

## EFFECTO DE LA "GALLINAZA" EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE DOS UNIDADES EDÁFICAS

"GALLINAZA" EFFECT ON PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF TWO SOIL UNITS

María Eugenia Bahena Galindo<sup>1\*</sup>, Rogelio Oliver Guadarrama<sup>1</sup>,  
Carlos Manuel Acosta Durán<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Biológicas, <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001. Col. Chamilpa, CP 62209, Cuernavaca, Mor.

Correo-e: bahenam@uaem.mx

\*Autor responsable

---

### RESUMEN

Se presentan los resultados de cinco años de aplicación sucesiva de gallinaza como fuente de fertilización orgánica en dosis de 150 kg N/ha; realizada en dos localidades del Estado de Morelos: Cuernavaca (campo experimental UAEM, Andosol) y Temoac (Campo experimental CBTA No. 39, Vertisol). Se determinaron los parámetros físico-químicos durante las presiembras y poscosechas en el cultivo del amaranto. Los parámetros físicos y químicos evaluados fueron: densidad aparente y real, porcentaje de porosidad y textura (% de arenas, limos y arcillas), pH en agua y en Cloruro de Potasio, contenido de materia orgánica, Carbono y Nitrógeno. Los resultados sugieren que la fertilización orgánica modifica algunos parámetros físicos del suelo como la porosidad y la densidad. El uso prolongado de la fertilización orgánica a base de gallinaza en suelos andosoles no afectan el comportamiento de las propiedades químicas, sin embargo, en el vertisol se observó una tendencia a la acidificación y a la variación del contenido de materia orgánica, carbono y nitrógeno.

**Palabras clave:** *gallinaza, andosol, vertisol, propiedades fisicoquímicas de suelo.*

### ABSTRACT

Results of five years of application successive of manure as a source of organic fertilizer in dose of 150 kg N / ha, made in two localities of Morelos State: Cuernavaca (UAEM experimental field, Andosol) and Temoac (CBTA No. 39 experimental field, Vertisol), which systematically were determined physical and chemical parameters during the preplant and postharvest in the cultivation of amaranth. The physical parameters determined were: apparent and real density, percentage of porosity and texture (% sand, silt and clay), the chemical parameters determined were: pH in water and potassium chloride, content of organic matter, carbon and nitrogen. Results suggest that organic fertilization modifies some soil physical parameters such as porosity and density. Prolonged use of organic fertilizer based on gallinaza (chicken manure) in andosols soils not affect the behavior of the chemical, however, in the vertisol was a trend to acidification and the change in content of organic matter, carbon and nitrogen

**Keywords:** *chicken manure, Andosol, vertisol, physical and chemical soil properties.*

## INTRODUCCIÓN

Los terrenos cultivados sufren la pérdida de una gran cantidad de nutrientes, lo cual puede agotar la materia orgánica del suelo, por esta razón se deben restituir permanentemente. Esto se puede lograr a través del manejo de los abonos orgánicos ya que contribuyen en varios sentidos a mejorar la estructura edáfica del suelo al permitir el enriquecimiento natural a mediano y largo plazo. Estas prácticas contribuyen a economizar los costos de producción en los ambientes rurales que cuentan con este recurso.

La conservación de la fertilidad del suelo no es una práctica nueva y se viene desarrollando desde la antigüedad con una serie de procedimientos que en su conjunto en la actualidad se le conoce como agricultura orgánica, la cual recientemente resurge ante las condiciones extremas del desarrollo desequilibrado de la sociedad (AALTERMEX, 1999).

### Agricultura Orgánica

La palabra agricultura se refiere al uso económico de la tierra, de la producción agrícola, ganadera, forestal y otras formas de uso; asimismo, para expresar el concepto de eficiencia productiva: manutención y/o aumentos de producción por área, aumento de la eficiencia de la mano de obra y reducción de costos (FAO, 1996).

Existen varios sistemas de agricultura necesarios para incrementar o mantener la fertilidad del suelo; se han utilizado cultivos fijadores, se ha agregado materia orgánica (composta, lombricomposta y estiércoles), rotación de cultivos y otras prácticas agrícolas. En este sentido el enfoque de la agricultura deberá referirse al uso y manejo a que la somete el hombre en sus actividades productivas y el sistema que utilice; por lo que la agricultura

conservacionista u orgánica es una alternativa para mantener el ambiente. Esta agricultura es apenas una pequeña rama de la actividad económica que está adquiriendo creciente importancia en el sector agrícola de algunos países, independientemente de su estadio de desarrollo.

De acuerdo a la definición propuesta por la FAO (1996), la agricultura orgánica "es un sistema global de gestión de la producción que fomenta y realza la salud de los agroecosistemas, inclusive la diversidad, los ciclos biológicos y la actividad del suelo. Esto se consigue aplicando, siempre que es posible, métodos agronómicos, biológicos y mecánicos, en contraposición a la utilización de materiales sintéticos, para desempeñar cualquier función específica dentro del sistema". Muchas de las técnicas utilizadas por la agricultura orgánica, como por ejemplo, los cultivos intercalados, el acolchado, la integración entre cultivos y ganadería, se practican en otros tipos de agricultura, incluyendo la convencional (<http://www.agendaorganica.cl/quees.htm>); por ejemplo en Austria y en Suiza, la agricultura orgánica ha llegado a representar hasta un 10% del sistema alimentario, y en Estados Unidos, Francia, Japón y Singapur se están registrando tasas de crecimiento anual superiores al 20%. (Willer y Yuseffi, 2002). La producción orgánica en el mundo continúa creciendo a un ritmo acelerado, y en este sentido los países latinoamericanos no son la excepción.

De los 130 países alrededor del planeta que cultivan productos orgánicos en cantidades comerciales, al menos 90 (69 %) son países en desarrollo. En la actualidad se estima que existen poco más de 18 millones de hectáreas manejadas orgánicamente en 139 países alrededor del mundo, de los cuales 34 (24 %) son latinoamericanos abarcando 4.9 millones de hectáreas (27.2 %) del total mundial. De éstos se considera que 13 de los países de la región se encuentran en un nivel

relativamente avanzado en el desarrollo de su agricultura orgánica, mientras que 21 están en un nivel incipiente (Haest, 2000).

De lo anterior se desprende que los abonos orgánicos ejercen efecto multilateral sobre las propiedades agronómicas de los suelos y en caso de la adecuada utilización, elevan de manera importante la cosecha de los cultivos agrícolas. se debe señalar que dentro de los beneficios que los abonos orgánicos confieren a los suelos al aumentar el humus de los mismos, adquieren éstos propiedades beneficiosas, tales como la mayor absorción de radiación, las mejoras en la estructura del suelo, el incremento de la actividad microbiológica y el aporte de nutrientes (Yakowitz, 1997).

Dentro de los abonos orgánicos los estiércoles animales, son una fuente de nutrientes para el suelo, entre otros se pueden mencionar:

- Estiércol de granja o establo (seco, las excretas mezcladas con el desperdicio usado como base)
- Orina (líquido)
- Embarrable (mezcla seca y húmeda de excretas)
- Lombricomposta

El estiércol es heterogéneo en el contenido de nutrientes, ya que depende de la especie animal, tipo de alimentación, método de colecta y disposición de almacenaje (Buckman y Brady, 1985); dificultando precisar la cantidad de nutrientes aplicados y pronosticar su disponibilidad en un corto y mediano plazo. Sin embargo, el estiércol es una fuente de materia orgánica y ayuda a mejorar la estructura del suelo y el contenido de humus, por lo que es un recurso altamente utilizable donde está disponible.

La gallinaza pertenece a la categoría de los estiércoles pero presenta características especiales; su contenido de nutrientes es superior a la de otros, ya que las aves defecan por una cloaca y sus deyecciones

líquidas y sólidas no se producen por separado (Quijada, 1998); por sus características, es un excelente abono orgánico fermentado; principalmente por su aporte de nitrógeno y otros elementos nutritivos entre los que se encuentran el fósforo, potasio y calcio, los cuales se pueden presentar en mayor o menor cantidad a diferencia de otros estiércoles (Restrepo, 2001).

### Marco de Referencia Internacional

Las experiencias exitosas con base en la agricultura orgánica, es una constante a la alza en la actualidad, según se puede apreciar en los siguientes referentes:

Con el fin de evaluar el efecto de la aplicación de dos fuentes orgánicas de fertilización (Bocashi y gallinaza, esta última compostada durante un mes, antes de ser utilizadas como abono) solas y en mezcla con una fuente de síntesis química (10-30-10), un testigo absoluto y otro químico, se estableció un ensayo en la vereda de San Fernando en cultivo de cebolla de rama. Se determinaron propiedades físicas, químicas y biológicas del lote experimental a cuatro profundidades: Los resultados muestran que la porosidad de estos suelos orgánicos, en las diferentes profundidades justipreciadas, presentó valores cercanos al 50% que es considerada como buena.

En la región Pampeana argentina, la extracción de nutrientes en granos y forrajes excede a la aplicación de los mismos a través de fertilizantes, enmiendas y/o abonos orgánicos, generando balances nutricionales negativos para los suelos del área. En los 2-3 últimos años se han iniciado evaluaciones de esquemas de fertilización a largo plazo en lotes de producción, en esta región llevan a cabo dos ensayos de fertilización desde 1998 en Los Chañaritos y en Don Osvaldo.

Se evalúan alternativas de fertilización en cuanto a tipo de nutrientes aplicados, como lo que hace la filosofía de

recomendación: diagnóstico o suficiencia vs reposición de nutrientes extraídos en grano. La rotación utilizada es maíz-trigo/soja.

Debe aclararse que los tratamientos de fertilización se repiten anualmente solo en los cultivos de maíz y trigo, incluyendo en el trigo las necesidades nutricionales de la soja. Los rendimientos obtenidos durante variaron entre sitios experimentales de acuerdo a las condiciones del suelo e historia de manejo previa y entre años según las precipitaciones. El trigo y el maíz mostraron respuesta significativa a la aplicación de los tres nutrientes (N, P, S) y a la aplicación de dosis correspondiente a la reposición de los nutrientes extraídos en grano respecto a las dosis de diagnóstico. La soja mostró respuestas a S en don Osvaldo (2000/01), mientras que en los Chañaritos (1999/00) no se observaron respuestas a la fertilización.

En las Islas canarias hasta hace poco tiempo la papa fue un producto importante de exportación. Entre los cultivos de medianías, es la papa el cultivo que más contribuye a la alimentación de la población del archipiélago, pues cada habitante consume anualmente de 95 a 100 kg de papas. Los rendimientos obtenidos (15 a 20 tn/ha) son muy inferiores a los (25-40 tn/ha) que se obtienen en Europa. Estos bajos rendimientos se deben, entre otras causas, a la escasa atención a las labores de cultivo, en particular al abonado de la planta.

La experimentación con cultivos ecológicos es prácticamente inexistente y escasa la información disponible para el agricultor, por lo que en este experimento se utilizó como abono la gallinaza a diferentes tratamientos en el Campo Experimental del Centro Superior de Ciencias Agrarias de la Laguna, en el norte de la isla de Tenerife a 570 msnm. Los tratamientos fueron: T0= Control (no se aplicó abonado), T1 Gallinaza compostada (1 kg/15 m<sup>2</sup>), T2 Gallinaza compostada (5

kg/15 m<sup>2</sup>), T3 Gallinaza compostada (10 kg/15 m<sup>2</sup>), T4 Gallinaza compostada 15 kg/15 m<sup>2</sup>), T5 Gallinaza compostada (20 kg/15 m<sup>2</sup>). En un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones en una superficie de 15 m<sup>2</sup> cada una con un área total de 437 m<sup>2</sup>.

Los resultados mostraron que tomando la media de los rendimientos obtenidos en los seis tratamientos (28, 76 kg/7.5 m<sup>2</sup>) la producción fue equivalente a 38 tm/ha, los rendimientos obtenidos en este ensayo han sido superiores a los que usualmente se citan para Canarias. Cabe aclarar que de cada tratamiento se tomó una muestra compuesta de suelo en la que se determinó materia seca, densidad, nitratos y ácido ascórbico; en cuanto a los resultados de los mismos se puede destacar que hay cierta uniformidad en los porcentajes de materia seca y de la densidad. No obstante, habría que destacar el alto contenido de nitratos del tratamiento que recibió la mayor proporción de gallinaza compostada en el aporque (T5) que podría acusar un posible exceso de nitrógeno (González *et al.*, 1996).

En una parcela experimental del Centro Superior de Ciencias Agrarias de la Universidad de la Laguna, España, se realizó un ensayo de fertilización sobre papas de la variedad "Red Cara" que consistió en seis tratamientos: un testigo, dos de compost muy maduro, otro de gallinaza madura y tres de compost con distintos niveles de gallinaza; distribuidos en bloques al azar con cuatro repeticiones sobre parcelas experimentales de 15 m<sup>2</sup> cada una. Como resultados se obtuvieron que la aplicación del compost en cualquiera de sus cantidades, no contribuyó a mejorar la producción respecto al testigo, en tanto que los tratamientos que recibieron gallinaza en cantidades iguales o mayores a 1 kg dieron lugar a rendimientos significativamente superiores a los que recibieron compost. Se destaca que el tratamiento al que se le aportó mayor

cantidad de gallinaza dio lugar a una producción significativamente superior que la del testigo; no obstante, el tratamiento testigo que no recibió ningún abono, mostró una producción similar a los demás tratamientos (excepto al de 2 kg/m<sup>2</sup> de gallinaza de compost en abonado de fondo), lo cual pudo deberse a una mineralización de restos de abonos anteriores al experimento, ya que la huerta en donde se llevó a cabo se ha venido cultivando ecológicamente desde hace 6 años.

Al parecer, el efecto del compost atenúa el efecto positivo de la gallinaza, según sugieren otros experimentos en el área. El contenido de materia seca sigue el mismo comportamiento que la productividad con gallinaza (González *et al.*, 1998).

Suescún *et al.* (1982) compararon el efecto sobre la producción al adicionar diferentes dosis de gallinaza en cultivos de papa variedad capira, maíz criollo regional y frijol ICA-Viboral. En la papa se aplicó gallinaza en dosis de 1, 2 y 2.5 t/Ha, adicionalmente se aplicó 1 t/Ha de fertilizante 10-30-10 a todos los tratamientos. Al frijol se le aplicó gallinaza en dosis de 1, 2 y 2.5 ton/Ha y 300 kg/ha de 10-30-10; se encaló con 2 ton/Ha de cal dolomítica. Los mejores resultados en papa se obtuvieron con la aplicación de 2 ton/Ha de gallinaza. La respuesta del frijol a la aplicación de gallinaza indica un aumento en la producción directamente proporcional al aumento de la dosis del insumo, sin diferencia apreciable en términos de porcentaje, entre el uso de 1 y 2 toneladas; en tanto la adición de 2.5 ton/ha de gallinaza incrementó la producción de frijol en 65 kg, comparados con los tratamientos que no llevan abono orgánico.

Layme y Blanca (2005), Evaluaron la producción de 2 variedades de tomate (*Lycopersicum esculentum*) tropic y marglobe, aplicando 4 diferentes dosis de gallinaza diluida en agua (1 kg en 5 l, 1 kg en 10 l, 1 kg en 15 l y 1 kg en 20 l), en diseño de bloques al azar con arreglo

factorial (8 tratamientos en 4 bloques). Entre los tratamientos realizados el de mayor rendimiento fue el tratamiento 2 (1kg de gallinaza en 10 l de agua) con la variedad tropic, en tanto que el menor rendimiento fue el tratamiento 4 (1 kg de gallinaza en 20 l de agua). Con respecto a la variedad Marglobe a dosis 1 (1kg de gallinaza en 5 l de agua) se obtuvo el rendimiento mayor, en tanto que la dosis 4 (1 kg de gallinaza en 20 l de agua) registró el más bajo rendimiento.

Arzola *et al.* (2007) realizaron dos ensayos de campo para evaluar la influencia de la combinación de fertilizantes orgánicos y minerales en la producción de semillas de Andropogon (*Andropogon gayanus*, cv. CIAT-621) y kudzu (*Pueraria phaseoloides* cv CIAT-9900), respectivamente. Se estudiaron seis tratamientos distribuidos en un diseño de bloques al azar, con cuatro réplicas. Los tratamientos aplicados al Andropogon fueron: testigo sin fertilizantes, fertilizante químico de 160, 50 y 75 kg/ha de N; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O y aplicaciones de 6 t/ha de humus de lombriz y 30 t/ha de estiércol vacuno, solos y combinados con el 50 % de la dosis del fertilizante nitrogenado. En el kudzu, los tratamientos fueron: testigo sin fertilizantes, fertilizante químico a razón de 50 y 75 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O y aplicaciones de 6 t/ha de humus de lombriz y 30 t/ha de gallinaza, solos y combinados con el 50 % de la dosis de fósforo y potasio. Las semillas fueron inoculadas con una cepa efectiva de *Rhizobium* antes de la siembra. Los abonos orgánicos se aplicaron una sola vez.

El estiércol y la gallinaza se esparcieron sobre la superficie del suelo y se aró antes del surcado; el humus de lombriz se aplicó al fondo del surco al momento de la siembra. Como resultados se tiene que los abonos orgánicos incrementaron los contenidos de materia orgánica, fósforo y potasio asimilables y calcio intercambiable del suelo. Los mayores efectos se observaron en los tratamientos donde se aplicó el estiércol

vacuno y la gallinaza, debido probablemente a las altas dosis empleadas (30 t/ha en ambos casos). No obstante, con la aplicación del humus de lombriz estas variables mostraron valores significativamente superiores al testigo.

La fertilización orgánica produjo un aumento altamente significativo en los rendimientos de semilla total y pura del *Andropogon*. En el primer año, con las aplicaciones de 6 t/ha de humus y de 30 t/ha de estiércol se obtuvieron rendimientos similares al alcanzado con los fertilizantes químicos. En el segundo año, las parcelas abonadas con estiércol vacuno solamente y con humus de lombriz más el 50 % de fertilizante nitrogenado, produjeron rendimientos semejantes al observado con los fertilizantes químicos. El humus de lombriz solo, mostró rendimientos superiores al testigo, pero inferiores al resto de los tratamientos antes mencionados.

En el Kudzú, las aplicaciones de 6 t/ha de humus de lombriz y de 30 t de gallinaza produjeron en el primer y segundo años rendimientos de semillas totales y pura similares al obtenido con el 100 % de la dosis del fertilizante químico. Para ambas cosechas, fueron innecesarias las aplicaciones de P y K en las parcelas fertilizadas con los abonos orgánicos. En ambos experimentos se observó la influencia positiva de la fertilización orgánica en el porcentaje de germinación de la semilla a los 6 meses después de la cosecha. Los porcentajes de germinación del kudzu en las parcelas abonadas con humus y gallinaza estuvieron alrededor del 48% mientras que el fertilizante químico y el testigo mostraron valores de 42.1 y 33.7 % respectivamente. Ambos experimentos demostraron que la fertilización orgánica puede ser una alternativa económica y ecológicamente viable para atenuar los efectos de la escasez de fertilizantes químicos, que afecta la producción de semillas de pastos.

Uribe et al. (2001) presentan un estudio de alternativa de manejo de la gallinaza y los efectos de tener un producto de valor con procesos agroindustriales. La gallinaza fue obtenida de aves de postura Hy-Line Brown alojadas en jaulas. Adicionalmente a las deyecciones, la gallinaza estaba compuesta por el desperdicio del alimento, plumas, cáscaras y demás residuos de huevos. Los tratamientos empleados con cinco réplicas fueron: Tratamiento testigo proceso de secado normal, Tratamiento 2 gallinaza con aserrín en proporción 1:1 adicionando microorganismos eficaces (EM) por una vez durante el compostaje; tratamiento 3 gallinaza y aserrín proporción 1:1 en volumen con adición de EM por dos veces.

La adición de microorganismos eficaces (EM) se mezcló con la gallinaza en la proporción de 1:100, utilizando 20 l de solución por tratamiento (4 litros de EM activado + 16 l de agua); se aplicó en la primera semana con bomba de espalda y procurando una homogeneización por volteos cada 2 días en todos los tratamientos. Los resultados de pH para los tratamientos mostraron un comportamiento normal durante el compostaje, el tratamiento 2 mostró un descenso más rápido del pH indicando actividad microbiana entre la primera y cuarta semana. Los resultados de las pruebas físico-químicas realizadas al producto final muestran que los valores más altos de N y K corresponden al tratamiento 2 y el mayor valor de P al tratamiento 1, así mismo los valores más bajos obtenidos para los tres nutrimentos fueron para el tratamiento 3.

Lo cual se debe a que el aserrín diluye los nutrimentos presentes en la gallinaza, sin embargo este material representa un valioso aporte en el nivel de carbono orgánico, importante energéticamente para la actividad microbial. En cuanto a la relación C:N el tratamiento 2 presentó el menor valor (5.5) mientras que

el tratamiento 3 obtuvo el valor más alto (9.2).

En cuanto a la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en los tres tratamientos se encuentra dentro de los rangos aceptables para un producto composteado, sin embargo el tratamiento 2 presentó un valor mayor (239+- 7 meq/100 g M.O.) que los demás tratamientos; Capacidad de retención de agua (CRA) los resultados en los tres tratamientos fueron muy bajos, siendo el tratamiento 3 el de mayor valor (0.62 ml/g); Densidad aparente: este parámetro está muy relacionado con la CRA. La menor densidad se obtuvo en el tratamiento 3 (0.45 g/cc); el tratamiento 2 presentó una menor CRA y por tanto una mayor densidad aparente (0.61 g/cc) al final del proceso.

Se concluye que el compost a partir de estiércol de animales proporciona una materia orgánica valiosa, que constituye en la mayoría de los suelos de 3-6 % en peso, mejor el cultivo de la tierra, aumenta la CRA, disminuye la erosión hídrica y eólica, mejora la aireación y tiene un efecto benéfico sobre los microorganismos; además de estimular el crecimiento vegetal. Se evaluó el efecto del tipo y dosis de abono orgánico que induzca el mejor rendimiento y contenido de proteína para el control de insectos sobre la variedad de algodónero transgénico NuCOTN 35B; se emplearon 9 tratamientos como fuente de N orgánico y un testigo (fertilización inorgánica).

Las variables evaluadas fueron: contenido de proteína en planta, daño en cuadros y bellotas y rendimiento. El diseño fue en bloques al azar con tres repeticiones. Los resultados indicaron que es mejor la fertilización con abono bovino, el cual permitió obtener mejores rendimientos ya que con dosis de aplicación de 77 y 56 Mg/ha se obtuvo un rendimiento de fibra de 7.08 y 5.75 Mg/ha respectivamente. Para el caso de contenido de proteína, no se encontraron diferencia significativa.

Bielinski *et al.* (2003) realizaron un estudio de campo en el sur de Florida, Estados Unidos, para determinar las reducciones de rendimiento de lechuga causadas por densidades de bledo (*Amaranthus hybridus*) y verdolaga (*Portulaca oleracea*) bajo dos programas de fertilización fosforada. Para los complejos lechuga-bledo y lechuga-verdolaga se realizó aplicación de P en dos modalidades: al voleo con 250 kg de P/ha y en bandas, a razón de 125 kg P/ha. La densidad de maleza 0, 2, 4, 8 y 16 plantas /6m de hilera (5.4 m<sup>2</sup>). El diseño fue de parcelas divididas, las densidades ocuparon las subparcelas. En el complejo lechuga-bledo con fertilización de P al voleo se observó reducción de rendimiento en un 20 % en la densidad de 2 y 4 plantas, en tanto cuando el P se aplicó en bandas la merma alcanzó el 24 % con densidades superiores a 8 plantas. En el complejo lechuga-verdolaga, la densidad crítica para reducción de rendimientos ocurrió entre 0 y 2 plantas/6m hilera, con un promedio de 17 % sin importar el nivel de P utilizado. Las máximas reducciones de rendimiento alcanzaron 48 y 44 % cuando se permitió la densidad de 16 plantas de verdolaga/6 m de hilera para P al voleo y en bandas, respectivamente.

### Marco de Referencia Nacional

En lo que respecta a la experiencia en México, se pueden referenciar los siguientes trabajos:

Aguilar *et al.* (1995) evaluaron el efecto de fertilización anual con gallinaza, nitrógeno y fósforo en un suelo andosol, en el crecimiento, producción y estado nutrimental del aguacate cv. Fuerte. Tanto la fertilización con gallinaza (34 kg/árbol/año) sola o combinada con N, como la aplicación conjunta de N y P incrementaron el rendimiento.

Pool-Novelo *et al.* (2000) efectuaron un experimento con maíz (*Zea mays* L. raza olotón) en suelos ácidos (aric anthrosols) en

las laderas terrazadas del área de agricultura intensiva del Carst Chamula, Altos de Chiapas, durante 4 ciclos de cultivo, para evaluar la respuesta a la gallinaza, cal dolomítica y fertilizantes minerales y la interacción de ambos incrementaron la fertilidad del suelo y el rendimiento del maíz. La gallinaza incrementó significativamente el pH, la materia orgánica el P, Ca, Mg y K intercambiable en el suelo; las aplicaciones de fertilizantes fosfatado y potásico, incrementó significativamente el P y el K intercambiable en el suelo. La cal dolomítica incrementó significativamente el pH, Ca y Mg intercambiables del suelo y disminuyó el Al intercambiable y Fe extractable del mismo. Los fertilizantes de lenta solubilidad son más eficientes que aquellos de rápida solubilidad en suelos ácidos que disminuyen la disponibilidad de nutrientes a cultivos; este sería el caso de los abonos orgánicos. Se determinaron el pH, la materia orgánica, el P, el N total, el Al intercambiable, el Fe extractable, el Ca, Mg, Na y K intercambiable.

El rendimiento del maíz fue afectado significativamente por la gallinaza y los fertilizantes minerales, observándose una interacción FxG (tratamiento de fertilizantes inorgánicos con gallinaza) también significativa. La aplicación de gallinaza incrementó significativamente el pH, Ca, Mg y K intercambiables y P y disminuyó significativamente el Al intercambiables del suelo. La interacción gallinaza x cal dolomítica disminuyó significativamente el Al intercambiable e incrementó el pH en el suelo.

Castellanos, citado López-Martínez (2002), señala que de 200 toneladas de estiércol de bovino lechero se pueden obtener en promedio 423 kg de N y 2960 de N si la fuente es gallinaza. El sistema de agricultura actual utiliza gran cantidad de insumos: agua, fertilizantes e insecticidas. Por otro lado, el uso indiscriminado de los fertilizantes minerales ha traído como

consecuencia el deterioro de propiedades físicas, químicas y biológicas de muchos suelos, reducción en el contenido de materia orgánica, además de la obtención de productos agrícolas con cantidades excesivas de nitratos debido a las concentraciones altas de nitrógeno aplicadas en muchos casos (Castellanos *et al.*, 1996). Magdoff (1978) indica que estiércoles de distintas especies y contenidos se descomponen en diferentes rangos de tiempo. Pratt *et al.* (1973) señalan que los desechos orgánicos se mineralizan de 50 a 60% en el primer año, y la mineralización decrece en los años subsecuentes; este proceso dura aproximadamente cinco años y su efecto en el suelo se observa a partir del primer año de aplicación independientemente del abono orgánico de que se trate. No obstante en este trabajo, la gallinaza se mineralizó más rápido, lo que provocó que el N-NO<sub>3</sub> se inmovilizara, lixiviera o desnitrificara, de tal forma que el N-NO<sub>3</sub> no estuvo presente en cantidades adecuadas durante las etapas críticas de desarrollo del cultivo.

López-Martínez *et al.* (2001) evaluaron el efecto de los abonos orgánicos sobre propiedades físicas y químicas del suelo, seleccionando el abono orgánico que produce la mejor respuesta sobre el rendimiento de grano en cultivo de maíz. Los tratamientos a evaluar de abonos orgánicos son: dosis de 20, 30 y 40 t/ha para bovino, caprino y composta y 4, 8 y 12 t/ha para gallinaza y un testigo con fertilización inorgánica (120-40-00 de NPK). Se utilizó el maíz genotipo San Lorenzo, establecido en bloques al azar con arreglo factorial A\*B con tres repeticiones. Las variables consideradas fueron: contenido de humedad, pH, materia orgánica, N, P y rendimiento de grano.

Los resultados indican cambios en las características químicas del suelo (materia orgánica, N y P) antes y después de la siembra. En el caso de las



características físicas no existieron diferencias significativas. El rendimiento de grano con el tratamiento de fertilización inorgánica 120-40-00 de NPK fue el mejor (6.05 t/ha); el abono orgánico de composta (5.66 t/ha) mostró similares resultados. Los abonos orgánicos, principalmente composta con dosis de 20 a 30 t/ha, son una alternativa para sustituir a la fertilización inorgánica.

Muñoz et al. (1990) señalan como premisa experimental que "...Es apremiante realizar investigaciones que permitan utilizar eficientemente este subproducto (estiércoles bovinos y gallinaza) en la agricultura"; en tanto evaluaron el efecto de las diferentes dosis de estiércol aplicados durante seis años sobre algunas características físicas y químicas de un suelo arcilloso: materia orgánica, densidad aparente, porosidad total, conductividad hidráulica, índice de contracción, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, pH y conductibilidad eléctrica.

Las dosis utilizadas fueron de 0, 30, 60 y 120 ton/ha de estiércol. El estiércol se aplicó seis veces año por año en la dosis de 30 y 60 ton, en tanto la dosis de 120 se aplicó dos veces con un intervalo de 4 años. Los resultados obtenidos fueron: el mejoramiento de las características de conductividad hidráulica del suelo y por ende, los problemas de aireación se redujeron. La materia orgánica se incrementó 98 % con respecto al testigo con la dosis de 60 ton y 60 % con las dosis de 30 ton y 120 ton.

La materia orgánica se incrementó linealmente de 1.06 a 1.84 % el primer año mediante la dosis de 240 ton/ha y a partir del segundo su concentración bajó a razón de 0.1 % por año. Para dosis de 30 y 60 ton/ha el incremento fue paulatino pero sostenido. En densidad aparente, el mayor efecto del estiércol sobre su reducción fue con la dosis de 60 Ton. En porosidad total de las muestras secas se incrementaron respecto al testigo un 6.9 % en la dosis de

30 Ton, 9,9 % con la de 120 ton con dos aplicaciones y 12.6 % con la de 60 ton; en tanto en muestras húmedas los valores porcentuales en relación al testigo fueron de 2.4 % con 30 ton, 5.1 % con 120 ton y de 6.8 % con 60 ton. La aplicación de 60 ton/ha al año de estiércol incrementó favorablemente el contenido de materia orgánica y la porosidad total del suelo, pero no modificó la conductividad hidráulica y la capacidad de retención de humedad a capacidad de campo y punto de marchitez permanente. La densidad aparente se redujo conforme se incrementó la dosis de estiércoles, pero el índice de contracción no fue afectado. Las aplicaciones de estiércol durante los seis años, redujeron el pH y la conductividad eléctrica se incrementó.

Para el caso concreto del Estado de Morelos, se han realizado trabajos con fertilización orgánica como los de Gracia (2000) que evaluó el efecto de la aplicación de la gallinaza con dosis de 150 kgN/ha a un cultivo de amaranto en condiciones de temporal en Atzitzihuacan, Puebla, obteniendo como resultado un rendimiento de 2.3 ton/ha. Rojas (2000), evaluó el efecto de la fertilización orgánica utilizando gallinaza como fuente de nitrógeno a diferentes dosis, en un cultivo de amaranto en el campo experimental de la UAEM, obteniendo un efecto positivo en el rendimiento del cultivo utilizando una dosis de 150 kg N/ha.

Soto (2002) utilizó diferentes dosis de gallinaza como fuente de nitrógeno (240, 160, 80 y 0 kg N/ha) para evaluar el efecto en el rendimiento del cultivo de amaranto en Xochitepec, Morelos, concluyendo diferencias entre los tratamientos y obteniendo como mayor rendimiento 885.3 kg/ha con la dosis de 240 kg N/ha.

Taboada y Oliver (2003) quienes evaluaron los rendimientos del cultivo de amaranto en tres localidades del municipio de Temoac (Amilcingo, Huazulco y campo experimental del CBTa 39), utilizando cuatro tratamientos de gallinaza como fuente de

Nitrógeno obteniendo que las dosis adecuadas para el crecimiento para este cultivo es de 150 kg N/ha.

Abad-Fitz (2003) realizó un trabajo en el campo experimental de la UAEM, evaluando el efecto climático y fertilización orgánica para la producción de amaranto en un andosol a diferentes dosis de nitrógeno (0, 15, 200 y 300 kg N/ha). Reportando que la dosis de 300 kg N/ha obtuvo el rendimiento más alto (1.4 ton/ha) a pesar que la siembra fue tardía. Además la dosis de 150 kg N/ha superó los rendimientos de la dosis de 200 kg N/ha con una producción de 1.1 ton/ha y 0.984 ton/ha respectivamente. El amaranto mostró desarrollo óptimo en un clima semi-cálido (A)C(w<sub>2</sub>)(w)ig y una temperatura media anual de 21.3 °C.

Ocampo (2003), evaluó diferentes dosis de fertilización orgánica (0, 150, 200 y 300 kg N/ha) reportando rendimientos de 1.252 ton/ha muy cercana a la media estatal (1.5 ton/ha) empleando la dosis de 300 kg N/ha y gallinaza como fuente de nitrógeno en la localidad de Huitzilac, Mor., en condiciones templadas sobre un suelo andosol.

Beltrán (2005), comparó el rendimiento del cultivo de amaranto con abono orgánico y un testigo en Huazulco, Morelos; reportando que el mayor rendimiento se obtuvo con el abono orgánico (gallinaza) con 1.68 ton/ha y el testigo con 1.3 ton/ha, siendo el rendimiento mayor a la media estatal el primer caso.

Castillo (2005), evaluó el rendimiento del cultivo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) fertilizado orgánicamente en Temoac, Mor., obteniendo una producción de 1000 kg/ha utilizando como fuente de nitrógeno la gallinaza.

Jaramillo (2005), llevó a cabo una cuantificación del costo energético y

económico de una producción del cultivo de amaranto fertilizado con gallinaza en Amilcingo, Morelos; dando como resultado un rendimiento de 1 256 ton/ha; con un costo económico de \$8,160.00 /ha y con una cantidad de energía primaria total requerida de 44,899,388 BTU (Unidad Térmica Británica).

González (2007), determinó el efecto de distintas fechas de siembra en el rendimiento del amaranto en Temoac, Morelos; utilizando gallinaza como fuente de nitrógeno y analizó los cambios en las características físicas y químicas de un suelo tipo vertisol en la presembradura y poscosecha, obteniendo como resultados diferencias significativas entre los tratamientos, con un mayor rendimiento en la segunda fecha de siembra (30 de junio con 936 kg /ha), los parámetros físicos y químicos no mostraron diferencias significativas en ninguno de los niveles analizados.

Con base en los trabajos de investigación anteriormente citados, resulta conveniente la implementación de la fertilización orgánica como una forma de contribuir a la recuperación y conservación de un recurso natural tan importante como lo es la fertilidad del suelo, sino que es un medio factible de mejora de la economía rural, debido al valor agregado que pueden adquirir los productos orgánicos como excedentes en una escala mayor.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el aporte de la fertilización orgánica (gallinaza) en dos unidades de suelo (Andosol y Vertisol) del estado de Morelos, cultivadas con amaranto; documentando los efectos físicos y químicos en la cosecha y poscosecha en un periodo de cinco años, bajo la hipótesis de que la incorporación en dosis de 150 kg de nitrógeno/ha, o mayores, (tomando como fuente de este nutriente a la gallinaza) alteran favorablemente a algunas de estas propiedades conservando la

cantidad y calidad de la disponibilidad de nutrientes a mediano plazo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización de las áreas de Estudio.

La presente investigación se llevó a cabo en dos localidades del Estado de Morelos: la primera en el campo experimental de la UAEM, dentro del campus universitario Chamilpa, al norte del Estado de Morelos; la segunda en el municipio de Temoac, al oriente del Estado de Morelos, una de las principales zonas productoras de amaranto, específicamente, en el campo experimental del CBTA no. 39. El experimento se corrió durante cinco ciclos agrícolas de temporal, utilizando las mismas parcelas y dosis de fertilización de nitrógeno a base de gallinaza.

### Parcela de Cuernavaca Morelos

El Campo Experimental Universitario de Chamilpa (CEUCH), está ubicado en las instalaciones de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Geográficamente se localiza en los paralelos 18° 58' 58" LN y los 99° 14' 08" LW a una altitud de 1892 msnm, perteneciente al municipio de Cuernavaca, Morelos.

Abad-fitz (2003) menciona que la zona presenta un clima (A) C(w<sub>2</sub>)(w)<sub>ig</sub>, semicálido, el más fresco de los cálidos con lluvias en verano, el más húmedo de los subhúmedos, con presencia de canícula, % de lluvia invernal menor de cinco, verano largo y fresco, isotermal y marcha de temperatura tipo Ganges.

El mes más caliente es mayo con (23 °C) en tanto que el mes más frío es enero (18.7 °C); sin embargo, la temperatura máxima promedio es de 26.8 °C y la mínima promedio de 15.1 °C, por ubicarse latitudinalmente dentro de la zona tropical permite que la oscilación térmica anual se poca (4.3 °C). La precipitación total

anual es de 1332.5 mm, el mes más húmedo por lo general es agosto con 381.3 mm, en tanto que el más seco o sin precipitación es febrero; la sequía relativa se presenta durante el mes de julio con una duración promedio de dos meses y una intensidad de 11.77 %.

En términos edáficos, la zona se caracteriza por la presencia de Andosoles (del japonés: An=oscuro y Do=suelo); formados de materiales ricos en vidrio volcánico, presenta un horizonte A de color pardo oscuro a negro, además de una estructura migajonosa a granular, con un promedio de 8 % en materia orgánica y rangos superiores al 30 % de los más oscuros; la densidad aparente tiende a ser baja (0.86-1.73 g/ml), sin embargo, esta propiedad física refleja su alta porosidad; la retención de agua es relativamente alta en comparación con las de otros suelos de textura semejante, poco o medianamente saturados, son muy favorables por su aireación y por la facilidad que ofrecen a la penetración de las raíces, con un activo drenaje interno; la capacidad de intercambio catiónico es elevada (Duchaufour, 1984; Oliver *et al.*, 1995; Pérez y Kientz, 1996, citados por Morales, 2000).

Valera (1991) y Alvarado *et al.* (2001), mencionan que entre las propiedades de los andosoles, destacan las siguientes: Tienen una densidad aparente baja, esponjosidad y porosidad alta. Propiedades físicas atribuidas a la presencia de vidrio volcánico y alófono. Altos contenidos de aluminio intercambiable, por lo que su reacción varía de moderada a fuertemente ácida, con valores de pH tan bajos como 4.5 en la superficie, pero aumenta al incrementarse la profundidad del suelo, hasta llegar a valores de 6 a más, en la ceniza relativamente inalterada; además de la capacidad para retener grandes cantidades de fósforo.

### Parcela de Temoac, Morelos

El municipio de Temoac se ubica geográficamente en la vertiente sur del Popocatepetl entre los paralelos 18° 50' 23"

de latitud norte y 90° 10' 32" de longitud oeste del meridiano de Greenwich, con un rango altitudinal entre 1450 y 1550 msnm, con una extensión territorial de 45,86 km<sup>2</sup>, lo que representa el 0.92 % del total estatal. Políticamente dividido en cuatro localidades que son: Temoac, Amilcingo, Huazulco y Popotlán (Guerrero, 1993).

Este municipio presenta un clima semicálido, el más fresco de los cálidos A(C)w0", con temperatura media anual de 19.7 °C, los meses más calientes son abril y mayo cuando las temperaturas máximas promedio son de hasta 31.7 °C coincidiendo con la germinación y desarrollo vegetativo de la mayoría de los cultivos. En cuanto a la precipitación anual se reciben 1000 mm anuales en promedio, el periodo de lluvias es de mayo a octubre; periodo donde se registran precipitaciones promedio de 920 mm del total anual. La sequía intraestival es particularmente acentuada hacia la región oriente de la entidad, de tal forma que el municipio de Temoac no escapa del efecto de esta, registrando una intensidad de hasta 17.4 %, con una duración de dos meses (julio y agosto) (Taboada *et al.*, 2003).

Esta zona se caracteriza por presentar dos unidades: vertisol y regosol, la primera donde se realizó el experimento, tiene como característica que es un suelo profundo, con alto contenido de arcilla, de color oscuro o pardo rojizo, pesado y de difícil manejo, si se le mejora es muy fértil, presenta grietas anchas y profundas en la época de sequía, se localiza en climas templados y cálidos con una marcada estación seca y otra lluviosa. Su vegetación natural es muy variada; es poco susceptible a la erosión (Aguirre, 1993).

## Metodología

Para la realización de la presente investigación, se montaron parcelas experimentales durante el periodo de siembras 2001 al 2005 bajo el régimen de temporal en los municipios de Cuernavaca

(Campo experimental UAEM) y Temoac (CBTa 39) en una superficie de 500 m<sup>2</sup> dividida en 15 parcelas de 30 m<sup>2</sup> cada una, divididas en 5 surcos de 6 m de largo, dejándose calles de 1.5 m entre cada parcela, estableciendo un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones.

En cada una de las parcelas se tomaron y analizaron parámetros físico-químicos del suelo en ambas localidades, la primera caracterizada por un suelo andosol (UAEM) y la segunda por un vertisol (Temoac), cultivadas con Amaranto y fertilizadas con gallinaza como fuente de Nitrógeno, utilizada como abono orgánico. Durante cada periodo de siembra, se tomaron dos muestreos de suelo a dos profundidades: 0-20 cm y 20-40 cm; uno al inicio del ciclo agrícola (presiembrado) y otro al final de la cosecha (poscosecha).

Para la óptima realización de la investigación, el trabajo se dividió en tres apartados: Trabajo de campo, Trabajo de laboratorio y Trabajo de Análisis estadístico.

## Trabajo de campo

### Preparación del terreno

Se realizaron dos barbechos profundos con el tractor y arado de disco; con la finalidad de airear el suelo y exponer las plagas al sol para evitar daños posteriores al cultivo; el surcado del terreno se realizó con una separación entre surcos de 0.80 m. La delimitación de las parcelas se llevaron a cabo utilizando estacas de madera y mecahilo. Posterior a esto se realizó el primer muestreo edáfico a dos profundidades 0-20 cm y 20-40 cm en cada sitio.

### Fertilización

Antes de la actividad de siembra, se depositó la gallinaza procedente de San Isidro, Yautepec, a un costado de cada

surco de cada parcela, se aplicó la dosis equivalente a 150 kg N/ha 15 días antes de la fecha de la siembra del amaranto; previa determinación del porcentaje de nitrógeno total mediante el método Kjendalh y la realización de los cálculos para cubrir la dosis requerida.

### **Toma de muestras de suelo en las parcelas**

La toma de muestras es un problema complejo que merece una consideración detallada, según lo señalan Petersen y Calvin (1986), "El muestro es el primer paso de un análisis físico-químico de suelo, y el más crítico, ya que constituye la fuente de error más común".

Debido a la variabilidad de los suelos es imposible establecer un método totalmente satisfactorio para todos los casos en la toma de muestras. Naturalmente los detalles de procedimiento deben quedar determinados en función del propósito con el que se toma la muestra, en el presente caso, las muestras serán tomadas a dos profundidades: 0-20 cm porque en este rango queda comprendida la capa arable y los contenidos de materia orgánica; y de 20-40 cm debido a que en este nivel se establece el desarrollo radicular del cultivo.

En el presente estudio, se utilizó un muestreo sistemático de tipo zig-zag; aplicado en todas las parcelas durante los cinco ciclos agrícolas antes de las siembra (pre-siembra) y al final de la cosecha (poscosecha), en la intersección de líneas paralelas equidistantes, cada una formando un ángulo de 30° con la vertical y subdivisión de los segmentos comprendidos entre cada paralela en números enteros de segmentos

Para obtener la muestra final se procedió de la siguiente manera:

1.- Recoger y mezclar una serie de núcleos de la zona que se somete a muestreo; resaltando la importancia de

dejar las bolsas sobre la parcela para llevar una numeración de las mismas y evitar que se produzcan confusiones.

2.- Realizar un submuestreo. Este consiste en tomar cierta cantidad una o más veces de la muestra original (ó en su defecto de cada tratamiento) hasta obtener una muestra compuesta a partir de varios puntos o varias parcelas experimentales. Es importante que cada unidad contenga aproximadamente la misma cantidad de suelo y que no se mezclen las de distintas profundidades al realizar el muestreo.

3.- Las referencias de campo de cada muestra deben contener: a) Nombre de la parcela, b) municipio y/o provincia, c) identificación de las parcelas, d) profundidad en cm, e) Número de muestra, f) Fecha, g) Autor del muestreo y h) Cultivo actual o anterior

4.-Se obtuvieron las muestras finales de suelo a dos profundidades, de 0 a 20 y de 20 a 40 cm, aproximadamente 2 kilogramos de cada una. Se deberán secar al aire bajo techo, y se tamizarán sobre una malla de 36  $\mu$ , se colocarán en un frasco de plástico de aproximadamente un kg.

### **Trabajo de laboratorio**

Una vez realizados estos pasos las muestras tamizadas se trasladaron al laboratorio y se aplicaron las técnicas y/o métodos descritos en el cuadro 1, para la determinación de cada uno de los parámetros físico-químicos en cada muestra.

### **Análisis Estadístico**

Para la comparación y la determinación de las diferencias entre las localidades se utilizó el programa Start grafic (2009) mediante el cual se realizó un análisis de componentes principales (ACP), análisis de varianza (ANOVA) y pruebas Tukey para cada parámetro y sus interrelaciones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se muestran los comparativos de dos unidades edáficas: un andosol de la región norte y un vertisol de la región oriente, ambos en el estado de Morelos; beneficiados con el aporte de nutrientes orgánicos provenientes del uso de la gallinaza, durante un periodo de cinco años, en condiciones de temporal a cielo abierto cultivado con amaranto. En primer lugar se realizó un análisis de componentes principales (ACP) el cual tiene por objetivo agrupar las características estudiadas íntimamente relacionadas; posteriormente se describe el comportamiento de cada una de las variables físico-químicas analizadas a diferente profundidad: de 0-20 y 20-40 cm. y por temporadas de presiembra y poscosecha, momentos en que se tomaron las muestras para su análisis en cada una de las dos unidades estudiadas.

La gráfica del Análisis de Componentes Principales (ACP) de las dos unidades edáficas de muestreo andosol (UAEM) y vertisol (Temoac), en las dos profundidades presentan que los primeros dos ejes representan el 55.06 % de la varianza (el primer eje explica el 37.17 % y el segundo el 17.89 %) (Figura 1). El diagrama presenta que los sitios de estudio están ordenados en un gradiente ambiental. El primer eje explica los parámetros físicos, por ejemplo los vectores del lado derecho del diagrama: % de arena y Densidad Aparente. A lo largo del mismo eje pero del lado izquierdo, se encuentran los parámetros químicos; %C; %M.O.; % de N y los pH (Figura 2).

Los sitios de estudio a lo largo de este eje están arreglados por localidades de estudio, la parte derecha superior del diagrama está representada por suelos más arenosos de la localidad Temoac (T), correspondientes a los periodos 01, 02 y 03 en ambas profundidades, mientras que la parte inferior está representada por suelos con mayor densidad real, correspondientes

a los periodos 04 y 05, así como el periodo pos-01 en ambas profundidades en todo el periodo de estudio de la localidad Temoac.

Cuadro 1. Métodos de análisis de suelo para los diferentes parámetros físico-químicos a realizar.

<i>Determinación</i>	<i>Método</i>	<i>Referencia</i>
Color del suelo	Comparación de color (Cartas Munsell)	(Munsell, 1992)
Densidad aparente (Da)	Volumétrico (Por el método de la probeta)	Aguilera y Martínez (1980)
Densidad real (Dr)	Volumétrico (método del picnómetro)	Aguilera y Martínez (1980)
Porosidad Total	Cálculo	Aguilera y Martínez (1980)
Textura	Boyucos (método del hidrómetro)	Bouyoucos (1963)
Materia orgánica	Método de combustión húmeda de Walkley y Black	Jackson (1982)
Nitrógeno	Kjeldahl (Digestión ácida y oxidación-reducción)	
Carbono	Constante de Jackson (a partir de la materia Orgánica)	Jackson (1982)
PH	Potenciómetro (relación 1:2.5 con agua destilada y KCl)	Goijberg y Aguilar (1987)

Mientras que la localidad UAEM (U) se registró en la parte superior izquierda del diagrama, se observan los parámetros con valores más altos en contenido de % de M.O., C, N y pH correspondió a la

presiembr a del periodo 02 en la de 0-20, así mismo en la poscosecha del 03 en ambas profundidades, mientras que en la parte inferior izquierda representada por la porosidad, la arena y el limo tanto en la

presiembr a como en la poscosecha los periodos 01, 04, y 05 de la localidad UAEM (Figura 2).

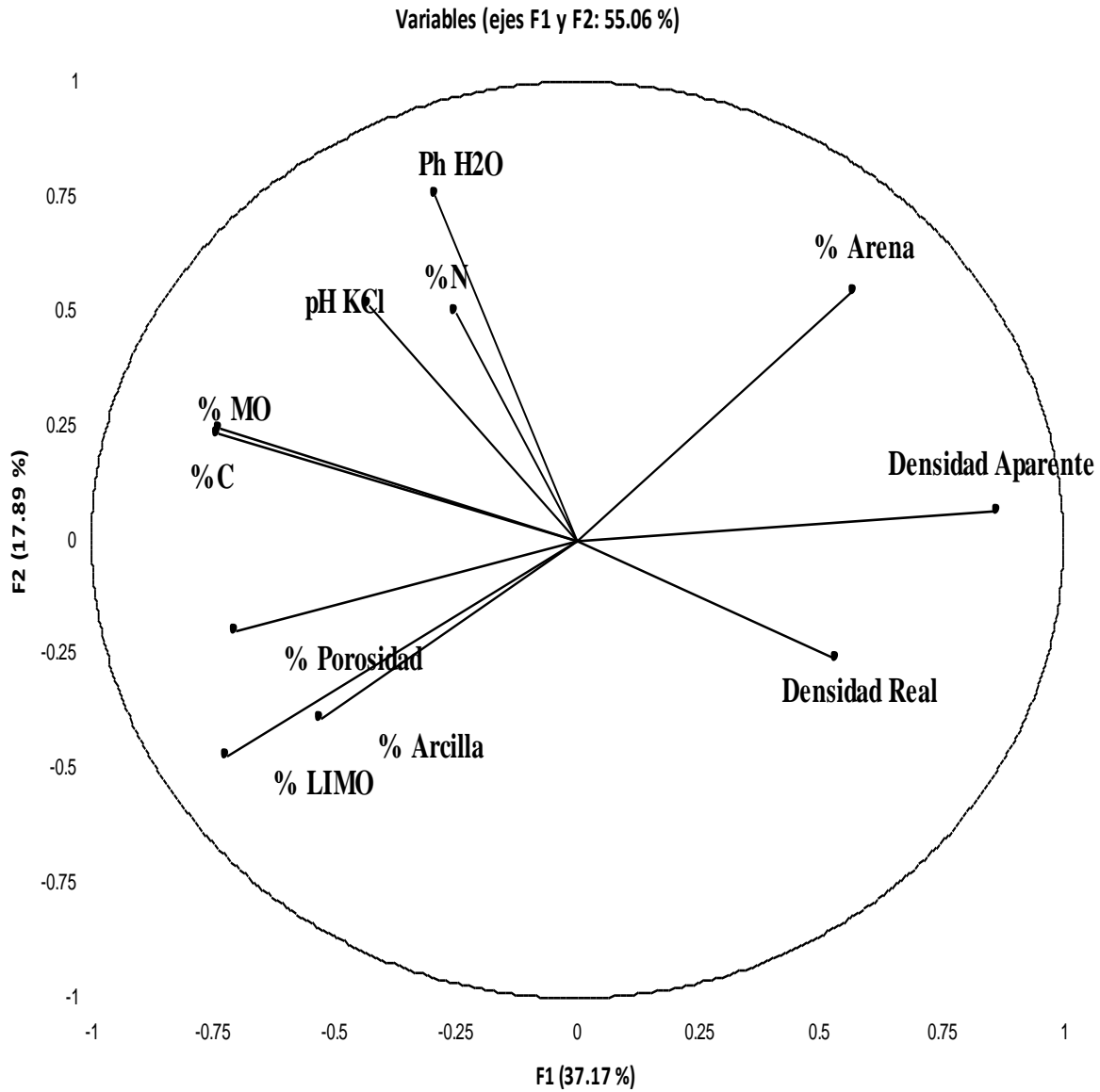


Figura 1. Distribución de los parámetros físico-químicos en los dos ejes cartesianos

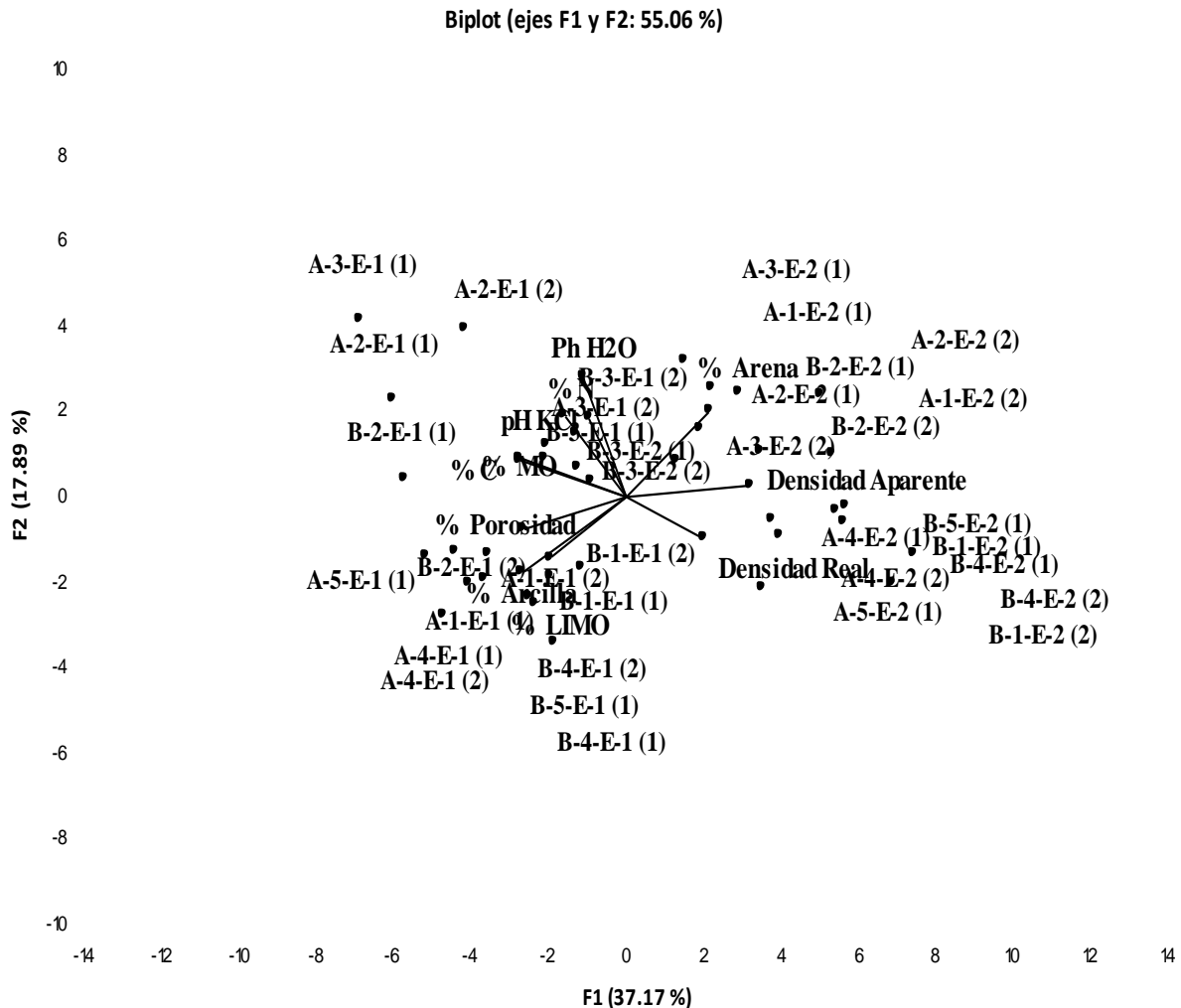


Figura 2. Análisis de componentes Principales (ACP) de la distribución de parámetros físico-químicos sobre las dos unidades edáficas.

Así mismo el eje inferior derecha está representado por la densidad real para la unidad Temoac en la presiembra y poscosecha en ambas profundidades para los periodos 01, 04 y 05

### Descripción de Parámetros Físicos

Se entiende por análisis físico al estudio de las propiedades de los cuerpos desde un punto de vista físico, es decir en

condiciones en que no se modifica su naturaleza íntima (pero que puede modificar su estado), así como el estudio de las reacciones que estos experimentan y las leyes que los rigen (Alcántar, 1992).

Este tipo de análisis se utiliza frecuentemente en la investigación, servicio y docencia, ecología, contaminación ambiental y sobre todo en la agricultura; siendo esta última la parte importante de



este trabajo y que a continuación se describen.

### Densidad Aparente (D. A.)

La densidad aparente es una medida común importante en la relación entre los sólidos y los poros. Se define la masa del suelo que ocupa una unidad de volumen. Los suelos compactos están relacionados con elevadas densidades aparentes, y en cuyos casos la penetración radical se ve restringida (Castellanos, 1982).

Esta determinación además de depender de la textura del suelo, depende en gran parte de su contenido de humedad, pues los suelos se contraen y se expanden conforme se secan o se humedecen; independientemente de la textura, el contenido de materia orgánica tiene una influencia importante sobre la densidad aparente del mismo. El valor de ésta en suelos orgánicos oscila entre  $0.1 \text{ g/cm}^3$  o menos y hasta  $1.6 \text{ g/cm}^3$  en suelos minerales.

En relación con este parámetro los resultados se presentaron de la siguiente manera: En el suelo andosol de la UAEM, se distingue que en ambas profundidades (Figuras 3 y 4), los valores son menores en las presiembras y mayores en las postcosechas, el mayor valor de ésta es de 0.97 y se presentó al final del 5º año debido probablemente a la implementación de maquinaria al inicio y final del cultivo.

Durante los ciclos agrícolas, la incorporación de la materia orgánica en la presiembra disminuyó la D.A. en las dos profundidades, debido a que los componentes minerales son menos densos; en tanto, en la postcosecha, los niveles de descomposición de la materia orgánica libera nutrientes que son absorbidos por la planta, lo que redundó en un incremento en la D.A. en ambos niveles.

Para el 4º año, los niveles se mantuvieron estables en la profundidad 0-

20 (Figura 3), no así en al de 20-40 (Figura 4), donde se presentó una ligera compactación. Durante la poscosecha, nuevamente el aporte de nutrientes origina compactación, elevando los niveles conforme aumenta la profundidad.

Aun cuando los niveles se mantuvieron estables en el 5º año durante la presiembra, la compactación del suelo ocurre en el periodo de poscosecha, sin embargo ésta no rebasa los niveles reportados por la bibliografía para este tipo de suelos (Henriquez y Cabalceta, 1999; FAO, 2000), lo cual alienta la conveniencia de incorporar abonos orgánicos (gallinaza) a mediano plazo.

En lo referente a la unidad de Temoac (Figura 5), con un suelo vertisol se tiene lo siguiente: los niveles reportados en la bibliografía de Densidad Aparente son mayores a 1.2 para este tipo de unidad (Henriquez y Cabalceta, 1999; FAO, 2000), en tanto lo obtenido en la presente investigación estos fueron menores en todos los casos de manera consistente, lo que nos da una idea de que el aporte de materiales orgánicos reduce la densidad aparente evitando la compactación y facilitando la asimilación de nutrientes (mineralización de la M. O.).

Durante el primer año, los valores se comportaron muy similares en ambas profundidades y temporadas (presiembra y poscosecha), teniendo una diferencia mínima en la poscosecha a una profundidad de 20-40 cm. En el 4º. Año, se presenta un incremento considerable de compactación lo que sugiere una asimilación (mineralización) de la MO, decayendo considerablemente con el periodo de poscosecha. Para el 5º año, el subsecuente aporte de M.O., reduce la compactación en todos los casos, lo que sugiere que en años subsecuentes pudiesen alcanzar niveles mayores de Densidad Aparente por la mineralización de la M.O.

En cuanto al análisis de varianza y la prueba tukey practicada al comparar las parcelas de la UAEM y de Temoac, se registran diferencias significativas en la presiembra de la unidad Temoac, a una profundidad de 0-20 con respecto al a unidad UAEM durante las presiembras y poscosechas en ambas profundidades así

como en la poscosecha de Temoac a una profundidad de 20-40 cm con respecto a la poscosecha de la UAEM en ambas profundidades, en el entendido de que los contenidos de partículas son claramente más densos en la unidad vertisol de Temoac (contenidos de arcillas).

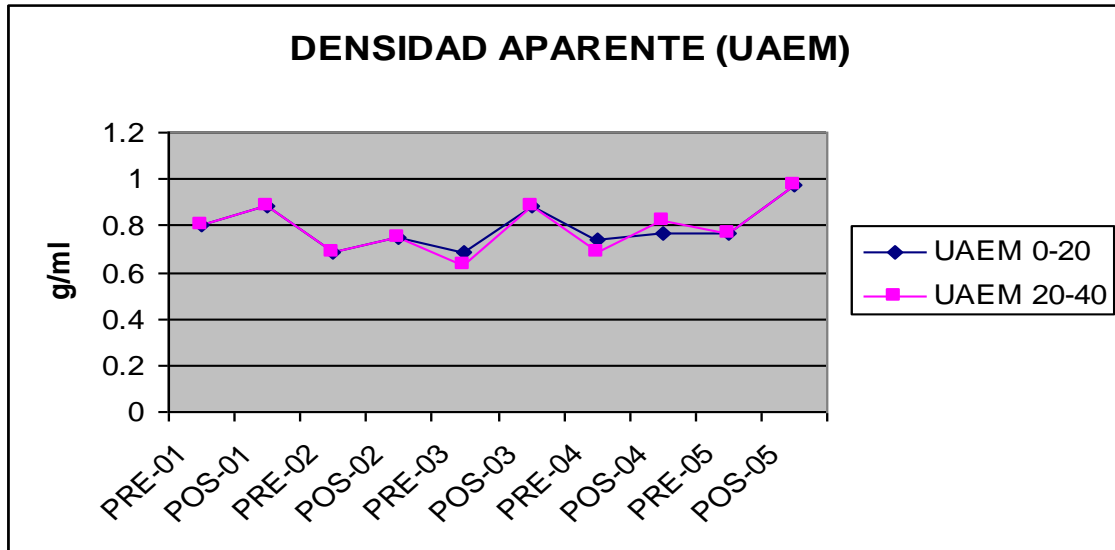


Figura 3. Valores de Densidad aparente de las presiembras y poscosechas por año en ambas profundidades en terrenos de la UAEM.

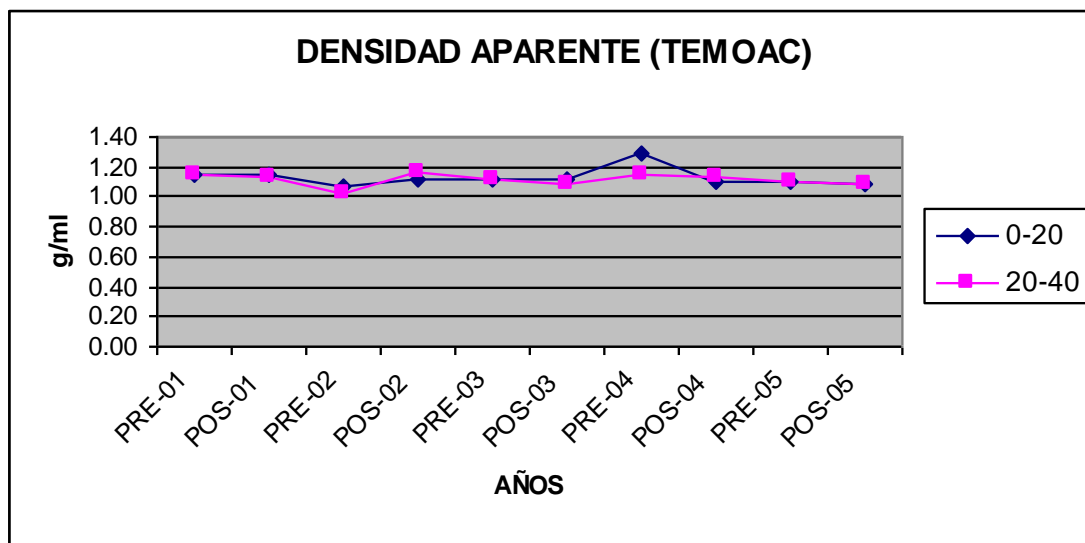


Figura 4. Valores de Densidad aparente de las presiembras y poscosechas por año en ambas profundidades en terrenos de Temoac.

### Densidad Real (D. R.) o de Partículas

Este parámetro varía de acuerdo al tipo de mineral de la materia madre y la cantidad de materia orgánica del suelo. Se entiende como la cantidad de masa de sólidos que existe por unidad de volumen. Es útil para la determinación precisa de los porcentajes granulométricos (textura); para calcular la porosidad total y se aplica para estimar el nivel de humedad cuando el suelo está saturado (Gandoy, 1991). En cuanto a los valores de densidad real, éstos serán siempre mayores que los la densidad aparente, ya que aquí solo participa la masa de sólidos sobre el volumen de estos mismos (Henriquez y Cabalceta, 1999).

A diferencia de la densidad aparente, la densidad real o de partículas (D. R) es un valor menos variable. La grafica muestra que los valores son mayores respecto a la D. A. esto es debido a que aquí sólo participa la masa de los sólidos sobre el volumen de estos mismos. El comportamiento de la densidad real en la UAEM (Figura 5), se manifiesta con un descenso en las presiembras y un incremento en las poscosechas de cada año, esto debido a la descomposición e incorporación de la gallinaza; obteniendo sus máximos en la poscosecha 2001 (POS-01), poscosecha 2003 (POS-03) y la poscosecha 2004 (POS-04) en la profundidad de 0-20 cm.

En la profundidad 20-40 cm (Figura 6), se aprecia una caída en los valores de este parámetro al final del primer año, alcanzando un nivel máximo para la presiembra 2002 (PRE-02), y una tendencia a la baja para los años subsecuentes; cabe mencionar que este comportamiento es debido a que los suelos con altos contenidos de materia orgánica presentan valores bajos de densidad real (Aguilera, 1999), sin embargo hay diferencias significativas entre las presiembras de 0-20 cm y las presiembras de 20-40 cm.

Para el caso de la unidad vertisol de Temoac (Figura 5), el mayor valor de densidad real se encontró en la poscosecha del 1º y 4º año, a una profundidad de 0-20 cm, en tanto que en la profundidad de 20-40 cm (Figura 6), este valor se incrementó sustancialmente en la poscosecha del 2º año, mostrando posteriormente una tendencia a la baja. La fluctuación es constante, aumentando en las poscosechas debido probablemente a que la materia gallinaza se va acumulando y como ya se mencionó anteriormente los suelos con presencia de materia orgánica presenten valores menores de densidad real además del manejo que se le dé al cultivo y se aprecia una disminución al final del 5º año. De tal manera que de acuerdo a con el Análisis de Varianza (ANOVA), hay diferencias entre la presiembra de Temoac de 0-20 y 20-40 y la presiembra de la UAEM de 0-20.

### Porosidad

El espacio de poro total es una medida del volumen del suelo que retiene agua y aire. Este valor se expresa normalmente como un porcentaje y es conocido como la porosidad. De esta forma un suelo con una porosidad de 50 % tiene la mitad de partículas sólidas y la mitad de espacio de poro. Se calcula en gabinete con base a los resultados de las densidades obtenidas de las mismas muestras (Plaster, 2000).

En el caso de la unidad Andosol de la UAEM (Grafica 7), se registró un descenso hacia la presiembra de la profundidad 0-20 del año 2002 y una recuperación sustancial hacia la presiembra 2004; en tanto este aumento se presentó en la poscosecha del 2002 para la profundidad de 20-40 (Grafica 8); estos incrementos en los espacios porosos se deben probablemente a la incorporación de la gallinaza que tiende a la mineralización en años posteriores a los de su adición a los

suelos y que de acuerdo con Bunting, citado por Muñoz *et al.* (1990), los estiércoles adicionan cantidades considerables de materia orgánica al suelo, lo que favorece la

formación de agregados estables al agua y con ellos se incrementa la proporción de poros mayores de 200  $\mu$ .

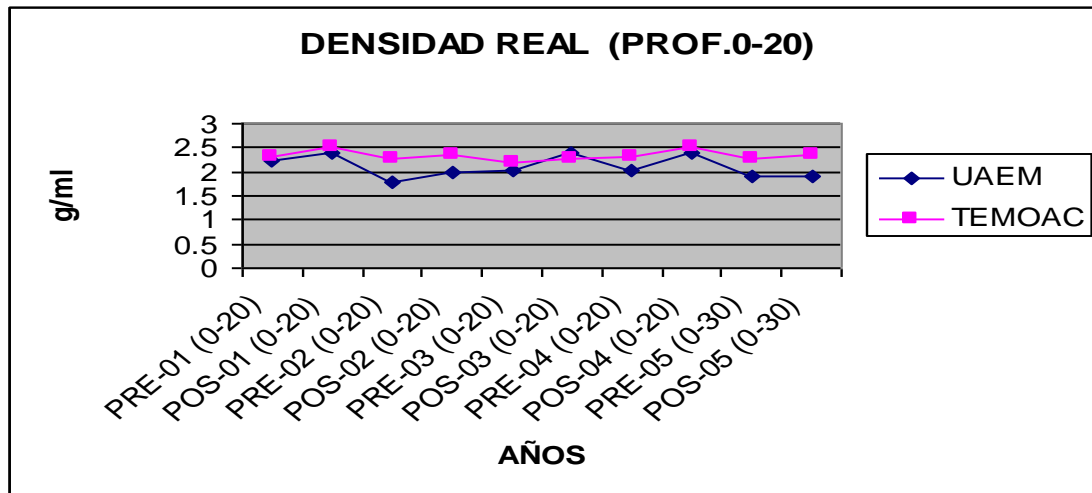


Figura 5. Valores de Densidad real de las presiembras y poscosechas por años en ambas localidades a la profundidad de 0-20 cm.

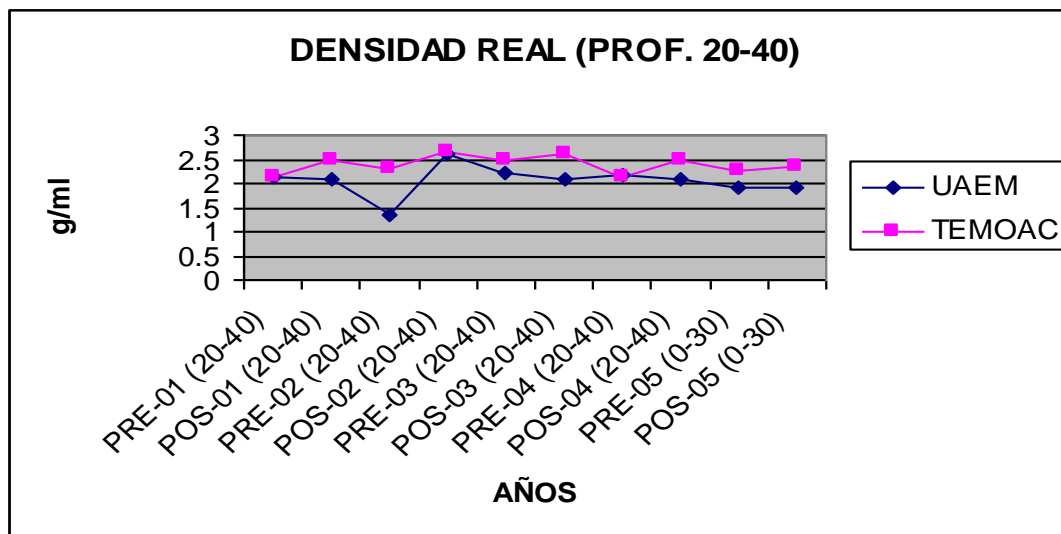


Figura 6. Valores de Densidad real de las presiembras y poscosechas por años en ambas localidades a la profundidad de 20-40 cm.

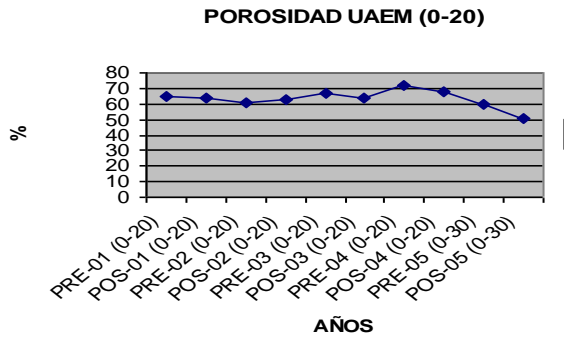


Figura 7. Valores en porcentaje de porosidad en un suelo Andosol de la UAEM a la profundidad de 0-20 cm.

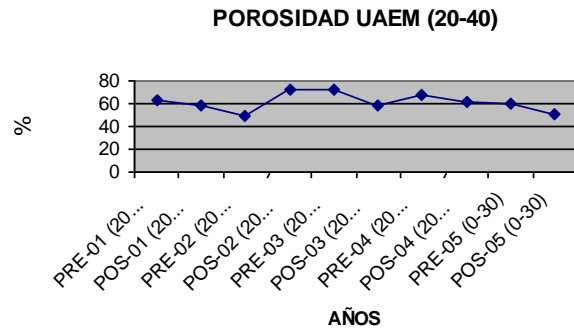


Figura 8. Valores en porcentaje de porosidad en un suelo Andosol de la UAEM a la profundidad de 20 -40 cm.

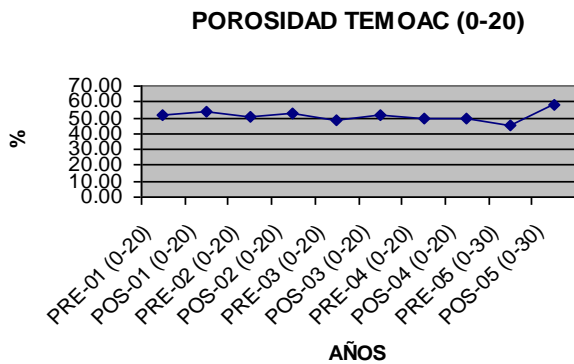


Figura 9. Valores en porcentaje de porosidad en un suelo vertisol de Temoac a la profundidad de 0-20 cm.

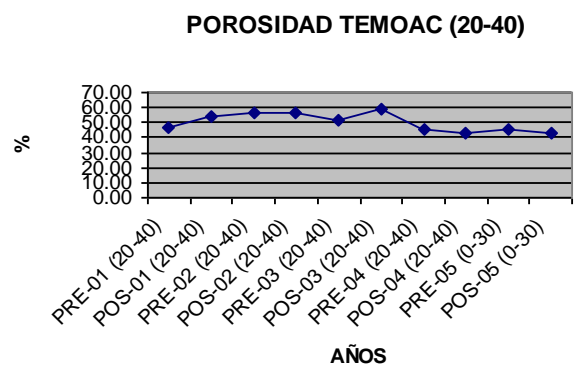


Figura 10. Valores en porcentaje de porosidad en un suelo vertisol de Temoac a la profundidad de 20-40 cm.

Para el caso de la unidad vertisol (Temoac), en la profundidad de 0-20 (Figura 9) se registran aumentos hacia las temporadas de poscosecha, mostrando un ligero descenso hacia la presiembra del 4º año y un repunte considerable al final de la poscosecha del 5º año; esto puede ser explicado a la luz de los niveles de humedad ambiental de estos años y por las condiciones de revertimiento de las capas superficiales hacia las grietas formadas en este tipo de suelos en los periodos de sequía.

En tanto en la profundidad de 20-40 (Figura 10) la porosidad mostró un incremento permanente hasta la poscosecha del 3er año, posteriormente un decaimiento durante las dos etapas del 4º año y nuevamente un repunte hacia el 5º año, influenciado por el comportamiento mostrado en el nivel superior y a las labores de preparación del terreno.

Lo anterior evidencia diferentes comportamientos en cada unidad edáfica a

diferentes profundidades, al aplicar una prueba Tuckey se encontró que hay diferencia significativa entre la presiembra de la UAEM de 0-20 y 20-40 con la presiembra de Temoac en ambas profundidades, siendo los valores más altos en el andosol de la UAEM, debido a la naturaleza apelmazante de las partículas del vertisol de Temoac por su alto contenido de arcillas.

### Textura

La textura está dada como la relación porcentual entre partículas menores de 2 mm de diámetro que incluye las fracciones de arena, limo y arcilla (Núñez, 1996). Lo útil de conocer la textura o la clase textural a la que pertenece el suelo es que permite hacer una deducción aproximada de las propiedades generales del mismo, y así ajustar las prácticas de manejo requeridas (labranza, riego y fertilización); también puede utilizarse para evaluar y valorar tierras de acuerdo a su capacidad de uso y su clasificación.

Dentro de las características físicas sobre las que influye la textura en forma directa, se pueden nombrar el espacio aéreo, la porosidad total, la consistencia, el movimiento y almacenaje de agua, siendo esta última una de las características

edáficas que se busca mejorar mediante el uso de abonos orgánicos. El tipo de suelo caracterizado en la zona de estudio denominada campo experimental UAEM corresponde a un andosol con una clase textural al inicio del experimento franco, posteriormente cambia a una forma predominante franco arcilloarenoso por el cambio de sus porcentajes de partículas; esto debido a la incorporación de la gallinaza

La tendencia a través del tiempo en la unidad andosol de la UAEM (Figura 11), es el de un descenso en los porcentajes de arena en ambos niveles de profundidad; en tanto los niveles de limo y arcillas tienden a incrementar; las fluctuaciones en los tres tamaños de partículas se hacen más notorias en la profundidad de 20-40 cm a tal grado que la proporción relativa de las fracciones de arena, limo y arcilla otorgan una textura de tipo franco para el año 2005 (Figura 12), esto debido a la descomposición e incorporación de la gallinaza al suelo. Vale la pena señalar que Abad-Fitz (2003) reporta niveles abundantes de precipitación para el área de estudio durante los años 2002 y 2003, lo cual pudo tener un efecto de arrastre de partículas.

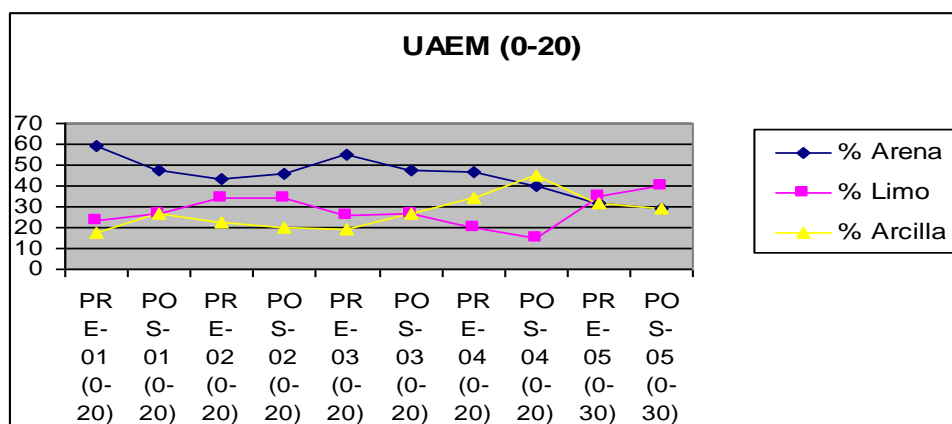


Figura 11. Valores porcentuales de arena, limo y arcilla a la profundidad de 0-20 en el Campo Experimental de la UAEM en un periodo de cinco años

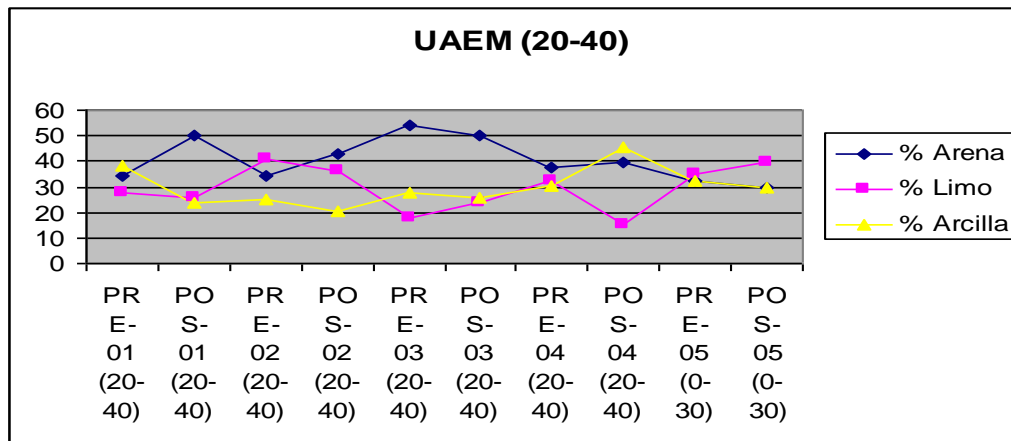


Figura 12. Valores porcentuales de arena, limo y arcilla a la profundidad de 20-40 en el Campo Experimental de la UAEM en un periodo de cinco años

Por otro lado, en la unidad vertisol del campo Temoac se determinaron altos contenidos de arcilla y una textura predominante de Franco arcilloarenoso en ambas profundidades al inicio del experimento. La Figura 13 muestra el comportamiento en tiempo de estos parámetros a la profundidad de 0-20 cm, en donde el porcentaje de arena mostró un comportamiento constante; excepto en la poscosecha del 3er año donde presenta un valor bajo, al igual que la tendencia hacia el 5º año de aplicación en las cuales la textura cambió a Franco arcilloso y Franco, respectivamente, esto concuerda con los niveles de limo y arcillas que progresivamente van en aumento. En la profundidad de 20-40 (Figura 14), el porcentaje de arena tiende a la baja, excepto en la presiembra del 2º año, donde ésta adquiere su máximo valor, esto puede ser debido a la alta precipitación pluvial reportada por Castillo (2005) en el área.

### Descripción de Parámetros Químicos

La química de suelos puede considerarse como una parte elemental de la ciencia del suelo; en base a la composición, propiedades y las relaciones químicas que ocurren en estos, se pueden corregir problemas relacionados con la fertilidad y la nutrición vegetal (Fassbender,

1987). La importancia de contar con resultados confiables reside en formular recomendaciones de una fertilización y manejo adecuado del recurso suelo. En este trabajo se han considerado algunos de estos parámetros que fácilmente pueden ser accesibles para los productores rurales.

### pH

El pH es una característica química de suma importancia por su relación con la fertilidad, las poblaciones de organismos y con algunas propiedades físicas en el suelo; la determinación de la concentración se da por la cantidad de iones hidronio ( $H^+$ ) e iones hidroxilo ( $OH^-$ ). (Henriquez y Cabalceta, 1999). Está estrechamente relacionado con el clima; en las zonas de lluvia escasa, donde el escurrimiento e infiltración no se produce o tiene lugar en una escala muy reducida, se origina una paulatina acumulación de sales que da lugar a la alcalinidad del suelo; por el contrario, en climas lluviosos originan suelos ácidos debido al lixiviado que efectúa la abundancia de agua cuando escurre o se infiltra (Aguilar, 1972). También debe agregarse su relación con la fertilidad, las poblaciones de microorganismos y con algunas otras propiedades físicas en el suelo.

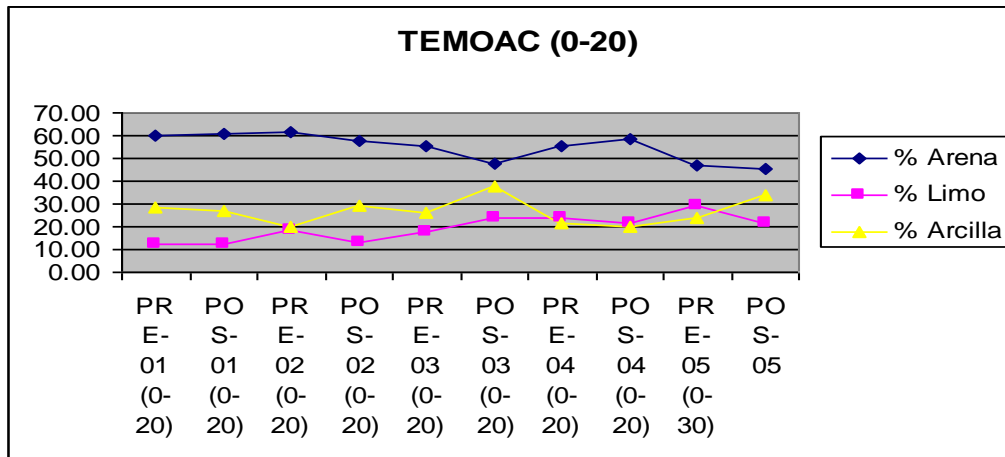


Figura 13. Valores porcentuales de arena, limo y arcilla a la profundidad de 0-20 cm en el Campo Experimental de Temoac en un periodo de cinco años.

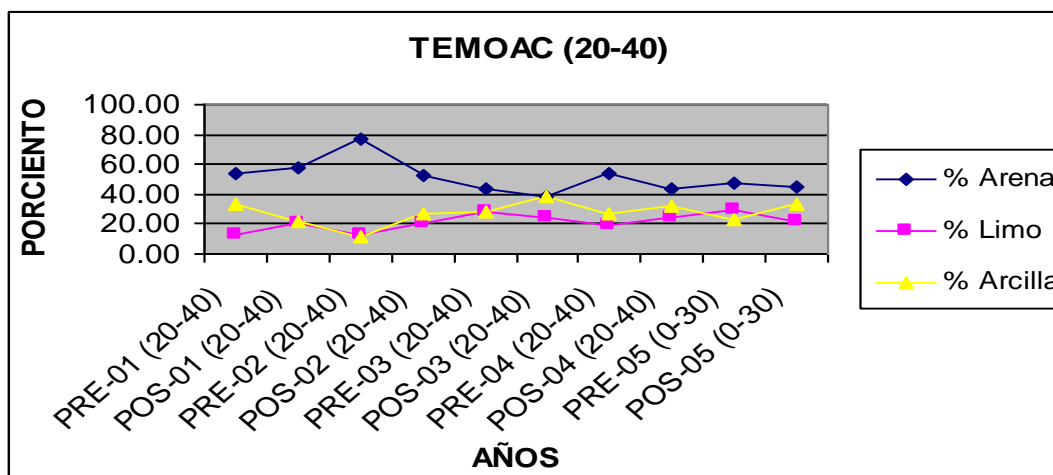


Figura 14. Valores porcentuales de arena, limo y arcilla a la profundidad de 20-40 cm en el Campo Experimental de TEMOAC en un periodo de cinco años

Este experimento demuestra que la adición de fertilizantes orgánicos (gallinaza), en unidades de andosol (UAEM) no modifica el pH (Agua) de los suelos sujetos a prueba que mantienen su consistencia ligeramente ácidos (valor de 6 en la escala); en todo caso, se presentó una ligera modificación en las dos profundidades la cual se corrige en los años sucesivos; con esto podemos decir que los agricultores no corren el riesgo de acidificar y empobrecer

su suelo; El pH (en KCl) demuestra un comportamiento irregular con el paso del tiempo, aumentado en alcalinidad para el segundo año y decayendo a lo ácido en los años subsecuentes en ambos niveles (Figuras 15 y 16).

En la unidad vertisol (Temoac), el comportamiento del pH en agua sufre a mediano plazo una acidificación progresiva tanto en profundidad de 0-20 como de 20-



40, lo cual requiere un manejo diferente para esta unidad, que puede incluir la incorporación de materiales alcalinos, es importante hacer mención que durante la poscosecha del primer año, se presentó un descenso considerable en ambas profundidades, pudiendo deberse al proceso de descomposición de las fuentes de nitrógeno.

En cuanto al pH de KCl descende drásticamente en la poscosecha del primer año, mostrando una recuperación en el siguiente ciclo y mostrando subsecuentemente, una tendencia a la baja (Figuras 17 y 18).

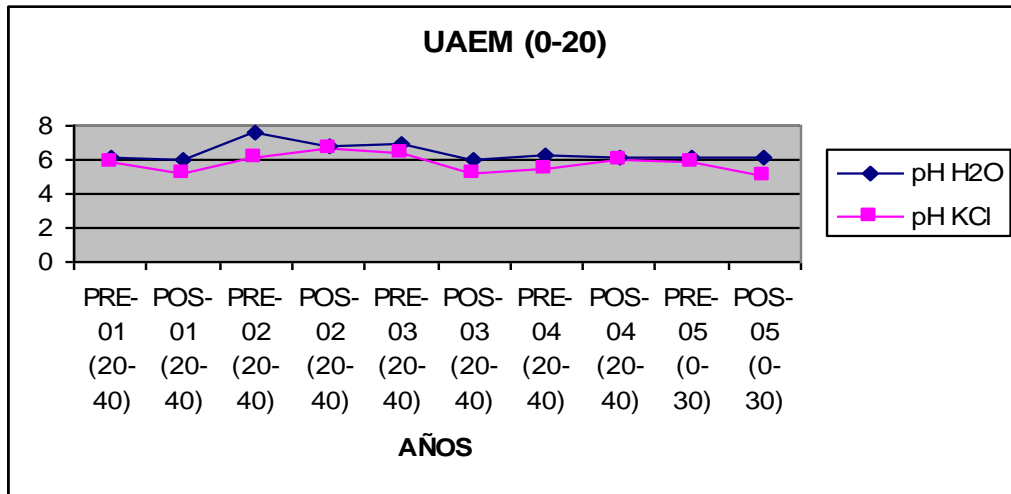


Figura 15. Valores de pH de las presiembras y poscosechas por años de la UAEM a la profundidad de 0-20cm.

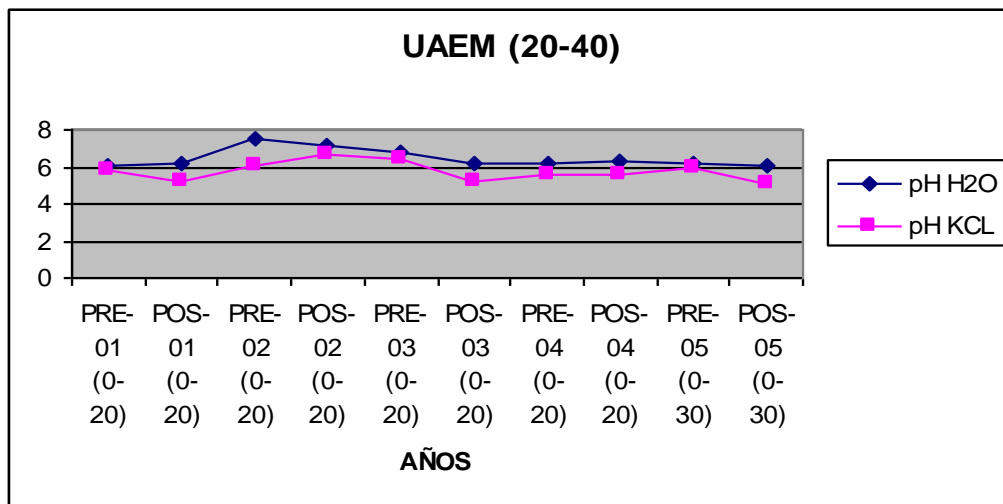


Figura 16. Valores de pH de las presiembras y poscosechas de la UAEM a la profundidad de 20-40 cm.

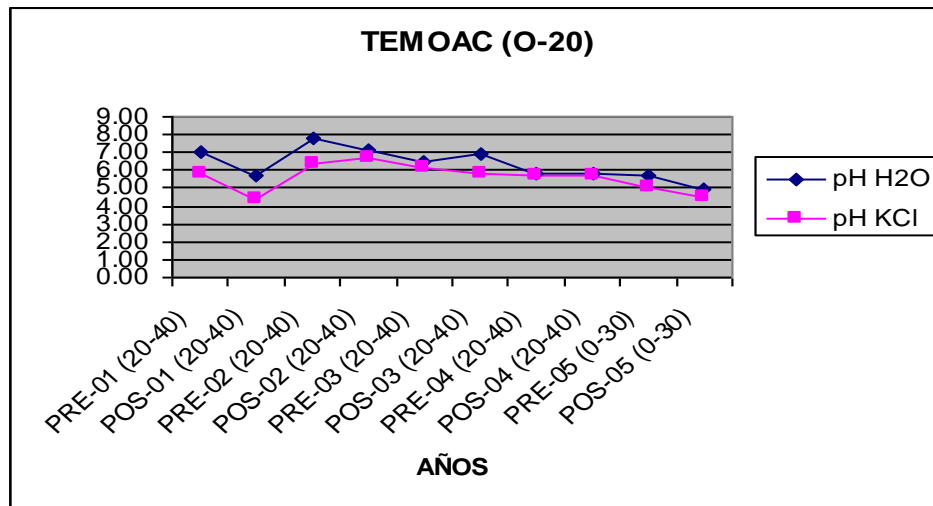


Figura 17. Valores de pH de las presiembras y poscosechas por años de Temoac a la profundidad de 0-20cm.

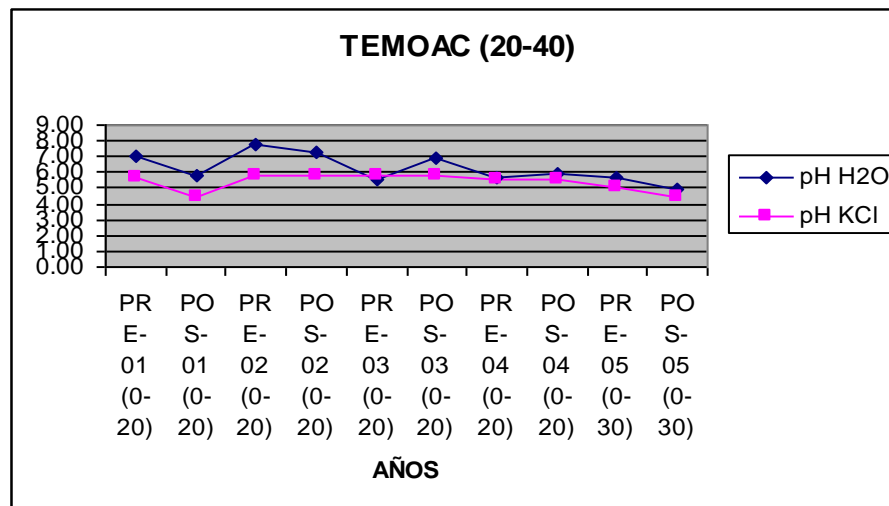


Figura 18. Valores de pH de las presiembras y poscosechas de Temoac a la profundidad de 20-40 cm.

### Contenido de Materia Orgánica, Carbono y Nitrógeno

Desde el punto de vista de la fertilidad de suelos, tradicionalmente se ha visto a la materia orgánica como un almacén potencial de nutrientes, los cuales luego de su mineralización pueden ser absorbidos por las plantas o adsorbidos

temporalmente por los coloides del suelo. (Henríquez y Cabalceta, 1999).

Una de las alternativas para mejorar el contenido de materia orgánica del suelo es por medio de estercoladuras como lo menciona Abbot (1975), que reportó los beneficios directos e indirectos de aplicaciones racionales de estiércol al suelo, y considera que entre los primeros

beneficios que acarrea este material es la cantidad de carbono compuesto por materia orgánica y mineral, es utilizado para generar energía en procesos de combustión. La materia orgánica, proveniente de organismos vivos fosilizados es la que proporciona el poder calorífico, mientras que la mineral, ceniza y azufre por ejemplo, causa emisiones dañinas para el medio ambiente (Lasso, 2004). Mientras que el nitrógeno es esencial para todos los procesos vitales de las plantas, la carencia del mismo a menudo limita el crecimiento en la naturaleza y en la agricultura.

La producción global de alimentos se ha duplicado en los últimos 50 años, en parte debido al creciente uso de fertilizantes nitrogenados, esto implica que sustancialmente más nitrógeno circula a través de varios compartimentos del ciclo global del N, el cual está relacionado a la agricultura (Laegreid *et al.*, 1999). Dentro de la producción agrícola, el nitrógeno es el elemento más limitante en los suelos, no solamente porque es requerido en grandes cantidades por los cultivos, sino también porque su disponibilidad para las plantas es afectada por una gran diversidad de factores. Debido a esto se da por hecho que siempre se debe aplicar nitrógeno durante el ciclo de producción de los cultivos, por esta razón, a continuación se presenta la relación de estos tres elementos en las unidades experimentales.

En el campo de la UAEM, la M.O. presenta un balance dinámico, aumentando progresivamente durante el primer y segundo año y decayendo al 4º, con un ligero incremento hacia el 5º. este incremento se debe a una rápida asimilación (descomposición) y posteriormente, una humificación progresivamente lenta. El porcentaje de carbono y nitrógeno asumieron un comportamiento similar, guardando una estrecha relación; aumentando sus niveles durante el 2º año.

Los resultados demuestran una franca relación entre estos tres parámetros; en el caso del andosol (suelo de la UAEM), los niveles de M.O. y % de C fueron incrementando durante los primeros tres años a la profundidad de 0-20, hasta alcanzar sus máximos en la presiembra 03 y posteriormente con un descenso al 4º año y una recuperación hacia el final del 5º año. El mayor nivel de % de N se presentó en la poscosecha del 3er año. En tanto que en la profundidad de 20-40 cm, se presentó un desplome en la M.O y el % de c al final del 2º año, con fluctuaciones en las siguientes temporadas y un incremento sustancial al 5º año del experimento. El % de n alcanzó sus niveles máximos en la presiembra del 2º año, probablemente debido a la liberación de este nutriente por la mineralización del aporte orgánico de la gallinaza (Figuras 19 y 20).

Para el caso de la unidad edáfica de temoac (vertisol), en los primeros 20 centímetros (profundidad de 0-20), se presentó un descenso en los contenidos de M. O. y C, durante el primer año, con una franca recuperación durante el 2º y 3º; no obstante durante la poscosecha del 4º año se presentó una reducción en estos parámetros y al 5º año una recuperación. El porcentaje de N mantuvo un nivel muy similar durante los cinco años que duró el experimento con un nivel máximo durante la presiembra del 2003.

En la profundidad de 20-40, la tendencia entre M.O. y porcentaje de C es muy semejante, mostrando sus mayores niveles al 3º y 5º año del experimento; en tanto que los niveles de N continúan mostrando niveles bajos pero constantes, su nivel más alto se localizó en la presiembra del 2001, debido probablemente al efecto residual de la fertilización inorgánica a la que estuvo sometida la parcela en ciclos agrícolas anteriores (Figuras 21 y 22).

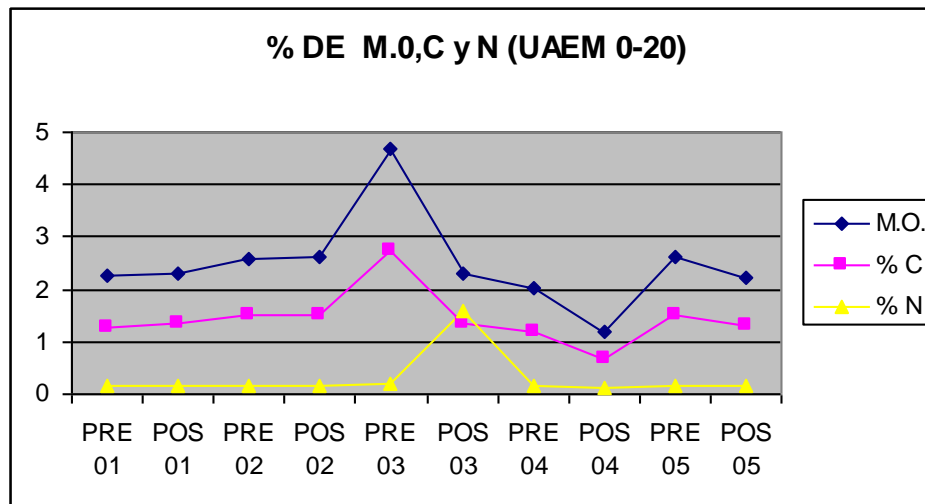


Figura 19. Valores en porcentaje de Materia orgánica, Carbono Y Nitrógeno de las presiembras y poscosechas de la UAEM a la profundidad de 0- 20cm

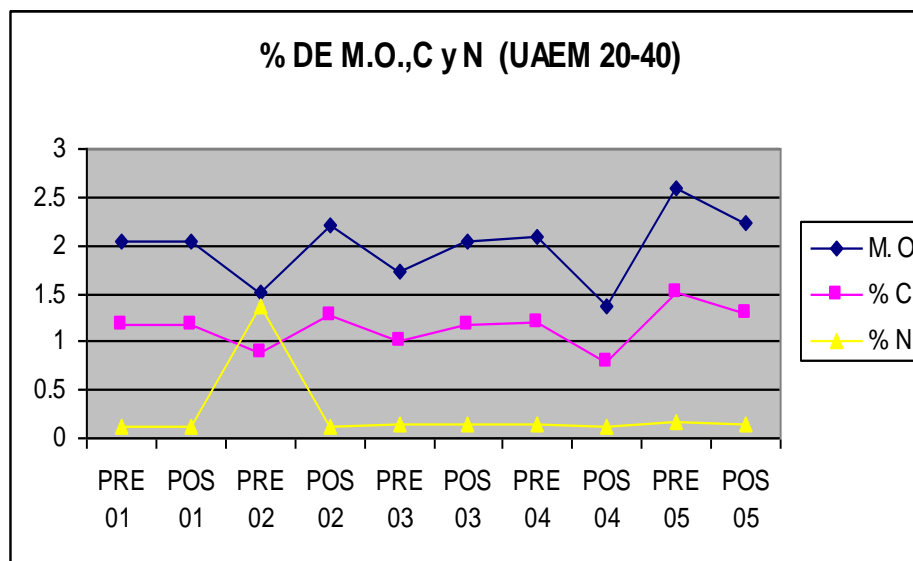


Figura 20. Valores en porcentaje de Materia orgánica, Carbono Y Nitrógeno de las presiembras y poscosechas de la UAEM a la profundidad de 20-40cm

El resultado del análisis de varianza para la materia orgánica demuestra que hay diferencia significativa entre la presiembra y poscosecha de 0-20 de la UAEM contra la presiembra y poscosecha de Temoac en la profundidad de 20-40. No habiendo diferencia en cuanto a la M.O. y N entre las

dos unidades UAEM y Temoac y profundidades. Sin embargo se encontró que para el carbono hay diferencia significativa entre la presiembra de 0-20 de la UAEM y la presiembra de 20-40 de Temoac

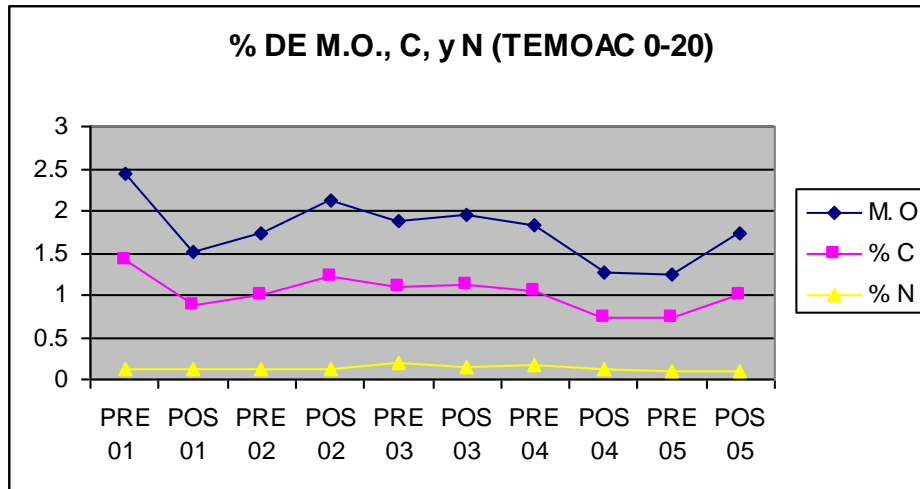


Figura 21. Valores en porcentaje de Materia orgánica, Carbono y Nitrógeno de las presiembras y poscosechas de Temoac a la profundidad de 0- 20cm

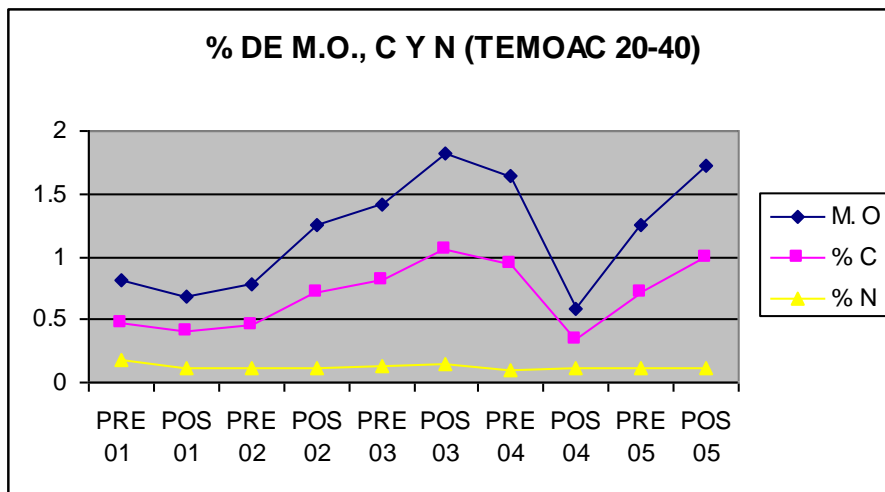


Figura 22. Valores en porcentaje de Materia orgánica, Carbono y Nitrógeno de las presiembras y poscosechas de Temoac a la profundidad de 20 -40cm

**CONCLUSIONES**

La estrecha relación que existe entre la densidad aparente, la densidad real, la porosidad y la textura se ven modificadas cuando la gallinaza se incorpora y se acumula en los primeros 20 cm del suelo; lo que hace que la densidad aparente se

reduzca y el tamaño del poro sea más grande por el incremento de la cantidad de arcillas y limos que se generan, este proceso se ve favorecido por la influencia de la temporada de lluvias.

Estos parámetros difieren en ambas unidades por el contenido de arcillas del

suelo vertisol que propicia que la porosidad se reduzca e incremente los valores de las densidades. Los incrementos de limo y arcilla se presentaron a partir del año para la UAEM a una profundidad de 0-20 cm; en tanto que a una profundidad de 20-40 cm las arcillas se incrementan hasta el cuarto año y los limos en el segundo y quinto año.

En Temoac el contenido de arcillas y limo se incrementaron en el tercer año a una profundidad de 0-20 cm; en tanto, a la profundidad de 20-40 cm se presentó un incremento del porcentaje de arenas en el segundo año y de arcillas y limo durante el tercer año de experimentación, lo cual se explica a la luz de una alta precipitación en la zona.

Experimentalmente se comprueba que la adición de gallinaza como fuente de nutrientes en el caso del suelo andosol, no altera sustancialmente el pH a mediano y largo plazo, las variaciones fluctúan dentro de los márgenes recomendados en la agricultura. No así en el caso del vertisol, en el cual se registra un aumento progresivo en el nivel de acidez con el paso de los años.

En el suelo andosol de la UAEM, el proceso de descomposición y los incrementos de los contenidos de Materia orgánica ocurrieron durante el primer y 2º año de aplicación, con un decremento importante hacia el 5º año de duración del experimento. En tanto que el mayor nivel de porcentaje de N se localizó durante la presimbra del 3er año en ambas profundidades (0-20 y 20-40 cm) estando mayormente disponible para el cultivo debido a que en esta profundidad se encuentran las raíces, esto como consecuencia de la progresiva mineralización de los componentes orgánicos de los años previos.

En el caso de Temoac, el comportamiento de los niveles de M.O. y porcentaje de C, decayeron durante el primer año de experimentación, mostrando

una recuperación durante el 2º y 3er año, a una profundidad de 0-20 cm, en tanto que a la profundidad de 20-40, los máximos para estos parámetros (materia orgánica y % de C) se localizaron al 3er año; en tanto que los niveles de N se mantuvieron muy similares durante el tiempo de duración del experimento, mostrando un ligero aumento en la presiembra del 2003 a una profundidad de 0-20 cm, lo cual nuevamente nos habla de un tiempo necesario para su mineralización; en tanto que en la profundidad de 20.40, el valor más alto fue en la presiembra del primer año, debido probablemente al efecto residual de la fertilización inorgánica a que estuvo sometida la parcela en el ciclo anterior al experimento.

#### LITERATURA CITADA

- AALTERMEX, A.C. 1999. Agricultura alternativa para la alimentación del suelo y la familia. Memorias del 3er. Curso Nacional Agricultura Orgánica Biointensiva Sustentable. Texcoco, Edo. de México. p. 7-45.
- Abad-Fitz, I. 2003. Efecto ecoclimático y fertilización orgánica en la producción de amaranto en un andosol. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológica, Universidad Autónoma del estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos 76p.
- Alvarado, H. A. Bertsch, H. F; Bornemisza, S. E; Cabalceta, A. G, Forsythe, H. W; Henríquez, H. C; Mata, CH. R; Molina, R. E y C. R. Salas. 2001. Suelos Derivados de Cenizas Volcánicas (Andisoles) de Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del suelo 111p.
- Aguilera, H. N. 1989. Tratado de Edafología de México. Tomo 1. Facultad de Ciencias. Dirección General de publicaciones, Universidad Nacional Autónoma de México. México. D. F. 222p.

- Aguirre, G. A. 1993. Química de los Suelos Salinos y Sódicos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 130p.
- Bouyoucos, G. J. 1963. Direction for makin mechanical analysis of soil and hydrometer method. Soil Sci. 42:25-30
- Aguilar, M. J. J., López J.A., Cortés, F. J. I., Samano, G. R. A. y Martínez G. A. 1996. Efecto de la Fertilización Orgánica en el Crecimiento, Producción y estado Nutritional del Aguacate. Coatepec Harinas, Edo. de México. P32-36.
- Alcanzar, G. G., J. D. Etchevers, B y A. Aguilar. S. 1992. Los análisis físicos y químicos su aplicación en agronomía. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Edo. De México. 125p.
- Almazán, C. S., Arellano E. L. M., Lezama, C.J.D. Olmedo J. Y y del Águila J. P. 2005. Evaluación de Parámetros Físicos y Químicos en el Proceso de Vermicomposteo de un Sustrato Orgánico. Revista internacional de Ciencias ambientales. 21 (1) p1189-1194.
- Arzola, J; González P. J., Ramírez, J.; Vieito, E. L. y N. Clavel. 2007. Efecto de la Fertilización Orgánica en la Producción de Semillas de *Andropogon gayanus*, CV CIAT- 621 y *Pueraria phaseoloides*, CV. CIAT-9900. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. MINAGRI. La Habana, Cuba.
- Banco Interamericano de desarrollo. 2011. Recuperado de [http://www.iadb.org/SDS/ENV/site\\_47\\_s.htm](http://www.iadb.org/SDS/ENV/site_47_s.htm)
- Barrios, E. s/a. Recuperación de suelos degradados. Recuperado de [http://www.ciat.cgiar.org/about\\_ciat/acerca/suelos.htm](http://www.ciat.cgiar.org/about_ciat/acerca/suelos.htm)
- Beltrán, S. J. A. 2005. Producción de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.), fertilizado con gallinaza en Huazulco, Mor; Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológica, Universidad Autónoma del estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos 48p.
- Bielinski, M. S., Dusky, J. A. y Stall, W. M. 2003. Influencia de la Fertilización Fosforada sobre la interferencia de *Amarantus hybridus* y *Portulaca oleracea* en lechuga producida en suelos orgánicos. Rev. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. 67: 12-16p. Costa Rica.
- Buckman, H.O. y N. Brady. 1985. Naturaleza y propiedades de los suelos. Edit. UTEHA, México, D. F. 590 p.
- Cambio de Michoacán. 2007. Michoacán, ejemplo en cuidado del suelo agrícola. Disponible en [www.cambiodemichoacan.com.mx](http://www.cambiodemichoacan.com.mx). consultado el 16 de julio.
- Castellanos, R. J. Z. 1982. La importancia de las condiciones físicas del suelo y su mejoramiento mediante la aplicación de estiércoles. Seminarios Técnicos del CIAN. Vol.7 (8) p35.
- Castillo, G. C. 2005. Efecto de la aplicación de gallinaza en el cultivo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.), en el campo experimental del CBTa No. 39 de Temoac, Mor. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológica, Universidad Autónoma del estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos 47p.
- FAO, 2000. manual de Practicas integradas de manejo y Conservación de suelos. Boletín de Tierras y aguas No. 8. Roma
- Fassbender, H. W. Bornemisza, E. 1987. Química de suelos. Con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica, IICA. 420p.
- Gandoy, B. W. 1991. Manual de Laboratorio para el Manejo Físico de Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. Colección. Cuadernos Universitarios. Serie

Agronómica No. 22. Chapingo, Estado de México. 173p.

García, E.L.2000. Evaluación de Gallinaza y urea sobre la producción de amaranto en Atzitzihuacan, Puebla. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológica, Universidad Autónoma del estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos 37p

Guerrero, N. 1993. Suelos Agropecuarios de Morelos, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.

González. C.J., M. Benítez y C. E. Álvarez. 1996. Respuesta de la Papa a la aplicación de distintas dosis de gallinaza en el momento del aporque. Agricultura Ecológica y Desarrollo Rural. II Congreso de la Sociedad Española De Agricultura Ecológica. Pamplona-Iruña

González. C. J., C. E. Álvarez, F. Pomares y M. Benitez.1998. Efectos de Fertilización en Papa con Compost, Gallinaza y Combinaciones de Ambos. Actas del III Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica SEAE. Una Alternativa para el Mundo Rural del Tercer Milenio. Valencia, España. p 285-291

González. S. E.J., Muñoz. R. Gómez A. 2007. Beneficios de la agricultura de conservación para el desarrollo rural y frente al cambio climático. Asociación española de Agricultura de conservación/suelos vivos. Dossier. Num. 251

González, J. A. K. 2007. Evaluación del rendimiento del cultivo de amaranto a diferentes fechas de siembra, con fertilización orgánica en Temoac, Morelos. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológica, Universidad Autónoma del estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos 48p.

Henríquez, H. C. Y A. G. Cabalceta. 1999. Guía Práctica para el Estudio Introductorio de los Suelos con enfoque Agrícola. Asociación Costarricense de la Ciencia del suelo y Universidad de Costa Rica. 1ª edición. San José Costa Rica. 111p.

Jaramillo, S. F. 2005. Estudio energético en la producción de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) con la aplicación de gallinaza como fuente de nitrógeno en

Amilcingo, Morelos. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológica, Universidad Autónoma del estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos 54p.

Jackson, M.L. 1982. Análisis químico del suelo. Editorial Omega. Barcelona, España. 662P.

Laegreid, M. O. C. B. Okman and Kaarstad. 1999. Agriculture, Fertilizers & the environment. CABI. Publishing. Norsk Hydro. Cambridge, USA. 294 p.

Lasso, S. L. M. 2004. Lo que la Tierra da el Hombre lo puede Mejorar. Agencia Universitaria de periodismo científico (AUPEC).

Layme, T y Blanca, V. 2005. Aplicación de Abono Diluido de Gallinaza en el Cultivo de Tomate (*Lycopersicum sculentum*) Bajo ambientes protegidos en Achocalla. UMSA. La Paz, Bolivia. 97p.

Ley de Desarrollo Rural Sustentable. Publicada en el Diario Oficial de la Federación de fecha 7 de diciembre del 2001. Última reforma publicada DOF 26-05-2011. Disponible en <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/235.pdf>

López, O.B.E. y Graillet, J.E.M.2002. El desarrollo Rural en México, una breve revisión descriptiva de los modelos aplicados. Revista de Ciencia Administrativa. Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores de Ciencias Administrativas (IIESCA); universidad Veracruzana, México. Págs. Const. 87-105.Vol. 2

López-Martínez, J.D., Díaz E. A, Martínez R. E, y Valdez C. R. D.2001. Abonos Orgánicos y su efecto en Propiedades Físicas y químicas del Suelo y Rendimiento en Maíz. Terra Latinoamericana 19: 293-299p

López-Martínez, J. D., Gallegos, R. M., Serrato, C. J.S, Valdez, C. R.D. y Martínez-Rubín, E. 2002. Producción de Algodonero Transgénico Fertilizado con Abonos Orgánicos y Control de Plagas. Terra Latinoamericana jul-sep. 20: 321-327p

Morales, O.E. 2000. Evaluación de la Fertilización orgánica e inorgánica en el cultivo del amaranto en dos fechas de siembra, en



- Cuernavaca, Morelos. Tesis profesional. Facultad de ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 49p.
- Munsell. 1992. Munsell Soil Color Charts. Munsell U.S.A. Color Co.
- Muñoz, V. J. A., Tovar, S. J. L., Ortiz, S. C. A. y Castellanos, R. J. Z. 1990. El uso del Estiércol Bovino como mejorador de Algunas Propiedades de Suelos Arcillosos de la Comarca Lagunera. Agrociencia serie AGUA-SUELO-CLIMA. Vol.1 (4). Montecillos, México. P127-142
- Núñez, S. J. 1996. Manual de Laboratorio de edafología. 1ª edición, EUNED. San José, Costa Rica. 89p.
- Ocampo, L. I. E. 2003. Respuesta de diferentes dosis de fertilización orgánica (gallinaza) en el cultivo del amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en Huitzilac, Morelos. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológica, Universidad Autónoma del estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. 33p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y Ministerio de Agricultura y Ganadería. 1996. Agricultura Conservacionista. Un Enfoque para Producir y Conservar. Informe Técnico No. 1 MAG y FAO. San José, Costa Rica. 89p.
- Página electrónica :(<http://www.agendaorganica.cl/quees.htm>)
- Plan Nacional de Desarrollo 2000-2006, Presidencia de la República, México.
- Plaster, E. J. 2000. La Ciencia del Suelo y su Manejo. Editorial. Paraninfo, Magallanes, Madrid, España. 419p.
- Pool-Novelo, L., Trinidad-Santos, A., Etchevers-Barra, J. D. Pérez-Moreno, J. y Martínez-Garza, A. 2000. Mejoradores de la Fertilidad del Suelo en la Agricultura de Ladera de los Altos de Chiapas, Méx. Agrociencia. 34 (3): 251-259
- Quijada, B. 1999. Los abonos orgánicos. En <http://www.epasa.com/elpanamáAmericanaarchive/121597/opinion6.html>
- Restrepo, R.J. 2001. Elaboración de Abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares. Experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 155 pp.
- Rojas, M. M. 2000. Efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento del cultivo del amaranto *Amaranthus hypochondriacus* L. en el campo experimental de la UAEM. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Mor. 45p.
- Soto, J.E. 2002. Evaluación de dosis de gallinaza en la producción de amaranto en Xochitepec, Morelos. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológica, Universidad Autónoma del estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. P30.
- Suescún, G. J. L. y Muñoz A. R. de J. 1982. Influencia de la gallinaza en la Producción de Frijol cargamento bajo el sistema Tradicional de relevo papa-maíz-frijol. Reunión Anual de Cultivos Múltiples, El Arsenal, Colombia. p.47-49
- Taboada, S. M y R.Oliver G. 2003. Cap. II. Aspectos Climáticos, Edáficos y Agrícolas. En: Barreto, S. M. P.,M. Taboada S., R. Oliver G. y F. Bonilla H. (edits.). El cultivo de amaranto en el municipio de Temoac, Morelos, México. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Mor. P45
- Uribe, J. F.; Zoot. E. M. Zoot. S. C , Hernandez. I. A. L . E. y Bedoya, D. M. 2001. Evaluación de los Microorganismos eficaces (E. M) en producción de Abono Orgánico a partir de estiércol de aves de jaula. Rev. Col. Ciene Pec. 14 (2). Medellín, Colombia.
- Uribe, N. V. 2006. Desarrollo rural Integrado: gestión territorial (México). Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos37/desarrollo-rural-mexico/desarrollo-rural-mexico.shtml>
- Yakowitz, M. (editora).1997. Desarrollo sustentable: estrategias de la OCDE para el siglo XXI. Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos. Paris, Francia.196p.