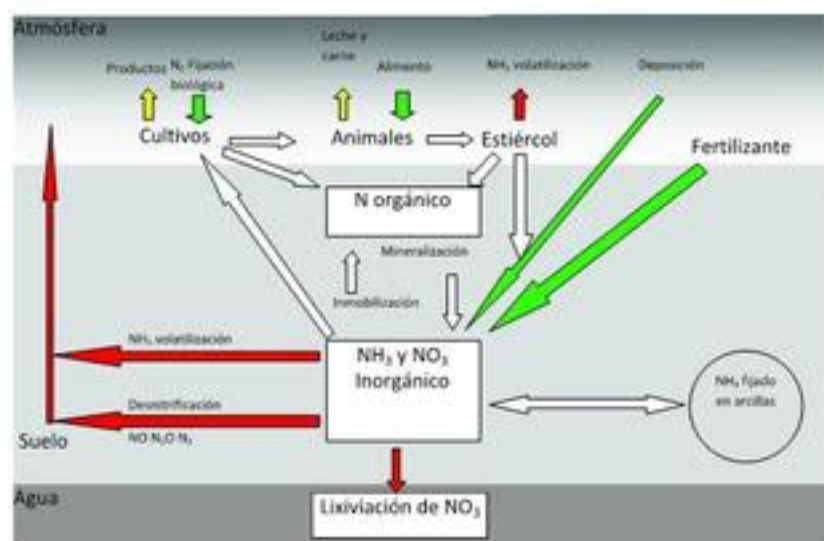
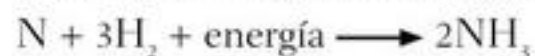


Figura 1. Ciclo del nitrógeno simplificado, subrayando las entradas (flechas verdes), salidas como productos al mercado (flechas amarillas) y pérdidas (flechas rojas). Modificado de Dalton y Brand-Hardy (2003).

El nitrógeno es liberado a la atmósfera como  $N_2$  y  $N_2O$  durante la desnitrificación, óxidos de nitrógeno ( $NO$  y  $NO_2$ ), y  $NH_3$  principalmente. El  $NH_4$  y  $NO_3$  retorna en diferentes formas al suelo (i.e lluvia ácida). Algunas cantidades de  $NH_3$  es absorbido por las plantas mientras que el resto se puede convertir en sales  $(NH_4)_2SO_4$  los cuales pueden ser disueltos en la lluvia, o depositados en el suelo y la superficie de las plantas como deposición seca (Brady and Weil, 2002). White (2006) cuantificó que la entrada de N por deposición de la atmósfera típicamente son en un rango de  $5 - 60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  dependiendo de la contaminación del aire. Excepcionalmente la deposición de N puede alcanzar  $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  en bosques cercanos a explotaciones ganaderas (White, 2006). La fijación biológica de N se realiza por una muy reducida población microbiana los cuales tienen la habilidad para reducir  $N_2$  a  $NH_3$  y reincorporar  $NH_3$  dentro de los aminoácidos para la síntesis de proteínas mediante la reacción siguiente (Peoples *et al.*, 1995).



Estos microorganismos viven de forma independiente en el suelo (bacterias de vida libre) o de forma simbiótica en asociación con las plantas.

#### Pérdidas de nitrógeno de los agro-ecosistemas

Las pérdidas de nitrógeno de los suelos agrícolas pueden ocurrir de varias formas. Sin lugar a duda

la más deseable es a través de los cultivos y sus respectivos productos, ya que esto produce ambos, retorno económico al productor y no es una fuente directa de contaminación. A este respecto, se menciona que la proporción de nitrógeno aprovechado por el cultivo durante una estación de crecimiento en condiciones controladas debería ser de entre 50 y 70 por ciento con respecto al total aplicado; sin embargo, en la práctica cualquier cantidad de nitrógeno que este disponible para los cultivos también es vulnerable a la ser perdido en diferentes formas sin ninguna retribución para el productor Merrington *et al.* (2002). En los sistemas agrícolas mucho del N del suelo es removido a través de las cosechas, excepto en condiciones de pastoreo donde aproximadamente el 85 por ciento es retornado como excreta del animal. En la figura 1 se observa que la pérdida de N puede ocurrir por volatilización y lixiviación. El nitrato es muy vulnerable para lixivarse por su solubilidad en agua y también de suelos ácidos de los trópicos, el nitrato no se adsorbe significativamente en los coloides del suelo, este se concentra en la capa de los primeros 25 cm donde éste se produce por mineralización de la materia orgánica del suelo o por fertilizantes.

#### Volatilización de nitrógeno

La volatilización de N ocurre en dos formas principales: del reservorio de nitrógeno mineral por volatilización de amoníaco y desnitrificación; y de estiércol por volatilización de amoníaco. Aproximadamente dos terceras partes de las emisiones gaseosas de N de la agricultura se atribuyen a emisiones de amoníaco (Davidson and Mosier, 2004). Las pérdidas de N vía gas son más significativas en los sistemas agropecuarios intensivos o sistemas mixtos, es decir donde integran animales y cultivos, esto debido al rompimiento de la urea contenido en el orine del animal y el estiércol (Velasco-Velasco *et al.*, 2011; Whitehead *et al.*, 1986). Otra ruta por el cual se pierden cantidades significativas de N es vía óxido nítrico ( $NO$ ), óxido nitroso ( $N_2O$ ) y nitrógeno molecular ( $N_2$ ), los cuales de acuerdo con Davidson & Mosier (2004) corresponden a un tercio de las emisiones gaseosas





de N de la agricultura. La desnitrificación ocurre bajo condiciones anaeróbicas de los suelos donde  $\text{NO}_3$  reemplaza al  $\text{O}_2$  como el aceptor terminal de electrones en la respiración microbiana (Merrington et al., 2002).

#### *Emisión de amoníaco ocasionados por la aplicación de fertilizantes nitrogenados*

Amoníaco es emitido directamente de los fertilizantes nitrogenados después de su aplicación, e indirectamente a través de las plantas. La urea ( $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ) produce grandes emisiones de amoníaco debido a su transformación en suelo y sobre la superficie de las plantas donde forma amonio. Este proceso está acompañado por un incremento en el pH cerca o por arriba de 9 en la proximidad a los gránulos de fertilizante. Como resultado, los suelos ácidos no tienen mucho efecto sobre la volatilización de amoníaco con la aplicación de urea porque el pH siempre será alto junto a los gránulos de urea. En contraste, con la aplicación de fertilizantes tales como sulfato de amonio y fosfato di-amónico la reacción química en el suelo permite grandes volatilizaciones de amoníaco en suelos calcáreos. En suelos donde el pH es superior a 7, las emisiones de amoníaco causadas con aplicaciones de sulfato de amonio pueden ser incluso más grandes que aquellas con aplicaciones de urea (Sutton and Harrison, 2002). En el suelo el  $\text{NH}_3$  está en equilibrio con los iones  $\text{NH}_4$  de acuerdo con la reacción siguiente:



De acuerdo con esta reacción la volatilización será más pronunciada en pH alcalinos ya que los iones  $\text{OH}^-$  inclinan la reacción hacia la derecha; mientras que las adiciones de  $\text{NH}_3$  dirigirán la reacción a la izquierda incrementando el pH de la solución en la cual están disueltos. Los coloides del suelo, ambos arcillas y humus adsorben amoníaco, así que la volatilización de amoníaco se incrementa cuando hay bajas cantidades de coloides en el suelo o donde el amoníaco no está en contacto directo con el suelo (Brady and Weil, 2002). En la agricultura mexicana, aproximadamente 5 millones de t de fertilizantes nitrogena-

dos fueron aplicados en 2003 (Nuñez-Escobar, 2007), y los más usados fueron los que se enlistan en el cuadro 1.

CUADRO 1  
FERTILIZANTES NITROGENADOS MÁS USADOS EN MÉXICO

| Fertilizante nitrogenado | Fórmula química                    | Contenido de N (%) |
|--------------------------|------------------------------------|--------------------|
| Urea                     | $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$         | 46                 |
| Sulfato de amonio        | $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$       | 21                 |
| Nitrato de amonio        | $\text{NH}_4\text{NO}_3$           | 35                 |
| Fosfato mono-amónico     | $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ | 11–12              |
| Fosfato di-amónico       | $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$      | 18–21              |
| Amoníaco anhidro         | $\text{NH}_3$                      | 82                 |

Fuentes: (Nuñez-Escobar, 2007; Peña-Cabriaes et al., 2001).

## CONCLUSIONES

Es importante tomar cartas en el asunto respecto a la volatilización de compuestos nitrogenados y diseñar estrategias de acción tanto a nivel de programas federales como de recomendaciones en campo muy específicas. Esto de acuerdo con el tipo de agricultura desarrollada, las prácticas agrícolas comunes, tipo de fertilizantes usados, etcétera. Seguramente, habrá variaciones en la volatilización de amoníaco en las diferentes regiones agrícolas de México y será necesario, primero, realizar un inventario nacional sobre volatilización de nitrógeno gas en general, y específicamente amoníaco y óxido nítrico. El amoníaco por sus magnitudes de pérdida y su efecto tanto en la productividad de los sistemas agrícolas como en los efectos colaterales que causa y el óxido nítrico por su agresividad como gas de efecto invernadero.

## BIBLIOGRAFÍA

Brady, N.C., Weil, R.R. (2002). The Nature and properties of soils. Thirteenth Edition ed. Prentice Hall, New Jersey.





- Dalton, H., Brand-Hardy, R. (2003). Nitrogen: the essential public enemy. *Journal of Applied Ecology* 40:771–781.
- Davidson, E.A., Mosier, A.R. (2004). Controlling losses to air, in: D.J. Hatch *et al.* (Eds.), *Controlling nitrogen flows and losses*, Wageningen academic publishers, Wageningen. pp. 250–276.
- Erisman, J.W., Sutton, M. (2007). Reduced nitrogen in ecology and the environment, in: G.J. Monteny and E. Hartung (Eds.), *Ammonia emission in agriculture*, Wageningen Academic Publisher, Wageningen. pp. 58–63.
- Merrington, G., Winder, L., Parkinson, R., Redman, M. (2002). *Agricultural Pollution: environmental problems and practical solutions* Spon press, London and New York.
- Núñez-Escobar, R. (2007). El suelo como medio natural en la nutrición de los cultivos, in: G. Alcantar-González and L.I. Trejo-Tellez (Eds.), *Nutrición de cultivos*, Mundi Prensa, México. pp. 93–149.
- Peña-Cabriales, J.J., Grageda-Cabrera, O.A., Vera-Núñez, J.A. (2001). Manejo de los fertilizantes nitrogenados en México: uso de técnicas isotópicas ( $^{15}\text{N}$ ). *Terra* 20:51–56.
- Peoples, M.B., Herridge, D.F., Ladha, J.K. (1995). Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? *Plant and soil* 174:3–28.
- Sutton, M., Harrison, R. (2002). Ammonia in the UK, in: R.A.D. Department for Environment (Ed.). pp. 89.
- Velasco-Velasco, J., Parkinson, R., Kuri, V. (2011). Ammonia emissions during vermicomposting of sheep manure. *Bioresour Technol* 102:10959–64.
- Vinten, A.J.A., Smith, K.A. (1993). Nitrogen Cycling in Agricultural soils, in: T.P. Burt *et al.* (Eds.), *Nitrate: processes, patterns and management*, John Wiley & Sons Chichester, UK. pp. 39–73.
- White, R.E. (2006). *Principles and Practice of Soil Science: The Soil as a Natural Resource* Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Whitehead, D.C., Pain, B.F., Ryden, J.C. (1986). Nitrogen in UK grassland agriculture. *Journal of the royal agricultural society of England* 147:190–201.









# Sustancias húmicas en suelos hídricos

GARCÍA CALDERÓN, N. E.

GALICIA PALACIOS, M. S.

Laboratorio de Edafología Nicolás Aguilera

Facultad de Ciencias

Universidad Nacional Autónoma de México

Correo-e: negc@ciencias.unam.mx

## RESUMEN

Los suelos hídricos se definen como aquellos que se formaron en condiciones de saturación, inundación, o estancamiento durante un periodo lo suficientemente largo para desarrollar condiciones anaerobias en la parte superior del suelo, y son generalmente identificados de manera visual en el campo por su morfología, donde se aprecia la acumulación de materia orgánica en diversos estadios de descomposición y por presentar rasgos redoximórficos, en ecosistemas de humedales caracterizados por la vegetación hidrófila. Con el objetivo de conocer las sustancias húmicas en algunos de estos ecosistemas se tomaron muestras de perfiles de suelos hídricos, determinando su contenido de C y N, relaciones C:N (2.0–17.4). El fraccionamiento de las sustancias húmicas por el método de Dabin, indica la predominancia de los ácidos fúlvicos, relaciones AH:AF en general bajas, salvo en algunos casos donde los ácidos húmicos dominan en el subsuelo. Lo anterior se relaciona a la posibilidad de una rápida mineralización de los contenidos de carbono orgánico en la mayoría de estos ecosistemas ante el aumento de las condiciones oxidativas ante las redoximórficas.

**Palabras clave:** Parque Nacional Lagunas de Chacahua, ácidos fúlvicos, humedales.

## INTRODUCCIÓN

Las características de los suelos hídricos son el producto de la actividad de los microorganismos,

de la vegetación y de la actividad biológica en su conjunto en suelos saturados con humedad. Los microorganismos son agentes clave en la regulación de la acumulación de materia orgánica y en otras características de los suelos hídricos, tales como la formación de rasgos redoximórficos y de la evolución de compuestos volátiles como el  $H_2S$  (Richardson y Vepraskas, 2001). Estos procesos determinan junto con la productividad de las plantas en los ecosistemas de humedales el contenido de materia orgánica de los suelos (MOS) y por lo tanto su contenido de C orgánico, los cuales han sido sujetos a múltiples evaluaciones en los últimos años con varios propósitos: evaluar el potencial de secuestro de C del suelo, como un parámetro clave para revertir la degradación de la tierra provocada por la deforestación, o al mal uso y manejo de los suelos, sobre todo en el trópico y subtrópico, así como también para establecer la sustentabilidad del uso de los recursos terrestres y de la mitigación del cambio climático.

Los suelos hídricos se definen como aquellos que se formaron en condiciones de saturación, inundación, o estancamiento durante un periodo lo suficientemente largo para desarrollar condiciones anaerobias en la parte superior del suelo, y son generalmente identificados de manera visual en el campo (NRCS–USDA, 2006). Pueden ser cualquier tipo de suelo con algunos de los siguientes indicadores: croma predominante  $< 2$ , presencia de ácido sulfhídrico (olor a huevo podrido), capas estratificadas, concentraciones redox en el perfil (por ejemplo Fe precipitado), entre otros (NRCS–USDA, 2006). También pueden ser reconocidos por la morfología del suelo; si se observa acumulación de materia orgánica y presenta rasgos redoximórficos, pero además si hay presencia de vegetación hidrófila. La acumulación de materia orgánica en los suelos hídricos representa el balance entre la producción primaria neta y la descomposición (Craft, 2001). En estos estudios se tiene como objetivo evaluar la distribución de las fracciones del carbono orgánico, y de las sustancias húmicas en





suelos hídricos, dada su importancia como reservas en los ecosistemas de humedales y su función en la productividad de los mismos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron muestras de perfiles de suelos hídricos previamente caracterizados por Fuentes *et al.* (2012), representativos de ecosistemas de manglar en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua, municipio de Tututepec, estado de Oaxaca estudiando las localidades con manglar maduro y joven: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*–*Conocarpus erecta*, *Conocarpus erecta*–*Avicennia*, selva caducifolia, y en la Ciénega del Fuerte, municipio de Tecolutla, estado de Veracruz con vegetación de pastizal y de bosque. Las muestras se procesaron en laboratorio secándolas al medio ambiente y tamizándolas a 2 mm, posteriormente se tomaron submuestras para las determinaciones de carbono orgánico y nitrógeno, moliéndolas en un mortero de ágata, y tamizándolas por una malla 60. El C orgánico se determinó por el método de combustión húmeda y el nitrógeno por el método de Kjeldahl modificado conforme a van Reewick (2002). El fraccionamiento de la materia orgánica se realizó de acuerdo con Dabin (1971), tratando el suelo previamente con ácido fosfórico obteniendo las fracciones de materia orgánica ligera (MOL) como sobrenadante y extrayendo la fracción de ácidos fúlvicos solubles en ácido fosfórico ( $AF_{H_3PO_4}$ ), antes de aplicar los extractantes alcalinos (pirofosfato e hidróxido de sodio 0.1M). Los ácidos húmicos (AH) se separaron de los ácidos fúlvicos (AF) por precipitación con ácido sulfúrico hasta pH 1.5. Los AH del precipitado se purificaron por lavados con agua destilada y diálisis, caracterizándolos por el método de Kononova (1960) para obtener las curvas en el espectro UV–VIS y la relación E4:E6.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La observación de los datos analíticos que se presentan en el cuadro 1, con relación a las fraccio-

nes de la materia orgánica se observa cantidades importantes de materia orgánica libre, sin enlaces físicos y químicos con el suelo mineral más abundante en las parcelas de la selva caducifolia donde llega a alcanzar en superficie el 38 por ciento del C orgánico, mientras que en el manglar representa hasta un 56 por ciento del carbono orgánico en los primeros 20 cm de profundidad. En cuanto a la materia orgánica ligada por enlaces químicos a los coloides minerales, la extracción con los reactivos alcalinos permite comprobar el predominio de la fracción de ácidos fúlvicos con respecto a los ácidos húmicos, en las muestras superficiales de ambos ecosistemas de humedales. La fracción de AF extraíble con ácido fosfórico, representa la fracción que tendrá mayor movilidad en el ecosistema, debido a su fácil dispersión en la solución del suelo tanto ácida como básica. La fracción de los AF extraíbles con los reactivos alcalinos, también se relaciona a una gran dinámica en estos ambientes, y se sugiere conforme a múltiples investigaciones en la naturaleza de estas fracciones en cuanto a su estructura, tendrán una predominancia de estructuras alifáticas, con menor cantidad de estructuras aromáticas en sus moléculas, debido a la saturación de humedad durante la mayor parte del año que limita los procesos de condensación de las sustancias húmicas y las hace propensas a una fácil mineralización en condiciones de mayor oxigenación.

Las relaciones AH:AF nos indican la fragilidad y poca humificación en los sitios del manglar de Chacahua con valores muy por debajo del balance entre las fracción de los ácidos húmicos y ácidos fúlvico, sin embargo esta relación aumenta abruptamente en los 10–20 cm, en esta parcela así como en los sitios de la Ciénega del Fuerte. La caracterización de los AH por espectroscopía visible–UV, (gráfica 1) nos indica que tienen baja condensación al observar las curvas en el rango de 726 a 450 nm y las relaciones E4:E6 con valores en el rango entre 4.56 a 5.68 para las muestras superficiales de la Ciénega del Fuerte y los manglares de la Laguna de Chacahua, respectivamente.





CUADRO 1  
RESULTADOS DEL FRACCIONAMIENTO DEL CARBONO ORGÁNICO EN LAS MUESTRAS ESTUDIADAS

| Perfil                       | C    | N    | C/N  | C <sub>MOL</sub> | COD  | C <sub>AF<sub>H3PO4</sub></sub> | C <sub>AH</sub> | C <sub>AF</sub> | AH:AF |
|------------------------------|------|------|------|------------------|------|---------------------------------|-----------------|-----------------|-------|
| Prof en cm                   | g/kg | g/kg |      | g/kg             | g/kg | g/kg                            | g/kg            | g/kg            |       |
| Chacahua Manglar             |      |      |      |                  |      |                                 |                 |                 |       |
| 0–10                         | 4.8  | 2.4  | 2.0  | 2.67             | –    | 0.14                            | 0.33            | 2.78            | 0.11  |
| 10–20                        | 1.9  | 0.7  | 2.7  | 1.68             | –    | 0.13                            | 0.77            | 0.38            | 2.03  |
| Chacahua Selva               |      |      |      |                  |      |                                 |                 |                 |       |
| 0–8/9                        | 5.2  | 2.4  | 2.2  | 1.98             | –    | 0.04                            | 0.41            | 1.25            | 0.32  |
| 8/9–20                       | 5.2  | 0.3  | 17.3 | 1.99             | –    | 0.39                            | 0.58            | 2.02            | 0.28  |
| Chacahua 2 cerros            |      |      |      |                  |      |                                 |                 |                 |       |
| 2–12                         | 45.8 | 3.5  | 2.6  | 0.93             | 0.19 | 0.52                            | 18.56           | 4.71            | 3.94  |
| Chacahua 2cerros             |      |      |      |                  |      |                                 |                 |                 |       |
| 0–10                         | 4.11 | 3.4  | 12.9 | 0.35             | 0.79 | 0.41                            | 4.56            | 6.58            | 0.69  |
| 10–84                        | 16.5 | 1.3  | 12.9 | 0.93             | –    | 0.04                            | 2.12            | 9.73            | 0.21  |
| Barra quebrada               |      |      |      |                  |      |                                 |                 |                 |       |
| 0–10                         | 15.4 | 5.9  | 1.2  | 1.06             | 0.35 | 0.13                            | 8.10            | 6.07            | 1.33  |
| La Piedrita                  |      |      |      |                  |      |                                 |                 |                 |       |
| 0–20                         | 16.5 | 1.1  | 14.6 | 0.31             | 0.64 | 0.30                            | 3.43            | 5.64            | 1.13  |
| Ciénega del Fuerte Bosque    |      |      |      |                  |      |                                 |                 |                 |       |
| 0–10                         | 71.6 | 5.0  | 14.3 | 0.05             | 0.31 | 2.67                            | 25.2            | 43.36           | 0.48  |
| 10–43                        | 48.7 | 2.8  | 17.4 | 0.15             | 0.27 | 0.37                            | 3.26            | 1.44            | 2.26  |
| 43–53                        | 12.8 | 1.0  | 12.8 | 0.26             | 0.14 | 0.13                            | 1.75            | 0.69            | 2.53  |
| Ciénega del Fuerte, Pastizal |      |      |      |                  |      |                                 |                 |                 |       |
| 0–10                         | 33.8 | 9.3  | 3.6  | 1.46             | 0.06 | 1.93                            | 12.1            | 14              | 0.86  |
| 10–20                        | 78.4 | 9.6  | 8.2  | 2.75             | 0.45 | 17.2                            | 33.2            | 24.08           | 1.37  |

MOL= materia orgánica ligera. COD= carbono orgánico disuelto.  
AF<sub>H3PO4</sub>= ácidos fúlvicos solubles en ácido fosfórico.

## CONCLUSIONES

La materia orgánica en los suelos hídricos estudiados presenta bajas relaciones C:N, indicativas de un ambiente que favorece la descomposición en los primeros centímetros de profundidad. En el bosque de la Ciénega del Fuerte, la calidad de

la materia orgánica se relaciona a valores de C:N indicadoras de descomposición más lenta a partir de los 10 cm de profundidad, así como de un balance C:N más favorable, esto coincide con un predominio de los AH. La proporción de COS es baja en la mayoría de los sitios, solo en el sitio con mayor acumulación de C orgánico de Chacahua





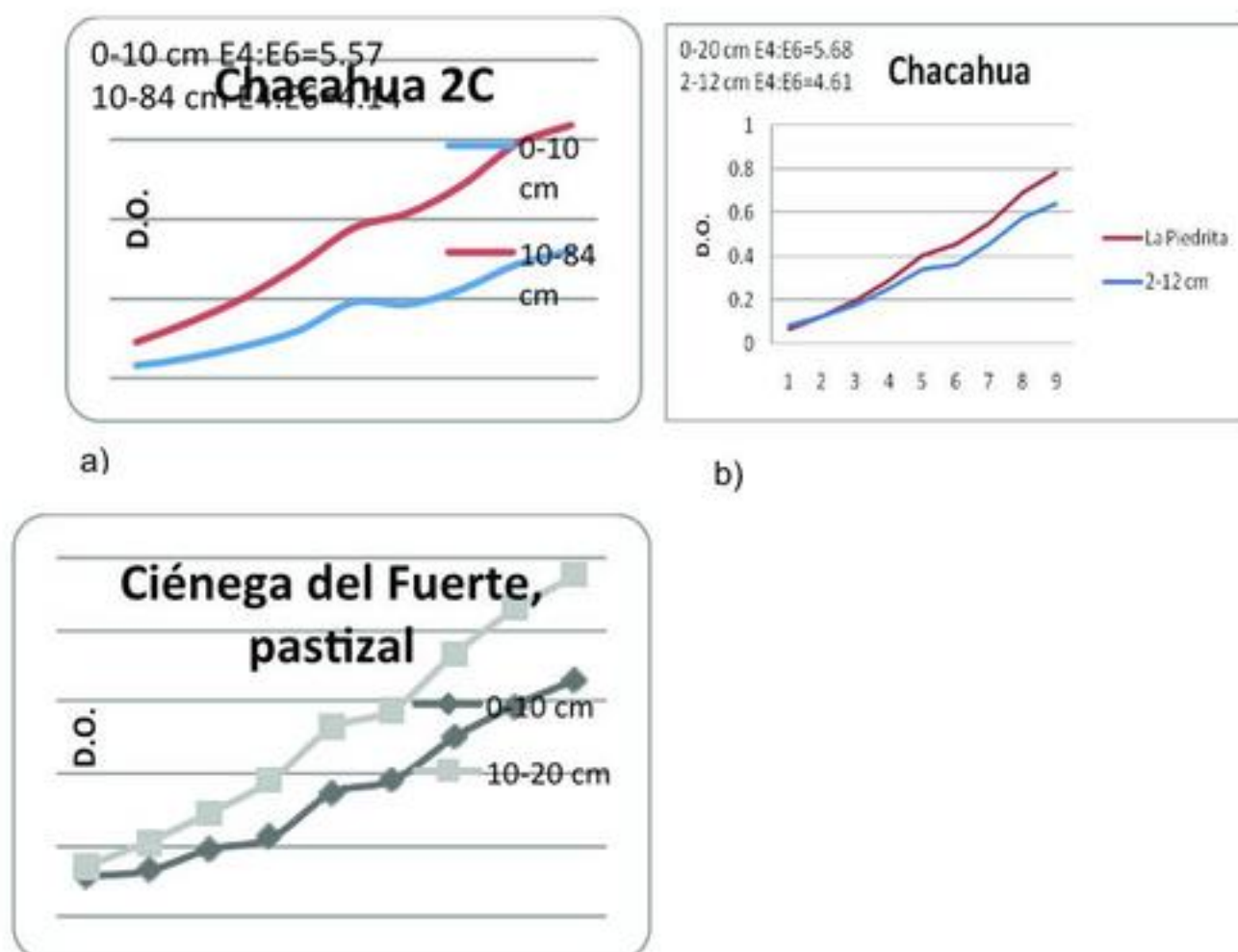


Figura 2. Propiedades ópticas de los ácidos húmicos en las localidades estudiadas. a) AH del manglar joven, b) AH del manglar maduro c) AH en la Ciénega del Fuerte 1=726 nm, 2=665 nm, 3=619 nm, 4=574 nm, 5=533 nm, 6= 520 nm, 7= 496 nm, 8= 465 nm, 9= 450 nm.

es más evidente. En general, los AF son las fracciones de las sustancias húmicas predominantes en todos los sitios estudiados, lo cual denota la fragilidad de los edafosistemas hídricos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Craft, B.C. 2001. Biology of wetland soils. Chap. 5: 107–135. In: Richardson, J.L., Vepraskas, M.J. (eds.) 2001. Wetland Soils. Lewis Publishers, Boca Raton, USA.
- Dabin, B. 1971. Étude d'une méthode d'extraction de la matière humique du sol. *Sci.Sol.*2: 47–63.
- Fuentes, R.E., García Calderón, N.E., Hernández Máximo, A.Y., Ikkonen, E. 2012. Los suelos hídricos y gases de efecto de invernadero, Lagunas de Chacahua, México. Resúmenes del XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata, Argentina.
- Kononova, M. 1966. Soil Organic Matter. Pergamon Press, UK.
- Nelson, D.W. y Sommers, L.E. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. Pages 539–579 In A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney, eds. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Agronomy 9. 2nd ed. ASA, SSSA. Publ., Madison, WI.
- Richardson, J.L., Vepraskas, M.J. (eds.) 2001. Wetland Soils. Lewis Publishers, Boca Raton, USA.
- Van Reeuwijk, P. (ed.) 2002. Procedures for soil analysis. Sixth edition. ISRIC–FAO. ISRIC Technical paper no. 9.









Tópicos edafológicos de actualidad, se terminó de editar en noviembre de 2012, en las oficinas de Proyecto Editorial de la Coordinación de Investigación y Posgrado, Torre de Rectoría, segundo piso, carretera Zacatecas-Guadalajara km 6, Ejido La Escondida, Zacatecas. La edición constó de 700 ejemplares.

