



Terra Latinoamericana

E-ISSN: 2395-8030

terra@correo.chapingo.mx

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo,  
A.C.  
México

Pool Novelo, Luciano; León Martínez, Noé S.; Pérezgrovas Garza, Víctor  
Harina de hueso adicionada a suelos de la zona cafetalera de los altos de Chiapas, México  
Terra Latinoamericana, vol. 16, núm. 1, enero-marzo, 1998, pp. 71-77  
Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.  
Chapingo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57316109>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# HARINA DE HUESO ADICIONADA A SUELOS DE LA ZONA CAFETALERA DE LOS ALTOS DE CHIAPAS, MEXICO

## Bone Meal Applied to Soils of the Coffee Plantation Area in Los Altos de Chiapas, Mexico

Luciano Pool Novelo<sup>1</sup>, Noé S. León Martínez y Víctor Pérezgrovas Garza

### RESUMEN

El área cafetalera de los Altos de Chiapas se ha desarrollado sobre un paisaje cárstico complejo, sepultado con cenizas volcánicas, en suelos ácidos y clima húmedo. Los productores aplican residuos orgánicos a los cafetales. Estos residuos orgánicos son deficientes en fósforo, por lo que es necesario aportar cantidades adicionales de este elemento. Se produce café orgánico para exportación, y en el manejo del cafetal, está restringido el uso de fertilizantes minerales generados industrialmente y sí es aceptada la aplicación de harina de hueso para adicionar fósforo. El conocimiento existente sobre la mineralización de la harina de hueso es escaso y también es escaso el conocimiento acerca de cuál es la mejor estrategia para adicionarla al sistema. Con base en lo anterior, se realizó un ensayo en invernadero. El diseño de tratamientos fue un factorial 2<sup>3</sup>. Se valoró la adición de harina de hueso, composta mejorada con harina de hueso y fertilizante mineral fosfatado, en la fertilidad de tres suelos de la zona cafetalera de los Altos de Chiapas. Estos suelos se incubaron durante ocho meses y se valoraron los cambios en el P Olsen, y en la actividad y biomasa microbianas. El P Olsen del suelo se incrementó significativamente por la adición del fertilizante químico fosfatado y por la composta mejorada con harina de hueso. La actividad microbiana se incrementó significativamente por la aplicación de la harina de hueso y la biomasa microbiana por la aplicación del fertilizante químico fosfatado. La actividad microbiana fue diferente entre las muestras de suelos valoradas.

**Palabras clave:** *Café orgánico, agricultura en laderas, actividad microbiana, biomasa microbiana, incubación de suelos.*

<sup>1</sup> Apartado Postal 63, 29290 San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.

Aceptado: Marzo de 1998.

### SUMMARY

The coffee plantations area at Los Altos de Chiapas has developed on a complex karstic landscape buried by volcanic ash, on acid soils and humid climate. Coffee growers apply organic wastes to the coffee trees. These organic wastes are deficient in phosphorus, thus it is necessary to apply this element. Organic coffee is produced for export and the use of mineral fertilizers produced by the industry is restricted, however, to apply bone meal as phosphorus source is allowed. There does not exist sufficient knowledge on bone meal mineralization and on the strategy how to apply it to the system. Therefore, a greenhouse test was conducted. The treatment design was a factorial 2<sup>3</sup>. The application of bone meal, compost enriched with bone meal, and mineral phosphate fertilizer was evaluated in three coffee plantation soils of Los Altos de Chiapas. These soils were incubated during eight months and the changes in P Olsen, microbial activity, and microbial biomass were evaluated. P Olsen of the soil increased significantly by the addition of mineral phosphate fertilizer and by the compost enriched with bone meal. The microbial activities increased significantly by the application of bone meal and microbial biomass by the addition of phosphate mineral fertilizer. The microbial activity was different between the valued soil samples.

**Index words:** *Organic coffee, hillside agriculture, microbial activity, microbial biomass, soil incubation.*

### INTRODUCCION

La Unión de Ejidos y Comunidades de Cafeticultores del Beneficio Majomut (Unión Majomut) es una organización que actualmente está constituida por 1053 socios pertenecientes a 17 comunidades de los municipios de Chenalhó y San Juan Cancuc. Todos los socios son pequeños productores indígenas de las etnias Tzeltal y Tzotzil.

Los productores tienen en promedio tres hectáreas de tierra, de las cuales cultivan 1.2 hectáreas con café.

La organización fue fundada en 1983 y su objetivo principal es brindar servicios de asistencia técnica para la producción, transformación industrial básica y comercialización de café para los socios (Pérezgrovas *et al.*, 1997). El grupo de productores orgánicos está constituido por 323 socios y está trabajando desde 1992. Desde 1995 comercializa su producto como café orgánico certificado por Naturland-Verband de Alemania. Los productores están interesados en realizar todas aquellas labores de cultivo que les permitan aumentar la productividad de sus plantaciones para incrementar el nivel de ingresos de la familia.

En el manejo de suelos, los cafeticultores realizan prácticas de reciclamiento de residuos orgánicos asociadas con otras prácticas. Los suelos en general son crónicamente deficientes de nitrógeno, y también en general, los residuos orgánicos reciclados al cafetal son deficientes en fósforo, por lo que es necesario aportar cantidades adicionales de este elemento. La producción de café orgánico es para exportación; en las normas de calidad está restringido, en el manejo del cafetal, el uso de fertilizantes minerales generados por medio de síntesis químico-industrial y sí es aceptada la aplicación de harina de hueso para suplir cantidades adicionales de fósforo. En el área de trabajo se aplican entre 1.5 y 2.0 kg de abono orgánico por planta de cafeto por año. La aplicación de harina de hueso es una práctica que se está introduciendo en el manejo de los cafetales orgánicos.

El conocimiento existente sobre la mineralización de la harina de hueso es escaso y también es escaso el conocimiento acerca de cuál es la mejor estrategia para adicionarla al sistema de producción de café. Con base en lo anterior, se propone por medio de un ensayo de incubación, valorar el proceso de mineralización de la harina de hueso y de la composta mejorada, así como el proceso de liberación de fósforo de la harina de hueso cuando se aplica sola o mezclada con composta mejorada y/o superfosfato simple de calcio en suelos cultivados con café.

## MATERIALES Y METODOS

El Alto Bloque Central de Chiapas (Altos de Chiapas) es una estructura caliza emergida del fondo del mar en el terciario superior, que evolucionó a un

paisaje cárstico en ambiente tropical; después, por tectonismo se elevó sobre el nivel del mar y posteriormente fue sepultado por materiales vulcanoclásticos del terciario superior (INEGI, 1985; Mulleried, 1982).

El área de agricultura cafetalera de los Altos de Chiapas se ha desarrollado sobre estos suelos ácidos derivados de cenizas volcánicas, en un clima semicálido (de transición) entre 500 y 1800 msnm, con precipitaciones entre 2000 y 2500 mm y temperatura media anual entre 18 y 22 °C (García, 1988). Se seleccionaron tres parcelas de productores de la Unión Majomut ubicadas en un gradiente altitudinal entre 1000 y 1600 m para valorar el efecto de los tratamientos aplicados en el rango ambiental de producción de café en la unión. Estos sitios son Pechikil (1000 msnm), Polhó (1300 snm) y Takiukum (1600 msnm). En cada una de estas parcelas se tomaron muestras compuestas de suelos de la capa de 0 a 20 cm, entre las matas de café, por medio de un muestreo sistemático. Estas muestras se homogeneizaron y se les hicieron análisis físicos, químicos y biológicos (Cuadro 1). El suelo de cada uno de los tres sitios cafetaleros fue respectivamente cada una de las repeticiones del diseño experimental, esto se hizo así para valorar el efecto de los insumos aplicados en el gradiente ambiental del área cafetalera de la Unión Majomut.

El diseño de tratamientos fue un factorial  $2^3$  con tres factores (composta mejorada, harina de hueso y fertilizante químico fosfatado) a dos niveles cada uno. El diseño experimental fue parcelas divididas en bloques completos al azar (tres repeticiones). Los análisis de varianza de los datos obtenidos en cada unidad experimental del diseño factorial  $2^3$  (en los cuatro momentos de muestreo), se hicieron por medio del SAS para microcomputadoras, en un diseño de parcelas divididas en bloques completos al azar, tomando como parcela grande a cada uno de los momentos de muestreo.

La composta mejorada fue elaborada y enriquecida con aplicación de harina de hueso. El hueso crudo contiene 22 % de  $P_2O_5$  (Teuscher y Adler, 1979). La harina de hueso contiene 24 % de  $P_2O_5$  (según la casa expendedora del producto) y de 20 a 25 % de  $P_2O_5$  según Teuscher y Adler (1979); el superfosfato simple de calcio tiene 21 % de  $P_2O_5$  (Cuadro 2).

El proceso de incubación en invernadero se inició el 24 de septiembre de 1996, momento en que se

**Cuadro 1. Características de los suelos de tres parcelas con producción de café orgánico en Los Altos de Chiapas, México.**

Características	Pechikil	Polhó	Takiukum
Altitud (m)	1000	1300	1600
pH (CaCl <sub>2</sub> )	5.1	5.8	5.3
Materia orgánica (%)	7.0	6.6	10.2
P Olsen (ppm)	1.8	3.2	2.3
Ca intercambiable (ppm)	2610	5048	3333
Mg intercambiable (ppm)	671	1228	515
K intercambiable (ppm)	258	348	348
Fe extractable (ppm)	178	118	204
Actividad microbiana (mg C 10 <sup>-1</sup> g de suelo)	0.41	0.76	1.64
Biomasa microbiana (mg C 10 <sup>-1</sup> g de suelo)	7.97	6.01	5.44
Textura	F. arcilloso	Franco	Franco
• Arena (%)	32.2	38.2	46.2
• Limo (%)	30.0	38.0	32.0
• Arcilla (%)	37.8	23.8	21.8
Constantes de humedad			
• CC (%)	35.6	39.3	46.7
• PMP (%)	17.3	21.2	28.3
• Humedad aprovechable (%)	18.3	18.1	18.4
Color en húmedo	gris muy oscuro	pardo rojizo oscuro	pardo rojizo oscuro

aplicaron los tratamientos, se usaron 24 recipientes de plástico con tapas de plástico también y en cada uno de ellos se pusieron 2 kilogramos de suelo seco, a los que posteriormente se les aplicaron los tratamientos mencionados (Cuadro 3). A cada tratamiento, con base en la concentración de los insumos utilizados, se le aplicó un equivalente de 1000 ppm de fósforo, luego se homogeneizó y se humedeció al 50 % de humedad aprovechable aproximadamente. La incubación se realizó a temperatura ambiente en un invernadero de cristal y la humedad de las muestras de suelos se controló manteniendo tapados los recipientes y revisándolas cada tercer día.

El primer muestreo se realizó el 26 de septiembre de 1996, el segundo el 13 de octubre de 1996; el tercer y cuarto se hicieron el 17 de febrero y 13 de mayo de 1997, respectivamente. En cada uno de estos muestreos, en cada tratamiento y repetición se

estimaron el P Olsen, y la actividad y biomasa microbianas. Las temperaturas promedio mensuales en los momentos de muestreo fueron 15.3 °C, 14.4 °C, 13.0 °C y 15.6 °C para septiembre, octubre, febrero y mayo, respectivamente. En cada momento de muestreo, se homogeneizó la muestra de suelo del tratamiento, luego, para el proceso de determinación de la actividad y biomasa microbianas, se valoró la humedad del suelo para tomar la cantidad exacta con base en el peso seco del suelo; para hacer los análisis de fósforo Olsen la muestra de suelo se secó al aire y a la sombra y se tamizó en tamiz malla 20.

Los suelos y la composta mejorada se analizaron en el laboratorio de suelos de Chapingo, el pH se determinó con CaCl<sub>2</sub> en relación 1:2; la materia orgánica por el método de Walkley y Black; el nitrógeno total con el Kjeltex -auto analyzer 1030; el fósforo por el método de Olsen; el potasio por

**Cuadro 2. Características químicas de los insumos utilizados en los tratamientos de la incubación con suelos de parcelas cafetaleras.**

Característica química	Composta mejorada	Harina de hueso	Superfosfato simple de calcio
PH	6.1	reacción básica	reacción básica
Materia orgánica (%)	45.6	-	-
Nitrógeno total (%)	5.4	4.0	-
Calcio (%)	3.9	22.5	17.9
Magnesio (%)	1.2	0.6	0.3
Potasio (% K)	0.28	-	-
P (% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	2.38	24.0	21.0
Azufre (%)	-	0.2	12.0

**Cuadro 3. Resultados de análisis de P Olsen, y biomasa y actividad microbianas en los muestreos del proceso de incubación.**

T	Tratamientos			Muestreo 1			Muestreo 2			Muestreo 3			Muestreo 4					
	R	C	H	F	P Olsen	BM	AM	P Olsen	BM	AM	P Olsen	BM	AM	P Olsen	BM	AM		
	(miles de ppm de P)			(mg de C 10 <sup>-1</sup> g de suelo)			(ppm)			(mg de C 10 <sup>-1</sup> g de suelo)			(ppm)			(mg de C 10 <sup>-1</sup> g de suelo)		
1	1	0	0	0	46.8	4.3	0.7	0.4	5.9	0.2	1.8	1.0	0.6	0.1	4.8	0.2		
1	2	0	0	0	69.0	4.0	1.1	2.1	4.2	1.0	2.2	3.2	0.8	1.6	5.0	0.9		
1	3	0	0	0	98.7	4.7	1.2	1.9	6.9	0.6	1.3	3.5	1.2	0.4	6.9	0.9		
2	1	0	0	1	53.8	5.1	0.3	40.7	5.1	0.2	40.2	1.5	1.1	34.2	3.6	0.6		
2	2	0	0	1	58.9	4.5	0.7	36.8	6.1	0.4	34.6	2.1	0.8	32.5	3.2	1.6		
2	3	0	0	1	76.2	5.7	1.1	27.3	6.4	1.1	25.8	2.1	1.3	20.1	2.3	1.5		
3	1	0	1	0	57.0	4.3	1.0	22.6	2.4	2.2	17.1	1.4	0.6	14.9	2.9	1.1		
3	2	0	1	0	39.3	6.0	1.0	9.7	5.8	0.6	11.9	3.3	0.8	9.3	4.8	0.7		
3	3	0	1	0	60.4	6.6	1.7	12.0	8.3	1.2	12.2	3.3	1.4	9.2	3.9	1.7		
4	1	0	1	1	91.7	3.2	1.7	56.9	5.9	0.5	60.0	2.2	0.8	50.1	3.7	1.4		
4	2	0	1	1	72.5	3.5	1.4	47.8	5.3	0.9	45.3	1.7	1.1	38.7	3.4	0.9		
4	3	0	1	1	75.5	5.5	1.9	47.2	5.9	1.6	42.8	2.1	1.7	35.2	2.4	2.0		
5	1	1	0	0	54.6	5.0	0.4	6.2	5.9	0.5	8.6	3.3	0.9	5.5	6.0	0.7		
5	2	1	0	0	125.7	4.4	1.0	11.0	6.3	0.9	6.2	3.2	1.1	4.7	5.6	1.4		
5	3	1	0	0	133.6	4.1	1.3	9.9	6.8	1.5	6.5	3.7	1.2	44.1	6.0	1.7		
6	1	1	0	1	126.5	3.7	0.7	56.2	5.8	0.6	55.3	2.2	0.8	49.3	3.7	0.9		
6	2	1	0	1	106.2	4.2	0.7	45.2	5.1	0.8	41.1	2.1	0.6	36.2	3.7	1.0		
6	3	1	0	1	86.3	6.6	1.3	38.8	5.1	1.6	37.1	2.2	1.2	34.3	1.8	2.3		
7	1	1	1	0	86.8	2.9	1.2	16.8	2.4	3.5	20.4	3.5	0.9	17.7	5.0	1.0		
7	2	1	1	0	132.8	4.2	1.7	11.3	5.9	1.0	13.1	2.9	1.3	8.8	6.3	0.7		
7	3	1	1	0	92.8	10.8	1.4	12.4	7.4	1.5	13.4	4.2	1.3	10.1	6.3	1.5		
8	1	1	1	1	128.9	4.9	1.2	70.5	6.8	0.8	70.6	1.8	1.0	58.9	3.4	0.7		
8	2	1	1	1	90.9	5.0	1.4	47.8	5.6	1.0	47.4	2.8	0.9	37.7	2.4	1.4		
8	3	1	1	1	112.3	7.5	1.7	48.5	6.6	1.8	45.0	0.6	2.6	36.6	3.4	1.9		

T = Tratamiento, R = Repetición, C = Composta mejorada, H = Harina de hueso, F = Fertilizante químico (0-21-0), BM = Biomasa microbiana, AM = Actividad microbiana.

espectrometría de emisión de flama y el calcio y magnesio por espectrometría de absorción atómica. El hierro extractable con DTPA, relación 1:4, determinado por espectrometría de absorción atómica; el color en húmedo con la tabla de colores de Munsell; la textura por el método de Bouyoucos; las constantes de humedad (CC y PMP) con la olla y la membrana de presión. Los análisis del proceso de incubación se realizaron en los laboratorios de ECOSUR (P Olsen y la actividad y biomasa microbianas), estos últimos con el procedimiento de Jenkinson y Powlson (1976a,b).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de análisis de P Olsen, biomasa y actividad microbianas en los cuatro momentos de muestreo del proceso de incubación. Con estos resultados se realizaron análisis de varianza. Los productos de estos análisis de varianza se presentan en el Cuadro 4.

En el análisis de varianza se reportan diferencias altamente significativas para P Olsen entre momentos de muestreo, y por efectos de las aplicaciones de la composta mejorada y del fertilizante químico fosfatado, también por las interacciones entre los momentos de muestreo y composta mejorada y de los momentos de muestreo con el fertilizante químico

fosfatado. Se reportan diferencias significativas por la aplicación de la harina de hueso.

En estos resultados sobresalen los efectos de la aplicación del fertilizante químico fosfatado, aunque también con la adición de la composta mejorada se reportan efectos altamente significativos en el P Olsen del suelo (Cuadro 4). Las diferencias entre medias por efecto de la aplicación de estos tres insumos se presentan en el Cuadro 5. La dinámica del P Olsen en el tiempo también es altamente significativa, con una fuerte disminución después del primer momento de muestreo. El P Olsen decrece con el tiempo tanto en el tratamiento con adición de fertilizante químico fosfatado como en el tratamiento con adición de composta mejorada (Figuras 1 y 2).

Los resultados de análisis de la actividad microbiana reportan diferencias altamente significativas entre muestras de suelos (REP) y por efecto de la aplicación de la harina de hueso y diferencias significativas por efecto de la aplicación de la composta mejorada (Cuadro 4). Las diferencias altamente significativas entre las muestras de suelos provenientes de diferentes parcelas sugieren que la actividad microbiana es diferente entre ellas y su comportamiento puede estar definido por las características del suelo y por su posición altitudinal. Esta posición altitudinal determina el clima en que se ubica cada parcela y también la dinámica de la

**Cuadro 4. Análisis de varianza en parcelas divididas aplicado al P Olsen y a la biomasa y actividad microbianas del suelo del diseño factorial 2<sup>3</sup> en cuatro momentos de muestreo del proceso de incubación.**

Fuente	GL	Características del suelo		
		P Olsen (Pr >F)	Actividad microbiana (Pr >F)	Biomasa microbiana (Pr >F)
REP	2	0.4912	0.0037**	0.0859
M	3	0.0001**	0.4091ns	0.0024**
M*REP	6	0.3270	0.5154	0.0643
C	1	0.0001**	0.0150*	0.0908ns
H	1	0.0154*	0.0004**	0.8724ns
C*H	1	0.3374	0.7414ns	0.3552ns
F	1	0.0001**	0.9249ns	0.0007**
C*F	1	0.9306ns	0.3720ns	0.3645ns
H*F	1	0.1484ns	1.0000ns	0.8865ns
C*H*F	1	0.6004ns	0.8136ns	0.6817ns
M*C	3	0.0001**	0.2460ns	0.9167ns
M*H	3	0.4687ns	0.1176ns	0.4228ns
M*C*H	3	0.8020ns	0.2435ns	0.7331ns
M*F	3	0.0009**	0.0860ns	0.0033**
M*C*F	3	0.8865ns	0.8869ns	0.5932ns
M*H*F	3	0.6403ns	0.1057ns	0.2124ns
M*C*H*F	3	0.6052ns	0.4449ns	0.3787ns

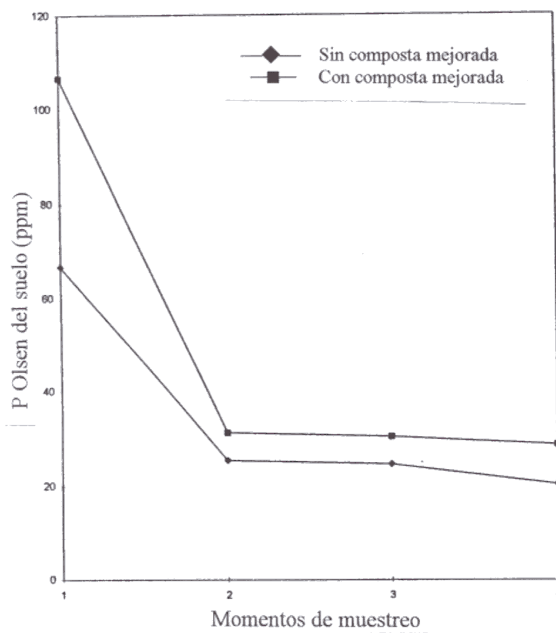
GL = Grados de libertad, C = Composta mejorada, H = Harina de hueso, F = Fertilizante químico fosfatado, M = Momentos de muestreo en la incubación, \*\* = Diferencias significativas al 01 %, \* = Diferencias significativas al 05%, ns = Diferencias no significativas al 05%.

**Cuadro 5. Valores medios de P Olsen, actividad y biomasa microbianas por efecto de la aplicación de fertilizante químico fosfatado, composta mejorada y harina de hueso, en el factorial de tratamientos 2<sup>3</sup> en cuatro momentos de muestreo.**

Característica del suelo	Fertilizante químico fosfatado		Composta mejorada		Harina de hueso		DSH
	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	
P Olsen (ppm)	28.2	55.3	34.3	49.2	38.3	45.2	5.6
Actividad microbiana (mg de C 10 <sup>-1</sup> g de suelo)	1.1	1.1	1.0	1.2	1.0	1.3	0.18
Biomasa microbiana (mg de C 10 <sup>-1</sup> g de suelo)	4.8	3.9	4.2	4.6	4.3	4.4	0.47

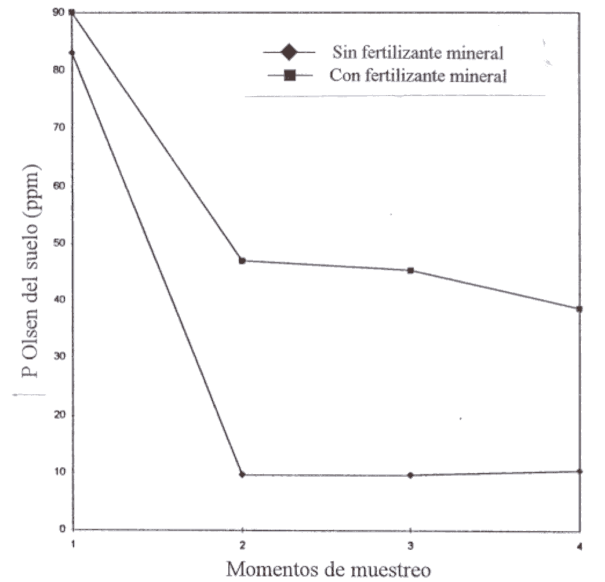
DSH = Diferencia significativa honesta.

actividad microbiana. Esta actividad microbiana podría influir en el proceso de mineralización del fósforo presente tanto en la composta, como en la harina de hueso. Los valores medios de la actividad microbiana por efecto de las aplicaciones de la harina de hueso y de la composta mejorada se presentan en el Cuadro 5. El menor efecto en la actividad microbiana por la composta mejorada puede explicarse por el proceso de mineralización previo en dicha composta; por el contrario, con la aplicación de la harina de hueso, en ese momento se inicia en el suelo el proceso de mineralización.



**Figura 1. Valores medios de P Olsen del suelo por efecto de la interacción entre la composta mejorada y los diferentes momentos de muestreo en el proceso de incubación.**

Los resultados del análisis de la biomasa microbiana reportan diferencias altamente significativas por efecto de la aplicación de fertilizante químico fosfatado, entre diferentes momentos de muestreo y por la interacción entre el fertilizante químico fosfatado y diferentes momentos de muestreo (Cuadro 4). Los valores medios de la biomasa microbiana por efecto de la aplicación del fertilizante químico fosfatado se presentan en el Cuadro 5. La biomasa microbiana disminuyó drásticamente en el tercer momento de muestreo (febrero) debido posiblemente a las bajas temperaturas y la presencia de heladas en esta época (Figura 3).



**Figura 2. Valores medios de P Olsen del suelo por efecto de la interacción entre el fertilizante mineral y los diferentes momentos de muestreo en el proceso de incubación.**

Los efectos encontrados en la biomasa y actividad microbiana por los tratamientos aplicados son diferentes. En la biomasa microbiana sobresalen los efectos de la aplicación del fertilizante químico fosfatado, y en la actividad microbiana sobresalen los de la aplicación de la harina de hueso y de la composta mejorada (Cuadro 4).

### CONCLUSIONES

El P Olsen del suelo se incrementó significativamente con la adición del fertilizante químico fosfatado, con la composta mejorada y con la harina de hueso. Si bien sobresalen los efectos de la aplicación del fertilizante químico fosfatado, también con la adición de la composta mejorada y con la harina de hueso se incrementó significativamente el contenido de P Olsen del suelo.

La actividad microbiana se incrementó significativamente por la aplicación de la harina de hueso y de la composta mejorada; la biomasa microbiana se incrementó significativamente por la aplicación del fertilizante químico fosfatado. Estos bioindicadores del suelo responden de manera diferente a la aplicación de fósforo por diferentes fuentes. La actividad microbiana es un bioindicador más sensible que la biomasa microbiana ante la presencia de la harina de hueso y de la composta mejorada.

Las diferencias significativas de la actividad microbiana entre las muestras de suelos provenientes de parcelas ubicadas en diferentes posiciones altitudinales y climas, sugieren que la actividad microbiana es diferente en cada una de ellas. También es posible que el proceso de mineralización del fósforo de la harina de hueso pudiera ser diferente en cada una de estas parcelas. Estos datos sugieren que la adición de fósforo por medio de este fertilizante orgánico tendrá diferente eficiencia en cada una de estas condiciones ambientales.

### AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Rockefeller, al Colegio de la Frontera Sur y a la Unión Majomut, por las facilidades y apoyos económicos, académicos, científicos, de infraestructura y logísticos para realizar la presente investigación.

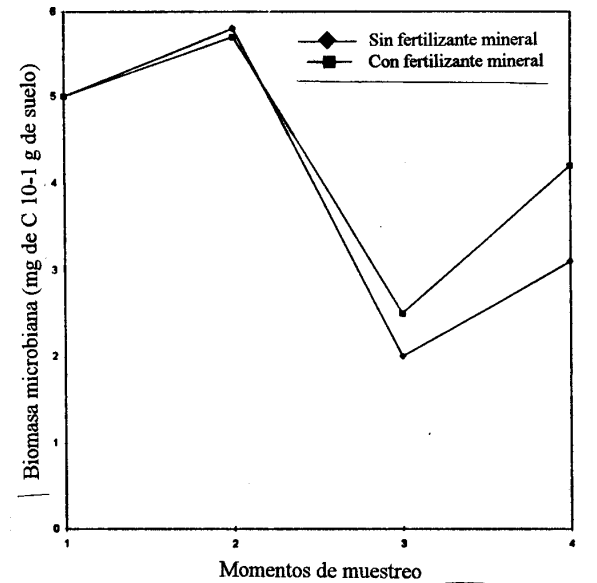


Figura 3. Valores medios de biomasa microbiana del suelo por efecto de la interacción entre el fertilizante mineral y los diferentes momentos de muestreo en el proceso de incubación.

### LITERATURA CITADA

- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México.
- INEGI. 1985. Carta geológica, Tuxtla Gutiérrez (E15-11). Escala 1:250 000. Méx., D. F.
- Jenkinson, D. S. y D. S. Powlson. 1976a. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-I. Fumigation with chloroform. *Soil Biology and Biochemistry* 8: 167-177.
- Jenkinson, D. S. y D. S. Powlson. 1976b. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry* 8: 209-213.
- Mulleried, K.F. 1982. La geología de Chiapas. Ed. del Gobierno del Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Pérezgrovas, G.V.; R. Marvey L.; W. Anzueto A.; F. Rodríguez E. Gómez H. 1997. El cultivo de café orgánico en La Unión Majomut. Red de Gestión de Recursos Naturales y Fundación Rockefeller. México. Estudios de Caso sobre Participación Campesina en Generación, Validación y Transferencia de tecnología.
- Teuscher H. y R. Adler. 1979. El suelo y su fertilidad. CECSA. Cuarta impresión. México, DF.