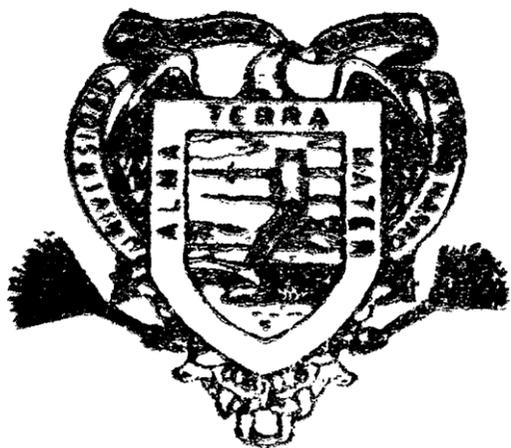


**EVALUACION DEL EFECTO DE LA COMPOSTA DE  
BASURAS URBANAS SOBRE CARACTERISTICAS  
ESPECIFICAS DE SUELO Y PLANTA**

**JUANA MARIA BRIZ IZAGUIRRE**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN SUELOS**



**Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro**

**PROGRAMA DE GRADUADOS**

**Buenavista, Saltillo, Coah.**

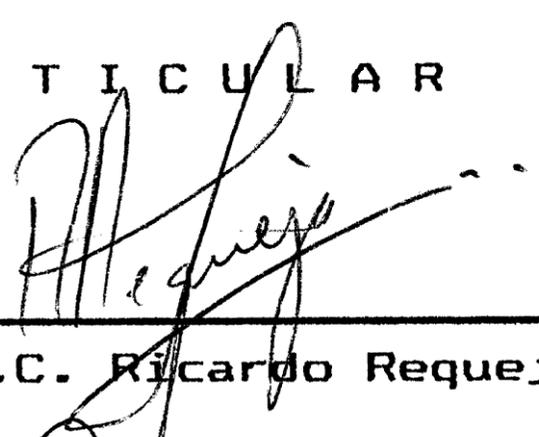
**ABRIL, 1991**

Tesis elaborada bajo la supervisión del Comité Particular  
de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar  
al grado de

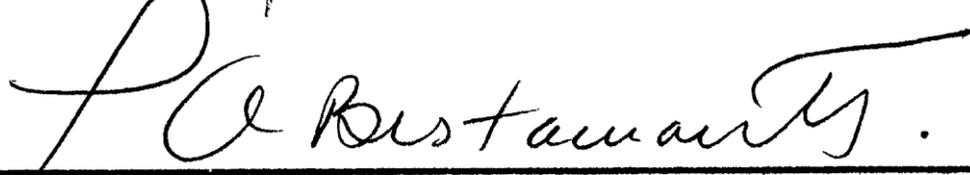
MAESTRO EN CIENCIAS EN SUELOS

COMITE PARTICULAR

Asesor Principal:

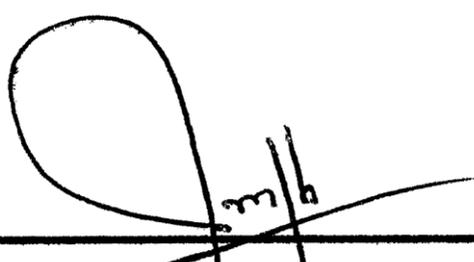
  
M.C. Ricardo Requejo López

Asesor:

  
M.S. Leticia A. Bustamante García

Asesor:

  
M.C. Oswaldo A. Rubio Covarrubias

  
Dr. José Manuel Fernández Brondo  
Subdirector de Asuntos de Postgrado



Buenavista, Saltillo, Coahuila

Abril de 1991.

## DEDICATORIA

Al gran Arquitecto del Universo, principal guía y fuente de inspiración en mi andar por la vida.

A mis padres: Ramiro Briz García y Juana María Izaguirre de Briz, quienes con su ejemplo y confianza han logrado impulsarme por el camino de la superación. Para ustedes, con todo mi amor de siempre.

Por el cariño que siempre me han brindado: a mis hermanos, Camilo, Cuauhtémoc H., Lenin R. y Jorge.

A mis pequeños amores: Nandito, Grecia y Ana Gabrielita.

A mi abuelita Sra. Agrícola Gómez de Izaguirre, quien con sus oraciones y consejos me ha dado fuerza para seguir adelante.

Al MC. Rommel de la Garza Garza, en reconocimiento por su profesionalismo y consejos como maestro y amigo.

A mis compañeros y amigos de Postgrado Julio Arciniega R., J. Vinicio Cisneros P., Juan Manuel Cortéz J., Susana Gómez, Juan Manuel Martínez R., Ruben Martínez V., Patricia Euzarraga V., Edgar R. Moreno Q. y Roberto Espinosa quienes con su amistad y ayuda en todo momento hicieron más liviana y llevadera la realización de mi maestría.

Para ese alguien especial...

## AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar, por las facilidades brindadas para realizar mis estudios de postgrado.

Al COSNET por el apoyo otorgado para lograr culminar esta meta.

Al Sindicato Nacional de Trabajadores de la Industria Azucarera por el apoyo incondicional que me han dado desde el inicio de mi superación profesional.

Al MC. Ricardo Requejo López, por su dirección, atenciones y presencia necesarias para llevar a buen término esta investigación.

A la MS. Leticia A. Bustamante García, por su orientación y aportaciones en la realización del trabajo.

Al MC. Oswaldo A. Rubio Covarrubias, por su disponibilidad y asesoramiento en el presente estudio.

A la Srta. Silvia Guerrero Martínez, por su incondicional amistad y apoyo . gracias.

A la Srta. Patricia Fuentes Ortiz, por su muestra de confianza al albergarme en su hogar.

Al Ing. José Luis Flores L. y Sr. Enrique de León A. por su valiosa y desinteresada colaboración en la realización del escrito.

Al Sr. Francisco Infante V. (Don Panchito), por sus muestras de confianza.

Al Personal del Departamento de Riego y Drenaje, por sus atenciones y muestras de cariño y afecto que de ellos he recibido.

A los maestros del Departamento de Suelos y de Postgrado por las enseñanzas y experiencias que me proporcionaron.

# COMPENDIO

Evaluación del Efecto de la Composta de Basuras Urbanas sobre Características Específicas de Suelo y Planta.

POR

JUANA MARIA BRIZ IZAGUIRRE

MAESTRIA

SUELOS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. ABRIL 1991.

M.C. Ricardo Requejo López -Asesor-

Palabras clave: composta, germinación, vigor, maíz, trigo, triticales, cebada, sorgo, frijol, concentración foliar, nutrimentos.

La presente investigación se estableció de acuerdo a los siguientes objetivos:

Determinar el efecto de la composta de basuras urbanas sobre la germinación de maíz, trigo, triticales, cebada, sorgo y frijol, así como evaluar su efecto sobre la concentración foliar en plantas de maíz.

Para la determinación del efecto de las dosis de composta sobre la germinación de las especies incluidas, se evaluaron (nueve tratamientos). Los niveles explorados fueron cero, (10, 15, 20, 25, 50 y 75 ton/ha), además de un tratamiento con composta en estado puro y un testigo absoluto que fue agua destilada. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, con cuatro repeticiones. Los resultados obtenidos muestran que la composta afectó negativamente la germinación de sorgo, trigo y cebada. El frijol y maíz presentaron la mejor respuesta a germinación y vigor al comparar todas las especies.

Para la evaluación de la concentración foliar de nutrimentos en maíz se utilizaron los criterios reportados por Reuter y Robinson (1986) y Mengel y Kirkby (1982). Los niveles explorados de composta fueron cero (testigo), cinco, 10, 15, 20 y 25 ton/ha los cuales se adicionaron en dos fechas diferentes: la primera 15 días antes de la siembra y la segunda al momento de la siembra.

Se encontró diferencia significativa entre las dos fechas de aplicación estudiadas, observándose que la mayor concentración de elementos mayores se encontró en plantas donde la aplicación de composta se realizó 15 días antes de la siembra. La concentración de micronutrimentos fue mayor en aquellas plantas donde se aplicó la composta a la siembra.

# ABSTRACT

Evaluation of the effect of Urban Garbage Compost upon Some Soil and Plant Characteristics.

By

JUANA MARIA BRIZ IZAGUIRRE

MASTER OF SCIENCE

SOILS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. APRIL 1991

M.C. Ricardo Requejo López - Advisor -

Key words: Compost, germination, vigor, corn, wheat, triticales, barley, sorghum, bean, foliar concentration, nutriments.

The present investigation was established according to the following objectives:

To Determine the effect of urban garbage compost upon the germination of corn, wheat, triticales, barley,

sorghum and bean, and assess its effect upon foliar concentration in corn plant.

To determine the effect of compost dosages upon the germination of the species included, nine treatments were evaluated. The surveyed levels were zero, 10, 15, 20, 25, 50 y 75 ton/ha, in addition to a treatment with compost in pure state and the absolute control as destilate water. A randomized block experimental design whit four replicates was used. The results, indicated a negative effect of compost upon sorghum, wheat and barley germination. Bean and corn showed a better response at germination and vigor, compared to the other species.

To evaluate the nutriments in a foliar concentration, the assays reported by Reuter and Robinson (1986) and Mengel and Kirkby (1982), were used. The explored compost levels were zero (control), five, 10, 15, 20 and 25 ton/ha, added at two different dates 15 days before the sowing, and at sowing time.

Significant differences were found between the two dates of application, the results indicate that the largest concentration of essential elements was found in plants under compost applications 15 days before sowing. The micronutrients concentration was higher in plants under compost application at sowing time.

# INDICE DE CONTENIDO

	PAGINA
Indice de Cuadros.....	xii
Indice de Figuras.....	xvi
Introducción.....	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
Revisión de Literatura.....	5
Factores que Afectan la Disponibilidad de Nutrimentos en el Suelo.....	5
La Composta de Basuras Urbanas como Fertilizante Orgánico.....	15
Respuesta de los Cultivos a la Adición de Composta.....	18
El Análisis Foliar en la Determinación del Estado Nutrimental del Maíz.....	19
Materiales y Métodos.....	23
Materiales Empleados.....	23
Material Orgánico y Suelo uti - lizado.....	23
Efecto de la Composta sobre Germinación de Especies Vegetales.....	25
Material Biológico.....	26

	PAGINA
Diseño de Tratamientos.....	26
Características Evaluadas.....	28
Porcentaje de Germinación.....	29
Vigor.....	29
Diseño Experimental.....	30
Análisis Estadístico.....	30
Transformaciones.....	30
Análisis de Varianza.....	30
Comparación de Medias.....	31
Efecto de la Composta sobre las Características del Suelo y la Concentración de Nutrimientos en Maíz.....	31
Material Vegetal.....	31
Diseño de Tratamientos.....	31
Diseño Experimental.....	32
Conducción del Experimento.....	32
Muestreo y Análisis Foliar.....	33
VARIABLES DE RESPUESTA.....	36
Análisis Físico-Químico del Suelo después del Experimento.....	36
Análisis Estadístico.....	36
Resultados y Discusión.....	38
Experimento I.....	38
Experimento II.....	41
Efecto de la Adición de Composta sobre las Características del Suelo.....	41

Efecto de la Adición de	-	
Composta sobre la Concentra	-	
ción de Nutrimentos.....		45
Nitrógeno.....		49
Fósforo.....		53
Potasio.....		56
Calcio.....		58
Magnesio.....		61
Fierro.....		64
Manganeso.....		64
Zinc.....		64
Cobre.....		73
Boro.....		74
Respuesta de la Planta en Producción...		77
Conclusiones.....		80
Resumen.....		83
Literatura Citada.....		87

## INDICE DE CUADROS

NUMERO		PAGINA
3.1.	Características físico-químicas y de salinidad de la composta utilizada. UAAAN 1991.	24
3.2.	Características físico-químicas del suelo utilizado en el experimento. UAAAN 1991.	25
3.3.	Tratamientos evaluados en la prueba de germinación de seis especies vegetales. UAAAN 1991.	27
3.4.	Tratamientos generados con los diferentes niveles de composta bajo condiciones de invernadero. UAAAN 1991.	33
3.5.	Rango de concentraciones del estado nutrimental del maíz en etapa de floración usados como estándares en la investigación (Tomado de Reuter y	

- Robinson, 1986 y Mengel y Kirkby, 1982). UAAAN 1991. 35
- 4.1. Análisis de varianza realizado a la variable germinación de seis especies vegetales con diferentes dosis de composta. UAAAN 1991. 39
- 4.2. Comparación de medias (Duncan  $\alpha$  - 0.05) de las variables germinación y vigor en relación a las diferentes dosis de composta. UAAAN 1991. 40
- 4.3. Comparación de medias (Duncan  $\alpha$  - 0.05) de resultados de germinación en maíz y frijol, bajo diferentes dosis de composta. UAAAN 1991. 41
- 4.4. Efecto de las aplicaciones de composta sobre los valores promedio de las características físico-químicas del suelo después del experimento UAAAN 1991. 42
- 4.5. Indicadores del análisis de varianza realizado con los valores de las -

- determinaciones físico-químicas de las mezclas suelo y composta después del experimento. UAAAN 1991. 44
- 4.6. Efecto de las aplicaciones de com -  
posta sobre las concentraciones -  
foliares promedio de nutrimentos en -  
plantas de maíz. UAAAN 1991. 46
- 4.7. Indicadores del análisis de varianza practicado a los valores de la con -  
centración foliar de nutrimentos en -  
maíz. UAAAN 1991. 48
- 4.8. Matriz de correlaciones entre la -  
concentración foliar de nutrimen -  
tos N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, -  
B y peso de planta en el cultivo de -  
maíz (coeficientes de correlación).  
UAAAN 1991. 52
- 4.9. Comparación de medias para las con -  
centraciones foliares de Mg, Fe, Mn, -  
Zn y Cu, en función de seis dosis de  
composta. UAAAN 1991. 63

- 4.10. Análisis de varianza para el peso de  
planta de maíz, abonada con composta.  
UAAAN 1991.

## INDICE DE FIGURAS

NUMERO		PAGINA
4.1.	Concentración foliar de N en plantas de maíz en función a diferentes dosis de composta. UAAAN 1991.	51
4.2.	Relación entre la concentración de N y el peso de la planta de maíz, abonada con composta. UAAAN 1991.	51
4.3.	Concentración foliar de P en plantas de maíz en función a diferentes dosis de composta. UAAAN 1991.	55
4.4.	Relación entre la concentración de P y el peso de la planta de maíz, abonada con composta. UAAAN 1991.	55
4.5.	Concentración foliar de K en plantas de maíz en función a diferentes dosis de composta. UAAAN 1991.	57

- 4.6. Relación entre la concentración de K y el peso de la planta de maíz, - abonada con composta. UAAAN 19991. 57
- 4.7. Concentración foliar de Ca en plantas de maíz en función a diferentes dosis de composta. UAAAN 1991. 60
- 4.8. Relación entre la concentración de Ca y el peso de la planta de maíz, - abonada con composta. UAAAN 1991. 60
- 4.9. Concentración foliar de Mg en plantas de maíz en función a diferentes dosis de composta. UAAAN 1991. 62
- 4.10. Relación entre la concentración de Mg y el peso de la plantas de maíz, - abonada con composta. UAAAN 1991. 62
- 4.11. Concentración foliar de Fe en plantas de maíz en función a diferentes dosis de composta. UAAAN 1991. 65
- 4.12. Concentración foliar de Mn en plantas de maíz en función a diferentes dosis de composta. UAAAN 1991. 65

- 4.13. Concentración foliar de Zn en plantas de maíz en función a diferentes dosis de composta. UAAAN 1991. 66
- 4.14. Relación entre la concentración de Fe y el peso de la planta de maíz, - abonada con composta. UAAAN 1991. 69
- 4.15. Relación entre la concentración de Mn y el peso de la planta de maíz, - abonada con composta. UAAAN 1991. 69
- 4.16. Relación entre la concentración de Zn y el peso de la planta de maíz, - abonada con composta. UAAAN 1991. 70
- 4.17. Concentración foliar de Cu en plantas de maíz en función a diferentes dosis de composta. UAAAN 1991: 75
- 4.18. Relación entre la concentración de Cu y el peso de la planta de maíz, - abonada con composta. UAAAN 1991. 75
- 4.19. Concentración foliar de B en plantas de maíz en función a diferentes dosis de composta. UAAAN 1991. 76

- 4.20. Relación entre la concentración de B  
y el peso de la planta de maíz, -  
abonada con composta. UAAAN 1991.

76

## I.- INTRODUCCION

Con el paso del tiempo, México ha tenido un gran incremento demográfico, lo cual ha ocasionado, entre otras cosas, un promedio de menos tierra cultivable per cápita.

Esta circunstancia nos debe estimular a incrementar la eficiencia productiva y con ella aprovechar mejor los productos orgánicos que se derivan directa e indirectamente del sector agropecuario.

La composta procedente de basuras urbanas es un material orgánico que puede ser utilizado como fertilizante en la agricultura, ya que, con su incorporación al suelo beneficia notablemente la fertilidad del mismo, por su contenido de macro y micronutrientes y el incremento favorable de la actividad microbiana. Por otro lado, la utilización de basuras en la agricultura es un medio para reciclar la materia orgánica y evitar su acumulación en zonas urbanas.

Diversos trabajos han mostrado algunos problemas en la utilización de basuras urbanas, como lo es el efecto perjudicial de la composta sobre la germinación de

semillas. Purves y Mackenzie (1984) mencionan que cuando este material se adiciona al suelo en elevadas dosis, puede promover un incremento de elementos tóxicos, tales como Pb, B y Al.↵

Uno de los métodos utilizados para evaluar la relación entre la aplicación de nutrimentos y su absorción por las plantas, ya sea en forma orgánica o química, es mediante el análisis de tejido vegetal, ya que, éste representa el efecto directo de la nutrición sobre el desarrollo de los cultivos. En los últimos años, se ha mostrado mucho interés en el uso de dicho análisis como técnica complementaria de diagnóstico, para evaluar la respuesta a las aplicaciones de fertilizantes y también para predecir las necesidades nutrimentales de los cultivos.

La absorción de los nutrimentos, por las plantas, depende de diversos factores que tienen efectos antagónicos y sinérgicos sobre los elementos, los cuales deben ser considerados para poder diagnosticar acertadamente el estado nutrimental de las plantas e incrementar su producción.

Con la finalidad de determinar el efecto de la composta de basuras urbanas sobre la germinación de seis especies vegetales y evaluar su efecto en la nutrición

vegetal en el cultivo de maíz, se plantea lo siguiente:

### Objetivos

- 1.- Evaluar el efecto de la aplicación de composta sobre la germinación de seis especies vegetales.
- 2.- Analizar el efecto de la composta sobre el contenido nutrimental de la planta.
- 3.- Detectar el efecto de dos fechas de aplicación de composta sobre la absorción de nutrimentos por plantas de maíz.
- 4.- Determinar el efecto de la aplicación de la composta sobre las características físicas y químicas del suelo.
- 5.- Obtener la dosis más adecuada de composta sin la adición de otra fuente de fertilizante al suelo.

### Hipótesis

- a).- Existen especies vegetales que en su etapa de germinación toleran el efecto perjudicial de la composta.

b).- Por su alto contenido de materia orgánica, macro y micronutrientes, la composta aplicada al suelo, ejerce efectos favorables sobre el rendimiento de los cultivos, en función de la disponibilidad de los nutrientes.

## II.- REVISION DE LITERATURA

### Factores que Afectan la Disponibilidad de Nutrimentos en el Suelo

Carpena y Carpena (1984) mencionan que los procesos fisiológicos de las plantas, dependen principalmente de los factores planta, clima, nutrimentos y energía. La mayoría de los nutrimentos dependen del suelo, con excepción del oxígeno y carbono, los cuales son tomados del aire y del agua.

Si se desea que un cultivo produzca buenos rendimientos, éste deberá tener, entre otras cosas, un abastecimiento adecuado de todos los nutrimentos esenciales que las plantas toman del suelo; no solamente se requiere que los elementos nutritivos estén presentes en forma tal que las plantas puedan utilizarlos, sino que también debe haber un balance adecuado entre ellos (Millar et al., 1982).

Los métodos de análisis del suelo son, en general, poco satisfactorios. La determinación de los nutrimentos tiene un valor relativo y no dice nada sobre su accesibilidad a la planta .

El hecho de que un nutrimento sea asimilable para la planta depende tanto de los factores que afectan la facultad del suelo para abastecer a la planta, como los de la planta para apropiarse de ese nutrimento (López et al., 1985).

Es bien conocido que el contenido de elementos nutritivos de una planta es afectado no sólo por el suministro de ese elemento, sino también por la adición de otros nutrimentos y por factores ambientales (Pierre et al., 1977).

Respecto a esto, Tisdale y Nelson (1982) mencionan que uno de los aspectos más importantes de los abonos orgánicos es el suministro de N aprovechable para las plantas. La liberación de este nutrimento en el suelo sólo ocurre mediante una relación estrecha Carbono-Nitrógeno (C/N) del material utilizado. En términos generales puede decirse que si esta relación es mayor de 30, no hay una liberación inmediata del N aprovechable sino más bien una inmovilización de las formas nítricas y amoniacaes del suelo, reduciéndose su aprovechabilidad por la planta. Por el contrario, si dicha relación es menor de 20, algo del N se mineraliza quedando así disponible para las plantas. Sin embargo, también es necesario que la materia orgánica presente en el fertilizante orgánico tienda a descomponerse por acción de los microorganismos del suelo y esto a su vez, depende de otros factores que están correlacionados

(Alexander, 1980).

La estimación del nivel asimilable del P y del K ocupa un lugar importante en la investigación de la fertilidad.

Cada elemento tiene su dinámica y propiedades, y la influencia de distintos factores puede ser completamente diferente, y en algunos casos similar. El P, por ejemplo, tiene su proceso de mineralización, que, aún y cuando no se conoce del todo bien, puede ser análogo al del N, en muchos aspectos ( Tisdale y Nelson, 1982). Estos autores mencionan que la aprovechabilidad del P depende, en cierta forma, de la relación C/P del material orgánico. Si esta relación es igual o menor de 200, ocurre una mineralización del P orgánico durante el proceso de descomposición de la Materia Orgánica. Si por el contrario, esta relación es igual o menor de 300, ocurrirá una inmovilización de P.

La disponibilidad del K para la planta, tiene también, por otra parte, su peculiaridad; depende, entre otros factores, de la naturaleza de los minerales de arcilla y de la materia orgánica, así como del contenido de Ca en el suelo y de la textura ( Tisdale y Nelson, 1982 ). Estos autores agregan que la fijación máxima del K se presenta en suelos con grandes cantidades de illita como resultado de un reatrapamiento de los iones potasio entre las capas de los minerales. Por otra parte, se conoce bien

que las plantas absorben este elemento en cantidades muy superiores a sus necesidades cuando en el suelo es muy abundante, siempre y cuando esté presente en condiciones asimilables (Sanchez et al., 1969).

Agüi et al. (1979) mencionan que aún y cuando no se han aclarado definitivamente las interacciones antagónicas entre los cationes, es necesario recordar la influencia que el Ca y el Mg tienen sobre la disponibilidad del K. Esto mismo lo sugieren Harrison et al. (1981) quienes demostraron que las concentraciones de K en la hoja fueron bajas en plantas que crecieron en suelos con alto contenido de Ca, lo que demuestra el antagonismo K-Ca descrito por Van Itallie (1938). En un estudio llevado a cabo por Sanchez y Dios (1979) con macronutrientes catiónicos en maíz encontraron que los contenidos de K, Ca, y Mg disminuyen a medida que la planta se va madurando. La proporción de la disminución es distinta para cada elemento, siendo mayor para el K, que es asimismo el de mayor nivel inicial, y menor para el Mg, considerando el conjunto dentro de la planta. En el caso del Ca, éste presenta una disminución bastante fuerte durante el primer mes, y un ligero aumento después, sin embargo, en la etapa final del desarrollo de las plantas, esta disminución es menos notoria que para el K y muy similar a la de Mg.

Además de los macronutrientes, la planta requiere de los elementos menores o micronutrientes, los cuales

del Mo, es afectada negativamente por el pH alcalino, además de que en suelos cálcareos los desórdenes son comunes ya que se forman complejos escasamente solubles.

Por otra parte, Mortvedt et al. (1983) puntualizan que la disminución de micronutrientes en plantas también puede ser a causa de un efecto de dilución, ya que cuando el crecimiento de la planta excede la velocidad de absorción de un nutriente en particular, la concentración de dicho nutriente en el tejido disminuye.

La disponibilidad de Fe para las plantas está influenciada, en gran parte, por el equilibrio de reducción entre el Fe ferroso y férrico (Lindsay, 1984). La absorción del Fe es inhibida por altos niveles de P, debido a la formación de fosfatos de hierro insolubles (Russell, 1984). Asimismo, Mortvedt et al. (1983) mencionan que el fósforo está frecuentemente involucrado en interacciones con la nutrición de Fe. Las plantas desarrollan clorosis de Fe cuando está presente una concentración relativamente elevada de P en el suelo, estos datos sugieren que la capacidad de las plantas para absorber y mantener Fe en forma soluble y móvil disminuye a medida que se incrementa la concentración de P en la planta.

Algunos experimentos indican que el fosfato de Fe puede precipitarse externamente en la raíz, pero la clorosis que se presenta parece ser causada por una

inmovilización interna del Fe, ésto por la formación de fosfatos de Fe (Rediske y Biddulph, 1953).

Mortvedt et al. (1983) indican que el Fe y el Mn están ampliamente interrelacionados en sus funciones metabólicas dentro de la planta, considerando así que la efectividad de uno es determinada por la presencia proporcional del otro, mencionando que la absorción del Fe por las raíces se incrementa al aumentar la concentración de Mn. También citan que la interacción de este nutrimento con el Cu se ve influenciada por la aplicación excesiva de Fe, ya que, reduce la captación y concentración de Cu en las plantas.

Las fuentes inorgánicas de Fe no son efectivas para aplicaciones al suelo, cuando se aplican a tasas bajas o moderadas, sin embargo, Mathers (1970) reportó incrementos en los rendimientos en maíz en un experimento con aplicaciones de sulfato de fierro en dosis de 112 y 560 kg/ha.

La disponibilidad del Mn depende del potencial de reducción en el suelo. Las plantas absorben el Mn en la forma divalente y esta solubilidad decrece con el incremento del pH y es común en suelos calcáreos; niveles tóxicos de Mn son más comunes en suelos ácidos con valores de pH cercanos a 5.5 o menos. El comportamiento químico del Mn es muy similar al del Fe. La acción de este elemento

depende de la presencia de otros iones. Se ha observado que existe antagonismo entre Mn y el P y que el Mn puede inducir a la clorosis de Fe, también hay evidencias de que el Fe y el Zn interfieren en la absorción del Mn (Lindsay, 1972).

Meek et al. (1968) observaron una marcada interacción positiva entre inundación, adición de materia orgánica y altas temperaturas en suelos con altos contenidos de Mn y Fe. Por otro lado, Takkar (1969) reportó que en el suelo, los niveles de Mn se incrementan cerca de 10 veces con la combinación de altas temperaturas y adición de materia orgánica, aunque también menciona que los microorganismos juegan un papel importante en la oxidación de Mn cuando la reacción del suelo es cercana a la neutralidad o es alcalina.

Como activador en el crecimiento celular, el Mn de acuerdo con Yagodin (1986) desempeña un papel esencial. Para el caso de maíz se considera que con la aplicación de 2.5 kg/ha de Mn, en forma de sulfato de Mn, son suficientes para los requerimientos nutrimentales.

Respecto al Zn, la forma activa de éste en el suelo es Zn divalente, pero su disponibilidad es afectada por el pH, y los síntomas de deficiencia son comunes en suelos calcáreos, esto es atribuido, en gran parte, a la formación de complejos escasamente solubles como son los

carbonatos (Lucas y Knezek, 1972).

Las deficiencias de Zn pueden ser inducidas por el fósforo, sobre todo cuando los niveles de P en el suelo son altos o cuando los niveles de fertilización con P son considerados por encima de lo requerido, este elemento afecta la absorción del Zn por las raíces en el suelo donde se forman precipitados de fosfatos insolubles de Zn (Mortvedt, 1983).

Jackson et al. (1967) observaron que en plantas de maíz, cuando las cantidades de P son más que satisfechas, la deficiencia de Zn se vuelve severa y se incrementa la concentración de Fe, mencionando Yagodin (1986) que con la aplicación de 20 kg/ha de Zn, es suficiente para suministrar los requerimientos nutrimentales en el cultivo de maíz.

En relación a la disponibilidad del Cu ésta depende también del pH del suelo, pero normalmente no se incrementa en forma apreciable hasta que el pH se encuentra por debajo de un valor de 5.0. Otros factores tienen influencia en la absorción del Cu, tal es el caso del P el cual reduce la concentración de Cu en raíces y hojas de la planta (Lucas, 1946).

Mortvedt et al. (1983) citan trabajos sobre la interacción P\*Cu en los cuales se observan cambios en la

concentración de Cu a medida que se incrementa el nivel de P, pero las plantas no presentan síntomas de deficiencia de este elemento. Estos autores mencionan que con aplicaciones al suelo de seis kg/ha en forma de sulfato de Cu para el cultivo de maíz es suficiente para abastecer los requerimientos.

Reddy et al. (1989) quienes estudiaron la absorción y distribución de Cu y Zn en el cultivo de maíz en suelos tratados con aguas negras. Encontraron que la concentración de Cu en la hoja, se incrementó a medida que se incrementaron las dosis de abono en un promedio de una a tres ppm, sin embargo, en otros tejidos de la planta estos valores variaron significativamente de 13 a 22 ppm. La concentración de Zn en la hoja fue de 45 a 100 ppm en los diferentes tratamientos.

En relación al B las deficiencias de este micronutriente son comúnmente encontradas en suelos ácidos de textura ligera fácilmente lixiviable. Generalmente, el B en los suelos no está presente en cantidades tóxicas a menos que se haya adicionado en cantidades excesivas como fertilizante.

La tasa óptima de B aplicado al suelo dependerá principalmente de la especie de planta, la alcalinidad del suelo y de la materia orgánica contenida en el mismo. Algunos resultados indican que aplicaciones de 1.2 a 2.4

kg/ha de B en el cultivo de maíz son suficientes para satisfacer sus requerimientos (Mortvedt et al. 1983). Confirmando estos autores que en suelos o sustratos que contienen exceso de B o más de la cantidad requerida para el crecimiento óptimo, los efectos tóxicos pueden ser reducidos o prevenidos con la adición de cal.

Al respecto, Price et al. (1983) mencionan que existe cierto balance en la captación de Ca y B, dependiendo del tipo de cultivo. Estos autores también observaron que el B puede ser aplicado en cantidades mayores en suelos alcalinos sin causar ningún daño o efecto tóxico como ocurre cuando se adiciona a suelos ácidos.

#### La Composta de Basuras Urbanas como Fertilizante Orgánico

Se han diseñado varios métodos para reducir el problema de disponer adecuadamente de los desechos orgánicos urbanos pero todos han resultado con serias limitaciones. De ahí, que hasta el momento la solución más aceptable y económica parece ser la de aplicar estos materiales al suelo en forma de composta .

El primer avance importante en la compostificación ocurrió en 1925 y fue desarrollado por el Inglés Sir Albert Howard en la India. Este investigador sistematizó los procesos empíricos tradicionales y obtuvo una composta de calidad aceptable. Tal metodología fue llamada proceso

Indore y consiste en depositar capas sucesivas de basura en zanjas o pilas en donde la masa se voltea cada 180 días y se obtiene un abono de excelente calidad ( Cruz, 1986 ).

Vilamis et al. (1971) desarrollaron experimentos sobre los aspectos básicos de la compostificación de desechos urbanos. Además, su estudio brindó información sobre los tipos de microorganismos presentes, técnicas para analizar la condición de la composta durante y después del proceso, así como características de los materiales aptos para la compostificación .

El mecanismo para la elaboración de la composta incluye algunas variables que van desde la recepción y selección de la basura hasta la comercialización. Durante este proceso uno de los factores más importantes es la biodegradación de la materia orgánica. Este método permite reutilizar hasta un 80 por ciento de los desechos sólidos, en un tiempo relativamente corto ( Cruz, 1986). Además de que este material proporciona elementos mayores como Nitrógeno, Fósforo, y Potasio, elementos menores como Fierro, Manganeso, Zinc, etc., proporciona también una gran cantidad de materia orgánica la que según explica Allison (1967) tiene un efecto favorable sobre la formación de agregados en el suelo. Se ha observado que la aplicación de grandes cantidades de materia orgánica, ya sea en forma de estiércol, residuos vegetales o desechos urbanos estabilizados, tiene efecto directo en la nutrición vegetal

ya que aporta elementos mayores y menores, además de que propicia cambios en la velocidad de liberación de fósforo y potasio contenidos como minerales inorgánicos y mineraliza algunos nutrimentos como el hierro y cobre (Fuller, 1969).

Russell (1961) menciona que cuando la composta es adicionada al suelo continúa descomponiéndose muy lentamente, pero si el material adicionado es succulento, se descompone más rápidamente con la consecuencia de que el dióxido de carbono contenido en el aire del suelo se eleva, lo que será de beneficio a la planta sobre todo en aquellos suelos de textura ligera, esto mismo lo confirman Thompson y Troeh (1973) quienes sugieren que la composta permite al agricultor, trabajar con un fertilizante bien adaptado a sus necesidades. Muchos de los carbohidratos se descomponen rápidamente, algo del nitrógeno se pierde, pero la pérdida de carbohidratos es mucho mayor y el porcentaje del nitrógeno en la composta se incrementa. Entonces, gradualmente y por efecto de la descomposición, se irá dotando a la planta de nutrimentos después de que se ha incorporado al terreno. Los nutrimentos que se van liberando pueden variar por efecto de los tipos de ingredientes y las proporciones que se encuentren en la mezcla.

## Respuesta de los Cultivos a la Adición de Composta

En un estudio llevado a cabo en el cultivo de Rye grass, al cual se le hizo una aplicación de composta de basuras urbanas en diferentes dosis bajo condiciones de invernadero; se encontró que cuando la composta se adicionó al suelo, en ningún momento tuvo un efecto depresivo sobre la cosecha. Comprobándose que este producto tiene una considerable cantidad de macro y micronutrientes, así como un efecto residual, por lo que su incorporación al suelo contribuye a incrementar la fertilidad de éste (Gallardo-Lara et al., 1979);

Purves y Mackenzie (1984) aplicaron composta de basuras municipales al suelo sembrado con lechuga, frijol, y papa, en dosis de 25 a 100 ton/ha, esto produjo una significativa disponibilidad en el suelo de micronutrientes tales como Cu, Zn y B. En lechuga incrementó el contenido de Cu y Zn, mientras que en frijol se incrementó B y Zn. La papa no mostró efecto significativo con ninguna de las tres variables. Los tratamientos con dosis elevadas fueron asociadas con severos efectos tóxicos.

Nogales et al. (1984) estudiaron el efecto de composta de basuras, en dosis 10 a 100 ton/ha, en diferentes especies vegetales, encontrando que las especies Rye grass, cebada, tomate y frijol, mostraron

menores índices de germinación a medida que se incrementó la dosis de composta, atribuyendo ésto a que al incrementar la cantidad del material orgánico, también se incrementa el efecto de las sales y elementos tóxicos presentes en el material.

Así también, Chu et al. (1987) evaluaron el contenido de Pb, Mn, Cu y Zn, en tejidos vegetales en cultivos de tomate y lechuga tratados con dos fuentes de abonos orgánicos, composta de basuras y aguas residuales (aguas negras), encontraron mayor crecimiento vegetativo en ambos cultivos y con ambos abonos con respecto al testigo. Los tejidos de las plantas fertilizados con composta de basuras acumularon niveles bajos de los elementos estudiados, a pesar de que el análisis de este material reportó concentraciones altas de estos metales.

Radia et al. (1988) compararon el efecto de residuos vegetales de algodón, estiércol de bovino y desechos urbanos sobre el rendimiento de girasol. Encontraron que los tratamientos con desperdicios urbanos incrementaron el rendimiento de semilla de 0.9 a 2.9 to/ha, el peso de 1000 granos y porcentaje de aceite en semilla.

#### El Análisis Foliar en la Determinación del Estado Nutricional del Maíz

Uno de los métodos más eficaces para estudiar los problemas de nutrición vegetal es mediante el análisis de

los tejidos, por medio del cual, se puede determinar la importancia de los elementos nutritivos dentro de la planta, la forma en que intervienen en su desarrollo y el daño que puede ocasionar la deficiencia o exceso de ellos, de acuerdo con el medio en que se desarrollan las diferentes especies. También son útiles en el estudio de los efectos que producen en las plantas los elementos nutritivos que se apliquen en forma de fertilizante, ya sea en forma orgánica o química, su concentración dentro de la planta y su distribución. Mediante una adecuada calibración con los rendimientos, se puede utilizar este tipo de análisis para prevenir deficiencias en los cultivos (Alvarez, 1970).

La concentración química de la planta ha sido grandemente utilizada como un índice para reconocer su estado nutrimental. Pelletier (1966) menciona que el análisis de los tejidos revela la concentración de nutrimentos en las hojas y de esta manera se pueden determinar los niveles críticos, que es cuando un nutrimento puede estar actuando como un factor limitante del crecimiento.

Así, los principales objetivos del análisis foliar son: establecer los niveles de nutrimentos por debajo de los cuales las plantas presentan síntomas de deficiencia y segundo, definir los valores nutrimentales asociados con el crecimiento o rendimiento óptimo (Bould, 1966).

El nivel crítico o porcentaje de un nutrimento ha sido definido por varias metodogías. Macy (1934) definió esto como una relación entre el abastecimiento de un nutrimento y su concentración en la planta, para así identificar el valor crítico para cada especie vegetal, y así ubicar valores entre los porcentajes de consumo inútil o consumo de lujo y de suplemento insuficiente.

Por su parte Ulrich (1952) definió el nivel crítico como aquel rango estrecho de concentraciones en el cual la tasa de crecimiento o el rendimiento empieza a disminuir en comparación con plantas con niveles apropiados de nutrimentos.

El objetivo primario de los análisis foliares de los cultivos tales como el maíz, incluye el establecimiento de las concentraciones críticas de nutrimentos por arriba del cual no se espera un incremento en el rendimiento, y asimismo establecer concentraciones adecuadas asociadas con rendimientos óptimos (Dumenil y Hanway, 1965).

Tyner (1946) fue uno de los primeros en definir las concentraciones críticas para el cultivo de maíz, él sugirió muestreos en la sexta hoja de la planta en la etapa de floración del cultivo, encontró valores de 2.9, .29, y 1.30 por ciento para N, P y K respectivamente. Tyner y Webb (1946) condujeron algunas investigaciones sobre los niveles críticos de estos nutrimentos, y también sobre los

micronutrientes, enfatizando la importancia de que exista un balance entre ellos para una mejor respuesta de la planta.

Al estudiar las relaciones entre el rendimiento de maíz y la concentración de N y P en las hojas, Dumenil (1961) encontró que los valores para N iban de 2.7 a 2.85 por ciento y para P de 0.28 a 0.32 por ciento, en aquellas plantas que presentaron 95 por ciento de su máximo rendimiento.

En los últimos tiempos, diversos investigadores han evaluado sus trabajos en función a la clasificación de la concentración de nutrientes presentes en el tejido vegetal de las plantas, considerando niveles que van desde el deficiente, seguido por el marginal, valor crítico, adecuado, alto y tóxico o excesivo. Reuter y Robinson (1986) y Mengel y Kirkby (1982) citan valores de comparación para evaluar la concentración de los nutrientes en la mayoría de las especies vegetales, por medio de los cuales se puede demostrar que la edad de la planta, así como el órgano muestreado son importantes para lograr un mayor éxito en el diagnóstico y recomendación por medio de análisis foliar.

### III.- MATERIALES Y METODOS

Esta investigación se llevó a cabo en dos fases, en la primera parte se estudió el efecto de una composta de basuras urbanas sobre la germinación, en laboratorio, de seis especies vegetales y la segunda consistió en la evaluación del efecto del mismo material sobre las características del suelo y la concentración foliar de nutrimentos en plantas de maíz bajo condiciones de invernadero.

#### Materiales Empleados

##### Material orgánico y Suelo utilizado

El material empleado fue composta de basuras urbanas procedente de la Planta Industrializadora de Desperdicios Sólidos Urbanos de la Ciudad de Monterrey, N.L. A este material se le eliminaron los materiales inertes; los residuos orgánicos fueron tamizados y homogeneizados para posteriormente analizarlos en el laboratorio. Los resultados del análisis físico-químico y de salinidad se presentan en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Características físico-químicas y de salinidad de la composta utilizada. UAAAN 1991.\*

Determinación	Valor	Método-análisis
pH	7.8	Potenciómetro
M.O. (%)	37.96	Walkley-Black
Carbono (%)	22.02	Walkley-Black
N Total (%)	1.09	Kjeldahl
P Total (%)	0.895	Colorimétrico
K Total (%)	0.300	Colorimétrico
C.E. (dS/m)	18.0	P. de Wheastone
Ca Total (%)	6.3	Abs. Atómica
Mg Total (%)	0.960	Abs. Atómica
Na (Milieq/l)	344.7	Titulación
Carbonatos (Milieq/l)	0.2	Titulación
Bicarbonatos (Milieq/l)	6.3	Titulación
Cloruros (Milieq/l)	90.0	Titulación
Sulfatos (Milieq/l)	69.09	Titulación
Fe Total (ppm)	5.93	Abs. Atómica
Mn Total (ppm)	0.078	Abs. Atómica
Cu Total (ppm)	0.060	Abs. Atómica
Zn Total (ppm)	0.570	Abs. Atómica
B Total (ppm)	25.0	Abs. Atómica

\* Analizado en el laboratorio de calidad de aguas y suelos.  
Departamento de Riego y Drenaje. UAAAN.

El suelo que se utilizó fue colectado en el campo agrícola experimental propiedad de la UAAAN, en Buenavista, Saltillo, Coah.. Las características físico-químicas se muestran en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Características físico-químicas del suelo utilizado en el experimento. UAAAN 1991.

Características	Valor	Método Análisis
pH	8.3	Potenciómetro
C.E. (dS/m)	0.750	Puente de Wheastone
C.I.C.	21.0	Acetato de Amonio
M.O. (%)	1.39	Walkley-Black
N Total (%)	0.06	Kjeldahl
P Aprovechable (kg/ha)	88.68	Olsen
K Asimilable (kg/ha)	941.32	Colorimétrico
Carbonatos Totales (%)	35.93	Titulación
Textura	Migajón Arcilloso	Bouyoucos

### Experimento I

#### Efecto de la Composta sobre Germinación de Especies Vegetales

Esta etapa de la investigación se realizó en el laboratorio de análisis de semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas de la UAAAN, bajo condiciones controladas de temperatura y humedad.

## Material Biológico

Las especies vegetales a evaluar fueron seleccionadas considerando su importancia económica en la región Noreste del país.

Especie	Variedad
Maíz	H-422 PM
Frijol	Pinto Americano
Trigo	Pavón
Triticale	Eronga 83
Cebada	Cerro Prieto
Sorgo	RB-3030

Semillas tratadas de estas especies fueron proporcionadas por diferentes secciones del Departamento de Fitomejoramiento, las cuales pertenecían a lotes de semillas uniformes, y cuya germinación real fue medida mediante el tratamiento testigo (cero composta).

## Diseño de Tratamientos

Se prepararon mezclas suelo-composta equivalentes a cero, 10, 15, 20, 25, 50, y 75 ton/ha de composta, un tratamiento que contenía exclusivamente composta y un testigo absoluto que fue agua destilada. (Cuadro 3.3.). Para dosificar la cantidad de composta necesaria para preparar los tratamientos se consideró una profundidad del suelo de 20 cm.

Cuadro 3.3. Tratamientos evaluados en la prueba de germinación de seis especies vegetales. UAAAN 1991.

Número de tratamiento	Dosis de composta ton/ha
1 *	0
2 **	0
3	10
4	15
5	20
6	25
7	50
8	75
9	C

\* Testigo absoluto (agua destilada)

\*\* Suelo

C Composta en estado puro

Las mezclas obtenidas fueron saturadas con agua destilada y se dejaron en reposo por 24 horas, ésto con el propósito de solubilizar las sales y elementos tóxicos presentes en la composta (USDA, 1982). Después del reposo, las muestras se pasaron a un embudo Buchner y se filtraron. La solución resultante del filtrado constituyó el sustrato de germinación, la cual se aplicó sobre la superficie de una pieza de papel secante doble, hasta saturarla completamente, y sobre la misma se colocaron 25 semillas de las especies trigo, triticale, cebada y sorgo, y 10 semillas para maíz y frijol, las que enseguida se cubrieron con otra pieza de papel igualmente humedecida con el extracto de saturación y se enrollaron; poniéndose cuatro repeticiones de cada especie. Estas se colocaron en una cámara de germinación a una temperatura constante de 25 grados centígrados. Después de cinco días los rollos fueron abiertos para evaluar germinación y vigor.

#### Características Evaluadas

La capacidad de germinación y el vigor de las semillas fueron evaluadas de acuerdo a las metodologías recomendadas por la International Seed Testing Association (ISTA, 1985) y Association of Official Seed Analysts (AOSA, 1983) respectivamente.

## Porcentaje de Germinación

En cada repetición se anotó el número de plántulas normales, anormales y semillas muertas; siendo plántulas normales aquellas con un desarrollo completo de las estructuras esenciales (plúmula y radícula) y que manifestaban una completa habilidad para continuar su desarrollo en plantas normales. Las plántulas anormales fueron aquellas que presentaron defectos en algunas de sus estructuras a grado de impedir la continuación de su desarrollo. Siendo las semillas muertas las que no mostraron ningún signo de viabilidad.

Finalmente se determinó el porcentaje de germinación en base al conteo de plántulas normales.

## Vigor

Este se determinó de acuerdo a la tasa de crecimiento de plántulas medido mediante el peso seco de las mismas. Para esto, las plántulas normales obtenidas en la germinación se llevaron a peso seco para lo cual se eliminaron primeramente sus estructuras seminales (cotiledones o semilla) y se colocaron en una estufa de secado por espacio de 24 horas, a una temperatura de 80 grados centígrados, determinando su peso seco en mg/plántula, al pesar el total de plántulas y dividir entre el número de plántulas normales obtenidas.

## Diseño Experimental

Para la distribución de los tratamientos se utilizó el diseño experimental completamente al azar, resultando 36 unidades experimentales (nueve tratamientos y cuatro repeticiones), por cada especie vegetal estudiada. Cada sustrato germinativo (papel secante enrollado conteniendo las semillas) fue considerado como una unidad experimental.

## Análisis Estadístico

### Transformaciones

Para los valores encontrados en la variable porcentaje de germinación se utilizó la transformación angular Arco Seno, mediante la siguiente fórmula: Arco Seno  $(X/100)^{0.5}$  donde X representó el porciento del dato a transformar.

### Análisis de Varianza

La información fue evaluada considerando un factorial seis por nueve, donde el factor A correspondió a las especies vegetales y el factor B representó los tratamientos.

## Comparación de Medias

Cuando se obtuvo significancia en el análisis de varianza se realizaron pruebas de rango múltiple según la metodología de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ).

## Experimento II

Efecto de la Composta sobre las Características del Suelo y la Concentración Foliar de Nutrientes en Maíz.

Esta segunda etapa del trabajo se llevó a cabo en invernaderos de la UAAAN. La planeación de esta fase, estuvo de acuerdo con los resultados que se obtuvieron en la primera parte de la investigación, ya que la especie que se seleccionó fue la que respondió favorablemente a las dosificaciones de composta anteriormente probadas.

## Material Vegetal

La especie vegetal que se consideró fue maíz, utilizando un material comercial H-422 PM, cuya semilla se obtuvo en la empresa oficial de semillas.

## Diseño de Tratamientos

Se probaron dos factores, el factor A con dos niveles y el factor B con seis, combinados en un diseño de tratamientos factorial completo.

Factor A: Fechas de aplicación de composta. La primera se suministró 15 días antes de la siembra y la segunda se adicionó a la siembra.

Factor B: Dosis de composta, que fueron los niveles: cero, cinco, 10, 15, 20, y 25 ton/ha. Los tratamientos generados fueron seis, con cuatro repeticiones y se muestran en el cuadro 3.4.

### Diseño Experimental

El arreglo factorial de tratamientos se estableció bajo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, resultando 48 unidades experimentales, considerando cada maceta como unidad experimental.

### Conducción del Experimento

Del suelo colectado, ya seco y tamizado (malla número dos), se pesaron 18 kg, los cuales se mezclaron con la composta de cada tratamiento y se colocaron en macetas de polietileno calibre grueso de 36 cm de diámetro por 44 de largo. En éstas, se sembraron tres semillas de maíz por maceta. Posteriormente, cuando las plantas tuvieron 10 días de emergidas, se hizo un aclareo dejando una planta por maceta.

maceta.

Cuadro 3.4. Tratamientos generados con los diferentes niveles de composta bajo condiciones de invernadero. UAAAN 1991.

Número de Tratamiento	Dosis de Composta ton/ha
1*	0
2	5
3	10
4	15
5	20
6	25

\* Testigo ( Suelo )

Una vez establecida la planta, los riegos se mantuvieron controlados según la lectura de un tensiómetro, el cual al registrar una lectura de 70 Centibars indicaba el momento de regar, y siempre se procuró tener el suelo en un nivel ligeramente abajo de su capacidad de campo.

## Muestreo y Análisis Foliar

Para la interpretación de los análisis foliares se utilizaron los criterios reportados por Reuter y Robinson (1986) y Mengel y Kirkby (1982) que se muestran en el Cuadro 3.5.

Se colectaron muestras foliares durante la etapa de floración del cultivo, cortándose las hojas de arriba y la opuesta a la mazorca, obteniéndose así una muestra compuesta de las dos hojas. Las hojas de cada muestra fueron lavadas con agua destilada, eliminándose después los excesos de humedad. Posteriormente, se colocaron en bolsas de papel perforado previamente identificadas y se deshidrataron en una estufa a 70 grados centígrados durante 24 horas. Una vez secas, las muestras fueron molidas en un molino Willey de acero inoxidable, hasta que las partículas atravesaron un tamiz de 40 mallas.

Para el análisis foliar las muestras fueron llevadas a digestión húmeda. La muestra ya digerida se analizó en un espectrofotómetro de absorción atómica para la determinación de hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, calcio y magnesio.

Los nutrimentos fósforo y potasio se analizaron mediante el método de Olsen y Colorimétrico

Cuadro 3.5. Rango de concentraciones del estado nutrimental del maíz en etapa de floración usado como estándares en la investigación (Tomado de Reuter y Robinson, 1986 y Mengel y Kirkby, 1982). UAAAN 1991.

Elemento (%)	Marginal	Bajo	Adecuado	Alto	Tóxico
N	< 2.0	2.0 - 2.5	2.50 - 3.50	> 4.00	
P	< 0.1	0.1 - 0.2	0.20 - 0.32	> 0.32	> 0.8
K	< 1.0	1.0 - 1.5	1.50 - 3.00	3.00 - 5.50	> 5.5
Ca	< 0.1	0.1 - 0.2	0.21 - 0.50	0.50 - 1.00	> 1.0
Mg	< 0.1	0.1 - 0.2	0.31 - 0.50	> 1.00	
<b>Elemento (ppm)</b>					
Fe	< 10	10 - 20	21 - 251	251 - 350	> 350
Mn	< 15	16 - 19	34 - 200	200 - 350	> 350
Zn	< 15	15 - 20	20 - 70	70 - 150	> 150
Cu	< 2	3 - 5	8 - 20	20 - 50	> 50
B	< 2	2 - 5	6 - 20	20 - 55	> 55

respectivamente.

El análisis de Nitrógeno total fue determinado por el método de Kjeldahl.

### VARIABLES DE RESPUESTA

Se consideraron como variables de respuesta, la concentración de todos los nutrimentos, antes mencionados, en la planta, así como el peso fresco, altura de planta y peso de raíz.

### ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL SUELO DESPUÉS DEL EXPERIMENTO

Después de que se evaluaron las variables de respuesta, se tomaron muestras del suelo de cada maceta, las que fueron secadas y tamizadas para posteriormente ser analizadas.

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los efectos de cada factor y la interacción de éstos para cada variable estudiada fueron evaluados mediante un Análisis de Varianza.

El factor A fue considerado como cualitativo, y el factor B se consideró cuantitativo. Para evaluar la respuesta a este factor se utilizó una prueba de diferenciación de medias Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

Para evaluar la posible interdependencia entre los nutrientes, se realizó una matriz de correlaciones entre todas las variables estudiadas.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

##### Experimento I

#### Efecto de la Composta sobre la Germinación de Semillas de Diferentes Especies Vegetales.

En el Cuadro 4.1., se muestra el ANVA para la germinación de las especies probadas en el cual se observa diferencia significativa entre especies, tratamientos, así como para la interacción especies-tratamientos (E/T).

La diferencia significativa encontrada entre especies pudiera deberse a características propias de cada especie con relación a su respuesta a las dosis de composta. Estos resultados concuerdan con los observados por Nogales et al. (1984) quienes emplearon composta de basuras urbanas con otras especies vegetales, encontrando que a medida que se incrementa la dosis de composta, disminuye el porcentaje de germinación.

La diferencia entre tratamientos indica que las diferentes concentraciones de composta afectaron la germinación poniendo estos resultados de manifiesto un posible efecto perjudicial ocasionado por la adición de

dosis elevadas de composta, lo que según Purves y Mackenzie (1984) promueve un incremento de salinidad y elementos tóxicos en el suelo. La significancia de la interacción sugiere que las especies se comportan de manera diferente bajo la influencia de los distintos niveles de composta.

Cuadro 4.1. Análisis de varianza realizado a la variable germinación de seis especies vegetales con diferentes dosis de composta. UAAAN. 1991.

F.V	GL	CM	Fc	F $\alpha$ 0.05
A-Especies	5	3846.724	50.68**	2.26
B-Tratamientos	8	1852.666	24.41**	1.98
AB-E/T	40	250.288	3.30*	1.42
Error	162	75.907		

C.V.= 11.77%

El Cuadro 4.2., presenta la comparación de medias (Duncan  $\alpha$ = 0.05), para resultados de germinación y vigor, se observa que el frijol presentó la más alta germinación y vigor y fue diferente al resto de las demás especies, siguiéndole para germinación el triticale y maíz. El trigo presentó un vigor similar al triticale.

Cuando se observa el orden de germinación y vigor en las diferentes especies se nota que el frijol, maíz y triticale, muestran valores altos en comparación con las otras especies, esto pudiera interpretarse como una mayor tolerancia a los efectos perjudiciales de la composta por su contenido de sales. Una posible explicación para los

valores bajos de germinación de sorgo y cebada es la susceptibilidad de estas especies a concentraciones altas de sales durante su etapa germinativa, lo cual coincide con lo expuesto por Francois et al. (1984) quienes al incrementar los niveles de salinidad, encontraron que niveles altos de sal (8.2 dS/m) inhiben la germinación de semillas de sorgo.

Finalmente el sorgo y la cebada presentaron la menor germinación siendo estadísticamente diferentes al resto de las especies.

Cuadro 4.2. Comparación de medias (Duncan  $\alpha$  0.05) de las variables germinación y vigor en relación a las diferentes dosis de composta. UAAAN 1991.

Germinación/Especie ( % )			Vigor/Especie mg/plántula		
87.95	Frijol	A	.054	Frijol	A
78.90	Triticale	B	.045	Maíz	B
76.48	Maíz	BC	.014	Triticale	BC
73.47	Trigo	CD	.012	Trigo	BC
70.74	Sorgo	D	.010	Cebada	D
56.72	Cebada	E	.009	Sorgo	D

Al analizar individualmente las diferencias entre tratamientos por especie, encontramos que el frijol, aún y cuando supera a las demás especies en los parámetros evaluados, no presenta respuesta alguna a las adiciones de composta, siendo su comportamiento similar frente a todas

los tratamientos (Cuadro 4.3.). En el mismo Cuadro se observa que el maíz sí muestra diferencias significativas frente a las dosis de composta, mostrando la misma respuesta a los niveles que corresponden a 10, 15, y 50 ton/ha, siendo superados por muy breve diferencia por los testigos (cero composta).

Cuadro 4.3. Comparación de medias (Duncan  $\alpha$  0.05) de resultados de germinación en Maíz y Frijol, bajo diferentes dosis de composta. UAAAN 1991.

(%)	MAIZ		(%)	FRIJOL	
90.00	T <sub>1</sub>	A	90.00	T <sub>3</sub>	A
85.39	T <sub>2</sub>	A	90.00	T <sub>4</sub>	A
85.39	T <sub>4</sub>	AB	90.00	T <sub>6</sub>	A
80.78	T <sub>3</sub>	AB	90.00	T <sub>7</sub>	A
77.30	T <sub>7</sub>	AB	90.00	T <sub>8</sub>	A
71.56	T <sub>8</sub>	C	85.39	T <sub>1</sub>	A
70.44	T <sub>5</sub>	C	85.39	T <sub>2</sub>	A
69.53	T <sub>6</sub>	C	85.39	T <sub>5</sub>	A
57.91	T <sub>9</sub>	D	85.39	T <sub>9</sub>	A

### Experimento II

Efecto de Diferentes Niveles de Composta sobre las Características del Suelo y la Concentración de Nutrientes en Maíz.

#### Efecto de la Adición de Composta sobre las Características del Suelo

En el Cuadro 4.4., se presentan las características físico-químicas del suelo después de la aplicación de las

Cuadro 4.4. Efecto de las aplicaciones de composta sobre los valores promedio de las características físico-químicas del suelo después del experimento. UAAAN 1991.

Característica	dosis de composta ton/ha	Aplicación	
		antes siembra	durante siembra
pH	0	7.7	7.8
	5	7.6	7.9
	10	7.5	7.7
	15	7.7	7.8
	20	7.7	7.8
	25	7.7	8.0
	C.E (dS/m)	0	0.82
5		0.60	0.9
10		0.52	1.0
15		0.62	0.9
20		0.75	0.9
25		1.02	1.2
NT (%)		0	0.07
	5	0.09	0.29
	10	0.10	0.08
	15	0.11	0.08
	20	0.11	0.09
	25	0.11	0.09
	P aprov. (kg/ha)	0	25.45
5		22.57	34.75
10		35.15	39.92
15		29.40	37.85
20		27.57	32.50
25		38.50	43.90
K asimil. (kg/ha)		0	75.37
	5	99.00	428.25
	10	95.62	303.75
	15	78.72	235.00
	20	109.12	156.87
	25	81.00	150.62
	M.O (%)	0	1.8
5		1.9	1.7
10		2.0	1.6
15		2.2	1.6
20		2.3	1.9
25		2.2	1.9

diferentes dosis de composta.

En el cuadro 4.5., se muestran algunos indicadores del análisis estadístico realizado a los valores de las determinaciones de pH, C.E., Nt (%), P<sub>aprov.</sub>(kg/ha), K<sub>inter.</sub>(kg/ha) y M.O. (%)., donde se observan diferencias significativas entre fechas de aplicación para las características del pH, P, K y M.O. Asimismo se encontraron diferencias significativas entre dosis de composta para el contenido de materia orgánica. Referente a la textura del suelo, no se encontraron cambios en ninguna de las mezclas suelo-composta.

Aun cuando se encontró diferencia significativa para el pH entre las dos fechas de aplicación, esta diferencia es muy pequeña, sin embargo, no existen variaciones significativas entre dosis de composta, por lo tanto podemos decir que las diferentes dosis de composta no afectaron el pH de suelo. La pequeña diferencia del pH entre épocas de aplicación probablemente se debió a los cambios químicos que ocurrieron en el suelo durante el periodo de incubación de la mezcla suelo-composta antes de la siembra, durante el cual la mineralización de nutrimentos aumentó ligeramente el pH.

La diferencia encontrada para el contenido de materia orgánica del suelo con diferentes dosis de composta era de esperarse, ya que a medida que se incrementó la

Cuadro 4.5. Indicadores del análisis de varianza realizado con los valores de las determinaciones físico-químicas de las mezclas suelo y composta después del experimento. UAAAN 1991.

	pH	C.E.	N (%)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	M.O. (%)
CME A	0.376	0.978	0.003	613.470	242408.400	1.691
FC A	10.170 *	7.160 *	0.240	6.630 *	50.390 *	51.970 *
CME B	0.048	0.152	0.140	209.240	32622.570	0.267
FC B	1.990	2.230	0.960	3.230	1.310	8.360 *
FC AB	0.080	0.690	1.080	0.250	1.330	1.200
CV	2.000	30.100	107.070	24.130	97.920	9.260

\* Valor de significancia = 0.05

dosis de composta, se aumentó proporcionalmente la cantidad de materia orgánica en el suelo (Fuller, 1969).

Para el caso del P, hubo una diferencia del 10 por ciento entre las fechas de aplicación, encontrando más cantidad de este elemento en las macetas en las cuales la adición de composta se realizó al momento de la siembra, esto puede atribuirse a que el fósforo ahí presente fue absorbido en menor cantidad por las plantas que produjeron menos, esto se discutirá mas adelante.

Respecto al K, se observó, que el suelo de los tratamientos que recibieron la composta 15 días antes de la siembra tuvieron en promedio 40 kg/ha de potasio asimilable menos que los suelos que recibieron la composta al momento de la siembra. La explicación de esta diferencia pudiera estar relacionado con lo anteriormente descrito para el fósforo.

#### Efecto sobre la Concentración Foliar de Nutrimentos

Los resultados de los valores medios de las concentraciones foliares de cada uno de los nutrimentos en los diferentes tratamientos se presentan en el Cuadro 4.6. Los resultados del análisis estadístico de estos datos se muestran en el análisis de varianza del Cuadro 4.7., aquí se observan diferencias significativas entre fechas de aplicación para los elementos N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, y

Cuadro 4.6. Efecto de las aplicaciones de composta sobre las concentraciones foliares promedio de nutrimentos en plantas de Maíz. UAAAN 1991.

Nutrimento	dosis de composta ton/ha	Aplicación	
		antes siembra	durante siembra
N (%)	0	2.7	2.25
	5	2.5	1.82
	10	2.7	1.62
	15	2.6	1.42
	20	2.5	1.23
	25	2.6	1.92
	P (%)	0	.21
5		.19	.12
10		.23	.14
15		.17	.08
20		.20	.11
25		.20	.14
K (%)		0	1.66
	5	1.80	1.67
	10	1.80	1.70
	15	1.79	1.65
	20	1.75	1.55
	25	1.87	1.61
	Ca (%)	0	.61
5		.53	.41
10		.47	.36
15		.51	.36
20		.58	.37
25		.53	.43
Mg (%)		0	.37
	5	.37	.30
	10	.40	.34
	15	.43	.32
	20	.31	.27
	25	.40	.37

Cuadro 4.6. .... continuación.

Fe (ppm)	0	41.0	54.25
	5	42.5	60.25
	10	43.7	61.25
	15	48.5	63.75
	20	50.0	64.25
	25	51.75	66.25
	Mn (ppm)	0	52.5
5		55.0	87.0
10		60.5	91.2
15		66.7	93.2
20		70.7	99.5
25		81.25	100.0
Zn (ppm)		0	12.0
	5	13.5	13.5
	10	13.8	14.5
	15	14.2	13.8
	20	14.0	14.6
	25	14.3	15.5
	Cu (ppm)	0	1.0
5		2.0	2.0
10		1.75	3.5
15		2.25	2.2
20		1.75	2.5
25		6.25	2.2
B (ppm)		0	50.57
	5	58.90	50.6
	10	51.50	39.6
	15	38.50	42.3
	20	37.50	57.3
	25	56.10	51.3

Cuadro 4.7. Indicadores del análisis de varianza practicado a los valores de la concentración foliar de nutrimentos en maíz. UAAAN 1991.

	Nutrimentos									
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
CME A	10.065	0.084	0.037	0.258	0.037	2852.090	9157.680	7.128	0.316	29.580
FC A	70.200 *	22.040 *	12.550 *	350.010 *	9.218 *	1157.720 *	691.690 *	49.435 *	0.143 ns	0.543 ns
CME B	0.326	0.003	0.014	0.008	0.009	142.480	621.160	2.880	8.700	230.930
FC B	1.770	2.153	0.749	1.848	3.623 *	53.750 *	91.430 *	15.810 *	7.900 *	1.990 ns
FC AB	1.250	0.230	0.814	0.939	0.507	2.520	3.190	3.600	2.780	2.400
CV	19.790	23.670	8.030	14.560	15.790	3.010	3.330	3.040	49.340	22.390

\* Valor de significancia = 0.05

ns no significativo

Zn; diferencias entre dosis de composta para la concentración de Mg, Fe, Mn, Zn, y Cu, y no se registró ninguna interacción entre fechas y dosis.

### Nitrógeno

Para el caso del nitrógeno, se observó (Fig. 4.1.) que al incorporar el abono 15 días antes de la siembra, el contenido foliar de nitrógeno se incrementó en promedio de 2.5 a 2.6 por ciento en relación a su incorporación al momento de la siembra. Este efecto puede ser explicado si se considera que al agregar la composta 15 días antes de la siembra, también se inició el riego de las macetas, esto permitió que se estableciera un equilibrio entre la mineralización y la inmovilización del nitrógeno del suelo y de la composta. En cambio, cuando la composta se aplicó al momento de la siembra hubo inicialmente una tendencia hacia la inmovilización del nitrógeno del suelo por parte de los microorganismos encargados de la descomposición de la materia orgánica de la composta, la cual tenía una relación C/N= 21. Varios autores (Alexander, 1980; Tisdale y Nelson, 1982) coinciden al afirmar que durante la descomposición de la materia orgánica en el suelo, la relación C/N= 20, es el límite para que exista mineralización del nitrógeno. En este caso, la composta tenía una relación C/N que se encuentra precisamente en ese límite y por lo tanto debería establecerse un equilibrio, o bien, la reacción inicial se podría inclinar hacia algún

lado, dependiendo de las condiciones en las que ocurra la descomposición.

En la Figura 4.2., se puede apreciar gráficamente la correlación existente entre el peso de la planta y la concentración de nitrógeno en la misma ( $r= 0.520$ ), se puede observar que la absorción máxima del N ocurrió en las plantas con mayor peso, sin embargo, los valores de concentración encontrados nos indican que este nutrimento se encuentra en un rango bajo (Cuadro 3.5.) estos valores involucran a las dos fechas de aplicación. Una respuesta similar fue encontrada por Tanaka y Yamaguchi (1984) los cuales mencionan que la deficiencia de algunos elementos especialmente nitrógeno, puede llegar a ser uno de los factores limitantes para el desarrollo de las plantas y por consecuencia el desarrollo del grano en maíz (en el proceso de traslocación de asimilados).

En el Cuadro 4.8., se presenta una matriz de correlaciones entre todas las variables estudiadas, en que se observan correlaciones estadísticamente significativas positivas para el N con el P, K, Ca, Mg, y negativas con el Fe y Mn. La interacción positiva que generalmente se presenta entre elementos mayores es debida al balance nutrimental entre los mismos, cuando éstos varían dentro de ciertos límites, y la correlación negativa del N con los micronutrientes Fe y Mn, puede ser considerada como un efecto de dilución, ya que el acelerado crecimiento de la

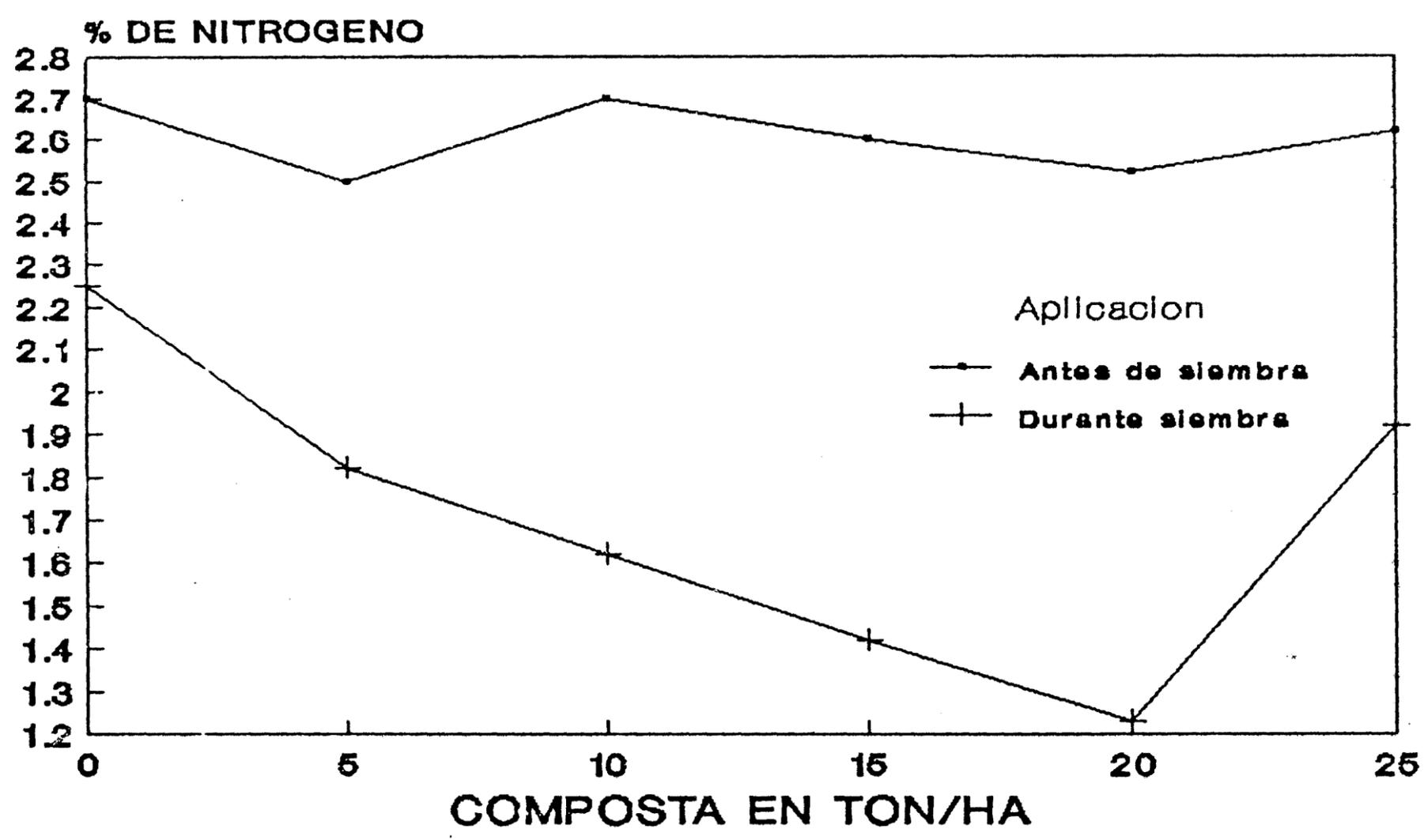


Figura 4.1. Concentración foliar de N en plantas de maíz en función a diferentes dosis de composta. UAAAN 1991.

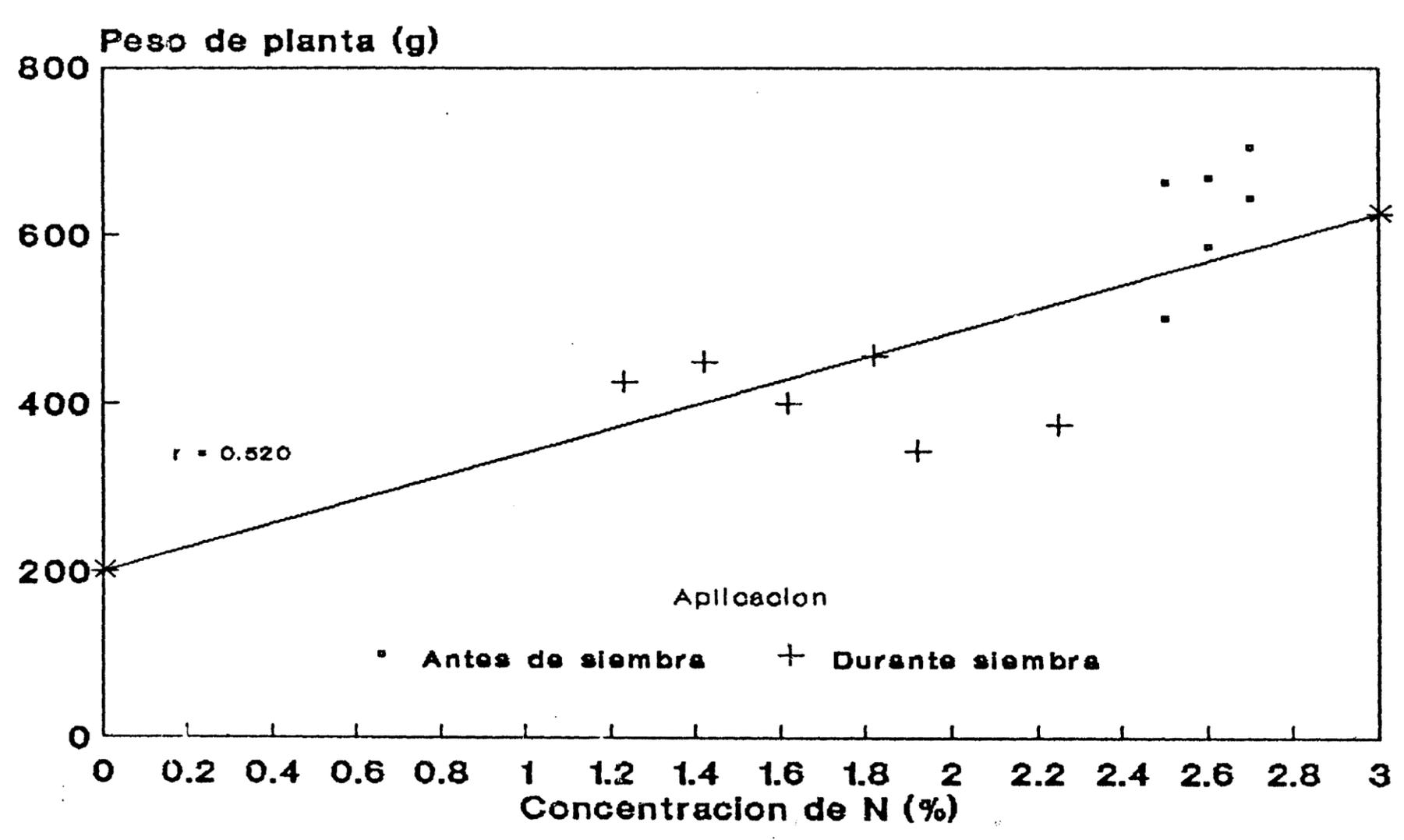


Figura 4.2. Relación entre la concentración de N y el peso de la planta de maíz, abonada con composta. UAAAN 1991.

Cuadro 4.8. Matriz de correlaciones entre la concentración foliar de nutrimentos N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B y peso de planta en el cultivo de maíz. (coeficientes de correlación). UAAAN 1991.

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Peso de planta
N	1	0.732*	0.519*	0.675*	0.487*	-0.718*	-0.701*	-0.228	-0.005	-0.145	0.520*
P		1	0.356	0.624*	0.442*	-0.648*	-0.604*	-0.197	-0.003	-0.064	0.417*
K			1	0.309	0.332	-0.413*	-0.345	-0.069	0.233	-0.143	0.060
Ca				1	0.446*	-0.690*	-0.655*	-0.448*	0.003	0.031	0.564*
Mg					1	-0.361	-0.381*	-0.004	0.102	-0.210	0.292
Fe						1	0.962*	0.616*	0.127	0.085	-0.518*
Mn							1	0.652*	-0.224	-0.066	-0.556*
Zn								1	0.225	-0.112	-0.414*
Cu									1	0.160	-0.115
B										1	-0.114
Peso de planta											1

\* significancia al 1.0 %

planta provocado por el N puede impedir que algunos micronutrientes deficientes en el suelo no sean absorbidos a la velocidad requerida, así la concentración de éstos en el tejido vegetal disminuye o es "diluida" en la planta (Mortvedt, 1983).

### Fósforo

La Figura 4.3. nos muestra la relación existente entre la concentración foliar de P y las dosis de composta, en función a las diferentes épocas de aplicación, en ella encontramos que aún cuando no hubo diferencias significativas entre los niveles de composta adicionados, sí las hubo entre épocas de aplicación. La concentración foliar de P en los tratamientos que recibieron la composta durante la siembra fue de 0.14 por ciento y en los que se aplicó 15 días antes de la siembra 0.23 por ciento.

Tal como ocurre con el N, la aprovechabilidad del P contenido en el abono orgánico se encuentra en cierta forma regulada por la relación C/P del material orgánico. Tisdale y Nelson (1982) mencionan que si esta relación es igual o menor que 200 ocurre una mineralización del P orgánico durante la descomposición de la materia orgánica, en nuestro caso, la relación C/P es de 24.60, por lo cual, podríamos suponer que cuando aplicamos la composta 15 días antes de la siembra hubo mayor mineralización del elemento, que cuando la aplicación se hizo en la siembra,

donde encontramos concentraciones foliares más bajas de este elemento. Esto también puede explicarse parcialmente en función a la concentración de N encontrada en plantas, ya que si consideramos el balance nutrimental que debe existir entre los elementos mayores, podemos suponer que la concentración de P se debe incrementar proporcionalmente a la de N cuando hay suficiente P asimilable en el medio donde se desarrollan las plantas.

Por otro lado, en la Figura 4.4., se presenta la relación existente entre peso de planta y la concentración de P ( $r = 0.417$ ), aquí se observa que las plantas que tienen mayor peso coinciden con las concentraciones más altas de fósforo.

Los valores de concentración de P encontrados en las plantas cuya aplicación de composta se realizó 15 días antes de la siembra son considerados dentro de un rango adecuado, según Reuter y Robinson (1986) y Mengel y Kirkby (1982), sin embargo, las concentraciones encontradas en plantas donde la aplicación fue a la siembra se registran dentro de un rango crítico.

Las concentraciones de P, Ca, y Mg en la planta estuvieron positivamente correlacionadas (Cuadro 4.8.) esto pudiera estar relacionado también al equilibrio o balance nutrimental que existe entre estos nutrimentos en función a su participación en los procesos metabólicos dentro de la

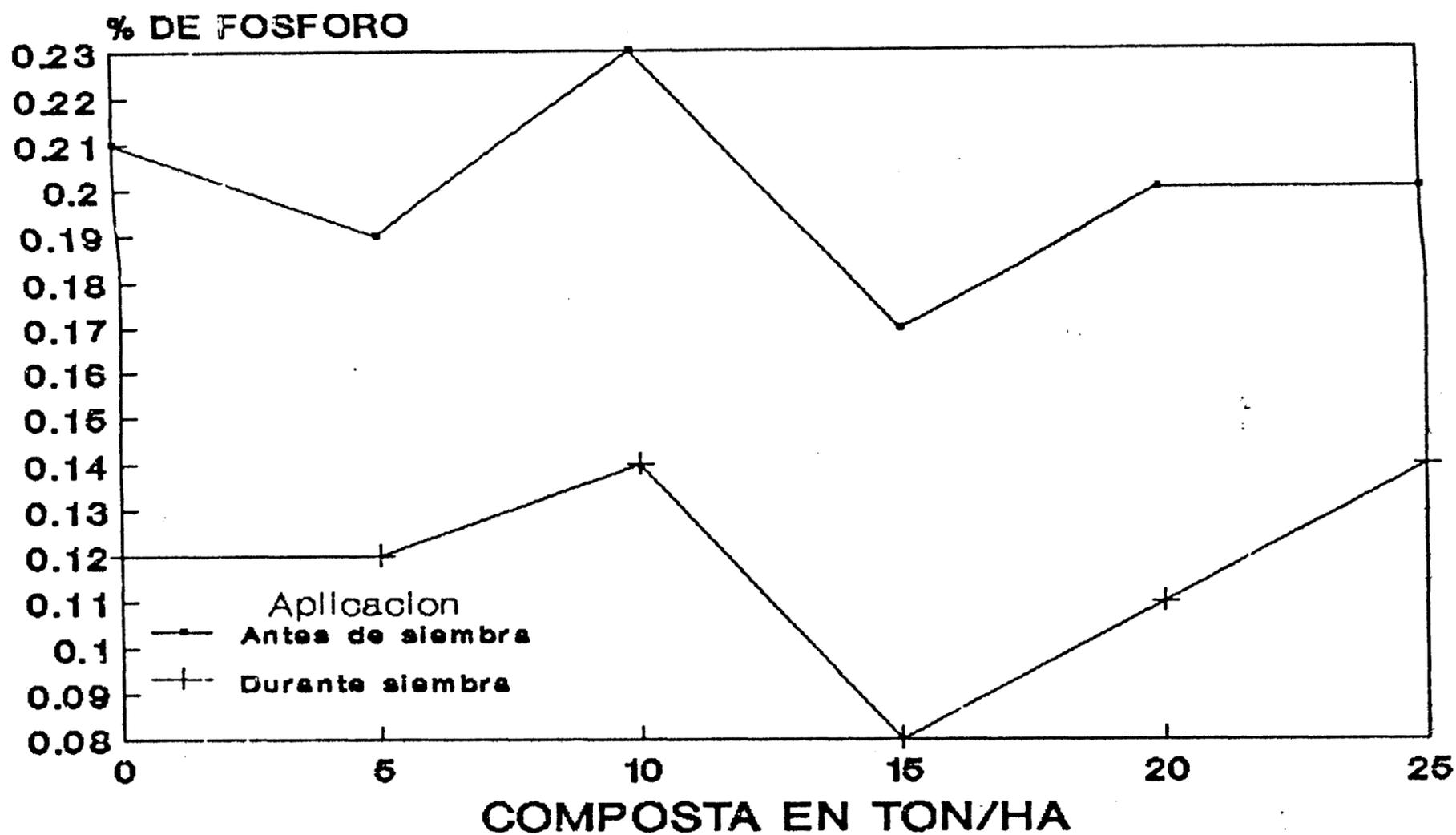


Figura 4.3. Concentración foliar de P en plantas de maíz en función a diferentes dosis de composta. UAAAN 1991.

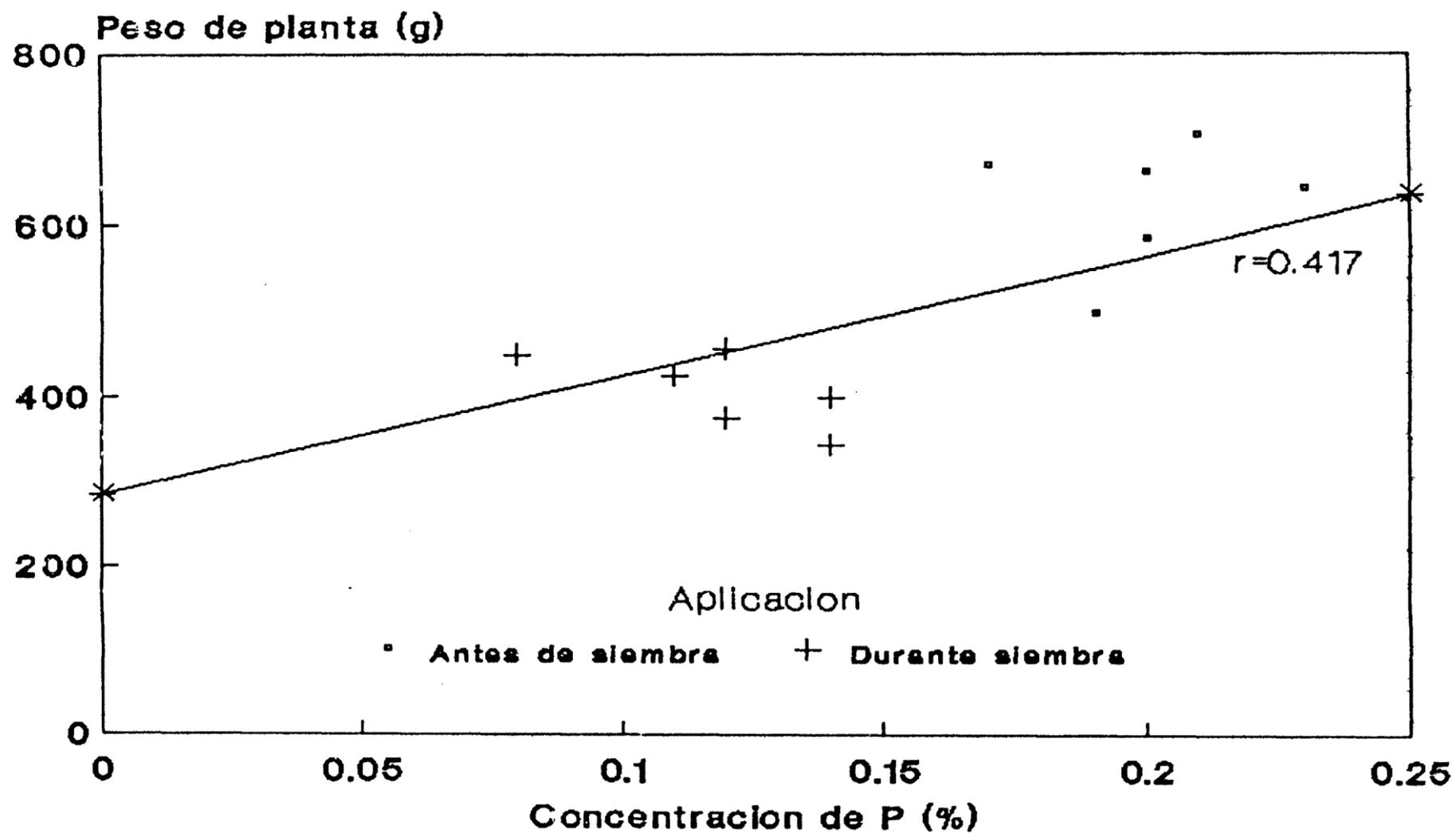


Figura 4.4. Relación entre la concentración de P y el peso de la planta de maíz, abonada con composta. UAAAN 1991.

planta.

En el mismo Cuadro (4.8.) se observa la correlación negativa entre el P con el Fe y Mn. La interacción negativa P\*Fe es bien conocida, algunos autores (Russell, 1984; Mortvedt et al., 1983) sugieren que las concentraciones elevadas de P inhiben el movimiento del Fe en la planta, esta inhibición es aún mayor cuando la planta crece en suelo calcáreo. En nuestro caso, la cantidad de P que se suministró en la dosis de composta más alta equivale a 200 kg/ha, aún con esto, los datos que obtuvimos no nos permiten asegurar que en realidad el P tenga influencia sobre Fe, sin embargo, si relacionamos la respuesta de la planta con las concentraciones de estos elementos, observamos que las plantas que tienen mayor peso son aquellas que presentan la concentración de P más adecuada y la menor concentración de Fe.

#### Potasio

La Figura 4.5., muestra la relación encontrada entre la concentración foliar de K y los tratamientos de composta. Los valores mas altos de concentración de potasio se presentan en las plantas cuya aplicación de composta se realizó 15 días antes de la siembra (Fig. 4.6.), pero no se reporta ninguna respuesta a las diferentes dosis suministradas, las concentraciones foliares en ambas fechas de aplicación de composta se

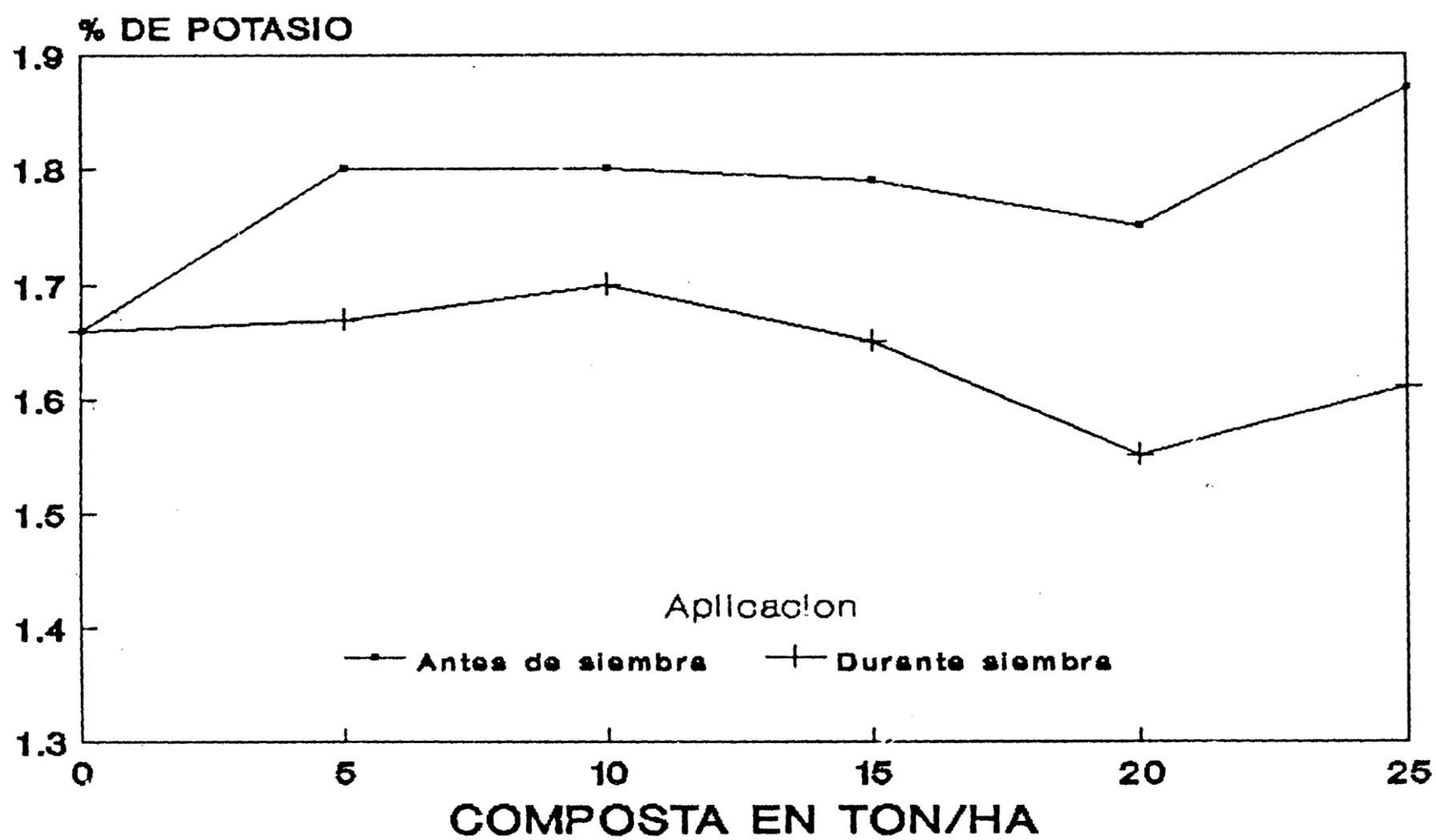


Figura 4.5. Concentración foliar de K en plantas de maíz en función a diferentes dosis de composta. UAAAN 1991.

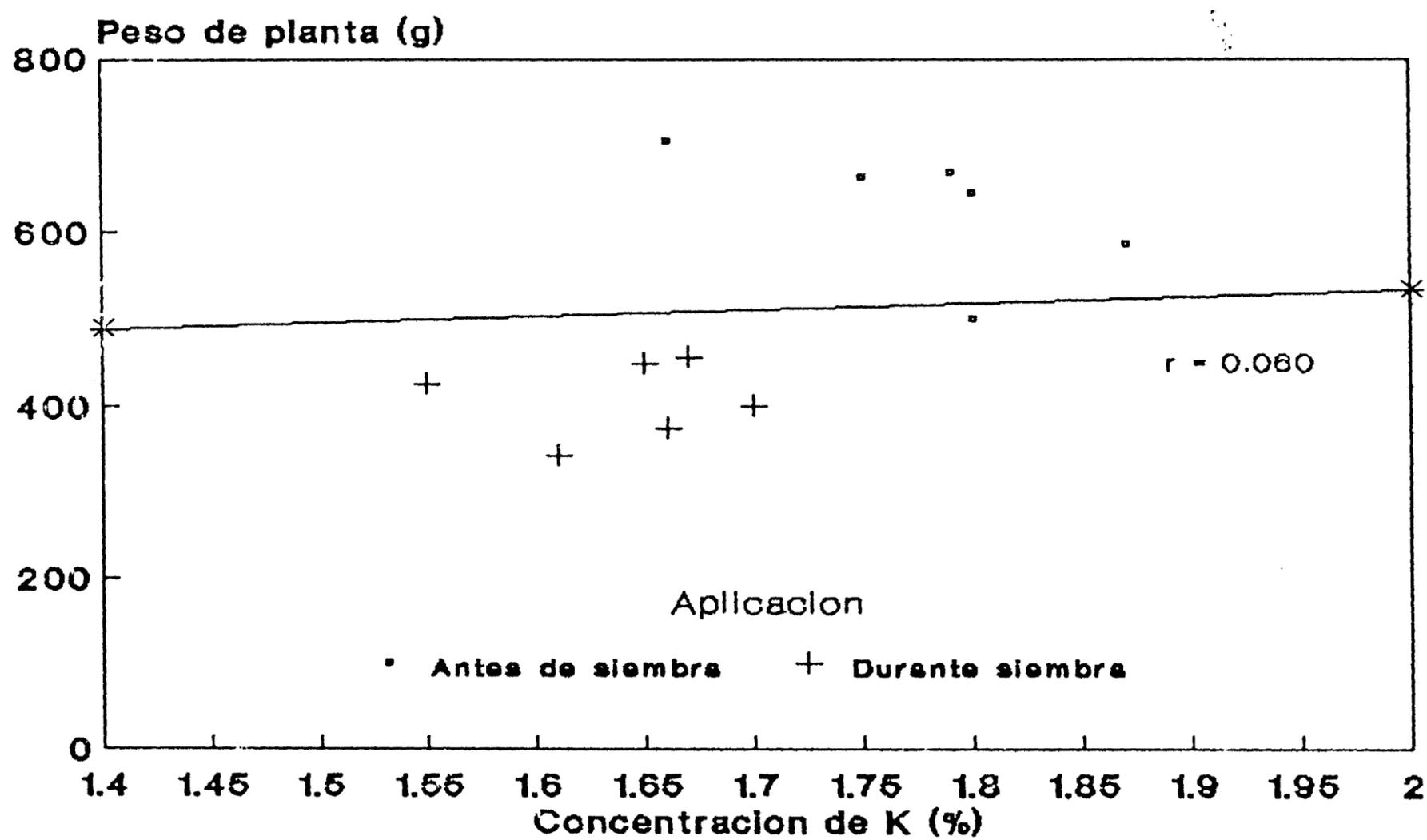


Figura 4.6. Relación entre la concentración de K y el peso de la planta de maíz, abonada con composta. UAAAN 1991.

consideran adecuadas según Reuter y Robinson (1986) y Mengel y Kirkby (1982).

Si relacionamos los resultados de K en el suelo con respecto a las fechas de aplicación, al término del experimento, podemos observar que éstos están estrechamente correlacionados con la cantidad del elemento absorbido por las plantas.

Estos resultados se pueden explicar si consideramos que el suelo utilizado era rico en potasio asimilable (960 kg/ha), y por lo tanto la adición de composta con un bajo contenido de potasio (0.3 por ciento) no incrementó de manera significativa la absorción del mismo. La diferencia en la concentración foliar de las dos fechas de aplicación puede deberse a que el mayor desarrollo vegetativo de las plantas que recibieron la composta 15 días antes de la siembra haya estimulado también la absorción de potasio para establecer un equilibrio nutrimental dentro de la planta.

#### Calcio

Las dos fechas de aplicación de composta estudiadas, provocaron diferencias en la concentración foliar de este elemento, encontrando así, que cuando la composta es suministrada 15 días antes de la siembra, la concentración de Ca en la planta es de 0.48 a 0.61 por ciento y cuando se

aplica durante la siembra, los valores se encuentran entre 0.36 y 0.43 por ciento (Fig. 4.7.).

La Figura 4.8., indica la correlación existente entre el peso de la planta y la concentración de Ca en la misma ( $r = 0.564$ ), se puede apreciar que las plantas con mayor peso son las que absorbieron concentraciones más altas de Ca. Los valores de este nutrimento se encuentran según Reuter y Robinson (1986) y Mengel y Kirkby (1982), dentro de un nivel adecuado en la planta (Cuadro 3.5.).

Si el suelo es rico en calcio y aún cuando también lo es la composta, no era de esperarse una respuesta a las adiciones de este último. La diferencia entre las épocas de aplicación posiblemente se debe a la necesidad de las plantas de establecer un equilibrio nutrimental, es decir, que las plantas con mayor producción, como en este caso, absorbieron mayores cantidades de N, P, y K y por lo tanto, para conservar su equilibrio nutrimental también absorbieron más calcio, el cual era un elemento que no tenía limitaciones en su disponibilidad.

En el análisis de la matriz de correlaciones (Cuadro 4.8.) se observa una correlación positiva Ca\*Mg la cual puede atribuirse al fenómeno de sinergismo anteriormente descrito (Armas et. al., 1988). En el mismo Cuadro se pueden observar las correlaciones negativas del Ca con el Fe, Mn y Zn, esto puede ser un caso de antagonismo entre

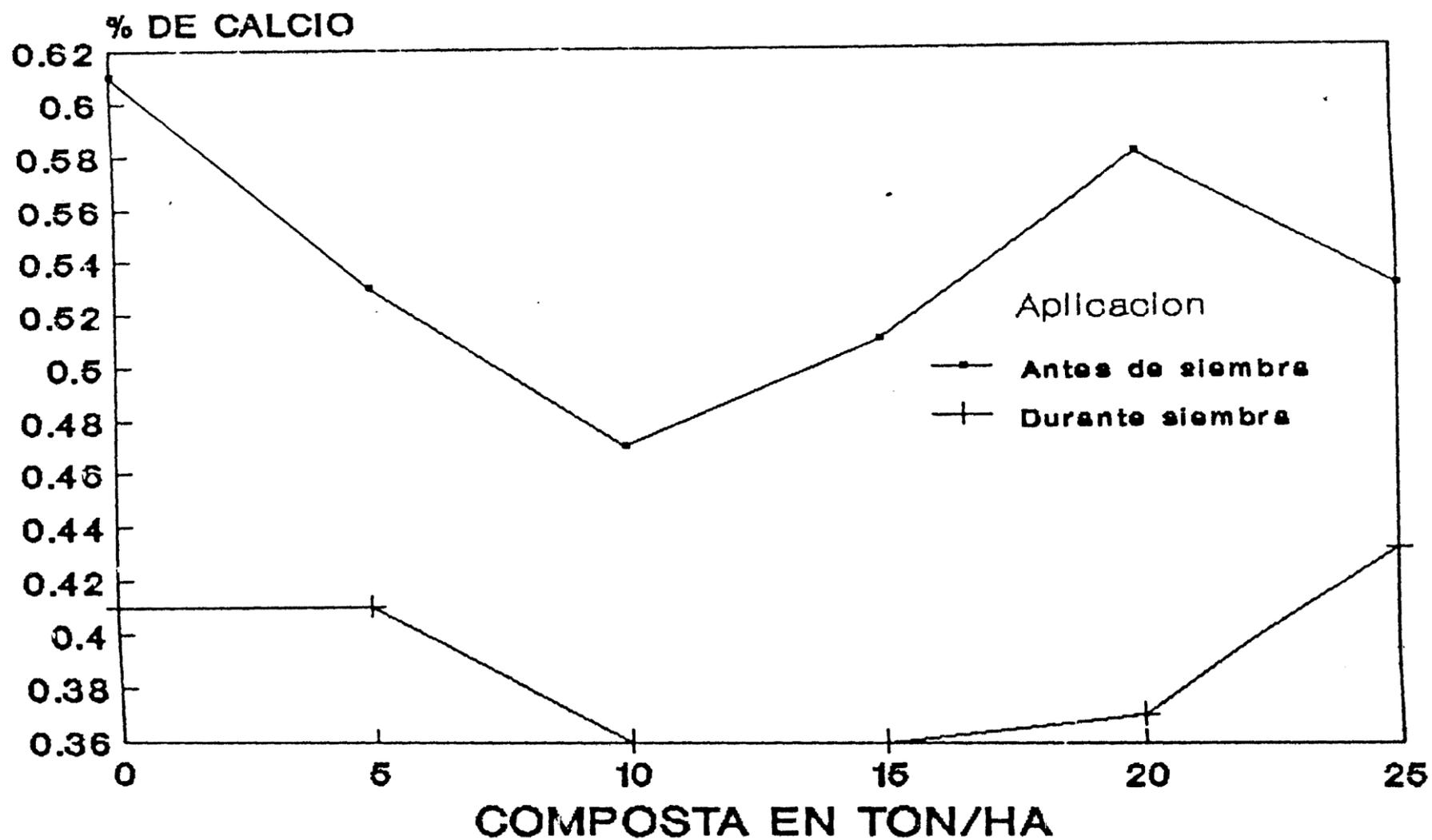


Figura 4.7. Concentración foliar de Ca en plantas de maíz en función a diferentes dosis de composta. UAAAN 1991.

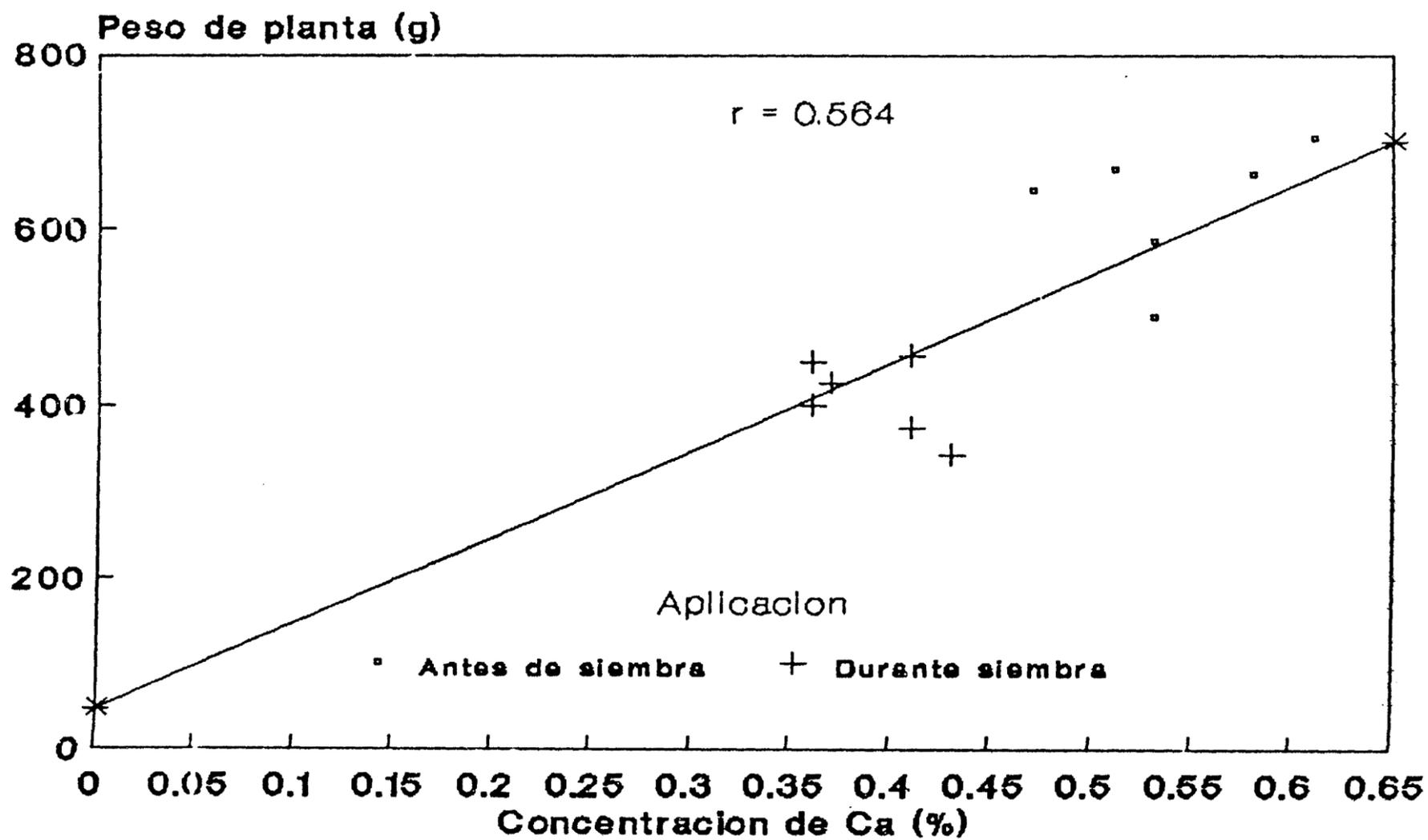


Figura 4.8. Relación entre la concentración de Ca y el peso de la planta de maíz, abonada con composta. UAAAN 1991.

estos elementos, mismo que se discutirá al momento de evaluar estos micronutrientes.

### Magnesio

Al igual que los otros macronutrientes, el Mg fue mayormente absorbido por las plantas cuando se hizo la aplicación de la composta 15 días antes de la siembra, los valores de concentración de Mg encontrados para esta aplicación fueron 0.31 a 0.43 por ciento; para la aplicación a la siembra fueron de 0.33 a 0.37 por ciento (Fig. 4.9.).

Al considerar los resultados de la absorción de Mg por la planta (Cuadro 4.9.) se observa que dichos valores varían entre las diferentes dosis de composta suministradas. La comparación de medias (Tukey  $\alpha=0.05$ ), muestra que el tratamiento seis (25 ton/ha composta) es el que presenta la más alta concentración del elemento, seguido por los tratamientos cuatro (15 ton/ha), tres (10 ton/ha), dos (cinco ton/ha), y el testigo que fueron estadísticamente iguales; el tratamiento cinco (20 ton/ha), presentó inexplicablemente la menor concentración de Mg.

La Figura 4.10., indica el grado de absorción del Mg, el cual está directamente correlacionado con la respuesta de la planta ( $r= 0.292$ ). Los valores de concentración foliar se encuentran según Reuter y Robinson

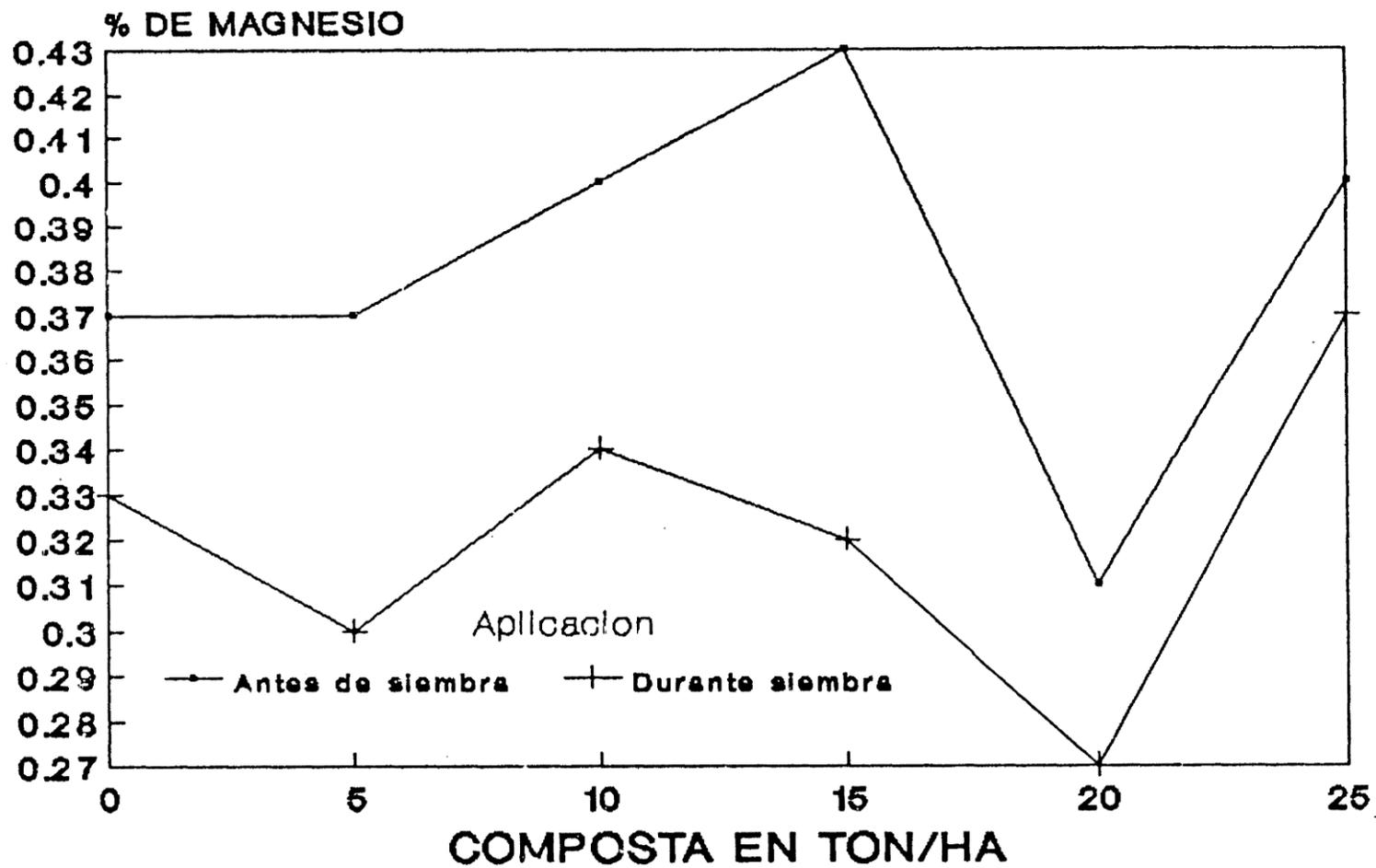


Figura 4.9. Concentración foliar de Mg en plantas de maíz en función de diferentes dosis de composta. UAAAN 1991.

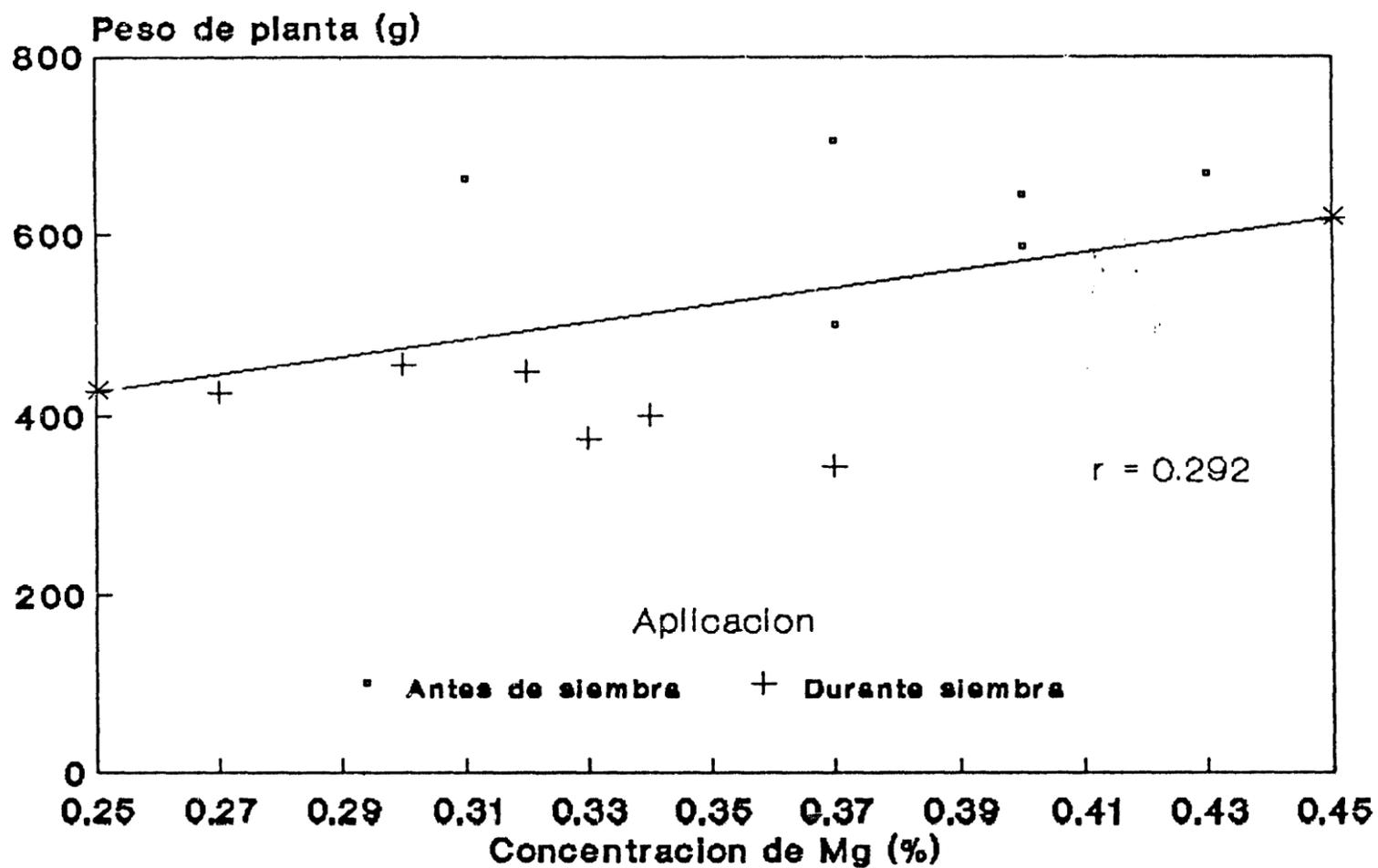


Figura 4.10. Relación entre la concentración de Mg y el peso de la planta de maíz, abonada con composta. UAAAN 1991.

Cuadro 4.9. Comparación de medias para las concentraciones foliares de Mg, Fe, Mn, Zn y Cu, en función de seis dosis de composta. UAAÑ 1991.

Tratamientos ton composta/ha	Mg (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
1 (0)	0.35 AB	47.63 C	67.00 E	13.25 C	1.24 B
2 (5)	0.34 AB	51.38 B	71.00 DE	13.50 BC	2.00 AB
3 (10)	0.37 AB	52.50 B	75.88 CD	14.04 ABC	2.63 AB
4 (15)	0.38 AB	56.13 A	80.00 BC	14.20 AB	2.25 AB
5 (20)	0.29 B	57.13 A	85.13 AB	14.32 AB	2.11 AB
6 (25)	0.39 A	59.00 A	90.63 A	14.93 A	4.25 A

(1986) y Mengel y Kirkby (1982) dentro de un nivel adecuado (Cuadro 3.5.).

Es importante mencionar que estos resultados ponen de manifiesto que existe una mayor absorción de este elemento a medida que en el medio existe una mayor proporción de Ca y una menor cantidad de K (Agüi et. al., 1979) en otras palabras puede decirse que el Mg se incrementa invariablemente con el incremento de Ca.

Considerando que la forma de absorción y el comportamiento de este elemento en las plantas y en el suelo sigue los mismos principios generales que el Ca, ya discutido, podemos sugerir que las diferencias en concentración foliar observadas entre fechas de aplicación pueden tener la misma causa antes descrita para el Ca.

#### Fierro, Manganeso y Zinc

Las Figuras 4.11., 4.12., y 4.13., indican gráficamente las concentraciones foliares de Fe, Mn y Zn, obtenidas en los tratamientos con diferentes dosis de composta. Se puede observar que los tres nutrimentos se comportan de manera similar en ambas fechas, notándose que las concentraciones más altas de los nutrimentos se encuentran en la aplicación a la siembra (lo inverso que para el caso de los macronutrimentos). Posiblemente la aplicación anticipada de la composta dio oportunidad de que

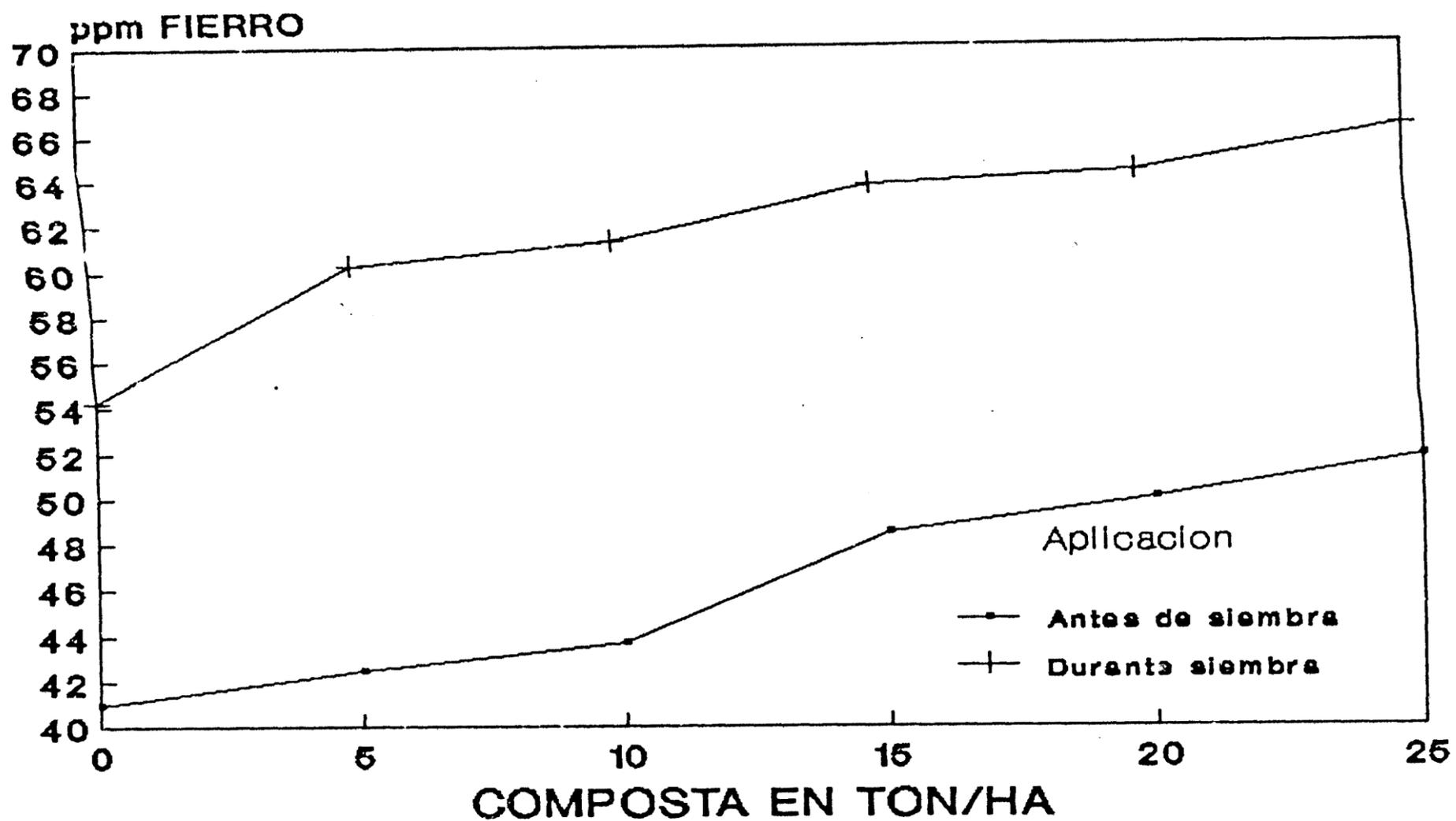


Figura 4.11. Concentración foliar de Fe en plantas de maíz en función a diferentes dosis de composta. UAAAN 1991.

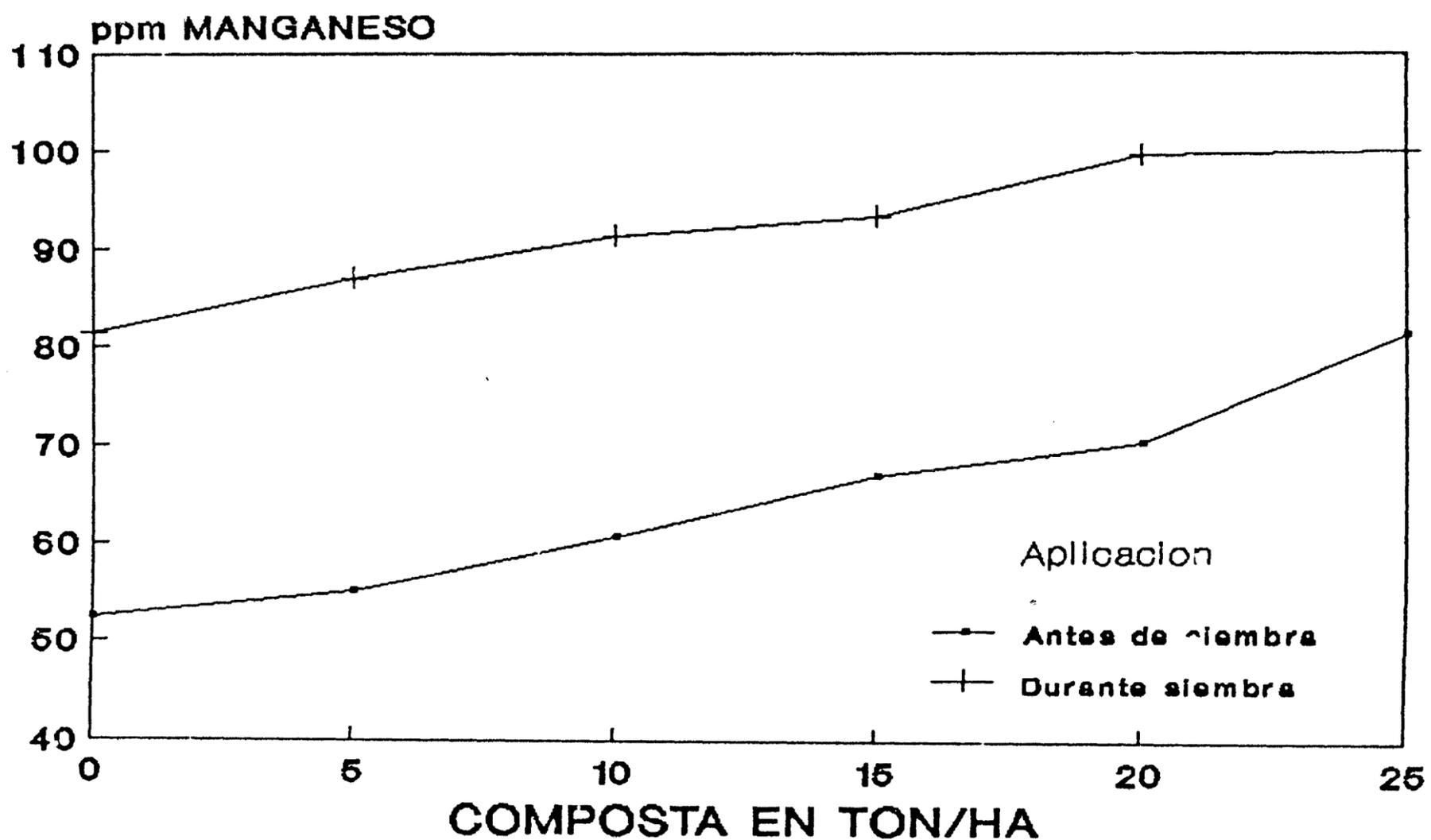


Figura 4.12. Concentración foliar de Mn en plantas de maíz en función a diferentes dosis de composta. UAAAN 1991.

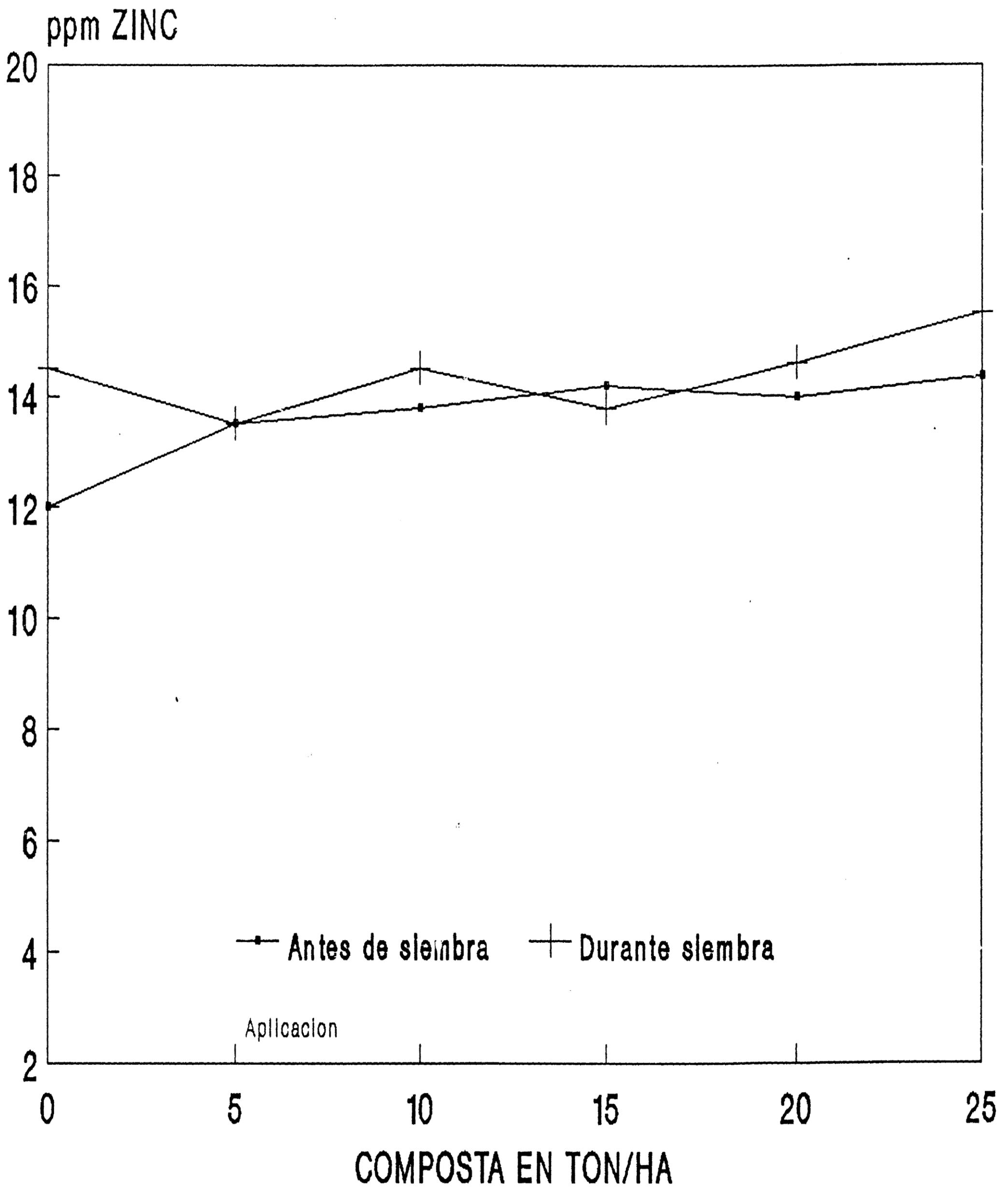


Figura 4.13. Concentración foliar de Zn en plantas de maíz en función a diferentes dosis de composta. UAAAN 1991.

estos elementos fueran fijados por el suelo, el cual tenía un pH alcalino y alto contenido de carbonatos, condiciones que favorecen la fijación de estos elementos y por lo tanto, las plantas absorbieron menores cantidades de estos micronutrientes.

Como puede observarse, en ambas fechas de aplicación, y para los tres nutrientes, a medida que se incrementa la dosis de composta se incrementa la concentración de éstos en la planta. Al comparar los valores medios (Tukey  $\alpha=0.05$ ) para las tres variables (Cuadro 4.9.). se encontró que para el caso del Fe, las dosis 25, 20, y 15 ton/ha de composta son estadísticamente iguales y superiores a las dosis 10 y cinco ton/ha y al testigo (suelo).

Para el caso del Mn, se observó que la mayor concentración se obtuvo con la dosis de 25 ton/ha, seguida en orden descendente por las dosis 20, 15, 10, y cinco ton/ha, la menor concentración de Mn se presentó en el testigo.

Respecto al Zn se encontró que la dosis correspondiente a 25 ton/ha, presentó la mayor concentración de este elemento, seguida por las dosis 20 y 15 ton/ha, que fueron estadísticamente iguales y superiores a las dosis 10 y cinco ton/ha.

La concentración foliar de estos elementos correlacionó significativamente con el peso de planta ( $r = -0.518, -0.556, -0.414$ , respectivamente). Se observó que a medida que se incrementa la concentración de estos nutrimentos, el peso de la planta disminuyó (Figs. 4.14., 4.15., 4.16.). Las concentraciones observadas para Fe y Mn, son consideradas dentro de un rango adecuado y deficientes para Zn según Reuter y Robinson (1986) y Mengel y Kirkby (1982). Esto nos hace suponer que los coeficientes de correlación negativos encontrados entre estos elementos y el rendimiento de la planta, se deben a que los tratamientos en los que se aplicó la composta antes de la siembra son los que tienen el mayor peso de planta y la menor concentración de Fe, Mn y Zn en comparación con los tratamientos que recibieron la composta al momento de la siembra. Para el caso de Fe el contenido de este elemento en el abono aplicado es de 5.93 por ciento, lo cual para la dosis de 25 ton/ha de composta equivale a una aplicación de 1484 kg/ha de Fe, aún cuando esta cantidad no se considere en su totalidad en forma aprovechable para la planta, sí rebasa por mucho las aplicaciones que se realizan normalmente bajo condiciones de campo, las cuales para el caso de  $\text{FeSO}_4$  se ubican entre 112 y 560 kg/ha (Mathers, 1970) cantidades que incorporadas en forma de quelatos, se reducen considerablemente a 10 kg/ha. En base a lo anterior, se asume que la cantidad de fierro suministrada por la composta es muy elevada, sin embargo, su eficiencia fue disminuida por el pH alcalino y alto

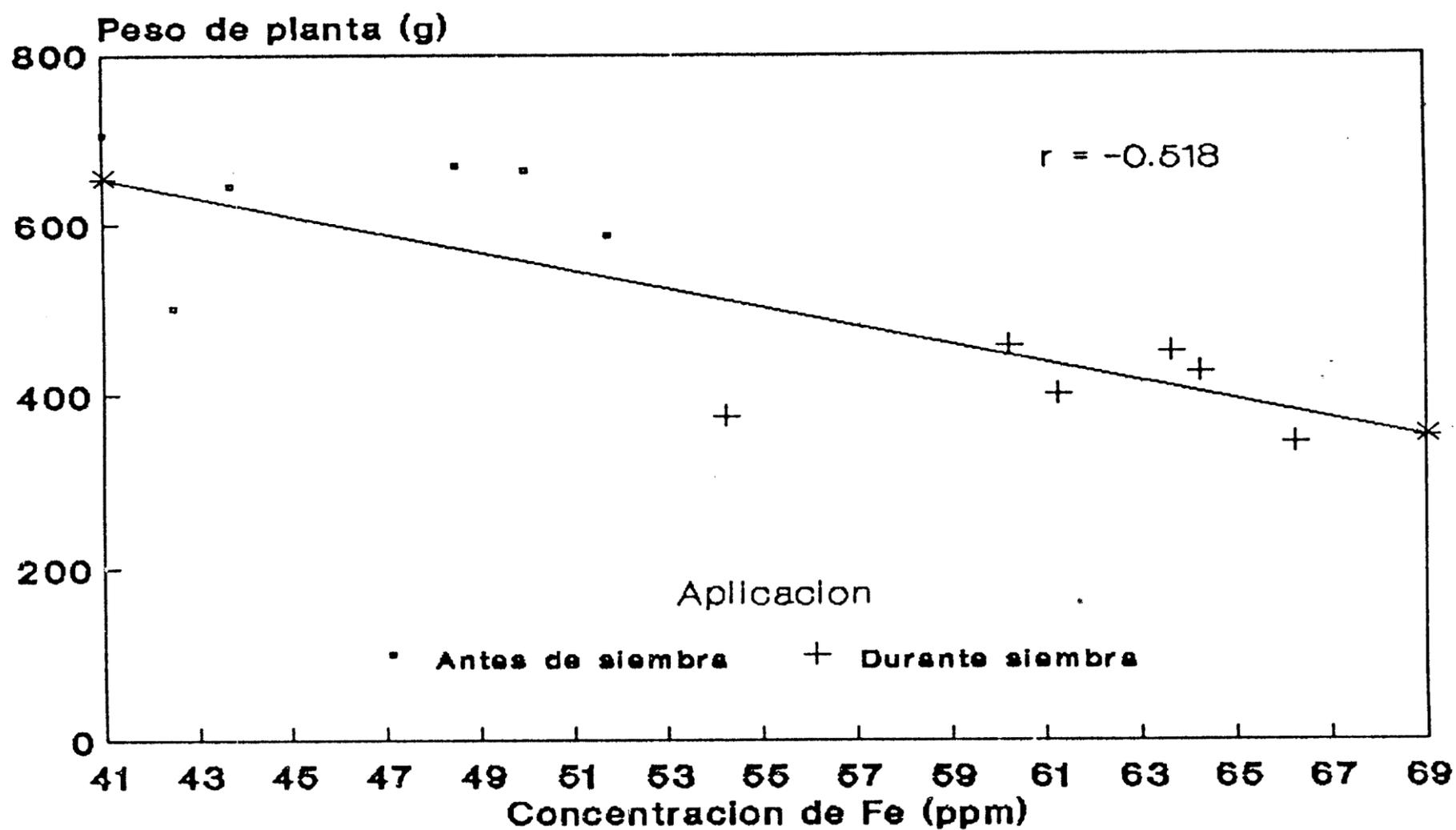


Figura 4.14. Relación entre la concentración de Fe y el peso de la planta de maíz, abonada con composta. UAAAN 1991.

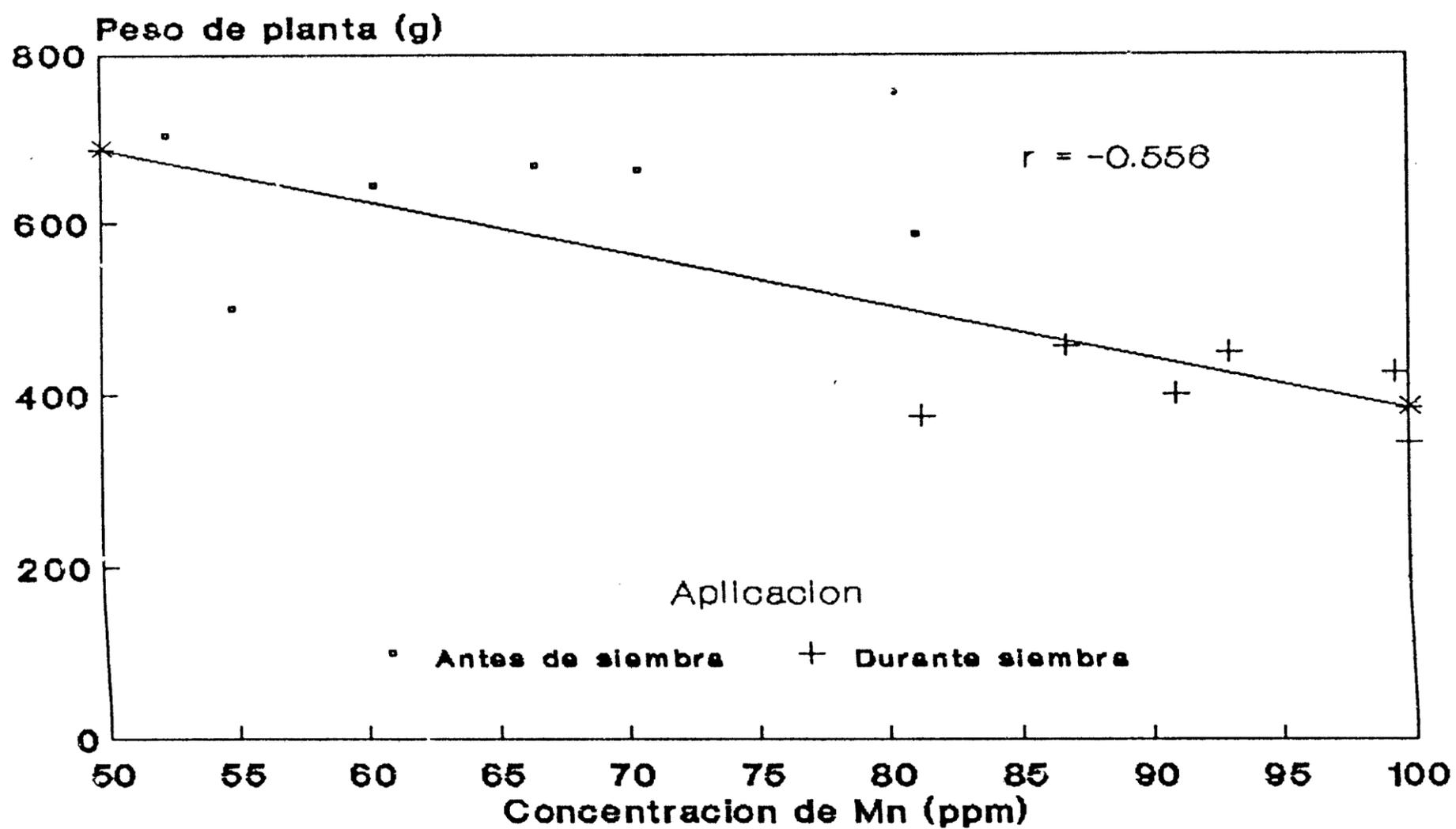


Figura 4.15. Relación entre la concentración de Mn y el peso de la planta de maíz, abonada con composta. UAAAN 1991.

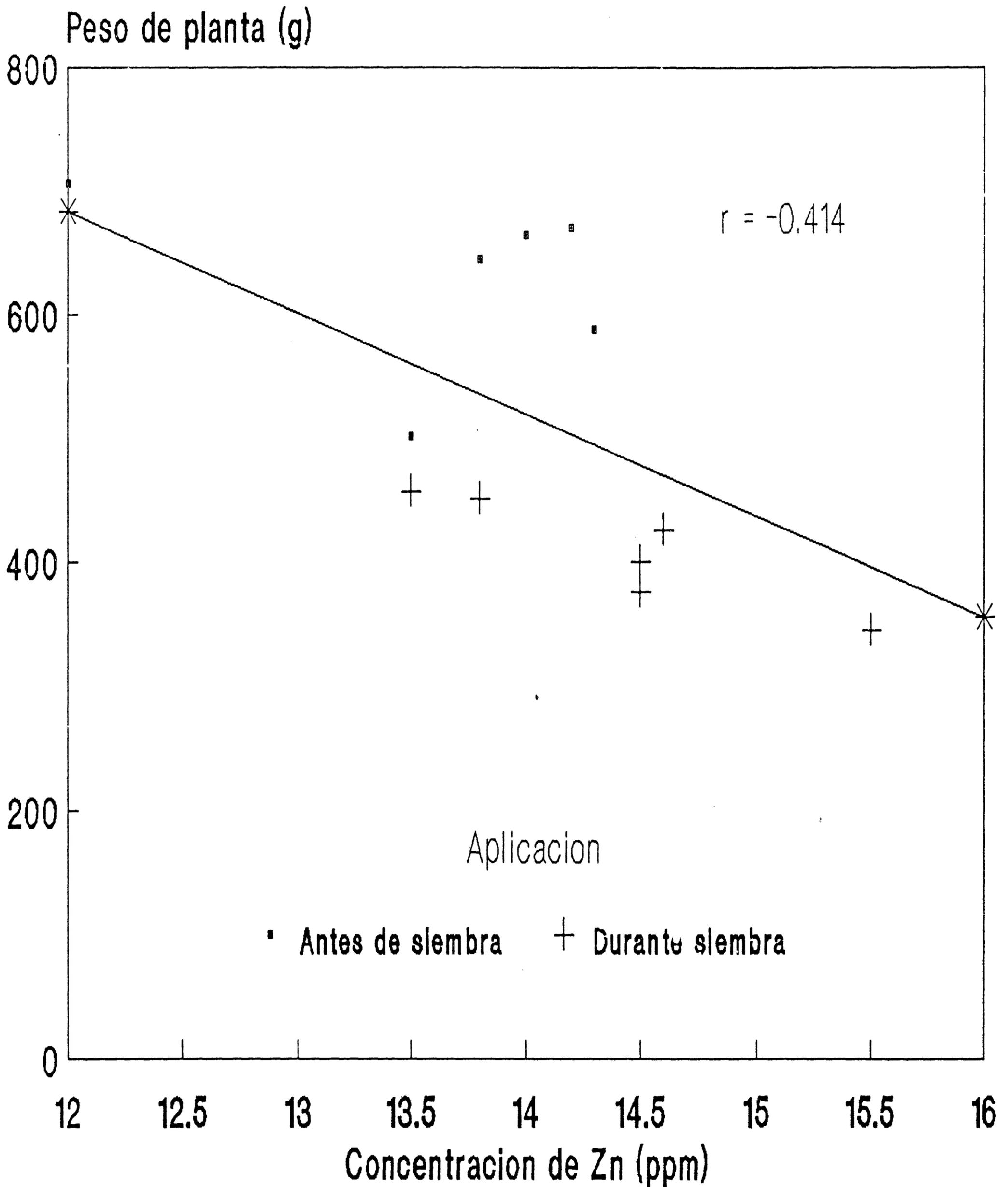


Figura 4.16. Relación entre la concentración de Zn y el peso de la planta de maíz, abonada con composta. UAAAN 1991.

contenido de carbonatos en el suelo.

La mayor concentración foliar de fierro obtenida con la aplicación de la composta al momento de la siembra, podría explicarse si se considera que la mayor parte del contenido de fierro en dicho abono se encuentra en forma inorgánica, dichas formas son rápidamente inmovilizadas en el suelo y forman compuestos escasamente solubles como el  $FeO$  (Russell, 1984) por lo tanto la aplicación del abono antes de la siembra dio oportunidad de que disminuyera la cantidad de fierro disponible.

En el Cuadro 4.8. se observa que el Fe y el Mn están positivamente correlacionados, Mortvedt et al., (1983) sugieren que ésto pudiera ser el resultado de que ambos interactúan en sus funciones metabólicas, la efectividad de uno es determinada por la presencia proporcional del otro.

El contenido de Mn añadido en la composta es de 0.078 por ciento lo cual para la dosis de 25 ton/ha de composta representa 19.5 kg/ha de este elemento, cantidad que es considerada alta comparada con la recomendación para maíz que es suministrado en forma de sulfato de manganeso a una dosis de 2.5 kg/ha (Yagodín, 1986). Este elemento presentó efectos negativos en la respuesta de la planta (Cuadro 4.8.) aún cuando las concentraciones foliares se consideran dentro de un rango

alto. Se ha demostrado (Meek et al., 1968) que bajo condiciones favorables de humedad, la adición de materia orgánica, promueve una mayor solubilidad del Mn, lo cual está relacionado con el potencial de óxido-reducción de los suelos. Takkar (1969) observó que los niveles de Mn son incrementados cerca de 10 veces con la adición de materia orgánica.

Las diferencias de concentración encontradas entre fechas de aplicación de composta para esta variable, podría explicarse en función de las mismas reacciones anteriormente descritas para el fierro.

El contenido de Zn presente en la composta es de 0.570 por ciento lo cual para la dosis de 25 ton/ha representa una aplicación de 142.5 kg de Zn /ha, generalmente el suministro de este elemento para el maíz es de 20 kg/ha (Yagodin, 1986). Este nutrimento presentó efectos negativos en la respuesta de la planta, aún y cuando las concentraciones foliares fueron deficientes (Fig. 4.16.). Esto hace suponer que aún y cuando la cantidad presente es alta, no hubo mucha disponibilidad de este elemento en su absorción por las plantas. Los principales factores que pudieron haber afectado esta disponibilidad fueron, en gran parte, el pH alcalino del suelo, el alto contenido de carbonatos del mismo y las formas poco asimilables en que se encontraban los compuestos de Zinc.

Jackson et al. (1967) encontraron niveles muy elevados de Fe en plantas de maíz deficientes de Zn, esto sugiere que también la presencia de cantidades altas de Fe en la composta pudieran en un momento dado influir en las deficiencias de este elemento. El resto de su comportamiento se explica de la misma manera que se hizo para el Fe y el Mn.

### Cobre

La concentración de este elemento en la planta no fue significativa al comparar las dos fechas de aplicación de composta. En la Figura 4.17., observamos que estos valores oscilan de uno a 6.5 ppm. Reddy et al. (1989) reportaron concentraciones similares de Cu en maíz en tratamientos con aguas de desecho.

El Cuadro 4.9., muestra la comparación de medias (Tukey  $\alpha=0.05$ ), para este nutrimento, donde se observa que la dosis que equivale a 25 ton/ha registró la mayor concentración de Cu, seguida por las dosis 20, 15, 10, y cinco ton/ha de composta. La única diferencia estadísticamente significativa ocurrió entre el testigo (tratamiento uno) y la dosis de 25 ton/ha (tratamiento seis).

La concentración foliar de Cu es considerada, según Reuter y Robinson (1986) y Mengel y Kirkby (1982) dentro de

un nivel crítico, pero la planta no presentó respuesta alguna como se aprecia en la figura 4.18. Esto podría explicarse si consideramos que el maíz es una especie que presenta poca respuesta a la aplicación de este elemento. Mortvedt et al. (1983) citan que se han reportado aplicaciones de seis kg/ha en forma de sulfato de cobre. En nuestro caso el contenido de Cu que reporta el análisis de composta es de 0.06 por ciento lo cual para el nivel de 25 ton/ha de composta, corresponde a una aplicación de 15 kg/ha, la cual no es muy alta, sin embargo, se desconoce la proporción de la misma que está disponible para las plantas. Para explicar el comportamiento del Cu también se debe recordar que el pH alcalino y alto contenido de carbonatos en el suelo, son condiciones que disminuyen su aprovechabilidad por las plantas.

#### Boro

La Figura 4.19., muestra los valores de concentración obtenidos para esta variable ante las diferentes dosis de composta, observándose también que no existe diferenciación entre los valores obtenidos, mostrando una tendencia similar en las dos fechas de aplicación. Los datos de concentración foliar de este nutrimento encontrados en la planta oscilan entre 41 y 60 ppm lo que según Reuter y Robinson (1986) y Mengel y Kirkby (1982) se consideran dentro de un rango alto, sin embargo, la planta no presenta respuesta significativa (Fig. 4.20.).

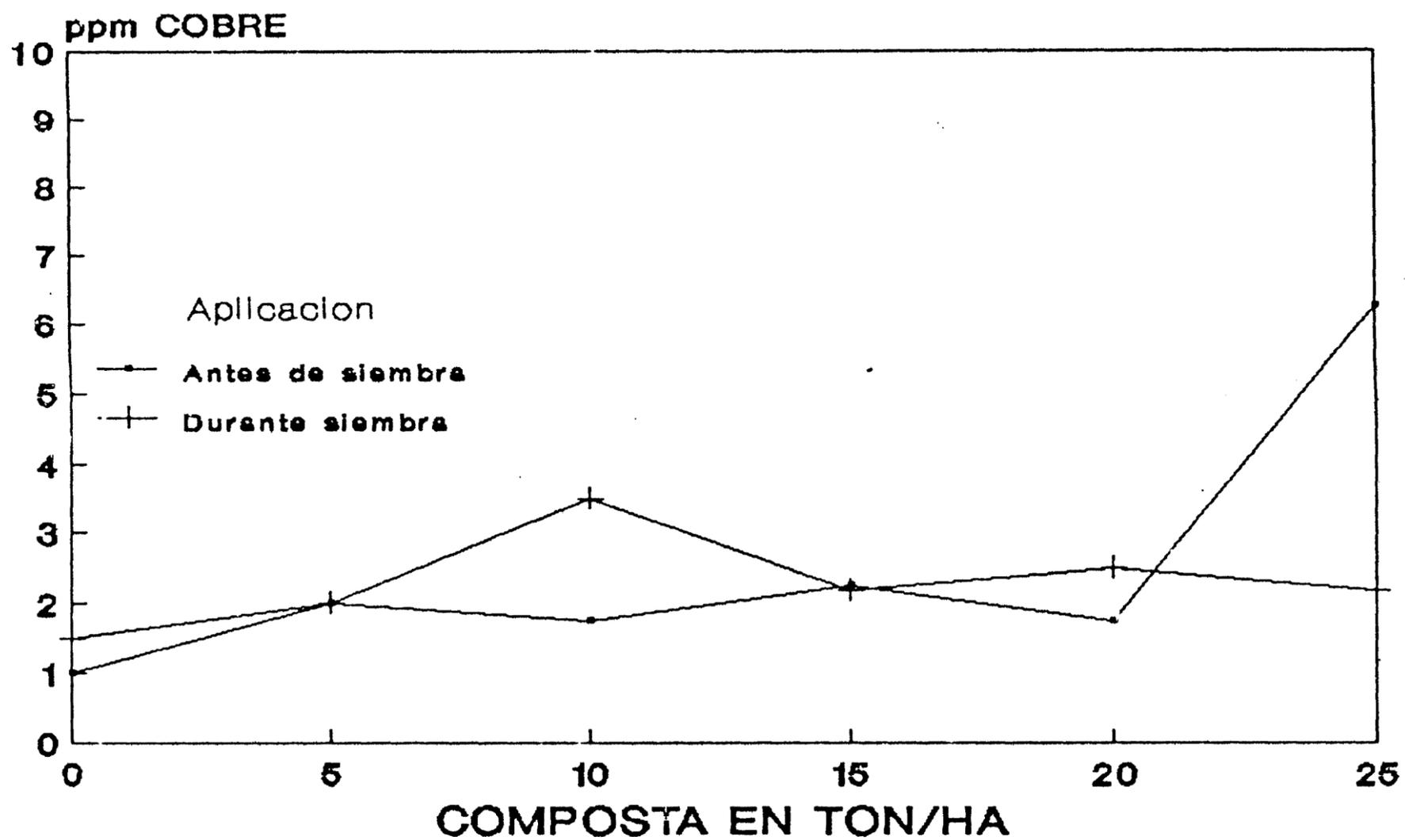


Figura 4.17. Concentración foliar de Cu en plantas de maíz en función a diferentes dosis de composta. UAAAN 1991.

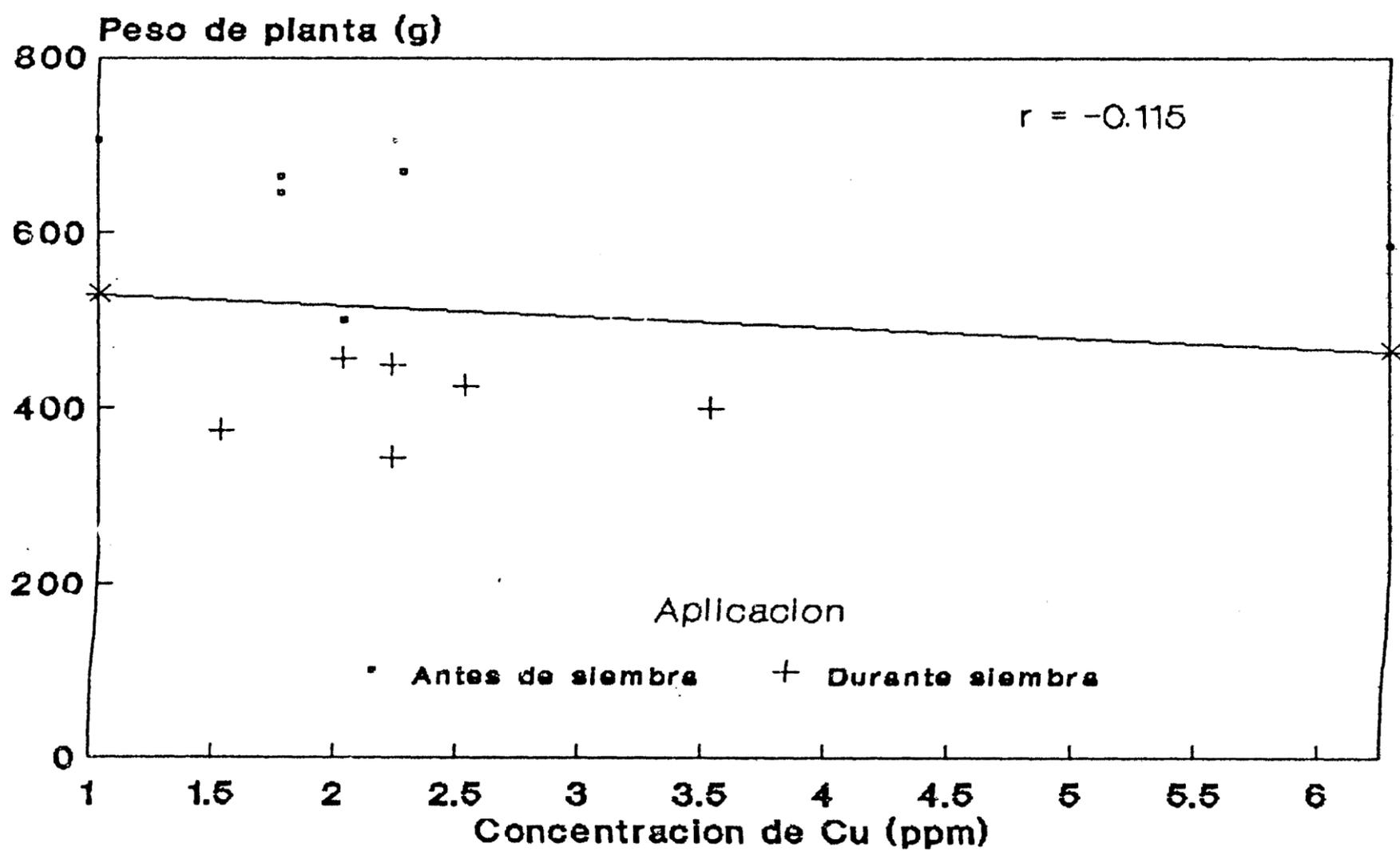


Figura 4.18. Relación entre la concentración de Cu y el peso de la planta de maíz, abonada con composta. UAAAN 1991.

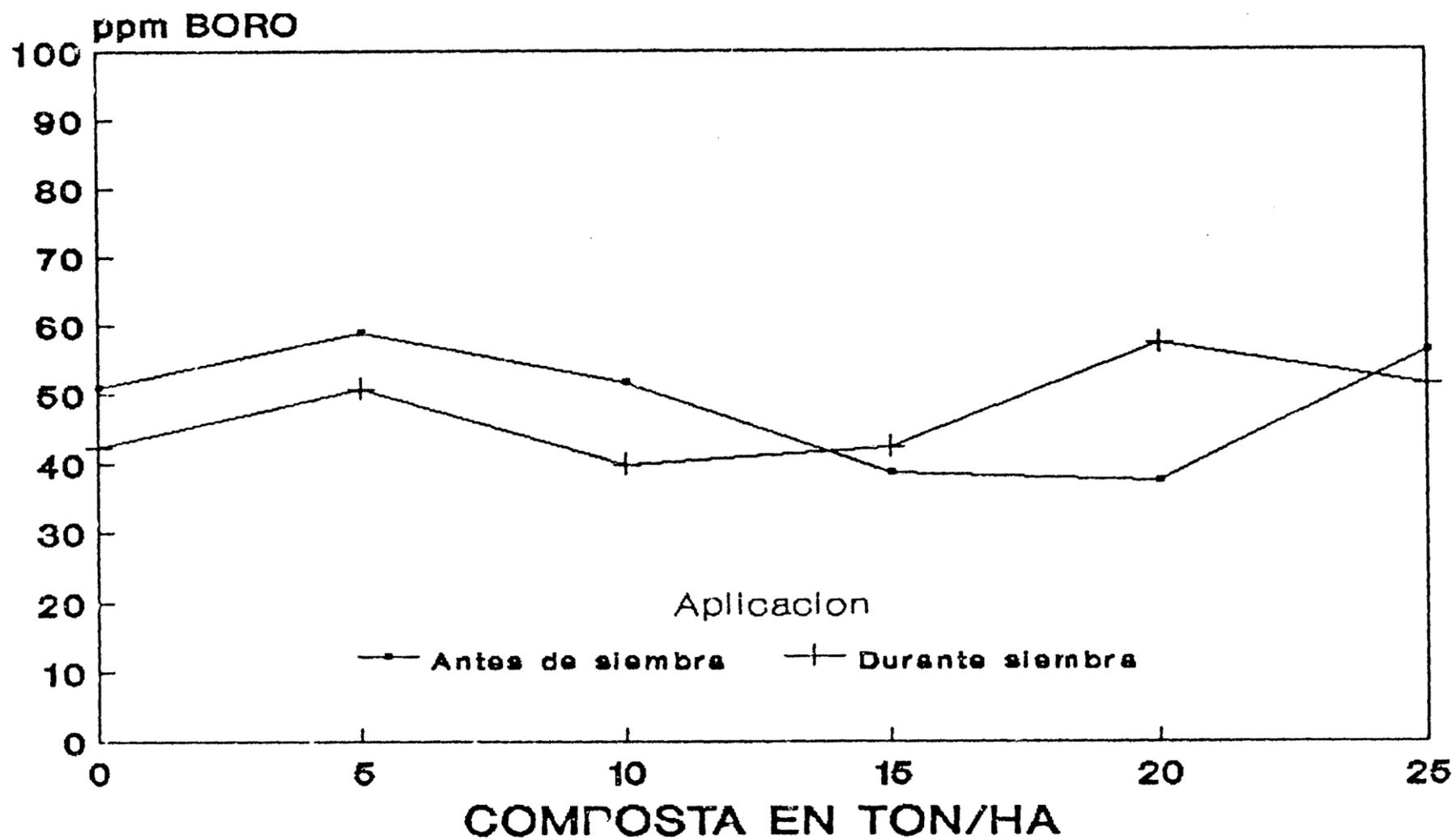


Figura 4.19. Concentración foliar de B en plantas de maíz en función a diferentes dosis de composta. UAAAN 1991.

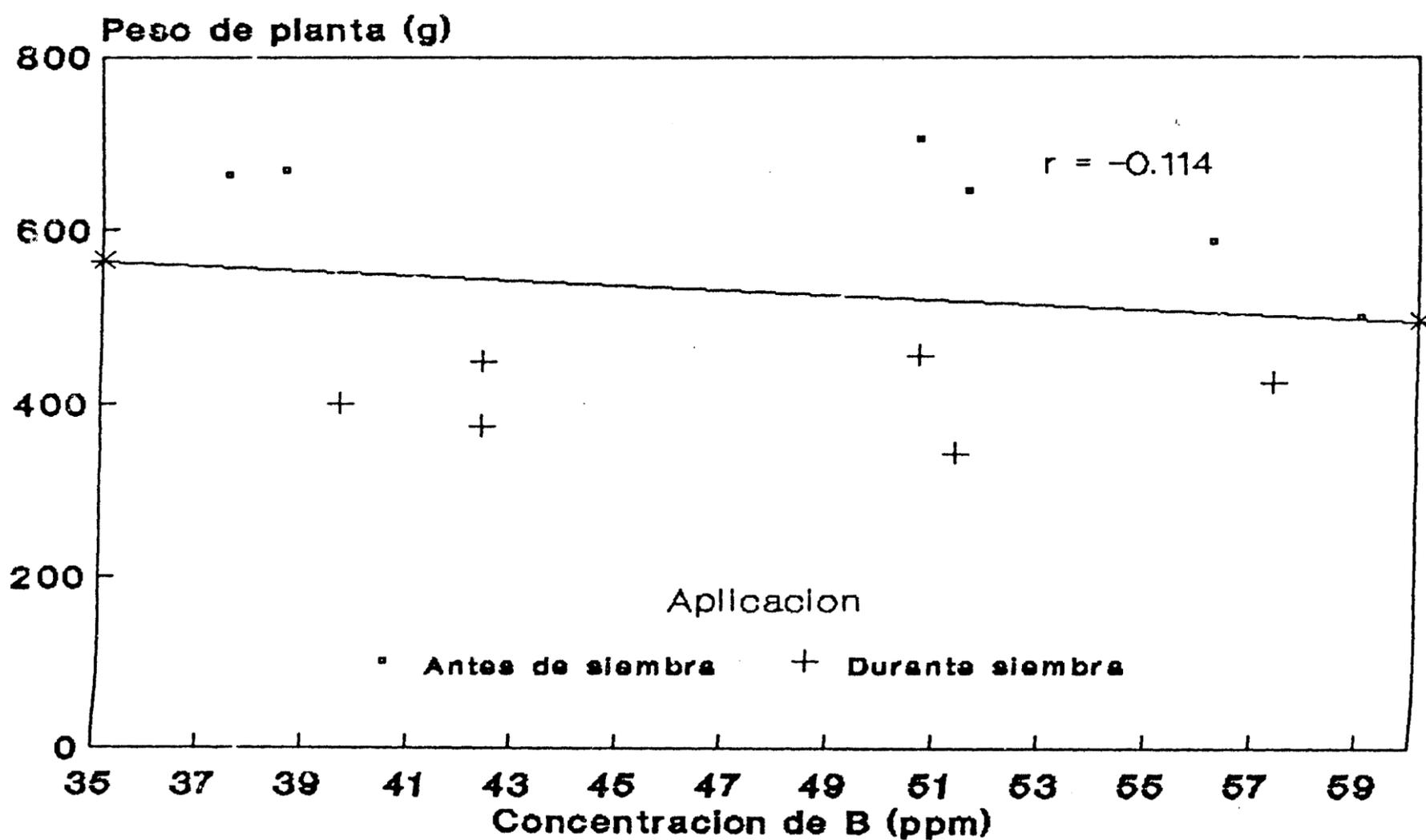


Figura 4.20. Relación entre la concentración de B y el peso de la planta de maíz, abonada con composta. UAAAN 1991.

La no significancia presentada para esta variable en ambos factores de estudio podría explicarse en base a lo observado por Jones y Scarseth (1944) quienes mencionan que el B puede ser aplicado en cantidades mayores en suelos alcalinos sin causar ningún daño o efecto tóxico como ocurre cuando se adiciona a suelos ácidos, esta observación se basa en el supuesto de que existe un cierto balance en la absorción de Ca y B, además de la alta capacidad de fijación de B que tienen los suelos alcalinos.

#### Respuesta de la Planta en Producción.

La respuesta de la planta se evaluó a través del peso fresco de la misma, determinada a los 90 días después de la siembra y aproximadamente al 80 por ciento de la floración femenina. El análisis estadístico, reportó diferencias altamente significativas entre fechas de aplicación, no así entre dosis de composta, ni en la interacción de ambos factores (Cuadro 4.10).

Los valores medios del peso de la planta en los tratamientos con composta 15 días antes de la siembra y al momento de la siembra, fueron de 624.79 y 408.33 g/planta respectivamente. El incremento en producción atribuible a la aplicación del mencionado abono 15 días antes de la siembra, fue de 53.01 por ciento. Dicho aumento en rendimiento, se explica por la mayor asimilación de nutrimentos que se presentó durante esta fecha,

principalmente nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, los cuales ejercieron un efecto dominante sobre las concentraciones de hierro, manganeso, y zinc, quienes presentaron correlaciones negativas con el rendimiento. El efecto de cada uno de estos elementos ya fue discutido en su oportunidad.

Cuadro 4.10. Análisis de varianza para el peso de planta de maíz abonada con composta. UAAAN 1991.

FV	GL	CM	Fc
Bloques	3	10986.666	0.5013
Factor A (Epoca)	1	562251.000	25.6536**
Error A	3	21917.000	
Factor B (Dosis)	5	13233.400	0.5532 <sup>ns</sup>
AXB	5	17594.000	0.7361 <sup>ns</sup>
Error B	30	23901.966	
Total	47		

Para estudios de invernadero, y utilizando macetas como unidades experimentales, la respuesta de la planta usualmente está relacionada con la cantidad total de elementos disponibles para su desarrollo. Debido a que su sistema radical crece en un volumen reducido de suelo, debería haber respuesta a dosis crecientes de fertilizantes. Para el caso de aplicaciones de abonos orgánicos donde la descomposición de los mismos es un requisito indispensable para la utilización de la mayoría de sus elementos constituyentes, la respuesta que se pueda esperar a la aplicación de esta clase de insumos, está supeditada a su composición, a la dosis y al tiempo de

descomposición que se le dé al material orgánico aplicado.

## V. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos y a la discusión de los mismos, se puede afirmar que los objetivos del trabajo se lograron, permitiendo además aceptar las dos hipótesis planteadas al inicio. Asimismo, la información obtenida permite emitir las siguientes conclusiones:

### Experimento I.

#### Efecto de la Composta sobre la Germinación de Semillas de Diferentes Especies Vegetales

- 1.- La composta en estado puro afectó negativamente la germinación de semillas de sorgo, trigo y cebada.
- 2.- Las semillas de frijol y maíz presentaron la mejor respuesta en germinación y vigor en comparación al resto de las especies, sin embargo, el frijol no respondió en forma positiva a las dosificaciones de composta. Lo anterior obligó a seleccionar al maíz como la especie más adecuada para la posterior evaluación de la composta en invernadero.

## Experimento II.

Efecto de la Composta sobre las Características del Suelo  
y la Respuesta de la Planta.

- 3.- La composta aplicada 15 días antes de la siembra tuvo influencia positiva sobre algunas características físicas y químicas del suelo ( pH, P<sub>aprovechable</sub>, K<sub>asimilable</sub>, y M. O.), influyendo las dosis de composta sobre el porcentaje de materia orgánica.
- 4.- La respuesta de la planta a la aplicación de composta fue diferente en las dos fechas. El mayor peso de planta se observó cuando la aplicación se hizo 15 días antes de la siembra. Sin embargo, las dosis crecientes de composta (cero a 25 ton/ha) no tuvieron efecto sobre esta variable.
- 5.- Los niveles de composta no mostraron efectos significativos sobre la absorción de nutrimentos por las plantas.
- 6.- La cantidad de N disponible para las plantas fue el factor determinante en su comportamiento. En los tratamientos con mayor producción, las plantas absorbieron mayores cantidades de N y como consecuencia también de P, K, Ca y Mg.

- 7.- La concentración de micronutrientos fue mayor en aquellas plantas donde se aplicó la composta a la siembra.
- 8.- Utilizando el peso de la planta como variable de respuesta, se encontraron interacciones negativas entre esta variable y los micronutrientos Fe, Mn y Zn, existiendo la posibilidad que este efecto haya sido causado por el tipo de suelo utilizado (calcáreo) y a la formación de compuestos poco solubles.
- 9.- La técnica de muestreo y la evaluación de nutrientes utilizado en este trabajo permitió estimar el efecto del nivel de un elemento sobre el comportamiento de la planta.
- 10.- En el estudio realizado se observó que la composta de basuras urbanas puede ser utilizada para fines agrícolas cuando es incorporada al suelo con anticipación a la siembra, sin embargo, se sugiere la adición de N para compensar la baja concentración de este elemento en la composta.

## VI.- RESUMEN

El empleo de las basuras urbanas en la preparación de composta, presenta un doble interés, por una parte puede ser utilizada como fertilizante orgánico en la agricultura, y por otra, elimina uno de los mayores agentes de contaminación como son las basuras urbanas, cuya cantidad de incrementa progresivamente con el crecimiento demográfico.

La importancia del uso de estos desechos transformados, radica principalmente en el carácter inagotable y bajo costo de su materia prima, además, su incorporación al suelo beneficia notablemente la fertilidad del mismo, por su contenido de macro y micronutrientes así como materia orgánica.

Si se desea que un cultivo produzca buenos rendimientos, éste deberá tener, entre otras cosas, un adecuado abastecimiento de todos los nutrientes esenciales. Uno de los métodos utilizados para evaluar la relación entre la aplicación de nutrientes, ya sea en forma orgánica o inorgánica, y su absorción por las plantas es mediante el análisis de tejido vegetal, ya que, éste representa el efecto directo de la nutrición sobre el

desarrollo de los cultivos.

Esta investigación se llevó a cabo en dos fases, en la primera parte se estudió el efecto de la composta de basuras urbanas sobre la germinación y vigor, en laboratorio, de maíz, frijol, trigo, triticale, sorgo y cebada, y la segunda parte consistió en la evaluación del efecto del mismo material sobre las características del suelo y la concentración foliar de nutrimentos en plantas de maíz bajo condiciones de invernadero.

Para la primera etapa del trabajo se prepararon mezclas de suelo-composta equivalentes a cero, 10, 15, 20, 25, 50 y 75 ton/ha de composta, además un tratamiento con composta en estado puro y un testigo absoluto que fue agua destilada. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, con cuatro repeticiones, resultando 36 unidades experimentales por cada especie vegetal estudiada.

La capacidad de germinación y vigor de las semillas fueron evaluadas de acuerdo a las metodologías recomendadas por la International Seed Testing Association (ISTA, 1985) y Association of Official Seed Analysts (AOSA, 1983) respectivamente.

Con base al análisis estadístico, utilizando un factorial seis por nueve, se encontró que la composta en

estado puro afectó negativamente la germinación de sorgo, trigo y cebada. El frijol y el maíz presentaron la mejor respuesta en germinación y vigor al comparar el total de especies involucradas, sin embargo, el frijol no respondió en forma positiva a las dosificaciones de composta.

En la segunda fase del trabajo se probaron dos factores, el factor A con dos niveles que fueron fechas de aplicación de composta. La primera se suministró 15 días antes de la siembra y la segunda se adicionó a la siembra. El factor B fueron dosis de composta con los siguientes niveles: cero (testigo), cinco, 10, 15, 20 y 25 ton/ha. Los tratamientos generados fueron seis, con cuatro repeticiones, resultando 48 unidades experimentales.

Se colectaron muestras foliares durante la etapa fenológica de floración del cultivo. Se obtuvieron muestras compuestas de dos hojas por unidad experimental. La muestra, ya digerida, se analizó en un espectrofotómetro de absorción atómica para la determinación de Fe, Mn, Zn, Cu, B, Ca y Mg. P y K se analizaron mediante el método de Olsen y Colorimétrico respectivamente. El N se determinó por el método de Kjeldahl.

Para la interpretación de los análisis foliares, se utilizaron los criterios reportados por Reuter y Robinson (1986) y Mengel y Kirkby (1982).

Se encontró diferencia significativa entre las dos fechas de aplicación de composta sobre la respuesta de la planta, observándose que la mayor concentración de elementos mayores correspondió a las plantas donde la aplicación de composta se realizó 15 días antes de la siembra.

Los niveles de concentración de micronutrientes fueron altos en plantas donde se aplicó la composta al momento de la siembra.

## VII.- LITERATURA CITADA

- Agüi I., M. Gómez y L. Recalde. 1979. Interacciones entre K, Ca y Mg a nivel de su absorción y distribución en plantas de tomate. Anales de Edafología y agrobiología. 38 (1-2). Madrid, España.
- Alexander, M. 1980. Introducción a la Microbiología del suelo. Libros y Editores, S.A. México. p. 243-247.
- Alvarez L., M. E. 1970. Estudio preliminar para el uso del análisis foliar en el cultivo del maíz. Tesis. Licenciatura. Facultad de Agronomía. UANL. Monterrey, N.L. México. 40 p.
- Allison, P.E. 1967. Soil Aggregation somefacts and fallacies as seen by a microbiologist. Soil Sci. 106(2): 136-146.
- Armas, U., R. de., E. Ortega y R. Rodés. 1988. Fisiología Vegetal. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. p. 136-141.
- Association of Official Seed Analyst. 1983. Seed Vigor Testing Handbook. E.U.A.
- Bould, C. 1966. Leaf analysis of deciduous fruits. In: Childers, N.F.(Ed.). Fruit Nutrition. Temperature to tropical. Somer set press, Inc. Somerville. New Jersey, U.S.A. p. 651-684.
- Carpena A., O. y R.O. Carpena. 1984. Balance Nutriente Evolutivo: Aplicaciones. Anales de Edafología Agrobiología. 30(5). Madrid, España.
- Cruz M., S. 1986. Abonos Orgánicos. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 71 p.
- Chu, L. M. and M.H. Wong. 1987. Heavy metal contents of crops treated with Refuse Compost and Sewage Sludge. Plant Soil. 103(2):191-198.
- Dumenil, L.C. 1961. Nitrogen and phosphorus composition of corn leaves and corn yields in relation to criticals levels and nutrient balance. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 25: 295-298.

- Dumenil, L.C. and J.J. Hanway. 1965. Corn leaf analysis. Plant Food Review, Natl. Plant Food Institute. Washington, D.C.
- Francois, L.E., T. Donovan and E.V. Maas. 1984. Salinity Effects on Seed Yield, Growth and Germination of grain sorghum. Agron. J. 76:741-744.
- Fuller, W., L. 1969. Soil organic matter. Bulletin A. 40. The University of Arizona. Coop. Ext. Serv. Agric. Exp. Sta.
- Gallardo-Lara F., M. Azcón., M. Gómez y E. Esteban. 1979. Poder Fertilizante de un Compost de basura urbana. Anales de Edafología y Agrobiología. 39. Madrid, España.
- Harrison, H., C. and E.L. Bergmam. 1981. Calcium, Magnesium, and Potassium Interrelationships Affecting Cabbage Production. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106(4):500-503.
- International Seed Testing Association. 1985. International Rules for Seed Testing. Seed Sci. and Technology. Wageningen the Netherlands. 13(2). 519 p.
- Jackson, W.A., J. Hay and D.P. Moore. 1967. The effect of zinc on yield and chemical composition of sweet corn in the Willamette Valley. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 91:462-471.
- Jones, H.E. and G.D. Scarseth. 1944. The calcium-boron balance in the plants as related to boron needs. Soil Sci. 57:15-24.
- Lindsay, W.L. 1972. Equilibrio de la fase inorgánica de los micronutrientes en suelos. En: Mortvedt, J.J. (Comp.). Micronutrientes en Agricultura. AGT. México. p. 291-308.
- Lindsay, W.L. 1984. Micronutrients. In: Landon, J.R. (Ed.). Booker Tropical Soil Manual. Booker Agriculture International Limited. England. 152 p.
- López R.J. y J.L. Melida. 1985. El diagnóstico de Suelos y Plantas. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. pp. 247-257.
- Lucas, R.E. 1946. The effect of the addition of sulfates of copper, zinc, and manganese on the absorption of these elements by plants grown on organic soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 10:269-274.
- \_\_\_\_\_ and B.D. Knezek. 1972. Condiciones climáticas y de suelo que promueven la deficiencia de micronutrientes en plantas. En: Mortvedt, J.J.

(Comp.). Micronutrientes en Agricultura. AGT. p. 291-308.

Macy, P. 1934. The quantitative mineral nutrient requirements of plants. Plant Physiol. 11: 749-764.

Mathers, A.C. 1970. Effect of ferrous sulfate and sulfuric acid on grain sorghum yields. Agron. 62: 555-556.

Meek, B.D., A.J. Mackenzie and L.B. Grass. 1968. Effects of organic matter, flooding time and temperature on the dissolution of iron and manganese in soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32: 634-638.

Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1982. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute. Worbeaufen. Bern/Switzerland. p. 104-168.

Millar, C.E., L.M. Turk and A.D. Foth. 1982. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. Cía. Editorial Continental, S.A. México. p. 323-342.

Mortvedt, J.J., P.M. Giordano and W.L. Lindsay. (Comp.). 1983. Micronutrientes en Agricultura. AGT. México. p. 87, 159, 234.

Nogales M.A., M. Zamora., M. Gómez y F. Gallardo-Lara. 1984. Evaluación de un compost de basura urbana. Anales de Edafología y Agrobiología. 43. Madrid. España.

Pelletier, E.P. 1966. El análisis de las plantas como base para la fertilización de las cosechas. Guanos y Fertilizantes. Boletín No. 49. México.

Pierre, W.H., L. Dumenil and J. Henao. 1977. Relationships between corn yield, expreses as a porcentage of maximum, and N porcentage of maximum in the grain. II. Diagnostic use. Agron. J. 9:221-226.

Price, C.A., H.E. Clark y E.A. Funkhouse.-. 1983. Funciones de los micronutrientes en las plantas. En: Mortvedt, J.J. (Comp.). Micronutrientes en Agricultura. AGT. México. p. 253-261.

Purves, J. and E.J. Mackenzie. 1984. Effects of Applications of Municipal Compost on uptake of cooper zinc and boron by garden vegetables. Plant and Soil 39: 361-371.

Radia, K., F.R. Malik., T. Abbas., N.F. Usmani and S.S. Hussain. 1988. On the effect on the cotton waste compost, zarkhez and cow dung manure on sunflower yields. Seed Abstract. 11(2).

- Reddy, M.R., D. Lameck and M.E. Rezanía. 1989. Uptake and distribution of copper and zinc by soybean and corn from soil treated with Sewage Sludge. *Plant and Soil*. 113:271-274.
- Rediske, J.M. and O. Biddulph. 1953. The absorption and translocation of iron. *Plant Physiol*. 28: 576-593.
- Reuter, D.J. and J.B. Robinson. 1986. *Plant analysis, an interpretation manual*. Inkata Press. Sydney, Australia. p. 44-50.
- Rusell, E.M. 1984. Soil Physics. In: Landon, J.R. (Ed.). *Booker Tropical Soil Manual*. Booker Agriculture International Limited. England. 152 p.
- Rusell, W. 1961. Soil Conditions and Plant Growth. Ed. John Wiley and Son Inc. N.Y. U.S.A. p. 65-70.
- Sánchez B. y G. Dios. 1979. Los Macronutrientes catiónicos en el maíz (*Zea Mays* L.). I. Variaciones de la composición con el desarrollo. *Anales de Edafología y Agrobiología*. 38(5-6). Madrid. España.
- Sánchez P.,L., F. Lucena y Ma. Lobato. 1969. Relación entre la fertilidad química del suelo y análisis de planta. Respuesta al Nitrógeno. *Anales de Edafología y Agrobiología*. 28. Madrid. España.
- Takkar, P.M. 1969. Effect of organic matter on soil iron and manganese. *Soil Sci*. 108:108-112.
- Tanaka, A. y J. Yamaguchi. 1984. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano de maíz. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. p.11-20.
- Thompson, F. and Troeh. 1973. *Soil and Fertility*. 3ra. Ed. Mc. Graw Hill. N.Y. U.S.A. 65 p.
- Tisdale, S.L. y W.L. Nelson. 1982. fertilidad de los suelos y fertilizantes. Primera edición en Español. Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana. México. p. 85-138.
- Tyner, E.H. 1946. The relation of corn yields to leaf nitrogen, phosphorus and potassium content. *Soil Sci. Soc. Am. Proc*. 11: 317-323.
- \_\_\_\_\_ and J.R. Webb. 1946. The relation of corn yields to nutrient balance as revealed by leaf analysis. *J. Am. Soc. Agron*. 38: 173-185.
- United States Department Agricultural. 1982. Diagnóstico y Rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Ed. Limusa. México. p. 206-228.

- Ulrich, A. 1952. Physiological bases for assessing the nutritional requirements of plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 3: 206-228.
- Van Itallie, B. 1938. Cation equilibria in plants in relation to the soil. *Soil Sci.* 46: 175-186.
- Vilamis, J. and D.E. Willians. (1971). Utilization of municipal organic wastes as agricultural fertilizers. *California Agriculture.* 25(7): 7-9.
- Yagodin, B.A. 1986. *Agroquímica I y II.* Editorial Mir. México. p. 121-136.