

**Efecto de la fertilización química y orgánica
sobre las propiedades físicas y químicas del
suelo con *Digitaria swazilandensis* en
Atlántida, Honduras**

Cristóbal Mauricio Núñez Núñez

ZAMORANO

Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

Diciembre, 2001

ZAMORANO
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

**Efecto de la fertilización química y orgánica
sobre las propiedades físicas y químicas del
suelo con *Digitaria swazilandensis* en
Atlántida, Honduras**

Proyecto especial presentado como requisito parcial
para optar al título de Ingeniero Agrónomo
en el grado Académico de Licenciatura.

Presentado por

Cristóbal Mauricio Núñez Núñez

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2001

El autor concede a Zamorano permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reserva el derecho de autor.

Cristóbal Mauricio Núñez Núñez

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2001

Efecto de la fertilización química y orgánica sobre las propiedades físicas y químicas del suelo con *Digitaria swazilandensis* en Atlántida Honduras

Presentado por

Cristóbal Mauricio Núñez Núñez

Aprobado:

John Reilly, M.P.S.
Asesor principal

Miguel Vélez, Ph.D.
Coordinador de Area Temática

Raúl Santillán, Ph.D.
Asesor

Jorge Iván Restrepo, M.B.A.
Coordinador C.P.A.

Ana Margoth de Andrews, Ph.D.
Asesor

Antonio Flores, Ph.D.
Decano Académico

Rolando Barahona, Ph.D.
Asesor

Keith L. Andrews Ph.D.
Director General

John Jairo Hincapié, Ph.D.
Coordinador PIA

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de seguir en el camino de la vida.

A mi hija Julianna Valeria con todo mi amor.

A mis padres, familia y amistades.

AGRADECIMIENTO

A mis padres por darme lo mejor que han podido en la vida.

A las siguientes personas especiales: B. Mendieta, R. Turcios, E. Krister, M. Maigualema, E. Chacón, O. Ramos, R. Reyes, I. Matamoros Ph.D., y a todos mis amigos del PIA.

Un agradecimiento muy especial a R. Barahona Ph.D.; por brindarme todos sus conocimientos, por ser un amigo y casi un padre, por todos sus consejos profesionales y personales, le deseo lo mejor de la vida a usted y a su familia, gracias Doctor.

A la familia Valdéz, Portillo, Flores y a mis asesores por su apoyo para culminar este proyecto especial.

Y a todas las personas que me dieron su mano para salir adelante.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

Agradezco al Ministerio de Recursos Naturales, de Honduras por el financiamiento recibido para realizar mis estudios en el Programa de Agrónomo e Ingeniería Agronómica.

A mis padres por el sacrificio realizado, para culminar el Programa de Agrónomo.

Al proyecto Producción y Procesamiento de Leche USAID Zamorano, y a su líder por darme la oportunidad de trabajar y culminar mis estudios.

RESUMEN

Núñez N., Cristóbal Mauricio. 2001. Efecto de la fertilización química y orgánica sobre las propiedades físicas y químicas del suelo con pasto *Digitaria swazilandensis* en Atlántida, Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniería Agronómica, Zamorano, Honduras 27 p.

El sistema de manejo de la mayoría de las ganaderías de la costa Atlántica es extensiva, y las tierras son dedicadas exclusivamente a la producción de pastos. Por lo general, en estas fincas no hay un sistema intercalado con otro cultivo ni un período de barbecho. No hay un buen manejo del estiércol que se recolecta de los corrales y establos de ordeño. Este es almacenado a la intemperie provocando contaminación al medio y dejando parte de nutrientes que no son reincorporados al sistema. El objetivo fue determinar el efecto de los fertilizantes químicos y orgánicos sobre la calidad de los suelos empastados con *Digitaria swazilandensis*. El ensayo se realizó en tres localidades: La Unión, San Juan Pueblo y Arizona en el Departamento de Atlántida. Se muestreo el suelo al inicio y al final del ensayo y se determinó el rendimiento de materia seca. Se utilizaron tratamientos con fertilización química, orgánica y la fertilidad natural del suelo como control en praderas de pasto *Digitaria swazilandensis* ya establecidas. El diseño experimental utilizado fue un BCA con dos repeticiones en cada finca. El efecto de los tratamientos no fue significativo para el carbón activo, conductividad eléctrica, nitritos, nitratos, densidad aparente ni slake test. La fertilización química tendió a disminuir el pH. La fertilización orgánica tendió a aumentar el número de lombrices, estabilidad de agregados y en la finca de La Unión se obtuvo el mayor rendimiento de pasto en materia seca ($P < 0.05$). Los análisis finales de los indicadores de calidad de suelos mostraron que la fertilización con estiércol tuvo la tendencia a mejorar ciertos indicadores como: estabilidad de agregados y número de lombrices. Se recomienda la fertilización orgánica previo un análisis para determinar la concentración de minerales.

Palabras claves: Barbecho, carbón activo, densidad aparente, estiércol, estabilidad de agregados, indicadores de calidad, slake test.

Nota de prensa

EL USO DEL ESTIERCOL COMO UN FERTILIZANTE ORGANICO

La fertilidad de los suelos agrícolas se ve afectada por el manejo que se les dé, esto incluye la aplicación o no de fertilizantes en forma, cantidad y tipo. La presencia de los animales en los potreros durante el pastoreo permite la reincorporación de nutrientes a través del estiércol. Sin embargo, en muchas ganaderías de la Costa Atlántica de Honduras, el ganado es encerrado en las noches por temor al abigeato, lo que sumado al tiempo que permanecen en los establos impide que una cantidad representativa del estiércol se reincorpore a los potreros.

Un estudio realizado en el litoral Atlántico evaluó la influencia que tienen los fertilizantes químicos (18-46-0 y urea) y orgánicos (estiércol) en la calidad de los suelos y en el rendimiento de pasto swazy (*Digitaria swazilandensis*). Dicho ensayo se realizó en tres fincas ganaderas del departamento de Atlántida.

Los resultados de este estudio mostraron que el uso del estiércol como fertilizante orgánico, mejora algunas características del suelo; en una finca se obtuvo mayor rendimiento de pasto que con el fertilizante químico.

El estudio concluye que el uso del estiércol a largo plazo como fertilizante puede marcar diferencias en la calidad de los suelos, pero se recomienda hacer un análisis del mismo para determinar la calidad y la concentración de nutrientes.

Licda. Sobeyda Alvarez.

CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Paginas de firma.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos.....	v
	Agradecimientos a patrocinadores.....	vi
	Resumen.....	vii
	Nota de prensa.....	viii
	Contenido.....	ix
	Índice de cuadros.....	xi
	Índice de figuras.....	xii
	Índice de anexos.....	xiii
1.	INTRODUCCION	1
1.1	HIPOTESIS.....	1
1.2	OBJETIVOS.....	2
1.2.1	Objetivo general.....	2
1.2.2	Objetivos específicos.....	2
1.3	JUSTIFICACION DEL ESTUDIO.....	2
1.4	LIMITES DEL ESTUDIO.....	2
2.	MATERIALES Y METODOS	4
2.1	ENSAYO DE PASTOS.....	4
2.1.1	Localización del estudio.....	4
2.2	TRABAJO DE CAMPO.....	4
2.2.1	Tratamientos.....	4
2.2.1.2	Manejo del estiércol.....	4
2.2.1.3	Fertilización.....	4
2.2.1.4	Manejo agronómico.....	5
2.2.1.5	Corte del pasto.....	5
2.3	INDICADORES DE CALIDAD DE SUELO.....	5
2.3.1	Toma de muestras.....	5
2.3.2	Características físicas.....	5
2.3.2.1	Densidad aparente.....	5
2.3.2.2	Estabilidad de agregados.....	5
2.3.2.3	Textura del suelo.....	6
2.3.2.4	Perfil del suelo.....	6
2.3.3	Características químicas.....	6

2.3.3.1	Conductividad eléctrica.....	6
2.3.3.2	Nitratos.....	6
2.4	MEDICION DE RENDIMIENTO DE PASTO.....	7
2.5	ANALISIS ESTADISTICO.....	7
3.	RESULTADOS Y DISCUSION	8
3.1	RECOLECCION DEL ESTIERCOL.....	8
3.2	CARACTERIZACIÓN DE SUELO DE LAS FINCAS.....	9
3.2.1	Análisis al inicio del ensayo por finca.....	9
3.3	CARACTERIZACION FISICA DE SUELOS DE LAS FINCAS.....	11
3.4	ANALISIS DEL EFECTO DE LA APLICACION DE TRATAMIENTOS.....	12
3.4.1	pH.....	12
3.4.2	Conductividad eléctrica.....	12
3.4.3	Nitrito.....	13
3.4.4	Nitrato.....	13
3.4.5	Slake Test.....	13
3.4.6	Densidad aparente.....	13
3.4.7	Análisis de carbón activo.....	14
3.4.8	Análisis del número de lombrices.....	15
3.4.9	Estabilidad de agregados.....	16
3.5	RENDIMIENTO DE MATERIA SECA.....	17
4.	CONCLUSIONES	19
5.	RECOMENDACIONES	20
6.	BIBLIOGRAFIA	21

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pag.
1.	Resultados de análisis de estiércol. La Ceiba, Honduras, diciembre de 2000.....	8
2.	Resultados de los análisis de su. La Ceiba, Honduras, diciembre de 2000.....	9
3.	Caracterización física del suelo. La Ceiba, Honduras, diciembre de 2000.....	11
4.	Análisis del efecto de la aplicación de fertilización Química, Orgánica y su control. La Ceiba, Honduras, agosto de 2001.....	12
5.	Rendimiento tm/ha/corte de materia seca. Atlántida, Honduras, abril-agosto de 2001.....	18

INDICE DE FIGURAS

Figura		Pag.
1.	Contenido de carbón activo al inicio y al final del ensayo. El Zamorano, Honduras, agosto de 2001.....	14
2.	Efecto de los tres tratamientos en el número de lombrices. La Ceiba, Honduras, agosto de 2001.....	15
3.	Análisis de los cambios en Estabilidad de Agregados debido a los tratamientos La Ceiba, Honduras, agosto de 2001.....	16
4.	Rendimiento de pasto en materia seca, según el tratamiento. Atlántida, Honduras, abril-agosto de 2001.....	17

INDICE DE ANEXOS

Anexos	Pag.
1. Análisis de suelos de las fincas al inicio del ensayo. Laboratorio de la Standard Fruit Compay, La Ceiba, Atlántida. enero de 2000.....	23
2. Análisis de suelos de las fincas al final del ensayo. Laboratorio de Suelos de Zamorano, Honduras. Septiembre de 2001.....	24
3. Distribución pluviométrica del departamento de Atlántida, Honduras diciembre 2000-agosto de 2001.....	25
4. Análisis parcial de costos de los tratamientos. La Unión, Atlántida. abril de 2001.....	26

1. INTRODUCCION

En el Departamento de Atlántida se produce una gran parte de la leche producida a nivel nacional. Esta producción proviene del gran número de hatos de doble propósito diseminadas tanto en laderas como valles de este Departamento.

En estas fincas se usa generalmente un sistema de ganadería extensiva, donde las tierras son dedicadas exclusivamente a la producción de pastos. No hay sistemas intercalados con otro cultivo, ni tampoco un período de barbecho. La compactación por el pisoteo del animal afecta las propiedades físicas y químicas del suelo. La degradación es mayor debido a la falta de prácticas racionales de conservación del suelo. Según Brady y Weil, (1999) en Centro América, de 38 millones de ha de tierra agrícola, el 74% esta degradada. Asimismo, hay pérdidas de nutrientes que no son reincorporados al suelo, porque buena parte de las excretas son acumuladas en los corrales de ordeño cuando el ganado se encuentra en el corral en espera a ser ordeñado.

Además, los ganaderos no dan un manejo adecuado al estiércol cuando éste es recolectado de los corrales y establos de ordeño. Este es almacenado a la intemperie, donde hay lixiviación de nutrientes y contaminación de las aguas subterráneas y superficiales. Se estima que un bovino adulto excreta 2–35 Kg de heces por día. Si bien es cierto que en condiciones del trópico el ganado no es estabulado, éste es trasladado a los corrales donde pueden transcurrir de 2–4 h en espera a ser ordeñado. En muchos sitios del Litoral Atlántico el ganado es encerrado en los corrales en horas de la noche por temor al hurto, y no se ha estimado que cantidad de estiércol deja de reciclarse con el pastoreo.

Asimismo, la mayoría de productores de leche de Atlántida desconocen el efecto de los fertilizantes sobre la calidad del suelo, tanto en cantidades, manejo, formas de aplicación y su relación con los indicadores físico- químicos del suelo.

En el presente trabajo se estudió el efecto de la aplicación de fertilizantes químico y orgánico sobre el rendimiento de pasto suazi (*Digitaria swazilandensis*) y el efecto del fertilizante sobre las propiedades físicas y químicas del suelo.

1.1 HIPOTESIS

Los fertilizantes químicos y orgánicos no afectan significativamente cambios en los indicadores de calidad de suelo en áreas destinadas a la ganadería con praderas establecidas de pasto suazi.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Determinar la influencia de la fertilización química y orgánica en la calidad de suelos en praderas de pasto suazi ya establecidas.

1.2.2 Objetivos específicos

Demostrar al productor el uso potencial del estiércol como un fertilizante orgánico.

Determinar los cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo con la fertilización química y orgánica.

Evaluar los rendimientos de pasto con la fertilización química y orgánica.

1.3 JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

Con este estudio se pretendió evaluar la influencia de los fertilizantes químicos y orgánicos en los suelos del Departamento de Atlántida, lugar donde el Componente de Producción y Procesamiento de Leche del Proyecto Zamorano-USAID concentró sus esfuerzos para la reactivación agrícola post Mitch. Además, este estudio apoyó al subcomponente de suelos del mismo proyecto a formular recomendaciones a productores de pequeña y mediana escala acerca del manejo y fertilización del cultivo, y su influencia en la calidad del mismo.

En la ganadería del trópico, el hato permanece gran parte del tiempo en los potreros, permitiendo así un constante reciclaje de nutrientes a través de sus excretas. Sin embargo, por unas horas del día el ganado está en el establo, ya sea en espera de ser ordeñado, en ordeño o en espera para ser retirado a los potreros, con lo que una parte de sus excretas no entran en el proceso de constante reciclaje de nutrientes. Actualmente, en algunas zonas del litoral el ganado permanece por las noches en los corrales, ya que sus propietarios temen por el robo de sus animales, incrementando así la cantidad de estiércol que no es devuelto a las pasturas.

Por ultimo, este estudio servirá como una base de datos para otros estudios sobre indicadores de calidad de suelos y para formar una base de datos sólida que permita detectar problemas e identificar soluciones de corto, mediano y largo plazo. Con este se logrará mantener una agricultura sostenible a través del tiempo.

1.4 LIMITES DEL ESTUDIO

1. Por los parámetros de clima de la zona en que se realizó este ensayo las recomendaciones y conclusiones se limitan a lugares con las mismas o similares condiciones climáticas.

2. La metodología que se usó para determinar los parámetros de salud de suelos (Kit de Salud de Suelos) y para determinar la fracción activa de materia orgánica, es una herramienta nueva que no es utilizada frecuentemente.
3. El tiempo en que se determinaron los datos fue en un período de seis meses, que es corto considerando que los cambios en algunas propiedades del suelo ocurren lentamente, lo cual limitará la capacidad de este estudio para medir dichos cambios.
4. El ensayo se realizó en praderas ya establecidas de suazi con un manejo tradicional de potreros determinado por el agricultor.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 LOCALIZACION DEL ESTUDIO

El estudio se realizó en tres fincas localizadas en los siguientes municipios: La Unión (Familia Valdéz), San Juan Pueblo (Familia Portillo) y Arizona (Familia Flores). Todas las fincas están ubicadas en el Departamento de Atlántida, a una altura promedio de 16 msnm y con promedios anuales de 2400 mm de precipitación y 32°C de temperatura.

2.2 TRABAJO DE CAMPO

2.2.1 Tratamientos

El ensayo consistió en la aplicación de fertilización química (urea y 18-46-0), orgánica (estiércol de bovino) y control (fertilidad natural del suelo), a praderas de pasto suazi. En cada una de las fincas que comprendió el ensayo se establecieron seis parcelas de 100m², dispuestas en un bloque completamente al azar con tres tratamientos y con dos repeticiones por tratamiento.

2.2.2 Manejo del estiércol

Previo al estudio se recolectó una muestra del estiércol en cada finca, la cual se analizó en los laboratorios de la Standard Fruit Company de Honduras para determinar la concentración de nutrientes.

2.2.3 Fertilización

Los fertilizantes se aplicaron en base a los requerimientos del pasto, previo un análisis de suelo. Las cantidades aplicadas a cada parcela fueron calculadas en base a las siguientes tasas:

<i>Fertilización química</i>	<i>(kg/ha/año):</i>
18-49-0	663.6
Urea	327.7
<i>Fertilización orgánica</i>	<i>(t de estiércol fresco/ha/año):</i>
Finca La Unión	64.04
Finca San Juan Pueblo	43.47
Finca Arizona	52.43
<i>Fertilización natural del suelo: no se aplicaron fertilizantes (control)</i>	

2.2.4 Manejo agronómico

Para el ensayo se utilizaron praderas de pasto suazi previamente establecidas. El pastoreo de la pradera donde se realizó el estudio fue el determinado por el ganadero. Se aplicaron los fertilizantes de acuerdo a los tratamientos, en forma directa a la parcela del pasto. No fue necesario el uso de herbicidas 2-4D para control de malezas de hoja ancha.

2.2.5 Corte del pasto

Se realizaron los cortes de pasto para medir rendimiento (materia fresca y seca) cada 25 días, que es el período de descanso que se recomienda para obtener una mayor concentración de nutrientes en el pasto suazi.

2.3 INDICADORES DE CALIDAD DE SUELO

2.3.1 Toma de muestras

El muestreo de suelos se realizó a una profundidad de 0-10cm para obtener los análisis de carbón activo. Las muestras fueron trasladadas en una hielera manteniéndose a una temperatura promedio de 5 °C en el viaje de La Ceiba a Zamorano. Las muestras para los demás análisis se tomaron a los 0-20 cm en donde esta la mayor numero de raíces.

Se realizó un muestreo previo a los tratamientos y otro al final del ensayo, con seis submuestras al azar dentro de cada unidad experimental para obtener una muestra compuesta.

2.3.2 Características físicas

2.3.2.1 Densidad aparente. Se determinó obteniendo una muestra de suelo con un volumen conocido de 68 cm³ que fue inmediatamente pesada. Una submuestra de 100 g fue secada en un horno a 65 °C por 48 h, eliminando el contenido de agua para luego ser pesada y calcular la densidad aparente de la muestra.

La densidad aparente sirve como un indicador de la compactación del suelo y de las posibles restricciones al crecimiento de raíces (USDA, 1998). Este es definido como la proporción de la masa de un suelo seco en relación al volumen aparente que ocupa esta masa dentro del suelo, lo que incluye el volumen de partículas y el espacio de los poros entre las partículas (USDA, 1998).

2.3.2.2 Estabilidad de agregados. Se determinó según la metodología del Kit (USDA, 1998), donde 10 g de suelo fueron pasados por un tamiz de 2 mm, descartando la fracción que fue filtrada. La fracción que quedó sobre el tamiz se saturó con agua y estos agregados fueron secados por 2 h y luego pesados. Estos agregados se saturaron con una solución jabonosa (CalgonTM que contiene sodio) que tiene la capacidad de dispersar y separar el limo y arcilla de la materia orgánica, por ultimo quedó sobre el tamiz

solamente la arena. Por último, la arena fue secada por 2 h y se calculó la estabilidad de los agregados mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Estabilidad de agregados (\%)} = \frac{\text{peso de agregados seco g} - \text{arena g}}{\text{peso del suelo seco g} - \text{arena g}} \times 100$$

La estabilidad de agregados mide la habilidad de los agregados del suelo para resistir los procesos de erosión y obedece al proceso por el cual cierto número de partículas son mantenidas o unidas por sustancias cementantes (FitzPatrick, 1993).

2.3.2.3 Textura del suelo. Se midió usando el tacto de la mano siguiendo la clave dicótoma en el manual del Kit de suelos (USDA, 1998). La textura del suelo es la sensación que da al tacto el suelo húmedo, que resulta de la mezcla de las partículas minerales constituyentes y de la materia orgánica. Por tanto, es una medida aproximada de la distribución de tamaño de las partículas o de la composición mecánica (FitzPatrick, 1993).

2.3.2.4 Perfil del suelo. Para observar el perfil de suelo se realizó una calicata de 0.028 m³ y se delimitó el primer horizonte, determinando textura, estructura, raíces, profundidad efectiva de la raíces y resistencia a la penetración.

El perfil de suelo se define como un grupo de capas u horizontes que generalmente está caracterizado por la diferencia en color entre ellas (FitzPatrick, 1993).

2.3.3 Características químicas

2.3.3.1 Conductividad eléctrica y pH. De la muestra de 0-20 cm (Sección 2.3.1), se recolectaron 20 g de suelo los cuales se mezclaron con 20 cc de agua destilada, a una relación de 1:1. Se utilizó el aparato de bolsillo de conductividad eléctrica y de pH del Kit para hacer la medición en la mezcla resultante.

La conductividad eléctrica del suelo indica la cantidad de sales presentes en el suelo y está determinada por la concentración de aniones y cationes en solución. Los iones generalmente asociados con la salinidad son Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, H⁺ (cationes) o NO₃⁻, SO₄⁻, Cl⁻, HCO₃⁻ y OH⁻ (aniones). En general, los valores aceptables de conductividad eléctrica se encuentran entre 0 y 0.8 ds/m (USDA, 1998).

2.3.3.2 Nitratos y nitritos. La solución obtenida en la prueba de conductividad eléctrica se filtró en un papel filtro para extraer el agua sin sedimento y se colocó una gota en el papel indicador "Aqua Chek"™ manteniéndola por un minuto para desarrollar el color, el que se analiza mediante escala partes por millón (ppm).

En el proceso de nitrificación el amonio resultante de la mineralización de N orgánico y/o aplicado al suelo en forma de fertilizante es oxidado en el suelo pasando primero por formas nitrosas y después a las formas nítricas (Fassbender y Bornemisza, 1987).

2.4 MEDICION DE RENDIMIENTO DE PASTO

Previo al ensayo, se llegó a un acuerdo con los propietarios de las fincas de dar un período de descanso de 25 días a los potreros. En cada unidad experimental se realizaron los cortes de cada parcela midiendo peso fresco en un m². Además, se tomó una muestra de 200 g de pasto que fue secada en un horno a 65 °C por 48 h, a fin de determinar el porcentaje de materia seca.

2.5 ANALISIS ESTADISTICO

El modelo desarrollado fue un Modelo de Bloques Completos al Azar (BCA), con un análisis de varianza (ANOVA), y una separación de medias (SNK), tanto para las variables de indicadores cómo de rendimiento usando en paquete estadístico SAS[®].

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 RECOLECCION DE ESTIERCOL

En una de las fincas en las que se realizó el ensayo (La Unión, Atlántida) se determinó la cantidad de estiércol que no entra en proceso de reciclaje continuo, o sea estiércol que es excretado en los corrales y que no es reincorporado a las praderas.

Se recolectó el estiércol de los corrales durante tres ocasiones, con lo que se determinó que una vaca en el corral de espera y durante es ordeñada excreta en promedio 3.43 kg/día. En una finca de 80 vacas en ordeño, esto resulta en casi dos toneladas de estiércol por semana que no son devueltos a las pasturas.

En la finca de La Unión, la cantidad de estiércol fresco necesaria para cumplir con los requerimientos del pasto suazi fue estimada en 64.059 t /ha/año, mientras que la cantidad excretada en los corrales se estimó en 100.2 t /año.

Es importante observar que esta la estimación sólo aplica a animales que permanecen en el corral solamente durante el ordeño. Debe recordarse que en muchas fincas de la zona, el ganado permanece en el corral por mucho mas tiempo.

Cuadro 1. Resultados de análisis de estiércol. La Ceiba, Honduras, diciembre de 2000

Finca	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Mn	Fe	B	Na
	%	g/kg					ppm				
Arizona	1.90	5.23	22.32	10.74	6.62	3.19	93.19	527.80	4255.59	0.00	1083.88
San Juan Pueblo	1.38	3.96	13.89	8.22	6.27	3.00	80.02	412.09	8535.09	0.03	545.88
La Unión	2.13	5.04	4.54	9.80	5.26	2.76	86.52	508.09	1216.01	0.00	529.50

Analizado en Digestión Húmeda, en el Laboratorio de la Standard Fruit Company de Honduras.

Calculados con el factor de corrección de humedad.

El análisis del estiércol muestra gran variabilidad en la concentración de algunos minerales, por ejemplo la concentración de nitrógeno (N) varió en 1.38 y 2.13%. Esta variabilidad está directamente influenciada por el tipo de alimentación y la genética de los animales. Dependiendo de su producción, un animal de 500 kg de peso, puede excretar entre 25-35 kg de materia fresca de heces cada 24 horas (Vélez *et al.*, 2000).

Se observó una mayor concentración de fósforo (P) en el estiércol de la finca de Arizona, lo que puede estar relacionado con la disponibilidad de este mineral en el suelo como lo muestra el análisis químico del mismo (Anexo 1).

Se encontró una alta concentración de hierro (Fe) en el estiércol de las tres fincas. Esto es importante al tomar la decisión de usar el estiércol como un fertilizante, ya que al aplicarlo a suelos ácidos o ligeramente ácidos, se podría acidificar el suelo y provocar un desequilibrio en la disponibilidad de nutrientes, afectando directamente los rendimientos de pasto. Este posible problema se puede contrarrestar con la adición de un amortiguador de pH, como carbonato de calcio (Gros, 1971).

Los minerales de Ca, Mg, S, Zn y Mn no mostraron gran variabilidad en su concentración en el estiércol. Esto puede deberse a que estas fincas fueron incluidas como fincas modelo dentro del Proyecto de USAID–ZAMORANO, y en ellas se ha puesto en práctica la suplementación de minerales mediante la suministración de sales mineralizadas.

3.2 CARACTERIZACION DE SUELO DE LAS FINCAS

3.2.1 Análisis al inicio del ensayo por finca

Previo al inicio del ensayo, se realizó un muestreo del suelo de cada parcela para documentar su estado inicial y establecer una línea base de la condición de los diferentes indicadores de calidad de suelo que posteriormente serían analizados en virtud de los tratamientos aplicados.

Cuadro 2. Resultados de los análisis de suelo. La Ceiba, Honduras, diciembre de 2000.

Parámetro	Arizona	San Juan Pueblo	La Unión
Carbón activo (mg/g de suelo)	0.06	0.18	0.21
pH	6.31	5.15	5.78
Conductividad eléctrica (ds/m)	0.00	0.01	0.05
Nitritos (ppm)	0.00	0.00	0.05
Nitratos (ppm)	0.33	0.00	1.08
Número de lombrices /m ³	253.00	559.00	288.00
Slake test	6.00	6.00	6.00
Estabilidad de agregados.(%)	46.37	73.87	25.32
Densidad aparente (g/cm ³)	1.07	1.10	1.19

Parámetros medidos con el Kit de campo (USDA, 1998).

Hubo gran variabilidad en algunos de los indicadores de calidad de suelo. Por ejemplo, el carbón activo fue mayor en un 16% y 270% la finca de La Unión, que en las fincas de San Juan Pueblo y Arizona, respectivamente (Cuadro 2). Esta diferencia puede deberse a las diferencias en la textura entre los suelos de estas fincas (Cuadro 3), que influyen directamente con el contenido de materia orgánica y la actividad microbiana del suelo.

El pH del suelo se mostró fuertemente ácido en la finca de San Juan Pueblo, pero está dentro del rango donde aún no se afecta la disponibilidad de nutrientes y el crecimiento del pasto suazi. Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) (1998), un suelo acidificado puede ser causado por una excesiva fertilización nitrogenada y por pérdidas por lixiviación.

El número de lombrices /m³ encontradas en la finca de San Juan Pueblo, fue casi el doble que las encontradas en la finca de La Unión y Arizona. Este índice es afectado directamente por textura del suelo (Cuadro 3) y el contenido de materia orgánica (Anexo 1). Una población de 328 lombrices/m³ es considerada una buena población para los sistemas de agricultura (USDA, 1998).

El mayor porcentaje de estabilidad de agregados fue encontrado en la finca de San Juan Pueblo, el que fue casi tres veces mayor y el doble que el de las fincas de La Unión y Arizona, respectivamente. El mayor porcentaje de materia orgánica observado fue de casi de 5% en la finca de San Juan Pueblo (Anexo 1), cuyos suelos también presentaron la mayor estabilidad de agregados. Esto coincide con lo que menciona el manual del Kit (USDA, 1998) que cuando mayor es el porcentaje de materia orgánica, mayor es el porcentaje de estabilidad de agregados.

Las fincas en las que se realizó el ensayo carecían de un plan de fertilización para los potreros. Estas fincas se encuentran en la región del trópico húmedo con precipitaciones anuales de 2,400 mm, lo que podría explicar la poca variabilidad en las concentraciones de sales observada en estos suelos. Los suelos afectados por salinidad generalmente se encuentran en zonas áridas o semiáridas, donde las precipitaciones anuales son bajas y las sales se acumulan en el perfil del suelo (USDA, 1998).

Debido a la poca variabilidad de las condiciones climáticas que rodean las finca, no se encontró variabilidad en la concentración de nitritos y nitratos. La mineralización del N depende de la cantidad de N orgánico en el suelo, contenido de agua, temperatura, pH y la aireación del suelo (USDA, 1998).

Los indicadores de estabilidad de agregados y densidad aparente están relacionados con el manejo de suelos. No hay gran diferencia en cuanto al manejo de suelos y pasturas entre las fincas. La densidad aparente es una propiedad dinámica que varía con las condiciones estructurales del suelo. Esta condición puede ser alterada por el tipo de cultivo, compactación por animales y maquinaria y el impacto del agua de lluvia (USDA, 1998).

3.3 CARACTERIZACION FISICA DE SUELOS DE LAS FINCAS

Además de las mediciones reportadas en el Cuadro 2, también se realizaron otras mediciones físicas del suelo que a continuación se reportan en el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Caracterización física del suelo. La Ceiba, Honduras, diciembre de 2000.

Finca	Características
Arizona	Profundidad de las raíces: de 0-20cm, con mayor concentración a los 10 cm. Evidencia de compactación a partir de los 15 cm de profundidad, y a mayor profundidad mayor compactación. Estructura: granular. Tamaño de los agregados: grande y de grado moderado. Profundidad a la que se encuentran las piedras: más de 15 cm. Textura del suelo silty (aluvioso) Arcilloso.
San Juan Pueblo	Profundidad de raíces: de 0-30 cm, con mayor concentración a los 10 cm. Evidencia de compactación a partir de los 15 cm de profundidad. Estructura: granular. Tamaño de los agregados: medio y de grado moderado. Profundidad a la que se encuentran las piedras más de 100 cm. Textura del suelo: Arenoso Arcilloso.
La Unión	Profundidad de raíces de 0-20 cm, con mayor concentración a los 10 cm. Evidencia de compactación a partir de los 15 cm de profundidad. Estructura: granular. Tamaño de los agregados: medio y de grado medio. Profundidad a la que se encuentran las piedras más de 10 cm. Textura del suelo: limoso arenoso, arenoso arcilloso.

La profundidad de las raíces para las tres fincas se mantuvo en promedio de 0-20 cm, con mayor concentración de raíces en los primeros 10 cm. Esto está directamente relacionado al grado de compactación del suelo. Asimismo, las tres fincas presentaron evidencia de compactación a partir de los primeros 15 cm. Esto puede obedecer a que en la época de lluvia, las fincas del Litoral Atlántico se ven afectadas por la saturación de agua que hay en los potreros y estos son siempre pastoreados, lo que puede explicar el grado de compactación encontrado.

En los suelos de la finca de San Juan Pueblo las piedras se encontraron a profundidades mayores a un metro y se observó un alto contenido de materia orgánica y valores intermedios de carbón activo. Esto demuestra cómo la estructura y la textura del suelo afectan la actividad microbiana.

3.4 ANALISIS DEL EFECTO DE LA APLICACION DE FERTILIZACION QUIMICA, ORGANICA Y SU CONTROL

Cuadro 4. Cambios en parámetros de calidad de suelo debido a los tratamientos de fertilización. La Ceiba, Honduras, agosto de 2001.

Parámetro	TRATAMIENTO		
	Control	Químico	Orgánico
pH			
Inicial ⁺	5.70	5.79	5.75
Final ⁺⁺	5.55	5.37	5.52
Diferencia	-0.15 ^a	-0.42 ^b	-0.23 ^{ab}
Conductividad eléctrica (ds/m)			
Inicial	0.02	0.02	0.02
Final	0.04	0.05	0.06
Diferencia	0.02 ^a	0.03 ^a	0.04 ^a
Nitritos (ppm)			
Inicial	0.03	0.03	0.00
Final	0.00	0.00	0.00
Diferencia	-0.03	-0.03	0.00
Nitratos (ppm)			
Inicial	0.42	0.50	0.50
Final	0.50	0.50	0.83
Diferencia	0.08 ^a	0.00 ^a	0.33 ^a
SlakeTest			
Inicial	6.00	6.00	6.00
Final	6.00	6.00	6.00
Diferencia	0.00	0.00	0.00
Densidad aparente(g/cm³)			
Inicial	1.11	1.16	1.10
Final	1.44	1.43	1.35
Diferencia	0.33 ^a	0.27 ^a	0.25 ^a

⁺ Datos de enero de 2001. ⁺⁺ Datos de agosto de 2001.

^{ab} Medias dentro de una fila con letras distintas difieren estadísticamente (P<0.05)

3.4.1 pH

Las parcelas que no recibieron fertilización (control) fueron las que mostraron menor cambio en pH entre las dos mediciones. Dichos cambios fueron estadísticamente menores a los mostrados por las parcelas que recibieron fertilización química, pero iguales a los de las parcelas que recibieron fertilización orgánica (P< 0.05).

La acidez del suelo se debe principalmente a la presencia de iones de hidrógeno (H) y de aluminio (Al). Normalmente, el pH del suelo tiene un rango de 3 a 9. Los dos factores que lo controlan son la materia orgánica y el tipo y cantidad de cationes (FitzPatrick, 1993). El pH tiende a estar correlacionado con la precipitación. A medida que esta

aumenta, el pH baja como resultado del agotamiento de cationes básicos (FitzPatrick, 1993).

3.4.2 Conductividad eléctrica

No hubo cambios significativos en conductividad eléctrica en respuesta a los diferentes tratamientos. Esto puede deberse a que en estas fincas no se ha implementado un plan riguroso de fertilización a los potreros, por lo tanto no se encontró una acumulación de sales. Debe también tomarse en cuenta el corto período de tiempo en el que se realizó el ensayo.

3.4.3 Nitritos

No hubo cambios significativos en el contenido de nitritos asociados a los tratamientos. Una alta concentración de nitritos tiene efectos más rápidos que las concentraciones altas de nitratos. Afortunadamente las concentraciones de nitritos son siempre bajas (USDA, 1998). Las raíces de las plantas absorben el N desde la solución del suelo como nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_4^+). Los nitritos (NO_2^-) también pueden ser absorbidos, pero estos iones son tóxicos para las plantas y mamíferos (Brady, 1990).

En el proceso de nitrificación, el amonio resultante de la mineralización de N orgánico y/o aplicado al suelo en forma de fertilizante es oxidado en el suelo pasando primero por formas nitrosas y después a las formas nítricas. Ambas reacciones tienen lugar al mismo tiempo con una velocidad similar, pues no se ha reportado una acumulación de nitritos en los suelos en condiciones normales (Fassbender y Bornemisza, 1987).

3.4.4 Nitratos

No hubo cambios significativos asociados a los tratamientos en lo referente al contenido de nitratos en el suelo, aunque se observó una variabilidad alta en este parámetro entre los tratamientos.

El paso de transformación de N orgánico a nitratos es realizado por bacterias como *Nitrobacter* y *Nitrocystis*. Las condiciones óptimas para la nitrificación se dan a temperaturas de alrededor de 25 a 35 °C, con un pH ligeramente ácido y a niveles intermedios de humedad. En suelos de áreas tropicales se ha encontrado que existen grandes fluctuaciones estacionales en las tasas de nitrificación en respuesta a diferentes condiciones climáticas (Fassbender y Bornemisza, 1987).

3.4.5 Slake test

No hubo cambios significativos asociados a los tratamientos para el indicador slake test, el que se mantuvo en el grado 6 al inicio y al final del ensayo. El grado 6 indica que del 75-100% del suelo permanece estable al someterse a estrés hídrico, lo que representa una buena estabilidad relativa de los fragmentos o agregados del suelo (USDA, 1998). En general, el contenido de materia orgánica puede afectar el grado de estabilidad del suelo sometido a cierto estrés hídrico.

3.4.6 Densidad aparente

No hubo cambios significativos asociados a los tratamientos. Sin embargo se puede notar que hay una diferencia numérica al inicio y al final del ensayo. Esta diferencia puede ser explicada a la variabilidad en el tiempo en que se tomaron las muestras para hacer analizadas y a la textura del suelo de cada finca.

La densidad aparente de un suelo está relacionada a los volúmenes de los sólidos y a los espacios porosos. Suelos con alta proporción de espacios porosos tienen una baja densidad aparente que los que son más compactos y que tengan menos espacios porosos. En consecuencia cualquier factor que afecte los poros del suelo afectará la densidad aparente (Brady, 1990).

El índice de densidad aparente sirve como un indicador de compactación y de restricciones relativas para el crecimiento de raíces. Este indicador es influenciado por el tipo de textura del suelo. Suelos con textura aluviosa-arcillosa deben de tener una densidad aparente <1.30 para considerarlos ideales, mientras que aquellos con texturas arenosa-arcillosa y limosa arenosa deben tener valores <1.10 y <1.60 , respectivamente. Valores mayores que estos pueden limitar el crecimiento de las raíces (USDA, 1998).

3.4.7 Análisis de carbón activo

No hubo diferencia significativa entre los tratamientos en cuanto a cambios en el contenido de carbón activo después de cuatro meses de experimentación (Figura 1). Sin embargo, hubo diferencias numéricas en este parámetro, observándose una tendencia a incrementar ligeramente el contenido de carbón activo con el tratamiento orgánico. Es probable que el corto período en que se realizó el ensayo impidiera ver cambios significativos en respuesta a los tratamientos.

La diferencia que hay al inicio y al final del ensayo se explica por la época en que se tomaron los datos. Los datos del inicio del ensayo fueron tomados en la época de mayor precipitación en la costa Atlántica de Honduras (Anexo 3). Cuando los suelos están saturados de agua, el oxígeno es desplazado de los poros. En consecuencia, disminuye la actividad microbiana. Esto explica por que este período es crítico para los ganaderos de la zona, pues es en donde tienen un pobre crecimiento de los pastos, lo que al final se refleja en una baja producción de leche por vaca.

El contenido de aire del suelo es determinado considerablemente por el contenido de agua, ya que el aire ocupa los poros del suelo no saturados de agua (Brady, 1990). Los microorganismos del suelo son autotróficos y heterotróficos. Los primeros obtienen su energía de la oxidación de sustancias inorgánicas y el carbón del dióxido de carbono y los segundos obtienen su energía y carbón directamente de la materia orgánica (Brady, 1990).

El elemento más importante en el reino biológico que sirve como piedra angular de la estructura celular es el carbono. Aún cuando la fuente principal de carbono, el CO_2 ,

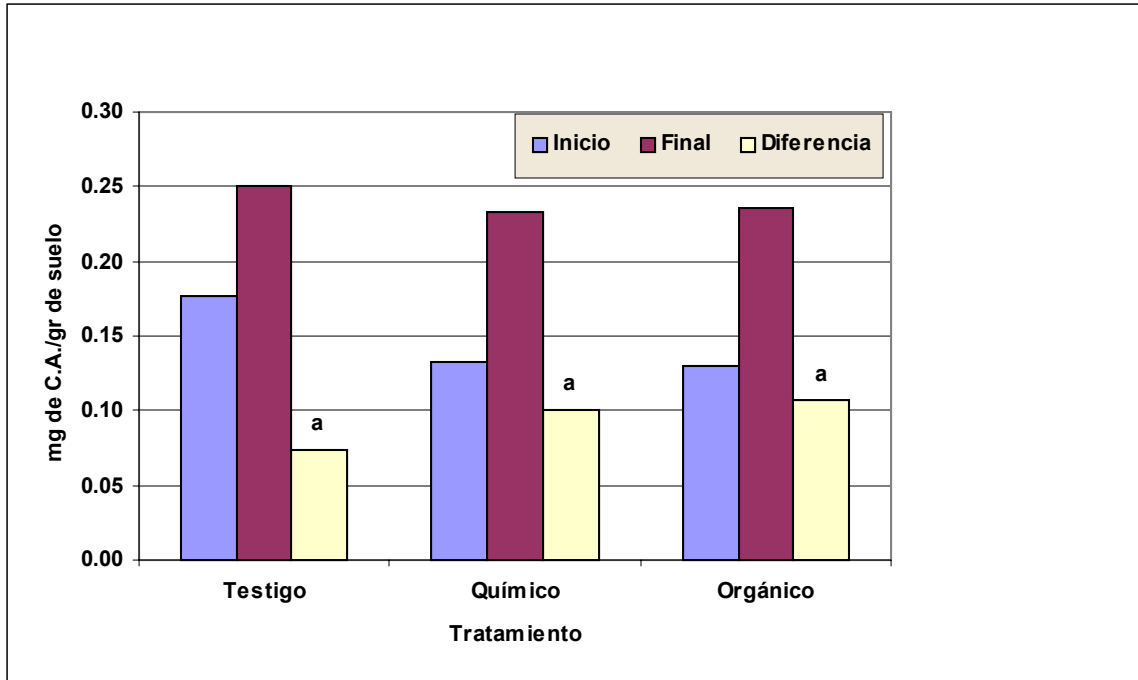


Figura 1. Contenido de carbón activo al inicio y al final del ensayo. El Zamorano, Honduras, agosto de 2001.

existe siempre en cantidades pequeñas (solo el 0.03% de la atmósfera terrestre), los tejidos vegetales y las células microbianas contienen grandes cantidades de carbono (aproximadamente del 40 al 50% de su peso seco (Alexander, 1980).

Son muchos los factores que afectan el desarrollo microbiano. Dos de las variables más importantes, y de las que se hacen frecuentes referencias, son la temperatura y el pH. En el suelo, la influencia de la temperatura y el pH en la descomposición de la materia orgánica, la persistencia de pesticidas y otros procesos tiene una importancia agronómica considerable (Alexander, 1980).

3.4.8 Análisis del número de lombrices

No hubo cambios significativos en el número de lombrices/m³ asociados a los tratamientos. Sin embargo, las parcelas recibiendo el tratamiento orgánico tuvieron una diferencia entre mediciones con 41 y 159 más lombrices/m³ que las parcelas recibiendo el tratamiento químico y el control, respectivamente. Debido al corto período en que se realizó el ensayo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($P < 0.05$). La diferencia en los datos al inicio y al final del ensayo se explica por la variabilidad en la época en que se tomaron los datos (Anexo 3).

Russell y Russell (1959), encontraron que parcelas que habían recibido estiércol tenían cerca de 2.5 millones de lombrices por hectárea, mientras que las parcelas que no recibieron estiércol tenían solamente de 500 mil a 1.25 millones.

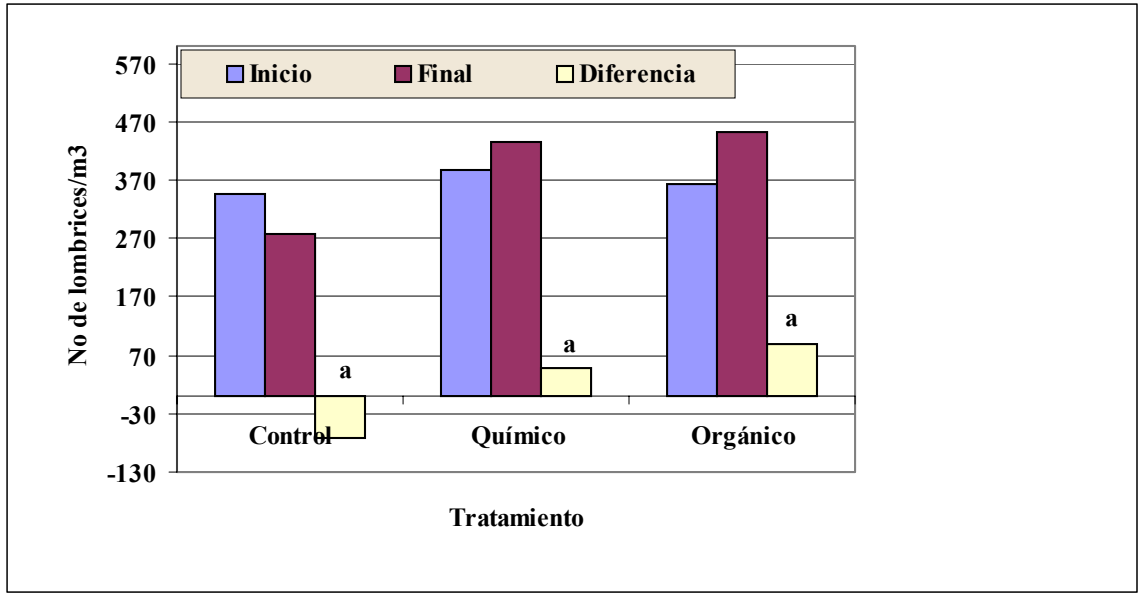


Figura 2. Efecto de los tres tratamientos en el número de lombrices. La Ceiba, Honduras, agosto de 2001.

Las lombrices generalmente incrementan la actividad microbiana y la fertilidad del suelo y generan cambios en las propiedades físicas del mismo. Una población de 328 lombrices /m³, es generalmente considerado bueno. El rango de temperatura óptimo para el crecimiento de las lombrices es de 10-20 °C. Las lombrices son también afectadas por la textura y por el pH del suelo, donde su rango óptimo está entre 5.0 y 7.4 (USDA, 1998).

Al igual que los microorganismos, la distribución de la mesofauna está determinada casi por completo por la disponibilidad de alimentos y, por tanto, se concentran en los 2 a 5 cm de profundidad. Solo unos cuantos, como las lombrices y los termes, penetran hasta 10 ó 20 cm. Por lo general, estos necesitan un suelo bien aireado, ya que requieren de oxígeno atmosférico y por lo cual no pueden vivir en suelos encharcados o lodosos (FitzPatrick, 1993).

3.4.9 Estabilidad de agregados.

No se encontraron cambios significativos para el indicador de estabilidad de agregados asociados a los tratamientos ($P < 0.05$). Sin embargo, se observó que después de 120 días de ensayo, el tratamiento orgánico presentó un mayor porcentaje de estabilidad de agregados, lo que no fue estadísticamente diferente a los demás tratamientos. La diferencia numérica que hay en los datos al inicio y al final del ensayo se debe a que el primer muestreo de suelo coincidió con época de alta precipitación en la zona (Anexo 3).

La estabilidad de los agregados generalmente disminuye con la inundación debido al hinchamiento, hidratación y mayor solubilidad de los agentes aglutinantes. En general, los sistemas de silicatos laminares puros con alto pH ó altos contenidos de sodio, presentan un marcada destrucción de agregados con la inundación (Sánchez, 1981).

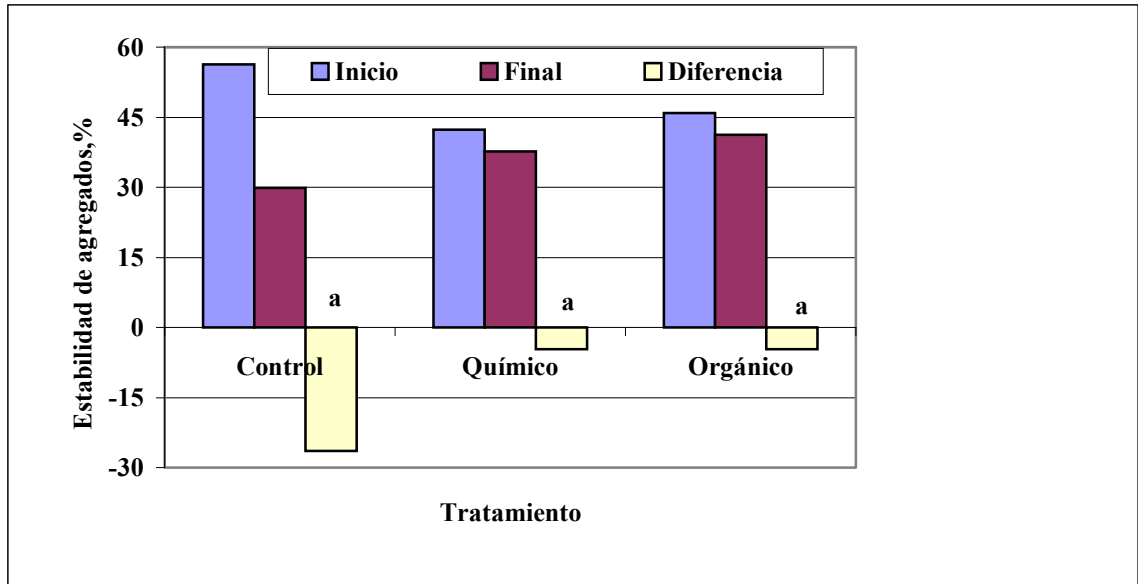


Figura 3. Análisis de los cambios en estabilidad de agregados debido a los tratamientos. La Ceiba, Honduras, agosto de 2001.

La influencia del pH sobre las propiedades físicas del suelo es indirecta a través de la cubierta iónica del complejo de intercambio. Al predominar el Ca (pH alto) en la cubierta del complejo de intercambio, se observa que la intensidad de agregación es constante. Si a pesar del pH alto predominan el Na y el K en la cubierta del complejo, se produce una dispersión excesiva de los coloides y se pierde la estabilidad de los agregados (Fassbender, 1975).

Los efectos netos del crecimiento de las raíces, residuos de cosechas y estiércol son los que mejoran grandemente el estado de agregación del suelo, dando por resultado que un suelo de naturaleza arcillosa puede adquirir las propiedades de una marga (suelo rico en materia orgánica y que tiene buenas cualidades de laboreo). Análogamente se pueden mejorar las propiedades físicas de un suelo arenoso.

3.5 RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DEL PASTO SUAZI

En las tres fincas se observó un rendimiento diferente de materia seca (Cuadro 5). Esta variación puede estar relacionada a las condiciones climáticas, de suelo y de manejo que se observan en cada finca. En las fincas de Arizona y La Unión se obtuvo un mayor rendimiento con el tratamiento orgánico.

Las plantas forrajeras son muy sensibles a la deficiencia de K en el suelo. Aunque no forma parte de ningún constituyente particular del vegetal, es vital para muchas funciones, como la formación de azúcares y almidón, la síntesis de la proteína y la neutralización de los ácidos orgánicos (Woodhouse, 1985).

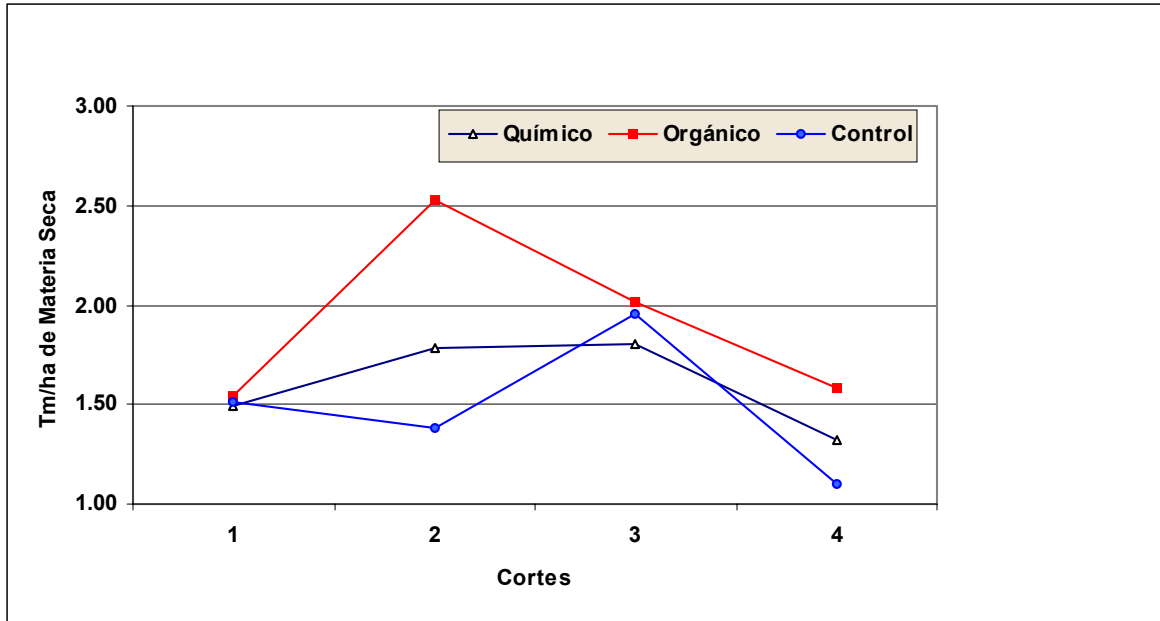


Figura 4. Rendimiento en materia seca del pasto suazi según el tratamiento. Atlántida, Honduras, abril-agosto de 2001.

Cuadro 5. Rendimiento de materia seca (t/ha/corte). Atlántida, Honduras, abril-agosto de 2001.

Finca	Químico	Orgánico	Control
La Unión	1.74 ^b	2.49 ^a	1.55 ^b
San Juan Pueblo	1.40 ^a	1.26 ^a	1.42 ^a
Arizona	1.68 ^a	1.90 ^a	1.60 ^a

^{ab} Medias dentro de una fila con letras distintas son diferentes ($P < 0.05$).

El análisis de suelo para la finca de La Unión mostró deficiencia de K (Anexo 1). Sin embargo, con ambos fertilizantes se cumplió con los requerimientos de este mineral, pero la tasa de liberación de este a partir del estiércol pudo haber marcado la diferencia entre los tratamientos.

En la finca de San Juan Pueblo, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos, pero se obtuvo mayor rendimiento en el control (Cuadro 5). Esto puede deberse a que esta finca es la que mostró mayor cantidad de materia orgánica. Asimismo, el suelo de esta finca mostró niveles intermedios de carbón activo y de lombrices/ m³. Es posible que las parcelas del control hayan contado con un suelo rico en estos indicadores (Cuadro 2).

Es conveniente emplear dosis de 10-15 toneladas por hectárea de estiércol bien descompuesto, cada tres años si se puede. Si el suelo de la pradera ya es rico en humus, no es necesario añadirle más (Gros, 1971).

Turcios (2001) ¹ obtuvo rendimientos de 2 tm /ha/corte de materia seca de suazi con niveles de fertilización de 200 kg N/ha/año, 50 kg P/ha/año, en la zona de San Juan Benque a 15 km de la finca de San Juan Pueblo utilizada en el presente estudio.

¹ Turcios, R. (2001). Comunicación personal C.P.A. Zamorano

4. CONCLUSIONES

Durante la espera en los corrales, la pérdida de nutrientes en las heces de vacas lecheras puede ser significativa.

El rendimiento de suazi fertilizado con estiércol es igual o mayor que con fertilización química.

El uso alterno del fertilizante químico y orgánico en las praderas, puede ser una alternativa de producción lechera.

5. RECOMENDACIONES

Para estudios posteriores, se recomienda variar la forma, frecuencia y época de aplicación del estiércol.

Se deben también realizar estudios que incluyan otras variedades de pasto de importancia económica en la región, incluyendo variedades de pasto de corte.

Se recomienda hacer un análisis de laboratorio al estiércol, previo a ser usado en cada finca, ya que se podrían estar incorporando al suelo ciertos minerales como el Fe y Na que no mejoran la fertilidad del suelo.

Asimismo se recomienda estudios que se realicen a más largo plazo y que incluyan un plan para iniciar un proyecto con el fin de mejorar el manejo del estiércol que mejor se adapte a las condiciones del ganadero típico de la zona.

6. BIBLIOGRAFIA

Alexander, M. 1980. Introducción a la microbiología del suelo. Trad. J. Peña. 2 ed. México D.F., México. Ediciones AGT. p. 128.

Bear, F.E. 1958. Suelos y fertilizantes Trad. J. Bozal. Barcelona, España. Ediciones Omega. p 104.

Brady, N.C. 1990. The nature and properties of soils. 10 ed. New York, USA. Macmillan Publishing Company. 599 p.

Brady, N.C.; Weil, R.R. 1999. The nature and properties of soils. Ed. Stewar, C. 12 ed. New Jersey, USA. Prentice Hall. 881 p.

Fassbender, H.W. 1975. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Ed M. de la Cruz. Turrialba, Costa Rica. Editorial IICA. p. 184.

Fassbender, H.W.; Bornemisza, E. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Ed. F. de la Torre. 2 ed. San José, Costa Rica. Editorial IICA. p. 213.

FitzPatrik, E. A. 1993. Suelos su formación, clasificación y distribución. Trad. L. Group. 2 ed. México D.F., México. Compañía Editorial Continental. p. 147.

Gros, A. 1971. Abonos guía práctica de la fertilización. Trad. A. Domínguez. 5 ed. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa. p. 358.

Russell, E.J.; Russell, W. 1959. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas. Trad. G. González. 2 ed. Madrid, España. Ediciones Aguilar. p. 218.

Sánchez, P.A. 1981. Suelos del trópico características y manejo. Trad. E. Camacho. San José, Costa Rica. Publicaciones IICA. 625 p.

USDA (United States Department of Agriculture). 1998. Soil quality test kit guide. Washington, USA. 82 p.

Vélez, M.; Hincapié, J.; Matamoros, I. 2000. Producción de ganado lechero en el trópico. 3 ed. Zamorano Academic Press. Zamorano, Honduras. 189 p.

Woodhouse, W.W. 1985. La fertilidad del suelo y la fertilización de los forrajes. *In* Forrajes la ciencia de la agricultura basada en la producción de pastos. Ed. H. Hughes, M. E. Heath, D.S. Metcalfe. Trad. J. de la Loma. 2 ed. Mexico D. F., México. Compañía Editorial Continental. p. 443.

ANEXO 1: Análisis de suelo de las fincas al inicio del ensayo.

Unidades:**% = OM**

Partes por millón (ppm)= P, K, Ca, Mg

Finca	Muestra	Propietario	Profundidad	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg
La Unión ¹	1	Fam. Valdéz	0-20	5.26	3.17	6.0	140.4	834.0	196.8
San Juan Pueblo ²	1	Fam. Portillo	0-20	4.55	5.82	5.0	61.0	517.0	82.0
	2		20-40	4.50	4.54	3.0	36.0	352.0	45.0
Arizona ¹	1	Fam. Flores	0-20	5.55	2.80	20.0	89.7	3746.0	645.6
	2		20-40	5.87	1.31	19.0	109.2	2498.0	433.2

¹ Análisis realizados en el laboratorio de la Standard Fruit Company, La Ceiba, Atlántida.² Análisis realizados en el Laboratorio de Suelos de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Francisco Morazán.

ANEXO 2: Análisis promedio de las parcelas al final del ensayo, por tratamiento

Solicitante: Mauricio Núñez

Localización: San Juan Pueblo, Arizona, La Unión

Departamento: Atlántida

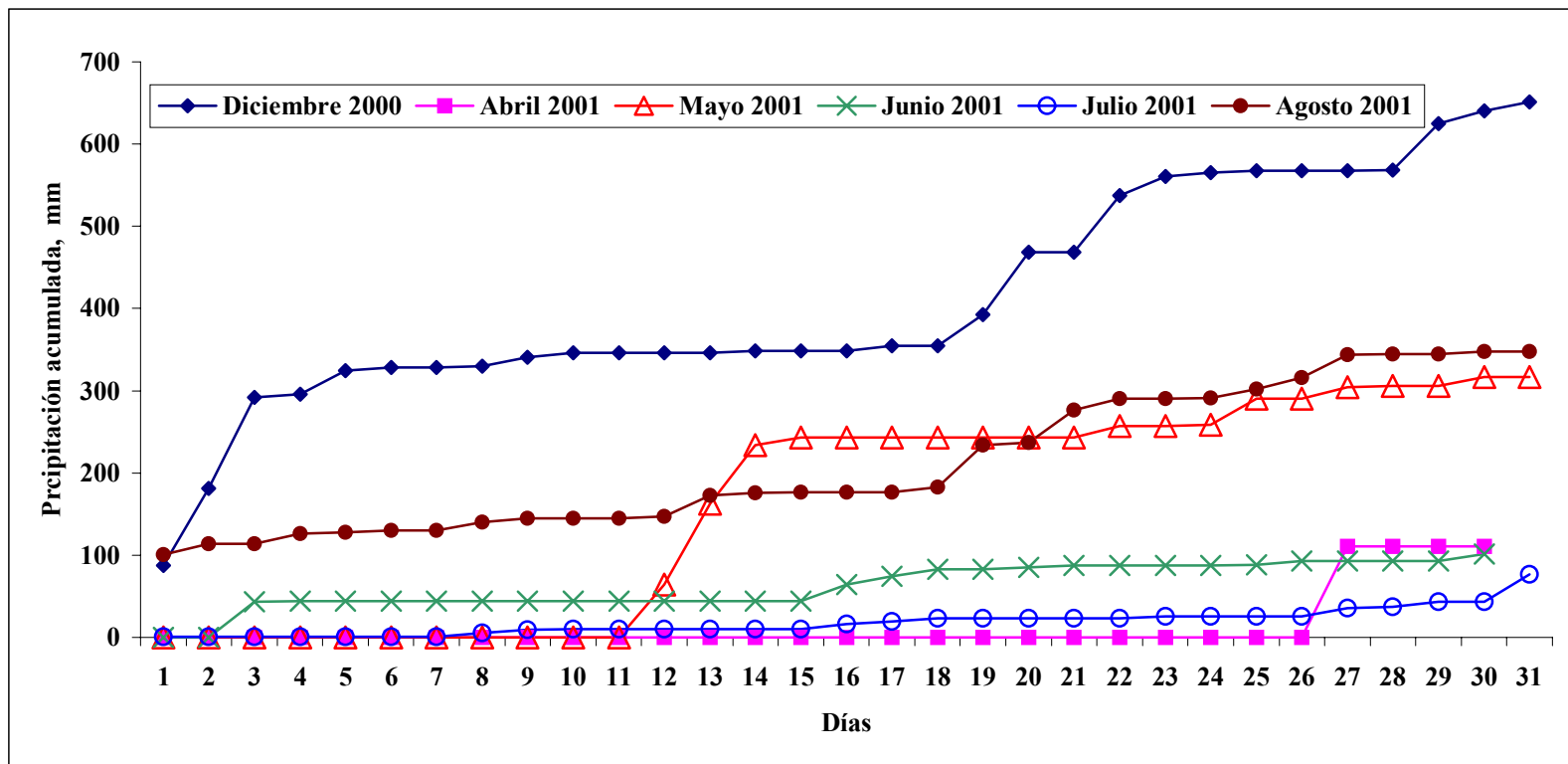
Fecha de entrega: 13/9/01

Fecha de salida: 27/9/01

Finca	Tratamiento	M.O.	N	P	K	Ca	Mg
		%		ppm			
La Unión	Químico	4.96	0.25	7	57	813	142
	Control	5.74	0.28	2	211	899	213
	Orgánico	5.04	0.25	2	103	731	168
Arizona	Control	4.56	0.22	1	47	1961	397
	Orgánico	5.31	0.26	458	130	2163	408
	Químico	4.27	0.21	3	46	2216	412
San Juan Pueblo	Químico	4.59	0.23	5	35	558	108
	Control	4.09	0.20	1	50	468	97
	Orgánico	5.17	0.25	3	67	554	105

Muestras analizadas en el Laboratorio de Suelos la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Francisco Morazán.

ANEXO 3: Distribución pluviométrica del departamento de Atlántida.



ANEXO 4: Análisis parcial de costos de los tratamientos.

Cuadro 4.1 Costos asociados con la aplicación de 100 tm de estiércol por año.

Actividad	Tiempo	Costo mensual	Costo anual
	Horas hombre	Lempiras	
Recolección	22.5	225.0	2700.0
Dispersión	24.0	240.0	2880.0
Total	46.5	465.0	5580.0

Cuadro 4.2 Costos asociados con la aplicación de fertilizante químico con contenido de nitrógeno similar al de 100 tm de estiércol.

Fertilizante	Quintales/año	Costo fertilizante	Mano de obra	Costo total
		Lempiras al año		
18-46-0	22.8	3420.0	660.0	4080.0
Urea	11.3	1356.0	330.0	1686.0
Total	34.1	4776.0	990.0	5766.0