

EFECTO DE ESTIERCOL BOVINO COMBINADO CON  
FERTILIZANTE QUIMICO SOBRE LA PRODUCTIVIDAD  
DE UN SUELO CULTIVADO CON MAIZ BAJO RIEGO

LAURO ANTONIO ALARCON DEL CID

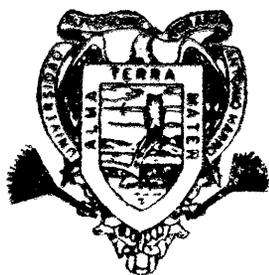
T E S I S

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

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA



Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

AGOSTO DE 1997

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. Rómmel de la Garza Garza

**Asesor:**

  
M.C. Cristina Vega Sánchez

**Asesor:**

  
M.C. Regino Morones Reza

  
Dr. Jesús M. Fuentes Rodríguez  
Subdirector de Posgrado

**Buenavista, Saltillo, Coahuila.  
Agosto de 1997.**

## **AGRADECIMIENTOS**

A **Dios** por ser un guía y director espiritual en el logro de este escaño en mi vida profesional.

Al **Supremo Gobierno de la República de El Salvador**, quien por medio del **Centro de Tecnología Agropecuaria y Forestal** me brindó la oportunidad de superarme, con el fin de aportar los conocimientos adquiridos al desarrollo de nuestro querido país.

A mis **Asesores**:

El más sincero agradecimiento por el incondicional apoyo, especialmente a **M. C. Rómmel de la Garza Garza, M. C. María Cristina Vega Sánchez y M. C. Regino Morones Reza**, quienes con su amplia experiencia, permitieron la planeación, ejecución y finalización de este trabajo.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por su aporte académico y a todas aquellas personas que de alguna manera u otra colaboraron en la realización del presente trabajo.

A todos los compañeros **Salvadoreños y Mexicanos** que con sus consejos y colaboración lograron infundir tenacidad y empuje, para poder cumplir con este trabajo.

## **DEDICATORIA**

***A mi esposa:***

***Esmeralda De Los Angeles Echeverría De Alarcón***

Por su apoyo y confianza, siendo el impulso y la fuerza necesaria para seguir adelante.

***A mis hijos:***

***Laura Esmeralda  
Ernesto Antonio***

Quienes son lo más importante en mi vida, motivo de mi esfuerzo y entrega por salir adelante.

***A mis Padres:***

***Lauro Alarcón (Q.D.D.G)  
María Dolores Del Cid***

Porque a ellos les debo lo que soy.

***A mis Hermanos:***

***María del Carmen  
Claudia Dolores  
Erika Marisela  
José Mauricio***

Por apoyarme y estar siempre Conmigo

**A mis amigos José L. Woo y Virginia Patiño por su apoyo, amistad y comprensión.**

## **COMPENDIO**

### **Efecto de Estiércol Bovino Combinado con Fertilizante Químico sobre la Productividad de un Suelo Cultivado con Maíz Bajo Riego**

**POR**

**LAURO ANTONIO ALARCON DEL CID**

**MAESTRIA  
SUELOS**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. AGOSTO 1997.**

**M. C. Rómmel de la Garza Garza. - Asesor -**

**Palabras clave:** Maíz, características del suelo, nutrimentos, muestreos.

Con el objeto de evaluar el efecto del estiércol bovino combinado con fertilizante químico en un suelo cultivado con maíz bajo riego, se estableció un experimento en el ciclo Primavera-Verano de 1996, en terrenos del ejido Encarnación de Guzmán, Coahuila, bajo un diseño experimental de bloques al azar con 12 tratamientos y seis repeticiones.

Los tratamientos evaluados fueron: la combinación de 0, 10, 20, y 30 t/ha de estiércol bovino con 0, 60, 120 y 180 kg de nitrógeno, más 0, 26.66, 53.33 y 80 kg de fósforo; las fuentes de nitrógeno y fósforo fueron: Urea y Superfosfato Triple, mientras que, para un solo tratamiento se utilizó Sulfato de Amonio y Superfosfato Simple, en las cantidades de 180-80-0.

Para medir la respuesta de los tratamiento se utilizó el híbrido comercial AN-447, el cual es producido por el Instituto Mexicano del Maíz de la UAAAN.

Los resultados muestran que para rendimiento de materia seca, el tratamiento 60 kg/ha de N, 26.66 kg/ha de  $P_2 O_5$  y 10 t/ha de estiércol, presentó el mayor valor con 15.95 t/ha, superando al testigo absoluto en 7.95 t, más sin embargo, con el análisis gráfico-estadístico se precisó la dosis óptima económica de capital ilimitado, la cual es de 60.83 kg/ha de N (Urea), 27.02 kg/ha de  $P_2 O_5$  y 9.40 t/ha de estiércol, con la cual se puede obtener un rendimiento de 15.94 t/ha de materia seca.

La mayor altura de planta que fue de 2.61 m y mazorca con 1.34 m, la provocó el mismo tratamiento (60-26.66-10), lo que representa una diferencia de 0.18 m y 0.13 m, con respecto al tratamiento 180-80-0 (dosis para maíz).

Los elementos nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y zinc en hojas de maíz, se encontraron en concentraciones aceptables en casi todos los tratamientos.

Con base a tres muestreos de suelo realizados, la característica física del suelo

densidad aparente, mostró una variación muy acentuada en los tratamientos conformados por la combinación de fertilizantes químicos con orgánicos; esta variación fue de 1.16 g/cm<sup>3</sup> a 1.03 g/cm<sup>3</sup>.

En cuanto a las características químicas del suelo, como la materia orgánica, su contenido en el suelo se incrementó, y éste fue provocado por los tratamientos que contenían sólo estiércol y la combinación de éste con fertilizantes químicos. El pH disminuyó, tanto en ciertos tratamientos químicos, como en algunos químico-orgánicos tal es el caso de: 60-26.66-20, 180-80-20, 180-80-0 (con diferentes fuentes de nitrógeno y fósforo) y el testigo. Por lo que se refiere a la capacidad de intercambio catiónico, ésta se incrementó en los tratamientos con estiércol más fertilizante químico y estiércol sólo, el tratamiento que ocasionó el mayor valor fue el 120-53.33-30, con 25 meq/100 g de suelo, difiriendo del testigo en 9 meq/100g.

Respecto a las características nutrimentales, el nitrógeno aprovechable se incrementó en mayor grado para el tratamiento 120-53.33-30 con 113 kg/ha de nitrógeno para el segundo muestreo de suelo y 98 kg/ha de nitrógeno para el tercer muestreo, que significa un 115 por ciento de incremento en comparación al testigo.

El fósforo disponible, mostró sus valores más altos con el tratamiento 120-53.33-10, los cuales fueron de 65 (segundo muestreo) y 59 kg/ha de fósforo (tercer muestreo), lo que representa un 165 por ciento de incremento con respecto al testigo.

El contenido de potasio, se encontró más alto para el tratamiento 120-53.33-30

con 212.25 (segundo muestreo) y 187.05 kg/ha (tercer muestreo), lo que indica un ascenso en 311 por ciento con respecto al testigo.

El crecimiento bacteriano, que es una característica biológica del suelo, mostró que a los 45 días de haber aplicado el estiércol, la mayor concentración de bacterias se registró con el tratamiento que contenía 30 t/ha de estiércol, con  $3.75 \times 10^7$  por gramo de suelo, no obstante, a los 110 días posteriores fue el tratamiento 60-26.66-20, el que expresó la mayor concentración con  $2.18 \times 10^7$  por gramo de suelo.

**ABSTRACT**

**Effect of Cattle Manure Combined with Chemical Fertilizer on the Productivity  
of a Cultivated Soil with Corn Under Irrigation**

**BY**

**LAURO ANTONIO ALARCON DEL CID**

**MASTER OF SCIENCE  
SOIL**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. AUGUST 1997.**

**M. C. Rómmel de la Garza Garza. - Advisor -**

**Key words: Corn, Soil Characteristics, Nutrients, Samplings.**

In order to evaluate the effect of cattle manure combined with chemical fertilizer in a soil cultivated with corn under irrigation, was established an experiment during seasons Spring - Summer in 1996, in ejido Encarnación of Guzmán, Coahuila lands, under a experimental desing of randomized blocks with twelve treatments and six repetitions.

To measure response of the treatments it was used the commercial hibrid AN-447, the one wich is produced by the Mexican Institute of Corn of the UAAAN.

The evaluate treatments were, the combination of 0, 10, 20, and 30 t/ha of manure with 0, 60, 120 and 180 kg/ha of N, more 0, 26.66, 53.33 and 80 kg/ha of  $P_2O_5$ ; the nitrogen and phosphorus sources were: urea and triple superphosphate, while for an only treatment was used sulfate of amonio and simple superphosphate, in the quanties of 180-80-0.

The results show that for yield of matter dries the treatment 60 kg/ha of N, 26.66 kg/ha of  $P_2O_5$  and 10 t/ha of manure presented the greater value with 15.95 tons by hectare surpassing to the absolute control in 7.95 tons, however, with the statistic graphic analysis was specified the economic optimun dose of unlimited capital, it is 60.83 kg/ha of N (Urea), 27.02 kg/ha of  $P_2O_5$  and 9.40 tons by hectare, the one wich can be obtained 15.94 tons for matter hectare dries.

The greater plant height that it was of 2.61 m and ear with 1.34 m provoked it the same treatment (60-26.66-10), what presents a diference of 0.18 m and 0.13 m with respect to the treatment 180-80-0 (dose for corn).

The nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and zinc elements in leaf, were found acceptable concentration in nearly all treatments.

Based on three accomplished soil samplings, the physical soil characteristic, as apparent density had a very stressed variation in the treatments certified by the

combination of chemical fertilizer with organic, this variation was of 1.16 to 1.06 g/cm<sup>3</sup>.

Concerning the chemistries characteristics of soil, as the matter organic its contained in soil was increased and this was provoked by the treatments that were containing only manure and the combination of this with chemical fertilizer. The pH reduced in certain chemical treatments as chemical - organic, such is the case of 60-26.66-20, 180-80-20, 180-80-0 (with different sources of phosphorus and nitrogen) and the absolute control.

For those wich refers to the exchange capacity cationic, this was increased in the treatments with manure more fertilizing and manure only, the treatment that caused the greater value was the 120-53.33-30 with 25 meq/100g of soil, differing of the absolute control in 9 meq/100g.

With respect to the nutrients characteristics, the available nitrogen it was increased in greater degree for the treatment 120-53.33-30 with 113 kg/ha of N for second sampling and 98 kg/ha of N for third sampling, that means a 115 percent of increase in comparison to the absolute control.

The available phosphorus, showed its highest values with the treatment 120-53.33-10, those wich were of 65 kg/ha of P<sub>2</sub> O<sub>5</sub> (second sampling) and 59 kg/ha of P<sub>2</sub> O<sub>5</sub> (third sampling), what represents a 165 percent of increase with respect to the absolute control.

The potassium content, was found highest for the treatment 120-53.33-30 with 212.25 (second sampling) and 187.05 kg/ha (third sampling) what represents a 331 percent of increase with respect to the control.

The bacterium growth, that it is a biological soil characteristic, sample that to 45 days of have applied the manure, the greater bacterium concentration was registered with the treatment that was containing 30 tons by hectare with  $3.75 \times 10^7$  by soil gram, nevertheless, to 110 days subsequent was the treatment 60-26.66-20, the one wich expressed the greater concentration with  $2.18 \times 10^7$  by soil gram.

## INDICE DE CONTENIDO

|  | Pág.  |
|--|-------|
| <b>INDICE DE CUADROS</b> .....   | xvi   |
| <b>INDICE DE FIGURAS</b> .....   | xviii |
| <b>INTRODUCCION</b> . ....   | 1     |
| <b>REVISION DE LITERATURA</b> . ....   | 4     |
| Antecedentes Sobre el Uso de Estiércol en Agricultura .....                    | 4     |
| Composición del Estiércol.....   | 4     |
| Efecto del Estiércol sobre las Características del Suelo .....                 | 5     |
| Efecto sobre las Características Físicas .....                                 | 5     |
| Efecto sobre las Propiedades Químicas .....                                    | 6     |
| Efecto sobre las Propiedades Biológicas. ....                                  | 7     |
| Efecto sobre las Propiedades Nutrimientales. ....                              | 8     |
| Fertilización con Abono Orgánico e Inorgánico en Cultivo de Maíz. ..           | 10    |
| Investigaciones Realizadas Utilizando Estiércol con Fertilizante Químico. .... | 14    |
| La Matriz Experimental Plan Puebla I. ....                                     | 17    |
| <b>MATERIALES Y METODOS</b> . ....   | 19    |
| Descripción del Sitio Experimental. ....                                       | 19    |
| Localización del Experimento. ....   | 19    |
| Clima. ....  | 19    |
| Vegetación. ....   | 20    |
| Suelo. ....  | 20    |
| Descripción del Experimento. ....  | 20    |
| Factores Estudiados .....  | 20    |
| Descripción del Genotipo de Maíz .....   | 23    |
| Fuentes de Nutrimientos. ....  | 23    |
| Características del Estiércol Bovino. ....                                     | 23    |
| Conducción del Experimento. ....   | 24    |

|  |           |
|--|-----------|
| Preparación del Terreno. ....  | 24        |
| Aplicación de los Tratamientos con Fertilizante Químico .....                    | 25        |
| Riegos. ....   | 25        |
| Control de Malezas y Plagas. ....  | 25        |
| Aprovechamiento de Plantas por Unidad Experimental. ....                         | 26        |
| VARIABLES MEDIDAS. ....  | 26        |
| Altura de Planta.....  | 26        |
| Días a Floración Femenina.....   | 27        |
| Días a Floración Masculina.....  | 27        |
| Altura de Mazorca. ....  | 27        |
| ANÁLISIS DE MUESTRAS FOLIARES. ....  | 27        |
| Determinación de Nitrógeno. ....   | 27        |
| Determinación de Fósforo. ....   | 28        |
| Determinación de Otros Nutrientes. ....  | 28        |
| ANÁLISIS DE SUELO. ....  | 28        |
| Determinación de Materia Orgánica. ....  | 28        |
| Determinación de pH  | 28        |
| Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico. ....                     | 28        |
| Determinación de Nitrógeno Disponible. ....                                      | 29        |
| Determinación de Fósforo Asimilable. ....  | 29        |
| Determinación de Potasio Asimilable. ....  | 29        |
| Determinación de Textura. ....   | 29        |
| Determinación de la Densidad Aparente. ....                                      | 29        |
| Determinación del Crecimiento de Microorganismos. ....                           | 29        |
| ANÁLISIS ESTADÍSTICO. ....   | 30        |
| Modelo Estadístico. ....   | 30        |
| Interpretación de los Resultados del Análisis de Varianza. ....                  | 30        |
| <b>RESULTADOS. ....</b>  | <b>32</b> |
| ANÁLISIS ESTADÍSTICO. ....   | 32        |
| Rendimiento de Materia Seca. ....  | 32        |
| Altura de Planta.....  | 33        |
| Altura de Mazorca. ....  | 33        |
| Días a Floración Masculina. ....   | 33        |
| Días a Floración Femenina. ....  | 33        |
| Prueba de Tukey al Cinco por Ciento para las Variables Medidas en<br>Planta..... | 34        |
| Método Gráfico-Estadístico para Rendimientos de Materia Seca. ....               | 34        |
| ANÁLISIS DE LABORATORIO. ....  | 41        |
| Análisis en Hoja de Maíz. ....   | 41        |
| Análisis de Suelo. ....  | 43        |

|  | <b>Pág</b> |
|--|------------|
| Crecimiento de Microorganismos. ....                               | 50         |
| <b>DISCUSION.</b> .....  | <b>52</b>  |
| Método Gráfico-Estadístico para Rendimientos de Materia Seca. .... | 52         |
| Días a Floración Masculina y Femenina en Maíz. ....                | 58         |
| Altura de Planta en Maíz. ....                                     | 58         |
| Altura de Mazorca. ....  | 59         |
| Concentración de Nutrientos en Hojas de Maíz. ....                 | 59         |
| Concentración de Nitrógeno en Hojas de Maíz. ....                  | 60         |
| Concentración de Fósforo en Hojas de Maíz. ....                    | 62         |
| Concentración de Potasio en Hojas de Maíz. ....                    | 63         |
| Concentración de Calcio en Hojas de Maíz. ....                     | 65         |
| Concentración de Magnesio en Hojas de Maíz. ....                   | 66         |
| Concentración de Zinc en Hojas de Maíz. ....                       | 68         |
| Contenido de Materia Orgánica. ....                                | 70         |
| Densidad Aparente. ....  | 73         |
| Reacción del Suelo.....  | 75         |
| Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).....                      | 77         |
| Nitrógeno Aprovechable.....  | 77         |
| Fósforo Asimilable. ....   | 80         |
| Potasio Asimilable.....  | 83         |
| Crecimiento Bacteriano. ....                                       | 85         |
| <b>CONCLUSIONES.</b> .....   | <b>86</b>  |
| <b>RESUMEN.</b> .....  | <b>88</b>  |
| <b>LITERATURA CITADA.</b> .....                                    | <b>92</b>  |
| <b>APENDICE.</b> .....   | <b>96</b>  |

## INDICE DE CUADROS

| Cuadro | Pág.   |
|--------|--|
| 2.1    | Análisis elemental en planta de maíz..... 14   |
| 2.2    | Elementos esenciales para la mayoría de las plantas superiores y concentraciones internas que se consideran adecuadas ..... 15                                       |
| 3.1    | Tratamientos estudiados ..... 22   |
| 4.1    | Cuadrados medios y significancia de los diferentes variables evaluadas .. 34   |
| 4.2    | Prueba de rango múltiple de Tukey al cinco por ciento, realizada a las variables estudiadas. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996..... 35            |
| 4.3    | Resultado del análisis con el método gráfico-estadístico para los rendimientos de materia seca. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996..... 37         |
| 4.4    | Concentración porcentual de nutrimentos en hoja de maíz. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996..... 42  |
| 4.5    | Diferentes características determinadas al suelo para el primer muestreo. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996..... 44                               |
| 4.6    | Contenido de materia orgánica en porciento para el segundo y tercer muestreo del suelo. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996..... 45                 |
| 4.7    | Densidad aparente en g/cm <sup>3</sup> determinada al suelo proveniente del segundo y tercer muestreos. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996..... 45 |
| 4.8    | Determinación de pH en el suelo del segundo y tercer muestreos. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo P-V 1996..... 46  |

|      |  |    |
|------|--|----|
| 4.9  | Capacidad de intercambio catiónico en meq/100 g determinada al suelo proveniente del segundo y tercer muestreos. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996..... | 47 |
| 4.10 | Contenido de nitrógeno aprovechable en kg/ha para el segundo y tercer muestreos de suelo. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996.....                        | 48 |
| 4.11 | Fósforo disponible en kg/ha para el segundo y tercer muestreos de suelo. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996.....   | 49 |
| 4.12 | Potasio asimilable en kg/ha para el segundo y tercer muestreos de suelo. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996.....   | 50 |
| 4.13 | Concentración de bacterias para el segundo y tercer muestreos de suelo. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996.....  | 51 |

## INDICE DE FIGURAS

| <b>Figura</b> |   | <b>Pág.</b> |
|---------------|---|-------------|
| 4.1           | Gráfica para determinar la dosis óptima económica de capital ilimitado del estiércol en la producción de materia seca. Encarnación de Guzman, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996.....  | 39          |
| 4.2           | Gráfica para determinar la dosis óptima económica de capital ilimitado nitrofosforada en la producción de materia seca. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996..... | 40          |
| 5.1           | Concentración de nitrógeno en hojas de maíz. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996. ....   | 61          |
| 5.2           | Concentración de fósforo en hojas de maíz. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996. ....   | 63          |
| 5.3           | Concentración de potasio en hojas de maíz. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996. ....   | 64          |
| 5.4           | Concentración de calcio en hojas de maíz. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996. ....  | 65          |
| 5.5           | Concentración de magnesio en hojas de maíz. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996. ....  | 67          |
| 5.6           | Concentración de Zinc en hojas de maíz. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996. ....  | 68          |
| 5.7           | Materia orgánica determinada para el segundo y tercer muestreos de suelo. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996.....   | 72          |

| <b>Figura</b>   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| 5.8 Densidad aparente determinada al suelo proveniente del segundo y tercer muestreos. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996. ....                  | 74          |
| 5.9 Determinación de pH para el segundo y tercer muestreos del suelo. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996. ....                                    | 76          |
| 5.10 Capacidad de intercambio catiónico determinada en suelo proveniente del segundo y tercer muestreos. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996 ..... | 78          |
| 5.11 Nitrógeno aprovechable para el segundo y tercer muestreos de suelo. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996.                                      | 79          |
| 5.12 Fósforo disponible para el segundo y tercer muestreos de suelo. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996 .....                                     | 82          |
| 5.13 Potasio asimilable para el segundo y tercer muestreos de suelo. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996 .....                                     | 84          |

## INTRODUCCION

La constante demanda de alimentos a nivel mundial, ha hecho ejercer una presión desmedida sobre el recurso suelo.

Es de vital importancia poner atención a una serie de prácticas que se realizan en la agricultura, con tal de sostener o incrementar los rendimientos por unidad de área, tomando muy en cuenta en restablecer y conservar aquellas características físicas, químicas y biológicas del suelo que han sufrido modificaciones drásticas, a causa del uso extralimitado y su mal manejo.

Se sabe que el laboreo excesivo causa erosión, compactación, pérdida de humedad del suelo, mala estructura y varias otras características físicas del suelo, que impiden el desarrollo radical, (Gavande, 1979).

La mínima reciprocidad con la que se cultiva el suelo, hace que la capa arable se vaya empobreciendo poco a poco.

En realidad es raro un suelo que pueda proporcionar durante un tiempo largo todos los elementos esenciales para obtener cosechas abundantes, (Foth, 1986).

El mundo ha entrado ya en una era en la cual la prevención del desgaste agrícola cada vez es más necesaria.

- Determinar la fracción más adecuada de fertilizante químico y estiércol bovino, para la obtención de rendimientos económicamente costeados en maíz.
- Evaluar los efectos colaterales que causan la combinación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

Para el logro de los objetivos enunciados, se planteó la siguiente hipótesis de trabajo:

Mediante la aplicación combinada de estiércol de bovino y fertilizante químico, se obtendrá principalmente un mejoramiento de la fertilidad del suelo y en forma colateral de la física, química y biología del mismo, y por consecuencia mejores rendimientos.

## **REVISION DE LITERATURA**

### **Antecedentes Sobre el Uso de Estiércol en Agricultura**

Tisdale y Nelson (1991), mencionan que el abonado utilizando estiércoles data de tiempos muy antiguos, y fue de hecho cuando el hombre aprendió que ciertos suelos menguaban en su producción cuando eran cultivados continuamente.

Simpson (1991), afirma que desde hace muchísimo tiempo se conoce el valor de los estiércoles animales para mejorar el rendimiento de las cosechas. Tanto autores griegos y romanos de los últimos siglos anteriores a la Era Cristiana, como los de los primeros siglos de la misma, describieron minuciosamente las propiedades de los excrementos de caballos, vacas, cabras, ovejas, gallinas y otras aves y del hombre, para ser utilizados en diferentes suelos y cosechas.

### **Composición del Estiércol**

Foth (1986), reporta que muchos factores influyen en la cantidad y composición del estiércol producido, tales como la especie y edad del animal, el tipo y cantidad de alimento consumido, la condición del animal y la cantidad de leche producida o el trabajo realizado por el mismo.

Castellanos (1984), muestra los siguientes valores en cuanto a la composición química del estiércol de bovino (base seca).

| Estiércol Bovino |             |                    |
|------------------|-------------|--------------------|
|                  | Rango       | Promedio<br>(kg/t) |
| Nitrógeno        | 9.1 - 24.4  | 14.2               |
| Fósforo          | 9.4 - 18.8  | 11.7               |
| Potasio          | 17.9 - 47.8 | 34.1               |
| Calcio           | 23.4 - 56.5 | 36.8               |
| Magnesio         | 4.5 - 10.4  | 7.1                |
| Sodio            | 2.5 - 7.5   | 5.1                |
| Sales Solubles   | 32.0 - 91.0 | 50.0               |
| Cenizas          | 388 - 724   | 486                |

### **Efecto del Estiércol Sobre las Características del Suelo**

Trinidad (1987), manifiesta que el valor del uso de los abonos orgánicos sobre las características del suelo, estriba fundamentalmente en los cambios que experimentan en sus propiedades físicas, químicas, biológicas y nutrimentales.

#### **Efecto Sobre las Características Físicas**

Gavande (1979) y Narro (1987), coinciden en que los desechos animales mejoran las propiedades físicas del suelo, tales como: la estructura, la velocidad de infiltración del agua, conductividad hidráulica y retención de humedad, disminución de la densidad aparente y conductividad térmica del suelo.

Esto hace que el suelo, sea más resistente a los cambios bruscos de temperatura, menos resistencia del suelo a la penetración de raíces y aumenta la facilidad de laboreo.

### **Efecto sobre las Propiedades Químicas**

Trinidad (1987), afirma que las propiedades químicas del suelo que cambian por el efecto de la aplicación de abonos orgánicos, son principalmente el contenido de materia orgánica, el porcentaje de nitrógeno total, la capacidad de intercambio de cationes y la concentración de sales.

Cepeda (1983), señala que la materia orgánica, interviene de manera directa en la regulación de los niveles de disponibilidad de nutrimentos principales y de elementos menores, mediante la formación de sustancias orgánicas que constituyen compuestos solubles no iónicos (complejos internos), con cationes de valencia variable. Estas sustancias llamadas quelatos -móviles en el suelo- son también importantes en los procesos edafogenéticos.

Se sabe que los ácidos orgánicos del suelo influyen de manera apreciable, en la solubilización y movilización de los componentes inorgánicos.

Tamhane *et al.* (1979), admiten que la materia orgánica sirve como depósito de elementos químicos que son esenciales para el desarrollo de las plantas. La mayor parte del nitrógeno del suelo se presenta en combinación orgánica. Sólo una pequeña parte, de ordinario del uno a tres por ciento, se presenta en formas inorgánicas en cualquier

momento. También una cantidad considerable de fósforo y azufre existe en formas orgánicas.

Al descomponerse, la materia orgánica proporciona los nutrientes necesarios para las plantas en desarrollo, así como muchas hormonas y antibióticos.

Bohn *et al.* (1993), indican sobre el efecto de la materia orgánica en la quelación, la cual forma complejos estables con  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  y otros cationes polivalentes, dando un efecto amortiguador del aprovechamiento de elementos traza, que son captados por las plantas. Añaden, que ésta amortigua el pH del suelo en los límites entre ligeramente ácido, neutralidad y alcalino, ayudando así a mantener una reacción uniforme en el suelo.

Guerrero (1990), nos da una idea del humus que se aporta al suelo cuando se aplican 40 toneladas métricas de estiércol por hectárea, con 20 por ciento de materia seca, con el cual se supone que son 8,000 kg de materia seca; dando como resultado 4000 kg de humus.

### **Efecto Sobre las Propiedades Biológicas**

Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas -Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (CNIA-SARH) (1987), consideran que un suelo de alta calidad debe ser biológicamente activo. Los microorganismos presentes influyen sobre muchas propiedades del suelo y también tienen efectos directos en el crecimiento de las plantas.

Dado que el estiércol contiene grandes cantidades de compuestos orgánicos de fácil descomposición, la adición de estiércol al suelo casi siempre resulta en un incremento en la actividad biológica.

Rodríguez (1982), considera que la flora edáfica, las bacterias, los actinomicetos, los hongos y las algas, constituyen los microorganismos del suelo, que aportan un porcentaje de material orgánico una vez muertos, aunque su función principal es actuar sobre la materia orgánica en general, mediante los procesos de mineralización y humificación.

Lynch (1982), señala que después de aplicar estiércol al suelo, el número de bacterias reductoras de nitratos, nitritos e hidrolizadoras de urea se incrementaron, decreciendo su número después de 17 semanas; en tanto que las poblaciones de hongos, sufren un decremento después de la aplicación de estiércol, acrecentándose de la cuarta a la onceava semana, para decrecer posteriormente a los niveles iniciales, previos a la aplicación del estiércol. Finalmente, se observó un nuevo aumento en la catorceava semana, para luego volver a declinar.

### **Efecto sobre las Propiedades Nutrimentales**

Cooke (1987), Midgley (1952), Rodríguez (1982) y Vega (1987), coinciden en que el estiércol tiene todo el nitrógeno combinado con sustancias orgánicas, que se liberan cuando se descomponen. En la práctica, alrededor de un tercio de este nitrógeno se libera con bastante rapidez, pero gran parte es muy resistente y persistente en el suelo

por largo tiempo. También una porción elevada del fósforo está combinada con la materia orgánica y de manera aproximada, alrededor de la mitad del P total presente, queda disponible con rapidez para los cultivos.

La mayor parte del potasio del estiércol es soluble en agua y casi todo puede considerarse como disponible para las plantas.

Simpson (1991) y Buckman y Brady (1991), indican que estos materiales también aportan importantes cantidades de calcio, magnesio, azufre y oligoelementos.

Loué (1988), señala que una aplicación de ocho t/ha de materia seca, aporta cantidades de 1600 g de Mn, 800 g de Zn, 120 g de Cu, 160 g de B y 20 g de Mo. Además, menciona el efecto favorable indirecto sobre las reacciones de óxido reducción (Fe, Mn) y especialmente sobre la quelación.

El Mn, mejora la nutrición en medio ácido y disminuye en alcalino; así también la materia orgánica forma complejos muy estables con el Cu, lo cual disminuye su movilidad y asimilabilidad.

Dormaar y Chang (1995), encontraron que en 20 años de aplicar estiércol, la profundidad del cultivo afectó la concentración de varias fracciones de fósforo, aunque el P total y los fosfatos se incrementaron con las adiciones de estiércol.

Tisdale y Nelson (1991), especifican que el contenido de fósforo orgánico en los suelos minerales, es usualmente mayor en las capas superficiales que en el subsuelo a

causa de la acumulación de materia orgánica que se alcanza en las capas superiores del perfil del suelo.

### **Fertilización con Abono Orgánico e Inorgánico en Cultivo de Maíz**

Aldrich y Leng (1974), Díaz (1964) y Berger (1967), consideran al nitrógeno como el más importante en la nutrición del maíz, y lo absorbe en forma de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), es también uno de los elementos más problemáticos por su movilidad.

En cuanto al fósforo, la mayor cantidad que la planta necesita continuamente, ésta lo absorbe en la forma de los compuestos químicos  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{HPO}_4^{2-}$ , su mayor demanda está dentro de los primeros 50 días.

El potasio es un elemento requerido en grandes cantidades por la planta de maíz, porque es necesario para su crecimiento vigoroso. Entra a la planta en la forma de ión  $\text{K}^+$ . La plántula joven no necesita mucho potasio, pero el ritmo de absorción asciende hasta un máximo, durante las tres semanas anteriores a la emergencia de las panojas.

Aldrich y Leng (1974), indican que los micronutrientes (también llamados microelementos u oligoelementos) son más complejos y más difíciles de estudiar que los macronutrientes. Es muy estrecho el margen que existe entre la insuficiencia, la cantidad adecuada y el exceso. La mayoría de las deficiencias están dentro del ámbito de la carencia latente y como las respuestas de rendimiento en maíz, si es que existen son pequeñas, resultan difíciles de medir.

Los macronutrientos secundarios y los micronutrientos para el maíz, a diferencia del N, P y K, presentan insuficiencias en regiones y suelos específicos, pero se han encontrado muchas regiones pequeñas, donde uno o más de estos nutrientes incrementan enormemente los rendimientos del maíz.

Entre los macronutrientos secundarios, las insuficiencias de calcio y magnesio se han corregido mediante programas de encalado, que no fue necesario aplicar cuando se estableció un nivel adecuado de pH.

A menudo, las deficiencias de microelementos se producen, no por la escasez de los mismos, sino porque permanecen fijados en formas no asimilables.

Para reducir la fijación por el suelo, pueden combinarse los micronutrientos formando una molécula orgánica, los cuales son llamados quelatos. Hasta el momento, hierro y zinc son los únicos que regularmente pueden resultar prácticos para el maíz.

Las fritas presentan una ventaja fundamental: se disuelven lentamente; por esta razón, una aplicación puede durar varios años, mientras que las formas más solubles serán absorbidas, lixiviadas o reaccionarán con el suelo, transformándose en forma no asimilable.

Jugenheimer (1981), enfatiza que no existe conflicto entre los objetivos de incrementar el rendimiento de maíz por acre y conservar la productividad del suelo.

Delorit y Ahlgren (1983), opinan que para maíz se recomienda hacer aplicaciones liberales de estiércol. En general, se obtienen mayores utilidades por tonelada de estiércol cuando se emplean dosis ligeras, que cuando se aplican dosis elevadas.

Debido a que el estiércol es generalmente bajo en fósforo, con frecuencia se le añade fertilizante comercial fosfatado como suplemento, para aumentar la efectividad del mismo en mejorar la producción. Igualmente con frecuencia es provechoso suplementar el estiércol con cantidades de cal o aun de un fertilizante completo.

La clase y cantidad de esos suplementos que sean más provechosos, están determinados principalmente por la fertilidad del suelo.

Glanze (1980), señala que el estiércol con su efecto de larga duración, constituye un abono ideal para maíz. Se pueden esparcir de 300 a 500 quintales métricos y más por hectárea. Esta forma de abonar el maíz se utiliza todavía en los países tropicales y subtropicales.

Salisbury y Cleon (1994), afirman que cuando vegetales recién colectados y frescos o partes de ellos se calientan a 70 u 80°C durante uno o dos días, se elimina casi toda el agua que contienen; el material restante es la llamada materia seca. Los componentes principales de la materia seca son: polisacáridos de la pared celular y lignina, además de componentes del protoplasma, incluyendo proteínas, lípidos, aminoácidos, ácidos orgánicos y determinados elementos, como potasio, que existen como iones, pero que no forma parte esencial de compuesto orgánico alguno.

El mismo autor reporta (Cuadro 2.1) resultados obtenidos en hojas de un maizal bien fertilizado y con producción elevada. Admite que por lo general las hojas contienen mucho más nitrógeno, fósforo y potasio que el sistema de la parte aérea completa.

Cuadro 2.1. Análisis elemental en planta de maíz.

| Elemento  | Parte Aérea de Maíz <sup>a</sup><br>(% de Peso Seco) | Hoja de Maíz<br>(% de Peso Seco) |
|-----------|--|----------------------------------|
| Nitrógeno | 1.5  | 3.2                              |
| Fósforo   | 0.20   | 0.31                             |
| Potasio   | 0.92   | 2.1                              |
| Calcio    | 0.23   | 0.52                             |
| Magnesio  | 0.18   | 0.32                             |
| Hierro    | 0.08   | 0.012                            |
| Zinc      | —  | 0.003                            |

Fuente, Salisbury y Cleon (1994).

<sup>a</sup> En el sistema de la parte aérea se incluyen hojas, tallo y semillas.

En términos generales, también muestra como se comporta la concentración de diferentes elementos en las plantas superiores (Cuadro 2.2)

Cuadro 2.2. Elementos esenciales para la mayoría de las plantas superiores y concentraciones internas que se consideran adecuadas.

| Elemento  | Símbolo Químico | Forma Disponible al Vegetal                     | Concentración en Tejido Seco |        |
|-----------|-----------------|---|------------------------------|--------|
|           |                 |   | mg/kg                        | (%)    |
| Nitrógeno | N               | $\text{NO}_3^-$ , $\text{NH}_4^+$               | 15,000                       | 1.5    |
| Fósforo   | P               | $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{HPO}_4^{2-}$ | 2,000                        | 0.2    |
| Potasio   | K               | $\text{K}^+$                                    | 10,000                       | 1.0    |
| Calcio    | Ca              | $\text{Ca}^{2+}$                                | 5,000                        | 0.5    |
| Magnesio  | Mg              | $\text{Mg}^{2+}$                                | 2,000                        | 0.2    |
| Hierro    | Fe              | $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{Fe}^{2+}$             | 100                          | 0.010  |
| Cinc      | Zn              | $\text{Zn}^{2+}$                                | 20                           | 0.0020 |

Fuente, Salisbury y Cleon 1994.

### Investigaciones Realizadas Utilizando Estiércol con Fertilizante Químico

Castellanos (1984), afirma que en suelos calcáreos la aplicación de estiércol ha reducido el problema de deficiencia del Hierro y Zinc, esto se debe a que la materia orgánica favorece la formación de quelatos de Fe y Zn, que son más asimilables por la raíz.

Cooke (1987), menciona sobre resultados de cinco años efectuados en Rothmasted, Inglaterra en suelos de migajón arcilloso y migajón arenoso en Woburn, utilizando fertilizantes de NPK con y sin estiércol de granja, indicando una respuesta sin límite al N, pero en cada sitio el nivel general de rendimiento se elevó al aplicar estiércol junto con los fertilizantes químicos.

Beauchamp (1987), reporta en maíz, incrementos significantes en el primer año de aplicación de urea y estiércol de ganado lechero. Al segundo año, se encontraron incrementos significantes en el N residual, debido a los altos niveles de urea y estiércol de bovino; pero al tercer año sólo encontró respuesta para el estiércol aplicado. La cantidad de nitrógeno aplicada fue de  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$ .

Dormaar *et al.* (1988), encontraron que 30 t/ha de estiércol de ganado bovino al ser aplicados junto con 150 kg de N (Urea) más 150 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Superfosfato Triple), restauraron la productividad de un suelo dentro de un primer año y fue medido por los rendimientos en trigo. Esto fue a pesar de que el suelo estaba severamente erosionado.

Además, el estiércol de bovino incrementó significativamente el N total,  $\text{NO}_3\text{-N}$ , el fósforo aprovechable y la condición de la estabilidad de agregados del suelo.

Follet (1981), menciona que en Alabama fue cultivado centeno en tres Ultisoles (ácidos y altamente secos). Usando estiércol de ganado lechero en tasas de 0, 10, 20, 40, 80 y 120 t/ha. En la parcela con cero contenido de estiércol, se aplicó nitrógeno, fósforo y potasio con fertilizante químico y esta fue comparable con la parcela que contenía la aplicación de 10 t/ha de estiércol.

Villarroel (1979), encontró que el zinc, aplicado junto con gallinaza o estiércol de vacuno, aumentó su eficiencia en el control de los síntomas de deficiencia, presentando plantas con mayor vigor, con concentraciones de zinc por encima del límite crítico de respuesta visual, dando lugar a mayores rendimientos que los obtenidos donde se aplicó zinc solo, por lo que existió una interacción positiva entre el zinc y los abonos orgánicos.

Cruz (1986), reporta que en suelos dentro del municipio de Soledad Díaz Gutiérrez, San Luis Potosí, en el cultivo de frijol bajo condiciones de riego, se probaron diversas dosis de estiércol fresco de bovino en combinación con fertilizantes químicos, y afirma que en todos los casos hubo respuesta a la aplicación del estiércol, ya que el mismo por sus condiciones, fue aplicado tres meses antes de la siembra; con el tratamiento de ocho t/ha de estiércol fresco más 40-40-0, hubo un incremento en el rendimiento de 1,160 kg/ha (68 por ciento).

Castellanos *et al.* (1996), evaluaron la aplicación de estiércol en cantidades de 30 t/ha primer año, 60 t/ha primer año, 120 t/ha cuarto año (en 1981 y en 1985 solamente), y una sola dosis de 240 t/ha en 1981; los cultivos sembrados fueron *ballico* anual en invierno y maíz forrajero durante el verano. Todas las parcelas recibieron las dosis recomendadas de N y P mediante urea y superfosfato triple, respectivamente; encontrando que la aplicación de estiércol tuvo efectos significativos positivos sobre el rendimiento de *ballico* anual durante todos los años y cortes, pero sólo durante algunos años en el maíz.

La aplicación de estiércol, además, incrementó significativamente la velocidad de infiltración del agua, el contenido de materia orgánica del suelo y la concentración de fósforo y redujo la densidad aparente del suelo. Las dosis bajas de estiércol aplicadas frecuentemente, fueron más efectivas que las dosis altas.

Sánchez (1981), afirma que una cantidad anual de 5.6 t/ha de estiércol aplicada por 10 años consecutivos, aumentó el rendimiento en cultivo de arroz inundado así como

lo hizo la fertilización con nitrógeno o con fósforo. Tanto el tratamiento con estiércol como con fertilizante, aumentaron ligeramente el carbono y nitrógeno orgánicos del suelo.

El mismo autor, reporta que en una rotación de maíz y arroz de secano durante cinco años, los resultados indican una ligera superioridad a favor de la aplicación anual de 60 t/ha de estiércol en comparación con la aplicación anual de 120-160-160 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente. La aplicación de estiércol aumentó el carbono orgánico del suelo, del nitrógeno orgánico y del calcio intercambiable, lo cual dio como resultado un incremento significativo en el pH.

### **La Matriz Experimental Plan Puebla I**

Turrent (1985), menciona que, la matriz Plan Puebla I, consiste de un núcleo de tratamientos  $2^k$ , donde k es el número de factores. Estos  $2^k$  tratamientos se integran con el segundo y tercer nivel de cada factor. Los factoriales  $2^k$  tienen propiedades bien conocidas, una de estas propiedades es de la “repetición escondida”, la cual permite un aumento adicional en la precisión con que se estiman los efectos.

Turrent y Laird (1975), consideran que los cuatro niveles de esta matriz son: - 1.00, - 0.33, + 0.33 y + 1.00, siendo el espacio de exploración desde -1.00 a +1.00. El espacio de exploración es la fracción de una línea, a un cuadrado, a un cubo, a un hipercubo de N dimensiones, según se trata del estudio en conjunto de 1, 2, 3, 4..... n factores de la producción. En la dimensión de cada factor, el espacio de exploración estará enmarcado por un límite inferior y un límite superior de dicho factor. Para cada uno de los

factores en estudio, el investigador seleccionará como límite superior, la mínima cantidad del factor que a su juicio suprima o casi suprima la deficiencia del factor, bajo condiciones en que los demás factores están a su nivel mínimo no limitativo.

Asimismo, mencionan que el número de tratamientos para esta matriz son  $2^k + 2k$ . El segundo y tercer nivel de la matriz se usan para integrar el factorial completo  $2^k$ , en tanto que el primero y cuarto nivel, se usan para formar prolongaciones de dos de las aristas del factorial  $2^k$ .

## **MATERIALES Y METODOS**

Este trabajo se realizó durante el ciclo Primavera-Verano de 1996, en el ejido Encarnación de Guzmán, Coahuila.

### **Descripción del Sitio Experimental**

#### **Localización del Experimento**

El ejido Encarnación de Guzmán, está ubicado en el km 70 carretera Saltillo-Zacatecas. Geográficamente el área del estudio se encuentra localizada a una altitud media de 1730 msnm, entre las coordenadas longitud  $101^{\circ} 02' 41''$ , latitud  $24^{\circ} 49' 24''$ , del meridiano de Greenwich.

#### **Clima**

Es predominante el clima húmedo, templado C(x') b(e'), la temperatura media anual es de  $17.2^{\circ}\text{C}$  y una precipitación total anual media de 492.7 mm. Es zona lluviosa durante todo el año, aunque no muy abundante, las lluvias más intensas comienzan en mayo, y agosto es el mes más lluvioso.

## **Vegetación**

La vegetación dominante son los matorrales desérticos, tanto rosetófilos como micrófilos, los rosetófilos se distribuyen en lomeríos y bajadas de la región (chapotes, huizaches, gatuños, palma, sotoles, lechuguilla y chaparro prieto). En las partes planas, es notable la predominancia de los matorrales desérticos micrófilo y matorrales subinermes (mesquite, huizache y hojasén).

Los matorrales micrófilos están formados por plantas no espinosas principalmente gobernadora y hojasén.

## **Suelo**

El suelo es Xerosol háplico Xh, de origen aluvial. En cuanto al uso agrícola está caracterizado como At<sub>p</sub> A, que es para una agricultura de temporal permanente, con cultivos del tipo anual.

## **Descripción del Experimento**

### **Factores Estudiados**

Los factores estudiados fueron: Estiércol Bovino y Fertilizante químico (nitrógeno y fósforo en forma conjunta como un sólo factor).

## Espacios de Exploración

Los espacios de exploración para los factores en estudio fueron:

| Factor            | Niveles                    |
|-------------------|----------------------------|
| Estiércol Bovino: | 0, 10, 20 y 30 t/ha.       |
| Nitrógeno :       | 0, 60, 120 y 180 kg/ha.    |
| Fósforo :         | 0, 26.66, 53.33 y 80 kg/ha |

\* El nitrógeno y fósforo conforman un sólo factor (Garza, 1995).

## Selección de los Tratamientos

La selección se hizo con base en la matriz Plan Puebla I para dos factores, partiendo de una dosis de estiércol de 30 t/ha, y 180-80-0 de fertilizante químico (dosis para maíz bajo riego), resultaron ocho tratamientos, a los cuales se adicionaron cuatro tratamientos más que se consideraron importantes, y estos fueron: un testigo absoluto, uno con dosis total de estiércol sin químico y dos que llevan la dosis completa de fertilizante químico sin estiércol, pero con fuentes nutrimentales diferentes (Cuadro 3. 1).

Las fuentes de nitrógeno y fósforo para el tratamiento 12 fueron Sulfato de Amonio y Superfosfato Simple; mientras que para el resto de los tratamientos se utilizó Urea y Superfosfato Triple de Calcio.

Cuadro 3.1. Tratamientos estudiados

| TRATAMIENTO | N (kg/ha) | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) | ESTIÉRCOL (t/ha) |
|-------------|-----------|---------------------------------------|------------------|
| 1           | 60        | 26.6                                  | 10               |
| 2           | 60        | 26.6                                  | 20               |
| 3           | 120       | 53.3                                  | 10               |
| 4           | 120       | 53.3                                  | 20               |
| 5           | 0         | 0                                     | 10               |
| 6           | 180       | 80                                    | 20               |
| 7           | 60        | 26.6                                  | 0                |
| 8           | 120       | 53.3                                  | 30               |
| 9           | 0         | 0                                     | 0                |
| 10          | 0         | 0                                     | 30               |
| 11          | 180       | 80                                    | 0                |
| 12          | 180       | 80                                    | 0                |

### Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado, fue de bloques al azar con 12 tratamientos que incluyó al testigo absoluto y seis repeticiones, para conformar un total de 72 unidades experimentales.

### Tamaño de la Parcela Experimental

Cada unidad experimental, constó de cuatro surcos de cinco metros de longitud, espaciados a 0.80 m; resultando una área de 16 m<sup>2</sup>, y el área total del experimento fue de 1736 m<sup>2</sup>.

## Descripción del Genotipo de Maíz

El AN-447, es un híbrido triple formado en el Instituto Mexicano del Maíz de la UAAAN por la cruce simple: 255 M x MLS4-1 en la combinación con la línea AN7, con adaptación a la región de bajío y trópico seco (IMM 1996). Las condiciones de siembra con riego o buen temporal, son óptimas para el cultivo.

## Fuentes de Nutrimentos

Nitrógeno: Urea (46 por ciento de N) y Sulfato de Amonio (20.5 por ciento N).

Fósforo : Superfosfato Triple de Calcio (46 por ciento de  $P_2O_5$ ).

Superfosfato Simple de Calcio (20 por ciento de  $P_2O_5$ ).

## Características del Estiércol Bovino

|                   | kg/t                                  |
|-------------------|---------------------------------------|
| Nitrógeno Total : | 11.3                                  |
| Fósforo :         | 3.80                                  |
| Potasio :         | 10.50                                 |
| Calcio :          | 19.50                                 |
| Magnesio :        | 1.89                                  |
| Hierro :          | 2.33                                  |
| Manganeso :       | 0.28                                  |
| Zinc :            | 0.091                                 |
| Cobre :           | 0.028                                 |
| Materia Orgánica: | 5.64 por ciento (extremadamente rico) |
| pH :              | 8.67 (fuertemente alcalino)           |

- El estiércol procedió del establo de la UAAAN.

## **Conducción del Experimento**

El manejo se hizo con base en las recomendaciones del Instituto Mexicano del Maíz, (IMM, 1996).

### **Preparación del Terreno**

Como primer labor, se realizó un barbecho con el fin de labrar y desmenuzar la capa arable, luego se procedió a dar dos pasos de rastra y a delimitar las unidades experimentales.

### **Primer Muestreo del Suelo**

El 23 de mayo, se llevó a cabo un primer muestreo del suelo en toda la superficie de experimentación, la profundidad fue a 30 cm.

**Aplicación de el Estiércol.** Posterior al muestreo, se aplicaron los tratamientos con estiércol en cada parcela experimental, siendo incorporados con un paso de rastra. En esta oportunidad se dió un riego liviano para agilizar la descomposición de la materia orgánica.

### **Segundo Muestreo de Suelo**

Este se realizó dos días antes de la siembra del maíz, y se hizo en cada parcela experimental para obtener una muestra compuesta por cada tratamiento, luego se procedió a surcar toda la superficie.

**Siembra.** La siembra se efectuó el 6 de julio, y se depositaron dos semillas por golpe, a una distancia de 22 cm por postura y 80 cm entre surco. A los 20 días de la emergencia se aclaró a una planta por mata, quedando una densidad de población uniforme equivalente a 56,818 plantas/ha.

### **Aplicación de los Tratamientos con Fertilizante Químico**

La fertilización química, se llevó a cabo en dos aplicaciones; la primera al momento de la siembra, colocando la mitad del nitrógeno y todo el fósforo para cada tratamiento, y la segunda aplicación de nitrógeno se hizo el 17 de agosto, poco antes del aporque, aproximadamente 42 días después de la siembra.

### **Riegos**

El número de riegos aplicados durante el experimento fueron de seis, con un espaciado aproximado de 20 días y equivalente a una lámina de riego de 20 cm.

### **Control de Malezas y Plagas**

A los dos días después de la siembra se aplicó un herbicida preemergente, a razón de 150 g por bomba de 20 litros y 42 días posteriores a siembra, se pasó la cultivadora para aporcar y controlar malezas. Entre las calles, se desyerbó utilizando azadón. Para el ataque de gusano cogollero, se puso un insecticida granulado, y para diabrotica se fumigó

con un insecticida de contacto, a razón de 25 mL por bomba de 20 litros, logrando con esto, un control efectivo de plagas y malezas durante el tiempo del experimento.

### **Aprovechamiento de Plantas por Unidad Experimental**

Este se realizó en cada unidad experimental, tomando 10 plantas con competencia completa, guardándose en bolsas de papel al momento del corte, para posteriormente ser secadas al calor solar durante 45 días, luego se procedió a obtener el peso de cada muestra, para después relacionarlo tanto con el del área experimental como con el de una hectárea.

### **Variables Medidas**

Las siguientes variables se midieron en planta, en la parcela útil de cada tratamiento y se realizaron con base al instructivo de toma de datos en experimentos de maíz del Instituto Mexicano del Maíz, perteneciente al Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN (Vega *et al.*, 1989).

#### **Altura de Planta**

Se tomó desde el pie de la planta hasta el nudo de la hoja bandera, que se encontraba en el punto donde partía la espiga, registrando el dato en centímetros, escogiéndose 10 plantas al azar, a las cuales se les hizo la medición, para luego obtener el promedio.

### **Días a Floración Femenina**

Al igual que el caso anterior se contaron los días hasta que el 50 por ciento de las plantas de la parcela presentaron estigmas receptivos.

### **Días a Floración Masculina**

La toma de este dato se realizó, tomando como día cero cuando la semilla recibió humedad en el suelo, y se contaron los días a partir de ese momento hasta que el 50 por ciento de las plantas de la parcela presentaron anteras dehiscentes.

### **Altura de Mazorca**

Se obtuvo midiendo desde el pie de la planta hasta el nudo donde partía la mazorca más alta, reportando el dato en centímetros. Para esto se escogieron 10 plantas al azar, promediando las mediciones al final.

### **Análisis de Muestras Foliares**

Para este análisis, por cada tratamiento y repetición, se tomaron muestras de hojas totalmente secas las cuales se molieron, haciendo un total de 12 muestras (una por tratamiento).

### **Determinación de Nitrógeno**

Este se hizo por el método Kjeldahl para la determinación de nitrógeno en tejidos vegetales.

### **Determinación de Fósforo**

El método que se usó para la determinación del fósforo en planta, fue el colorimétrico.

### **Determinación de Otros Nutrientes**

El potasio, calcio, magnesio, hierro y zinc, se determinaron con el espectrofotómetro de absorción atómica.

## **Análisis de Suelo**

### **Determinación de Materia Orgánica**

Esta característica química del suelo, se determinó utilizando el Método de Walkley y Black.

### **Determinación de pH**

La determinación de la reacción del suelo (pH), se hizo utilizando el método del Potenciómetro.

### **Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico**

Para determinar la capacidad de intercambio catiónico, se empleó el Método del Acetato de Amonio.

### **Determinación de Nitrógeno Disponible**

El nitrógeno total se determinó usando el Método de Kjeldahl, y con base a éste se obtuvo el nitrógeno disponible.

### **Determinación de Fósforo Asimilable**

El método que se utilizó para determinar el fósforo asimilable en el suelo, fue el de Olsen modificado.

### **Determinación de Potasio Asimilable**

El potasio asimilable, fue determinado por el Método de Cobaltinitrito de Sodio.

### **Determinación de Textura**

Para determinar la textura, se empleó el Método Hidrométrico de Bouyoucos.

### **Determinación de la Densidad Aparente**

Esta determinación se hizo por el Método de la probeta.

### **Determinación del Crecimiento de Microorganismos**

Esta característica fue determinada por el método del aislamiento de microorganismos de diluciones seriadas.

## Análisis Estadístico

Una vez obtenidos los datos del experimento, se realizó el análisis de varianza para cada uno de ellos. El modelo estadístico usado, corresponde a un diseño experimental bloques al azar.

### Modelo Estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$i = 1, 2, \dots, 12$   $t = 12$  tratamientos

$j = 1, 2, \dots, 6$   $r = 6$  repeticiones

$Y_{ij}$  = observación perteneciente al tratamiento  $i$  en la repetición  $j$ .

$\mu$  = efecto verdadero de la media general.

$\tau_i$  = efecto verdadero del  $i$ -ésimo tratamiento.

$\beta_j$  = efecto verdadero de la  $j$ -ésima repetición.

$\varepsilon_{ij}$  = efecto de error experimental.

$$\varepsilon_{ij} \sim NI(0, \sigma^2)$$

### Interpretación de los Resultados del Análisis de Varianza

Para la interpretación del ANVA resultante de los rendimientos de materia seca, fue necesario realizar el análisis por el Método Gráfico-Estadístico para la Interpretación Económica de Experimentos Conducidos con la Matriz Plan Puebla I, en donde se

tomaron como base: los rendimientos totales, rendimientos medios (para la comparación de medias), costos unitarios de insumos o productos (Cuadro A.1), incremento en ingresos netos y la tasa de retorno de capital variable.

La parte gráfica, se diseñó tomando en cuenta los rendimientos medios ocasionados por el factor nitrofosforado y el estiércol, y con la hipotenusa, que fue conformada con la relación insumo producto y la cantidad de los diferentes factores, se hizo tangente a las curvas conformadas por el factor con la DOECI; fue así como se determinó la dosis óptima de capital ilimitado y su respectivo rendimiento.

## **RESULTADOS**

### **Análisis Estadístico**

Los análisis de varianza realizados a las diferentes variables se presentan en los Cuadros A.6 al A.10. En el Cuadro 4.1 se presentan los cuadrados medios y la significancia de los análisis de varianza realizados a las siguientes variables:

#### **Rendimiento de Materia Seca**

Cabe aclarar, que inicialmente el proyecto fue planteado para obtener rendimiento de grano, más sin embargo, luego de evaluar las condiciones del tiempo, las cuales según los pronósticos se inclinaban a ser desfavorables para el cultivo, se optó por evaluar el efecto de los tratamientos por medio del rendimiento de materia seca.

Esta variable expresada en toneladas por hectárea al registrar los datos de campo (Cuadro A.1), para cada uno de los tratamientos estudiados, su ANVA (Cuadro A.6) mostró diferencias altamente significativas para tratamientos, mientras que para repeticiones no hubo significancia alguna. El coeficiente de variación fue de 12.90 por ciento.

### **Altura de Planta**

El ANVA realizado para esta variable (Cuadro A.7) registró con diferencias altamente significativa para tratamientos y en las repeticiones fue no significativa. El coeficiente de variación fue de 4.70 por ciento ( dato de campo Cuadro A.2).

### **Altura de Mazorca**

Al aplicar el análisis de varianza a esta variable (Cuadro A.8), resultaron diferencias altamente significativas entre tratamientos, no así para repeticiones, las cuales mostraron no significancia. El coeficiente de variación fue de 3.95 por ciento (Cuadro A.3).

### **Días a Floración Masculina**

El análisis de varianza (Cuadro A.9) para esta variable, indicó que no hay diferencias significativas para tratamientos y repeticiones. El coeficiente de variación fue de 0.74 por ciento (dato de campo Cuadro A.4).

### **Días a Floración Femenina**

Para esta variable en el ANVA (Cuadro A.10) se encontró que no hay diferencia significativa para tratamientos y repeticiones. El coeficiente de variación fue de 0.85 por ciento (Cuadro A.5).

Cuadro 4.1. Cuadrados medios y significancia de las diferentes variables evaluadas.

| Fuentes de variación                 | g.l. | Rendto. de Materia Seca | Días a Floración Masculina | Días a Floración Femenina | Altura de Planta | Altura de Mazorca |
|--------------------------------------|------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------|-------------------|
| Repeticiones                         | 5    | 2.87 NS                 | 0.081 NS                   | 0.36 NS                   | 0.011 NS         | 0.0027 NS         |
| Tratamientos                         | 11   | 23.59 **                | 0.074 NS                   | 0.28 NS                   | 0.92 **          | 0.093 **          |
| Error                                | 55   | 2.51                    | 0.347                      | 0.53                      | 0.0091           | 0.0020            |
| Total                                | 71   |                         |                            |                           |                  |                   |
| <b>Coefficiente de Variación (%)</b> |      | <b>12.90</b>            | <b>0.74</b>                | <b>0.85</b>               | <b>4.70</b>      | <b>3.95</b>       |

NS = No Significativo

\*\* Altamente Significativo al 0.01 por ciento

### Prueba de Tukey al Cinco por Ciento para las Variables Medidas en Planta

Esta prueba, sirvió para determinar que tratamientos causaron los mayores efectos en la planta, en el Cuadro 4.2, se localizan de manera puntual, los resultados de diferentes pruebas para las variables: altura de planta, altura de mazorca, días a floración masculina y días a floración femenina.

### Método Gráfico - Estadístico para Rendimientos de Materia Seca

En el Cuadro 4.3, se presentan los resultados del análisis efectuado a los valores de rendimiento de materia seca; el método que se utilizó tiene la propiedad de analizar datos de una manera estadística, económica y gráfica (Garza, 1996b).

Cuadro 4.2. Prueba de rango múltiple de Tukey al cinco por ciento, realizada a las variables estudiadas. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

| No | Tratamientos |  |                     |         | AP<br>(m) | AM<br>(m) | DFM<br>(m) | DFF<br>(m) |
|----|--------------|--|---------------------|---------|-----------|-----------|------------|------------|
|    | N<br>(kg/ha) | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg/ha) | Estiércol<br>(t/ha) |         |           |           |            |            |
| 1  | 60           | 26.66                                    | 10                  | *2.60 A | *1.34 A   | 85.17 A   | 79.50 A    |            |
| 2  | 60           | 26.66                                    | 20                  | 2.52 A  | 1.23 BC   | 85.17 A   | 79.67 A    |            |
| 3  | 120          | 53.33                                    | 10                  | 2.03 B  | 1.16 CDE  | 85.33 A   | 79.68 A    |            |
| 4  | 120          | 53.33                                    | 20                  | 1.87 BC | 1.14 CDEF | 85.33 A   | 79.50 A    |            |
| 5  | 0            | 0  | 10                  | 1.72 CD | 0.96 G    | 85.00 A   | 79.67 A    |            |
| 6  | 180          | 80                                       | 20                  | 2.56 A  | 1.29 BA   | 84.83 A   | 79.83 A    |            |
| 7  | 60           | 26.66                                    | 0                   | 1.82 A  | 1.12 DEF  | 85.00 A   | 79.50 A    |            |
| 8  | 120          | 53.33                                    | 30                  | 1.70 CD | 1.06 F    | 85.33 A   | 79.83 A    |            |
| 9  | 0            | 0  | 0                   | 1.55 D  | 0.91 G    | 84.83 A   | 79.67 A    |            |
| 10 | 0            | 0  | 30                  | 1.79 C  | 1.10 EF   | 85.33 A   | 79.67 A    |            |
| 11 | 180          | 80                                       | 0                   | 2.43 A  | 1.21 BCD  | 85.33 A   | 79.67 A    |            |
| 12 | 180          | 80                                       | 0                   | 1.70 CD | 1.08 EF   | 84.83 A   | 79.67 A    |            |

\* Valores máximos en cada una de las variables, AP = Altura de planta, AM = Altura de Mazorca, DFM = Días a Floración Masculina, DFF = Días a Floración Femenina.

El proceso de análisis, se inició desarrollando el Método Automático de Yates (parte medular del análisis), con los rendimientos totales de materia seca procedentes de la parte factorial, obteniendo con ello los efectos factoriales en términos de totales (EFT).

Los efectos factoriales, fueron comparados con el EMS (Efecto Mínimo Significativo), caso igual sucedió con los rendimientos medios, los cuales fueron comparados con base a la DMS; de esta parte surgió el mejor tratamiento, considerándolo desde el punto de vista estadístico.

El análisis económico, el cual involucró a los rendimientos medios (t/ha), costos variables (CV), ingresos netos más costos fijos (IN + CF), incrementos tanto en los rendimientos como en los ingresos netos y la tasa de retorno a capital variable, sirvió para acercarnos a la dosis óptima económica de capital ilimitado y dosis óptima de capital limitado; la relación de precios y costos unitarios de insumos y productos se detallan en el Cuadro A.11.

En las Figuras 4.1 y 4.2 se visualizan los resultados del análisis gráfico, y es de aquí que se desprende de manera más precisa, la dosis óptima económica de capital ilimitado, la cual para este caso resultó ser de 60.83 kg/ha de N, 27.02 kg/ha de  $P_2O_5$  y 9.40 t/ha de estiércol; según la gráfica, con esta dosis se obtendría un rendimiento de 15.94 t/ha de materia seca.

Cuadro 4.3. Resultados del análisis con el método gráfico-estadístico para los rendimientos de materia seca. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

| No. | Tratamientos |                                       |                  | Notación de Yates | Rendimientos Totales (t/ha) | Método Automático de Yates EFT |         | Divisor | EFM (t/ha) | Rendimientos Medios (t/ha) |       |
|-----|--------------|---------------------------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------|---------|------------|----------------------------|-------|
|     | N (kg/ha)    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) | Estiércol (t/ha) |                   |                             |                                |         |         |            |                            |       |
| 1   | 60           | 26.66                                 | 10               | [l]               | 95.67                       | +175.79                        | +328.06 | 24      | +13.67     | 15.95                      | M     |
| 2   | 60           | 26.66                                 | 20               | [e]               | 80.12                       | +152.27                        | -17.30  | 12      | -1.44*     | 13.35                      | (E)   |
| 3   | 120          | 53.33                                 | 10               | [np]              | 77.01                       | -15.55                         | -23.52  | 12      | -1.96*     | 12.84                      | (NP)  |
| 4   | 120          | 53.33                                 | 20               | [npe]             | 75.26                       | -1.75                          | +13.80  | 12      | +1.15*     | 12.54                      | (NPE) |
| 5   | 0            | 0                                     | 10               |                   | 57.39                       |                                |         |         |            | 9.57                       |       |
| 6   | 180          | 80                                    | 20               |                   | 80.64                       |                                |         |         |            | 13.44                      |       |
| 7   | 60           | 26.66                                 | 0                |                   | 75.23                       |                                |         |         |            | 12.54                      |       |
| 8   | 120          | 53.33                                 | 30               |                   | 69.88                       |                                |         |         |            | 11.65                      |       |
| 9   | 0            | 0                                     | 0                |                   | 48.00                       |                                |         |         |            | 8.00                       |       |
| 10  | 0            | 0                                     | 30               |                   | 74.51                       |                                |         |         |            | 12.42                      |       |
| 11  | 180          | 80                                    | 0                |                   | 78.01                       |                                |         |         |            | 13.00                      |       |
| 12  | 180          | 80                                    | 0                |                   | 70.66                       |                                |         |         |            | 11.78                      |       |

\* Significativo. Efecto Mínimo Significativo 10 % = 1.08 t/ha.

\* Diferencia Mínima Significativa = 1.83 t/ha.

Cuadro 4.3.....Continuación.

| No | Tratamientos |                                       |                  | Costos Variables (\$/ha) | Ingresos Neto + Costos Fijos (\$/ha) | Incremento Rendimiento (t/ha) | Incremento Ingreso Neto (\$/ha) | TRCV <sup>a</sup> \$ |
|----|--------------|---------------------------------------|------------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------|
|    | N (kg/ha)    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) | Estiércol (t/ha) |                          |                                      |                               |                                 |                      |
| 1  | 60           | 26.66                                 | 10               | 914.04                   | 6263.46*                             | 7.95                          | 2663.00                         | 2.91                 |
| 2  | 60           | 26.66                                 | 20               | 1414.04                  | 4593.46                              | 5.35                          | 993.46                          | 0.70                 |
| 3  | 120          | 53.33                                 | 10               | 1328.12                  | 4449.88                              | 4.84                          | 849.88                          | 0.64                 |
| 4  | 120          | 53.33                                 | 20               | 1828.12                  | 3814.88                              | 4.54                          | 214.88                          | 0.12                 |
| 5  | 0            | 0                                     | 10               | 500.00                   | 3806.50                              | 1.57                          | 206.50                          | 0.41                 |
| 6  | 180          | 80                                    | 20               | 2242.20                  | 3805.80                              | 2.51                          | 205.80                          | 0.09                 |
| 7  | 60           | 26.66                                 | 0                | 414.04                   | 5228.96                              | 4.54                          | 1628.96                         | 3.93**               |
| 8  | 120          | 53.33                                 | 30               | 2328.12                  | 2914.38                              | 3.65                          | -685.62                         | -0.29                |
| 9  | 0            | 0                                     | 0                |                          | 3600.00                              |                               |                                 |                      |
| 10 | 0            | 0                                     | 30               | 1500.00                  | 4089.00                              | 4.42                          | 489.00                          | 0.33                 |
| 11 | 180          | 80                                    | 0                | 1242.20                  | 4607.80                              | 5.00                          | 1007.80                         | 0.81                 |
| 12 | 180          | 80                                    | 0                | 1462.80                  | 3838.20                              | 3.78                          | 238.20                          | 0.16                 |

<sup>a</sup> Tasa de retorno a capital variable \* Dosis óptima económica de capital ilimitado

\*\* Dosis óptima económica de capital limitado

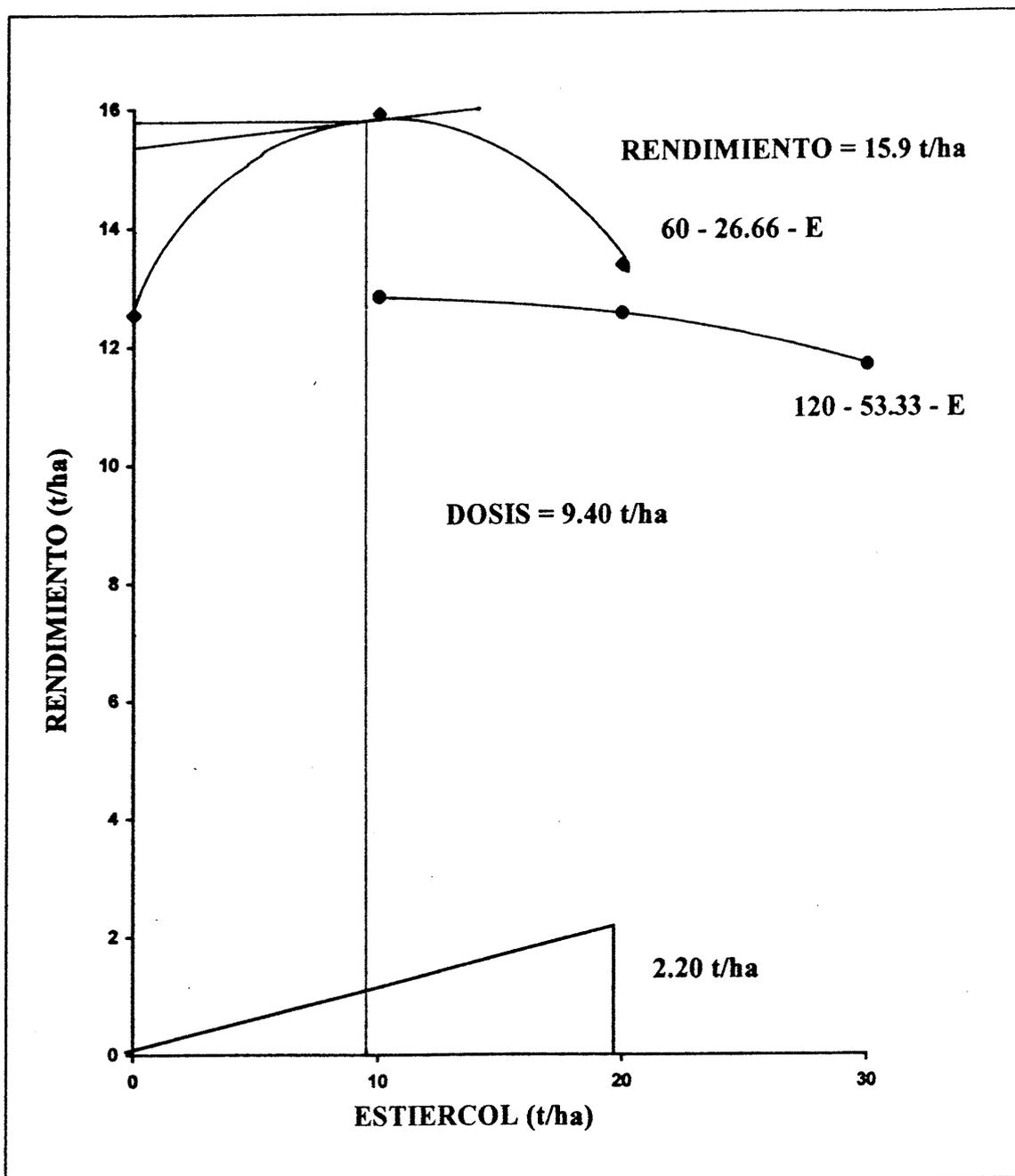


Figura 4.1. Gráfica para determinar la dosis óptima económica de capital ilimitado del estiércol en la producción de materia seca. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

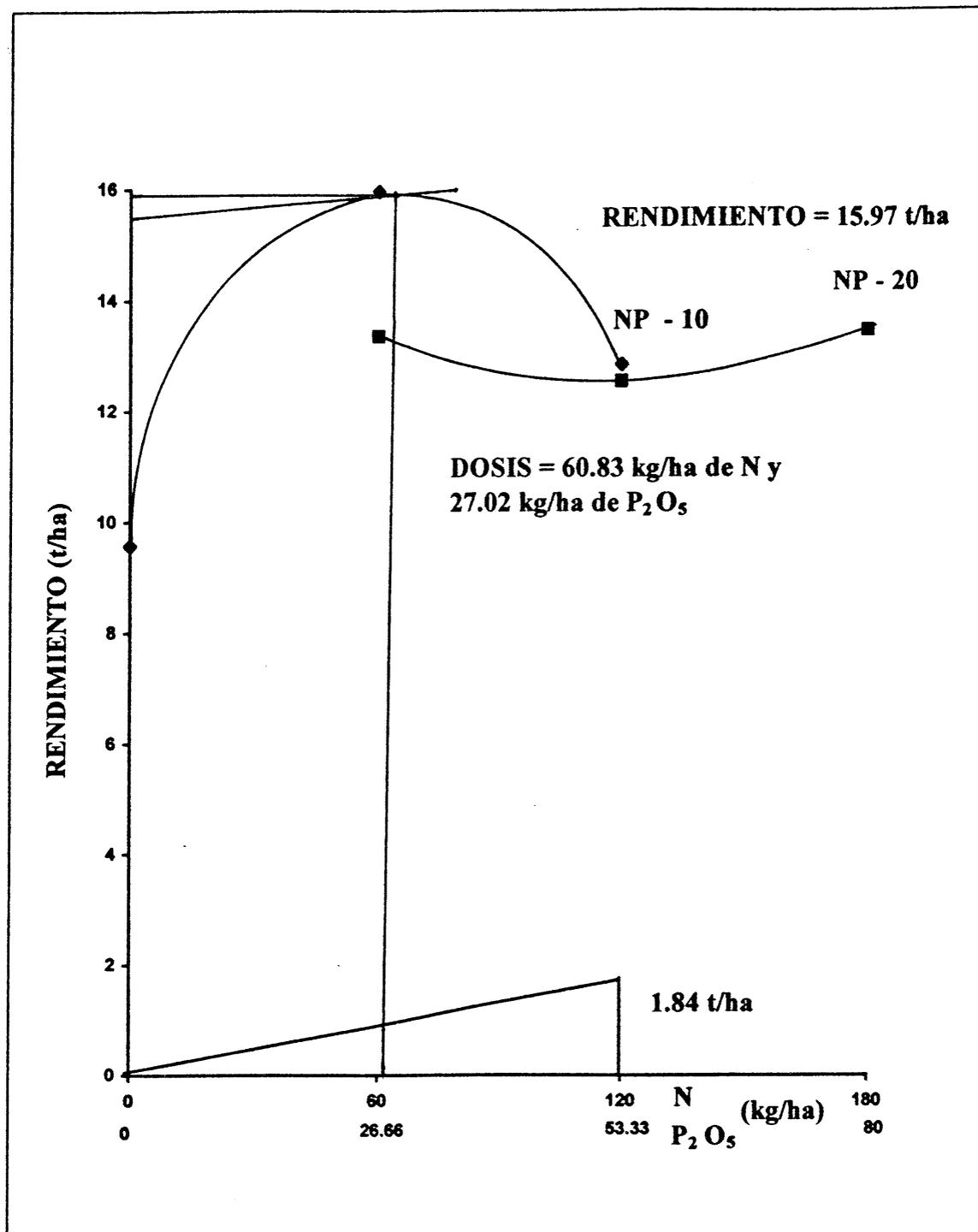


Figura 4.2. Gráfica para determinar la dosis óptima económica de capital ilimitado nitrofosforado en la producción de materia seca. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V 1996.

## **Análisis de Laboratorio**

### **Análisis en Hoja de Maíz**

Los resultados del análisis foliar en maíz se presentan en el Cuadro 4.4, estos son expresados en porcentaje y los nutrimentos que se determinaron fueron: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Zinc, para los cuales se hacen las siguientes observaciones.

#### **Concentración de Nitrógeno**

El nitrógeno en la hoja de maíz, se encontró en concentraciones que variaron de 1.61 a 2.38 por ciento, y el tratamiento que presentó el mayor valor fue el 120-53.33-10 con 2.38, así mismo el tratamiento con el valor más bajo fue el 0-0-10 con 1.61 por ciento de nitrógeno.

#### **Concentración de Fósforo**

El análisis foliar para este nutrimento, mostró el valor más alto con el tratamiento 60-26.66-10 con una concentración de 0.27, mientras que el tratamiento con la más baja concentración fue el 0-0-0 (testigo) con 0.17 por ciento de fósforo.

Cuadro 4.4. Concentración porcentual de nutrimentos en hoja de maíz. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

| No | Tratamientos |  |                     | N    | P    | K    | Ca   | Mg   | Zn     | (ppm) |
|----|--------------|--|---------------------|------|------|------|------|------|--------|-------|
|    | N<br>(kg/ha) | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg/ha) | Estiércol<br>(t/ha) |      |      |      |      |      |        |       |
| 1  | 60           | 26.66                                    | 10                  | 1.93 | 0.27 | 1.02 | 1.09 | 0.49 | 0.0053 | 53    |
| 2  | 60           | 26.66                                    | 20                  | 1.93 | 0.20 | 1.06 | 0.86 | 0.57 | 0.0066 | 66    |
| 3  | 120          | 53.33                                    | 10                  | 2.38 | 0.20 | 1.01 | 1.11 | 0.45 | 0.0062 | 62    |
| 4  | 120          | 53.33                                    | 20                  | 1.93 | 0.18 | 1.42 | 0.94 | 0.37 | 0.0049 | 49    |
| 5  | 0            | 0  | 10                  | 1.61 | 0.18 | 1.04 | 0.91 | 0.55 | 0.0051 | 51    |
| 6  | 180          | 80                                       | 20                  | 2.19 | 0.24 | 1.11 | 0.95 | 0.42 | 0.0054 | 54    |
| 7  | 60           | 26.66                                    | 0                   | 1.93 | 0.18 | 1.00 | 1.06 | 0.46 | 0.0056 | 56    |
| 8  | 120          | 53.33                                    | 30                  | 2.06 | 0.23 | 1.01 | 0.96 | 0.39 | 0.0048 | 48    |
| 9  | 0            | 0  | 0                   | 1.87 | 0.17 | 0.98 | 0.69 | 0.35 | 0.0047 | 47    |
| 10 | 0            | 0  | 30                  | 2.06 | 0.23 | 1.03 | 1.12 | 0.46 | 0.0050 | 50    |
| 11 | 180          | 80                                       | 0                   | 2.06 | 0.23 | 1.00 | 0.75 | 0.36 | 0.0040 | 40    |
| 12 | 180          | 80                                       | 0                   | 2.06 | 0.22 | 0.98 | 0.70 | 0.37 | 0.0041 | 41    |

### **Concentración de Calcio**

El análisis foliar para este nutrimento resultó con valores de 0.69 a 1.12 por ciento, siendo el tratamiento testigo el que presentó el valor más bajo, y la concentración más alta se obtuvo con el tratamiento 0-0-30.

### **Concentración de Magnesio**

En el Cuadro anterior se observa, que la concentración más baja de este elemento fue de 0.35 por ciento, la cual correspondió a el testigo, y el valor más alto se presentó en el tratamiento 60-26.66-10 con 0.57 por ciento de magnesio.

### **Concentración de Zinc**

En el mismo Cuadro se aprecia que el zinc varió su concentración de 0.0040 por ciento para el tratamiento 180-80-0 a 0.0066 por ciento para el tratamiento 60-26.66-20.

### **Análisis de Suelo**

A continuación, se presentan los resultados de los diferentes análisis a los que fue sometido el suelo.

#### **Análisis para el Primer Muestreo de Suelo**

En el Cuadro 4.5, se han concentrado los valores obtenidos luego de efectuar los análisis correspondientes al suelo proveniente del primer muestreo.

Cuadro 4.5. Diferentes características determinadas al suelo para el primer muestreo. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

| Características                    | Resultados Obtenidos                                |
|------------------------------------|---|
| Materia Orgánica                   | 1.59 %  |
| Densidad Aparente                  | 1.16 g/cm <sup>3</sup>                              |
| pH                                 | 8.05  |
| Capacidad de Intercambio Catiónico | 17.83 meq/100 g de suelo                            |
| Nitrógeno Aprovechable             | 48.50 kg/ha de Nitrógeno                            |
| Fósforo Asimilable                 | 27.50 kg/ha de Fósforo                              |
| Potasio Asimilable                 | 43.27 kg/ha de Potasio                              |
| Textura                            | Migajón Arcilloso                                   |
| Concentración de Bacterias         | 1.55 x 10 <sup>7</sup> Bacterias por Gramo de Suelo |

#### Determinación de Materia Orgánica

El contenido de materia orgánica, para el primer muestreo de suelo efectuado a toda la parcela experimental (sin aplicar tratamientos) fue de 1.59 por ciento (Cuadro 4.5); y en el Cuadro 4.6 se detallan los resultados del análisis realizado al suelo para el segundo y tercer muestreos, en el cual se aprecia que el análisis de suelo proveniente del segundo muestreo (previo a la siembra) resultó con valores en un rango de 1.57 a 3.63 por ciento, mientras que, en el tercer muestreo se encontraron valores entre 1.53 y 3.25 por ciento de materia orgánica.

#### Determinación de la Densidad Aparente

La determinación de densidad aparente para el suelo proveniente del primer muestreo, dio como resultado 1.16 g/cm<sup>3</sup> (Cuadro 4.5) mientras que en el Cuadro 4.7,

podemos apreciar que los resultados del segundo muestreo variaron en un rango de 1.03 a 1.17 g/cm<sup>3</sup>; y para el tercer muestreo el rango fue de 1.03 a 1.16 g/cm<sup>3</sup>.

Cuadro 4.6. Contenido de materia orgánica en por ciento para el segundo y tercer muestreos del suelo. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

| No | Tratamientos |                                       |                  | Segundo Muestreo | Tercer Muestreo |
|----|--------------|---------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|
|    | N (kg/ha)    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) | Estiércol (t/ha) |                  |                 |
| 1  | 60           | 26.6                                  | 10               | 3.18             | 3.00            |
| 2  | 60           | 26.6                                  | 20               | 3.33             | 3.05            |
| 3  | 120          | 53.3                                  | 10               | 2.95             | 2.27            |
| 4  | 120          | 53.3                                  | 20               | 3.10             | 3.00            |
| 5  | 0            | 0                                     | 10               | 2.72             | 2.42            |
| 6  | 180          | 80                                    | 20               | 2.80             | 2.65            |
| 7  | 60           | 26.6                                  | 0                | 1.57             | 1.65            |
| 8  | 120          | 53.3                                  | 30               | 3.63             | 3.25            |
| 9  | 0            | 0                                     | 0                | 1.61             | 1.53            |
| 10 | 0            | 0                                     | 30               | 3.33             | 3.03            |
| 11 | 180          | 80                                    | 0                | 1.58             | 1.56            |
| 12 | 180          | 80                                    | 0                | 1.63             | 1.59            |

Cuadro 4.7. Densidad aparente en g/cm<sup>3</sup> determinada al suelo proveniente del segundo y tercer muestreos. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola. P-V. 1996.

| No | Tratamientos |                                       |                  | Segundo Muestreo | Tercer Muestreo |
|----|--------------|---------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|
|    | N (kg/ha)    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) | Estiércol (t/ha) |                  |                 |
| 1  | 60           | 26.6                                  | 10               | 1.08             | 1.06            |
| 2  | 60           | 26.6                                  | 20               | 1.06             | 1.03            |
| 3  | 120          | 53.3                                  | 10               | 1.08             | 1.06            |
| 4  | 120          | 53.3                                  | 20               | 1.05             | 1.04            |
| 5  | 0            | 0                                     | 10               | 1.07             | 1.06            |
| 6  | 180          | 80                                    | 20               | 1.03             | 1.03            |
| 7  | 60           | 26.6                                  | 0                | 1.15             | 1.15            |
| 8  | 120          | 53.3                                  | 30               | 1.03             | 1.02            |
| 9  | 0            | 0                                     | 0                | 1.17             | 1.16            |
| 10 | 0            | 0                                     | 30               | 1.04             | 1.04            |
| 11 | 180          | 80                                    | 0                | 1.14             | 1.15            |
| 12 | 180          | 80                                    | 0                | 1.15             | 1.15            |

## Determinación de pH

El pH del suelo para el primer muestreo, dio como resultado 8.05 (Cuadro 4.5) y en el análisis para el segundo muestreo (Cuadro 4.8) se encontraron valores entre 7.82 y 8.10. El suelo colectado en el tercer muestreo, mostró valores de pH en el rango de 7.95 y 8.17.

## Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico

La determinación de esta propiedad química del suelo, arrojó los siguientes resultados: para el primer muestreo se obtuvo un valor de 17.83 meq/100 g de suelo (Cuadro 4.5), no obstante para el segundo muestreo los resultados (Cuadro 4.9) variaron de 15.15 a 24.41 meq/100 g de suelo.

Para el tercer muestreo, la capacidad de intercambio catiónico osciló (Cuadro 4.9), entre 16.00 y 25.00 meq/100 g de suelo.

Cuadro 4.8. Determinación de pH en el suelo del segundo y tercer muestreos.  
Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

| No | Tratamientos |                                       |                  | Segundo Muestreo | Tercer Muestreo |
|----|--------------|---------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|
|    | N (kg/ha)    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) | Estiércol (t/ha) |                  |                 |
| 1  | 60           | 26.66                                 | 10               | 7.88             | 8.10            |
| 2  | 60           | 26.66                                 | 20               | 7.82             | 7.95            |
| 3  | 120          | 53.33                                 | 10               | 7.91             | 8.05            |
| 4  | 120          | 53.33                                 | 20               | 7.84             | 8.09            |
| 5  | 0            | 0                                     | 10               | 8.04             | 8.13            |
| 6  | 180          | 80                                    | 20               | 8.09             | 8.01            |
| 7  | 60           | 26.66                                 | 0                | 7.97             | 8.10            |
| 8  | 120          | 53.33                                 | 30               | 8.01             | 8.11            |
| 9  | 0            | 0                                     | 0                | 8.07             | 8.01            |
| 10 | 0            | 0                                     | 30               | 8.10             | 8.17            |
| 11 | 180          | 80                                    | 0                | 8.04             | 8.00            |
| 12 | 180          | 80                                    | 0                | 7.99             | 7.99            |

Cuadro 4.9. Capacidad de intercambio catiónico en meq/100g determinada al suelo proveniente del segundo y tercer muestreos. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

| No | Tratamientos |                                       |                  | Segundo Muestreo | Tercer Muestreo |
|----|--------------|---------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|
|    | N (kg/ha)    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) | Estiércol (t/ha) |                  |                 |
| 1  | 60           | 26.66                                 | 10               | 19.76            | 21.45           |
| 2  | 60           | 26.66                                 | 20               | 20.86            | 22.80           |
| 3  | 120          | 53.33                                 | 10               | 20.80            | 21.00           |
| 4  | 120          | 53.33                                 | 20               | 20.93            | 21.20           |
| 5  | 0            | 0                                     | 10               | 18.62            | 18.79           |
| 6  | 180          | 80                                    | 20               | 21.28            | 21.50           |
| 7  | 60           | 26.66                                 | 0                | 17.57            | 17.50           |
| 8  | 120          | 53.33                                 | 30               | 24.41            | 25.00           |
| 9  | 0            | 0                                     | 0                | 15.15            | 16.00           |
| 10 | 0            | 0                                     | 30               | 18.36            | 21.96           |
| 11 | 180          | 80                                    | 0                | 18.00            | 18.07           |
| 12 | 180          | 80                                    | 0                | 18.71            | 18.02           |

### Nitrógeno Aprovechable

En el primer muestreo de suelo (sin aplicar tratamientos), resultó con un contenido de 48.50 kg/ha de nitrógeno (Cuadro 4.5), ubicándose como medianamente pobre (Requejo, 1996).

Los resultados del análisis para el segundo y tercer muestreos de suelo, se presentan en el Cuadro 4.10, donde es notable que el nitrógeno varió de medianamente pobre a rico, siendo las cantidades de 45.63 para el medianamente pobre y 113.00 kg/ha de N, respectivamente

Cuadro 4.10. Contenido de nitrógeno aprovechable en kg/ha para el segundo y tercer muestreos de suelo. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

| No | Tratamientos |                                       |                  | Segundo Muestreo | Tercer Muestreo |
|----|--------------|---------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|
|    | N (kg/ha)    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) | Estiércol (t/ha) |                  |                 |
| 1  | 60           | 26.66                                 | 10               | 90.00 MR         | 67.50 M         |
| 2  | 60           | 26.66                                 | 20               | 85.00 M          | 79.00 M         |
| 3  | 120          | 53.33                                 | 10               | 86.00 M          | 77.00 M         |
| 4  | 120          | 53.33                                 | 20               | 90.00 MR         | 83.00 M         |
| 5  | 0            | 0                                     | 10               | 67.00 MP         | 57.00 MP        |
| 6  | 180          | 80                                    | 20               | 83.00 M          | 99.00 MR        |
| 7  | 60           | 26.66                                 | 0                | 55.00 MP         | 44.00 MP        |
| 8  | 120          | 53.33                                 | 30               | 113.00 R         | 98.00 MR        |
| 9  | 0            | 0                                     | 0                | 51.06 MP         | 45.63 MP        |
| 10 | 0            | 0                                     | 30               | 75.00 M          | 68.00 M         |
| 11 | 180          | 80                                    | 0                | 56.12 MP         | 75.00 M         |
| 12 | 180          | 80                                    | 0                | 49.02 MP         | 73.50 M         |

MP = Medianamente Pobre M = Mediano MR = Medianamente Rico R = Rico

### Fósforo Asimilable

El análisis realizado al suelo proveniente del primer muestreo, dio como resultado 27.50 kg/ha de fósforo disponible (Cuadro 4.5), considerándose como medianamente pobre.

Los valores del análisis efectuado al segundo y tercer muestreos de suelo, se presentan en el Cuadro 4.11, en donde se observa, que la concentración de fósforo asimilable varió de medianamente pobre a medianamente rico.

Cuadro 4.11. Fósforo disponible en kg/ha para el segundo y tercer muestreos de suelo. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

| No | Tratamientos |                                       |                  | Segundo Muestreo | Tercer Muestreo |
|----|--------------|---------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|
|    | N (kg/ha)    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) | Estiércol (t/ha) |                  |                 |
| 1  | 60           | 26.66                                 | 10               | 57.00 MR         | 49.00 M         |
| 2  | 60           | 26.66                                 | 20               | 58.00 MR         | 51.50 M         |
| 3  | 120          | 53.33                                 | 10               | 65.00 MR         | 59.00 MR        |
| 4  | 120          | 53.33                                 | 20               | 64.00 MR         | 58.00 MR        |
| 5  | 0            | 0                                     | 10               | 50.00 M          | 31.00 M         |
| 6  | 180          | 80                                    | 20               | 54.00 M          | 49.00 MR        |
| 7  | 60           | 26.66                                 | 0                | 28.00 MP         | 32.00 M         |
| 8  | 120          | 53.33                                 | 30               | 60.50 MR         | 58.55 MR        |
| 9  | 0            | 0                                     | 0                | 26.50 MP         | 22.30 MP        |
| 10 | 0            | 0                                     | 30               | 57.00 MR         | 39.00 M         |
| 11 | 180          | 80                                    | 0                | 28.00 MP         | 48.50 M         |
| 12 | 180          | 80                                    | 0                | 27.00 MP         | 38.00 M         |

M= Mediano MP= Medianamente Pobre MR= Medianamente Rico

### Potasio Asimilable

Este nutriente, para el primer muestreo, presentó el valor de 43.27 kg/ha (Cuadro 4.5), por lo cual al suelo se le consideró como extremadamente pobre.

En el segundo muestreo (Cuadro 4.12), el rango fue de 37.40 (extremadamente pobre) a 212.25 kg/ha de potasio (mediano), y en el tercer muestreo el rango fue de 45.82 (extremadamente pobre) a 187.05 kg/ha de potasio (medianamente pobre).

Cuadro 4.12. Potasio asimilable en kg/ha para el segundo y tercer muestreos de suelo.  
Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

| No | Tratamientos |  | Estiércol<br>(t/ha) | Segundo Muestreo | Tercer Muestreo |
|----|--------------|--|---------------------|------------------|-----------------|
|    | N<br>(kg/ha) | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg/ha) |                     |                  |                 |
| 1  | 60           | 26.66                                    | 10                  | 193.68 MP        | 143.00 MP       |
| 2  | 60           | 26.66                                    | 20                  | 201.00 MP        | 179.00 MP       |
| 3  | 120          | 53.33                                    | 10                  | 187.00 MP        | 175.00 MP       |
| 4  | 120          | 53.33                                    | 20                  | 175.00 MP        | 175.00 MP       |
| 5  | 0            | 0  | 10                  | 110.00 MUP       | 75.00 MUP       |
| 6  | 180          | 80                                       | 20                  | 189.00 MP        | 155.00 MP       |
| 7  | 60           | 26.66                                    | 0                   | 45.66 EP         | 37.00 EP        |
| 8  | 120          | 53.33                                    | 30                  | 212.25 M         | 187.05 MP       |
| 9  | 0            | 0  | 0                   | 39.00 EP         | 45.82 EP        |
| 10 | 0            | 0  | 30                  | 199.00 MP        | 155.95 MP       |
| 11 | 180          | 80                                       | 0                   | 37.40 EP         | 46.57 EP        |
| 12 | 180          | 80                                       | 0                   | 39.67 EP         | 38.74 EP        |

MP= Medianamente Pobre M= Mediano EP= Extremadamente Pobre MUP= Muy Pobre

### Crecimiento de Microorganismos

La técnica de diluciones seriadas, se enfocó a determinar la concentración de bacterias, sin tomar en cuenta los tipos de género y especies.

La concentración para el primer muestreo de suelo fue:  $1.55 \times 10^7$  bacterias por gramo de suelo seco (Cuadro 4.5).

En el Cuadro 4.13, se pueden apreciar, los diferentes crecimientos que tuvieron las bacterias en el segundo y tercer muestreos de suelo, en los cuales es muy acentuada la mayor concentración causada por los tratamientos orgánicos y químico - orgánicos.

Cuadro 4.13. Concentración de bacterias para el segundo y tercer muestreos de suelo. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

| No | N<br>(kg/ha) | Tratamientos                             |                     | Segundo Muestreo<br>$10^7$ | Tercer Muestreo<br>$10^7$ |
|----|--------------|--|---------------------|----------------------------|---------------------------|
|    |              | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg/ha) | Estiércol<br>(t/ha) |                            |                           |
| 1  | 60           | 26.66                                    | 10                  | *3.70                      | 1.98                      |
| 2  | 60           | 26.66                                    | 20                  | 3.00                       | 2.18                      |
| 3  | 120          | 53.33                                    | 10                  | 2.60                       | 1.88                      |
| 4  | 120          | 53.33                                    | 20                  | 2.89                       | 1.93                      |
| 5  | 0            | 0  | 10                  | 2.02                       | 1.76                      |
| 6  | 180          | 80                                       | 20                  | 3.24                       | 1.88                      |
| 7  | 60           | 26.66                                    | 0                   | 1.49                       | 1.35                      |
| 8  | 120          | 53.33                                    | 30                  | 3.10                       | 1.81                      |
| 9  | 0            | 0  | 0                   | 1.53                       | 1.40                      |
| 10 | 0            | 0  | 30                  | 3.75                       | 2.03                      |
| 11 | 180          | 80                                       | 0                   | 1.50                       | 1.45                      |
| 12 | 180          | 80                                       | 0                   | 1.60                       | 1.43                      |

\* Número de bacterias por gramo de suelo seco.

## DISCUSION

### **Método Gráfico - Estadístico para Rendimientos de Materia Seca**

En el Cuadro 4.1 se expusieron los resultados de los análisis de varianza, realizados a las diferentes variables evaluadas en el cultivo de maíz durante el desarrollo del experimento.

Para la variable rendimiento de materia seca, son notables las diferencias altamente significativas; lo que indica el efecto diferente que tuvieron las cantidades de fertilizante químico y orgánico utilizadas en cada uno de los tratamientos.

El análisis estadístico, económico y gráfico del Cuadro 4.3 y Figuras 4.1 y 4.2 del Capítulo de Resultados, reflejan con mayor claridad, la tendencia del efecto ocasionado por los diferentes tratamientos sobre el rendimiento de materia seca.

En la fase estadística, se puede afirmar que la combinación de fertilizantes químicos con estiércol bovino causaron los mejores rendimientos de materia seca; razón de esto es que al comparar con la DMS, los diferentes rendimientos medios (parte factorial y prolongaciones), los resultados se inclinaron por completo a la aplicación de 60 kg/ha de N, 26.66 kg/ha de  $P_2O_5$  y 10 t/ha de estiércol como el mejor tratamiento. Se observa en el Cuadro 4.3, que al comparar la aplicación de 60 kg/ha de N, 26.66 kg/ha de

$P_2O_5$  y 10 t/ha de estiércol con la de sólo 10 t/ha de estiércol, se obtuvo una diferencia de 6.38 t/ha, la cual rebasa a la DMS que tiene un valor de 1.83 t/ha, indicando que sí hubo una respuesta muy marcada a la aplicación de fertilizante químico combinado con estiércol bovino.

La situación anterior que casi coincide con Beauchamp (1987), quien encontró que al aplicar 120 kg/ha provenientes de estiércol de ganado lechero líquido más urea, dieron buena respuesta en los rendimientos de maíz en los primeros años de su aplicación.

Lo aseverado se confirma, cuando al comparar el rendimiento ocasionado por la aplicación de 60 kg/ha de N, 26.66 kg/ha de  $P_2O_5$  y 10 t/ha de estiércol (igual a 15.95 t/ha) con el provocado al aplicar únicamente 60 kg/ha de N y 26.66 kg/ha de  $P_2O_5$  (12.54 t/ha), resultó con una diferencia de 3.41 t/ha, valor superior a la DMS.

Encontramos entonces, que nos acercamos a lo encontrado por Dormar *et al.* (1988), quienes al aplicar estiércol bovino combinado con 150 kg/ha N (Urea) y 150 kg/ha de  $P_2O_5$  (Superfosfato Triple), en cultivo de trigo, lograron restaurar la productividad del suelo, el cual se encontraba severamente erosionado.

Es notable también (Cuadro 4.3), que la diferencia mostrada, por la aplicación de 10 t/ha de estiércol (solo) con respecto al testigo (0-0-0) fue de 1.57 t/ha (no rebasó la DMS), indicando que no hubo efecto significativo con la aplicación de esta cantidad de estiércol, lo cual puede deberse al tiempo insuficiente para la mineralización del nitrógeno contenido en este material.

Más sin embargo, el cambio que provocó la aplicación de 30 t/ha de estiércol con respecto al testigo, fue de 4.42 t/ha, el cual sí rebasó la DMS, reflejando con esto que se pueden obtener rendimientos favorables, tanto así, que esta puede ser una alternativa para cuando se presenten situaciones de disponibilidad limitada de fertilizantes químicos.

Estos resultados, tienden a coincidir con los reportados por Castellanos y Reyes (1982), quienes mencionan que el maíz "PAG 494", cultivado en una rotación maíz-trigo de 1975 a 1979, respondió bien a la incorporación de estiércol en el suelo antes de la siembra. Las producciones de materia seca fueron casi duplicadas por la dosis de 22 t/ha de estiércol con respecto al testigo.

Los mismos autores, mencionan que en un experimento en Bushland, Texas, se cultivó maíz para ensilaje, produciéndose altos rendimientos y buena calidad de forraje cuando se aplicaron 22 t/ha de estiércol de ganado de engorda.

Es importante, comparar el rendimiento de materia seca de 15.95 t/ha, obtenido con el mejor tratamiento (punto de vista estadístico) respecto al testigo, el cual tuvo un rendimiento de 8.00 t/ha, dado a que contribuye a sustentar la conveniencia discutida en el párrafo anterior.

Al comparar, el rendimiento obtenido cuando se aplicaron 120 kg/ha de N, 53.33 kg/ha de  $P_2O_5$  y 30 t/ha de estiércol (igual a 11.65 t/ha), con el producido por la aplicación de 180 kg/ha de N, 80 kg/ha de  $P_2O_5$  (rendimiento de 13.44 t/ha), encontramos que no hubo diferencia estadística.

Al relacionar, el efecto de las aplicaciones con sólo fertilizante químico, pero con diferentes fuentes, se obtuvo que con 180 kg/ha de N (Sulfato de Amonio) y 80 kg/ha de  $P_2O_5$  (Superfosfato Simple), rindieron 11.78 t/ha; más sin embargo, 180 kg/ha N (Urea) y 80 kg/ha de  $P_2O_5$  (Superfosfato Triple) causaron un rendimiento de 13.00 t/ha de materia seca; lo cual nos indica, que no hubo significancia, por lo que se traduce, como una oportunidad para usar cualquiera de ellos cuando las condiciones de suelo, disponibilidad y acceso económico, sean parámetros a tomar en cuenta al momento de planificar un cultivo.

En concreto, se puede concluir (punto de vista estadístico) que el contenido de 60 kg/ha N (urea), 26.66 kg/ha de  $P_2O_5$  (Superfosfato Triple) y 10 t/ha de estiércol, fue el que produjo el mejor rendimiento de materia seca en maíz, situación que puede interpretarse como el efecto de una buena interacción entre el factor fertilizante químico y el factor estiércol bovino.

Se puede aducir entonces, que al existir disponibilidad de estiércol bovino y fuentes químicas, la dosis de 180-80-0 (recomendada para maíz bajo riego), se reducirá en un 67 por ciento; por lo cual, la aplicación de esta combinación, causará un aporte nutrimental para el desarrollo y producción del cultivo, al igual que una contribución a la conservación y mejoramiento de las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

Si se toman en cuenta, los resultados descritos en el análisis económico (Cuadro 4.3), se observa que la dosis óptima económica para capital ilimitado (DOECI) fue de 60

kg/ha de N (Urea), 26.66 kg/ha de  $P_2 O_5$  (Superfosfato Triple) y 10 t/ha de estiércol, mientras que la dosis óptima económica de capital limitado (DOECL) fue 60 kg/ha de N (Urea) y 26.66 kg/ha de  $P_2 O_5$  (Superfosfato Triple), siendo su TRCV de \$ 3.93, esto explica que el tratamiento en mención produjo el mayor aporte por peso invertido.

La situación económica, se asemeja a la encontrada por Arredondo (1996), quien al ensayar varias dosis de estiércol bovino solo y en combinación con fertilizante químico en maíz, concluye que es factible mantener la productividad del suelo con dosis bajas de fertilización orgánica (5 t/ha de estiércol) o química-orgánica (23 kg/ha de N-23 kg/ha de  $P_2 O_5$ -5 t/ha de estiércol) más sin embargo, menciona que se requiere reducir más los costos.

Al resultado de la TRCV anterior, le siguió el producido por 60 kg/ha de N (Urea), 26.66 kg/ha de  $P_2 O_5$  (Superfosfato Triple) y 10 t/ha de estiércol, que fue de \$ 2.91.

Esta relación, se hizo en vista del objetivo que se trazó para este experimento; para lo cual habrá que sopesar si aplicar o no fertilizante químico combinado con estiércol bovino, y esta decisión deberá ser muy acertada y conciente de la situación que sucede con el recurso suelo; si se considera sólo la retribución económica, entonces será muy fácil invertir en la compra de fuentes químicas, para así surtir la dosis recomendada. Pero si la decisión, es que hay que obtener ganancias, y a la vez aportar parte de estas ganancias al mantenimiento y conservación del recurso suelo, la virtual opción será la de aplicar la combinación de fertilizante químico con estiércol.

No se puede omitir la ponencia de Jiménez (1997), en donde menciona, que año con año el Instituto de Observación Mundial, ha estimado que los continentes pierden anualmente 24,000 millones de toneladas de suelo fértil, y que en las últimas dos décadas se ha perdido tanto suelo que podría cubrir toda la superficie laborable de los Estados Unidos.

El mismo autor, menciona la aguda situación en cuanto a la rentabilidad de la agricultura en México, señalando el menoscabo en las utilidades que año con año sufre el agricultor, a raíz de la devaluación, que es la causa primordial de los progresivos incrementos en los insumos como fertilizantes, agroquímicos, maquinaria, etc. La situación anterior, está ligada también a la falta de apoyos económicos al campo y el alto costo del dinero que no puede pagar la agricultura.

Será necesario entonces, comportarse de manera muy enfática, al momento de afrontar situaciones como la antes expuesta, dado a que se deben de tomar muy en cuenta el estado de deterioro del suelo, la disponibilidad económica y la situación ambiental en general.

La parte gráfica (Figuras 4.1 y 4.2), considera a todos los resultados para brindar una dosis óptima económica de capital ilimitado, que fue de 60.83 kg/ha de N (Urea), 27.02 kg/ha de  $P_2O_5$  (Superfosfato Triple) y 9.40 t/ha de estiércol, con la cual se puede obtener un rendimiento de 15.94 t/ha de materia seca.

Esta dosis explica, que con capital ilimitado, se puede aplicar estiércol bovino combinado con fertilizante químico, para así con ello obtener rendimientos económicamente redituables.

### **Días a Floración Masculina y Femenina en Maíz**

Con relación a las variables días a floración masculina y femenina (Cuadros A.9 y A.10), estas fueron no significativas, por lo que se asume que no hubo al respecto ningún efecto de los factores que se estudiaron en sus diferentes dosis y combinaciones, esto fue confirmado por la prueba de Tukey al cinco por ciento (Cuadro 4.2), ya que estuvieron dentro del rango aceptable de floración, el cual es de 75 a 85 días (IMM, 1996).

### **Altura de Planta en Maíz**

La variable altura de planta, resultó con diferencias altamente significativas (Cuadro A.7) y según la prueba de Tukey al cinco por ciento (Cuadro 4.2), los tratamientos 60 kg/ha de N, 26.66 kg/ha de  $P_2O_5$  y 10 t/ha de estiércol (con altura de 2.60 m), 180 kg/ha de N, 80 kg/ha de  $P_2O_5$  y 20 t/ha de estiércol (con 2.56 m), 60 kg/ha de N, 26.66 kg/ha de  $P_2O_5$  y 20 t/ha de estiércol (con 2.52 m), 180 kg/ha de N, 80 kg/ha de  $P_2O_5$  y sin estiércol, fueron los mejores dentro del rango aceptable de altura (2.5 a 3.10 m) para este híbrido de maíz (IMM, 1996).

Lo anterior, indica que sí existió efecto de las dosis de estiércol bovino más fertilizante químico, que estaban incluidas en cada tratamiento.

La Figura A.1, muestra de manera más clara el comportamiento de todos los tratamientos con respecto a la altura de planta.

### **Altura de Mazorca**

Para la altura de mazorca, se encontró que hubo diferencias altamente significativas (Cuadro A.8), lo cual es observable en la Figura A.2; para ello, la prueba de Tukey al cinco por ciento (Cuadro 4.2) mostró que los mejores tratamientos fueron: 60 kg/ha de N, 26.66 kg/ha de  $P_2O_5$  y 10 t/ha de estiércol, con 1.34 m de altura y 180 kg/ha de N, 80 kg/ha de  $P_2O_5$  y 20 t/ha de estiércol, con 1.29 m, demostrando que hubo efecto de las cantidades de estiércol y fertilizante químico contenidos en cada uno de los tratamientos, la altura de mazorca estuvo dentro del rango aceptable para este híbrido de maíz, que es 1.2 a 1.5 m (IMM, 1996).

### **Concentración de Nutrientes en Hojas de Maíz**

Referente a los resultados del análisis foliar (Cuadro 4.4), estos se encontraron dentro del rango aceptable (Salisbury y Cleon, 1994), quienes indican que la concentración adecuada de elementos esenciales para la mayoría de las plantas superiores es: Nitrógeno 1.5 , Fósforo 0.2 , Potasio 1.0 , Calcio 0.5 , Magnesio 0.2 y Zinc 0.0020 por ciento, respectivamente.

### Concentración de Nitrógeno en Hojas de Maíz

Para el caso de nitrógeno, los valores encontrados (Cuadro 4.4) estuvieron en el rango de 1.61 a 2.38 por ciento, y de manera más precisa lo podemos observar en la Figura 5.1, en la cual es notable que la mayor concentración fue de 2.38 por ciento (120-53.33-20), seguida por 2.19 por ciento de N (180-80-20).

Se considera entonces, que existió aporte efectivo de nitrógeno por parte de las fuentes nutrimentales: estiércol, urea y superfosfato triple.

Bidwell (1993), menciona que el nitrógeno tiene un lugar especial en la nutrición, no sólo debido a su elevado requerimiento por las plantas, sino porque está casi completamente ausente de la roca madre de la cual se forman los suelos. La presencia de nitrógeno en el suelo es casi totalmente el resultado de la acción biológica, abono artificial o fertilización natural. Además es probable que la mayoría de las plantas vivan en condiciones naturales en un estado de carencia de nitrógeno que, sin embargo, no es crítico debido a su gran adaptabilidad a amplios rangos de nutrición.

Simpson (1991), afirma que en muchos cultivos, la superficie foliar total es proporcional al aporte de nitrógeno. Esta proporcionalidad deja de existir sólo en el caso de que el nitrógeno sea absorbido en cantidades tan grandes que no puedan ser utilizadas en la síntesis de proteína que realiza la planta.

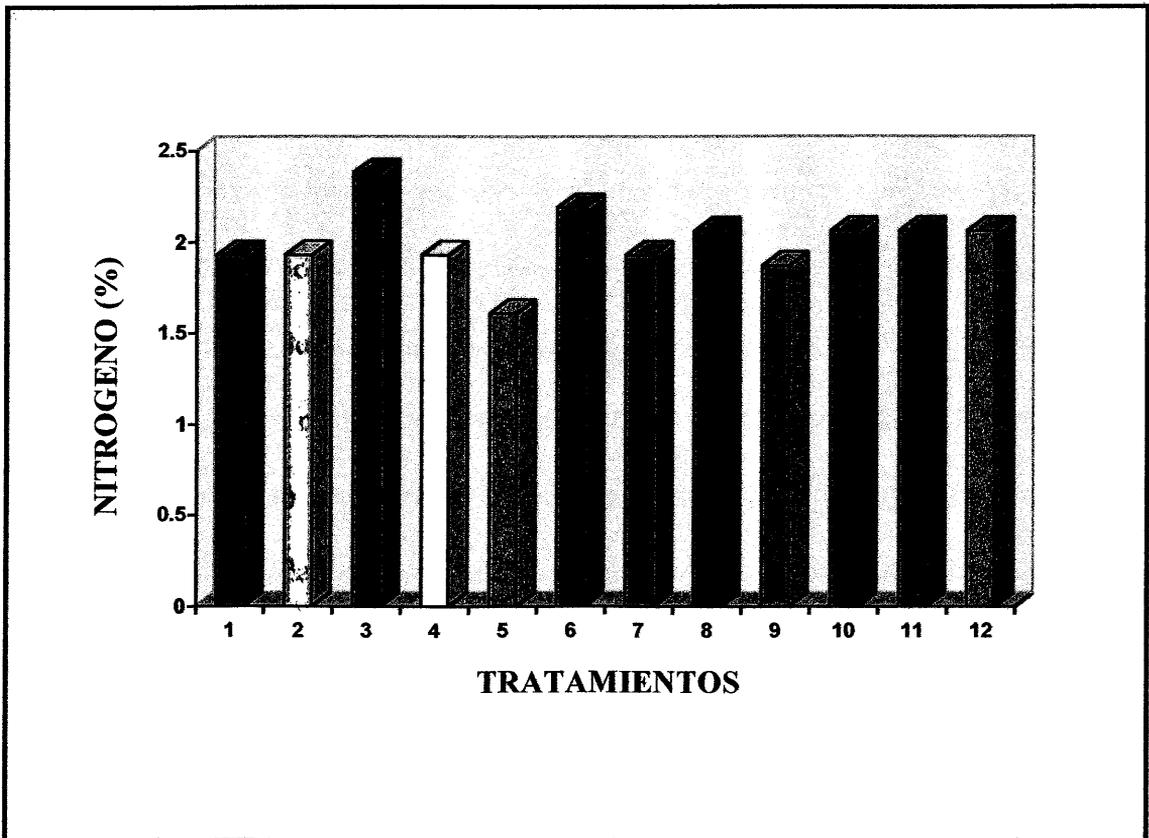


Figura 5.1. Concentración de nitrógeno en hojas de maíz. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

El mismo autor menciona, que los efectos provocados por el aumento del aporte de nitrógeno sobre el rendimiento, y particularmente sobre el rendimiento de las cosechas de cereales, de raíces, de pastos y de patatas, son mayores que los que se consiguen con cualquier otro nutrimento.

Castellanos y Reyes (1982), indican que si se aplicara una dosis continua de 50 t/ha de estiércol, los requerimientos del sistema de cultivo serían excedidos enormemente después de algunos años. Si se aplicara una dosis anual de 20 t/ha, los cultivos no

llenarían los requerimientos al principio y no sería sino hasta el quinceavo año en que se mineralizaría los dosis requerida de nitrógeno.

Los mismos autores afirman que, debido a este gradual incremento en la mineralización anual, conforme se incrementa el nitrógeno orgánico residual en el suelo, no son deseables las dosis constantes de aplicación de la mayoría de las fuentes orgánicas de nitrógeno. De esta manera, si se aplica una dosis constante de nitrógeno orgánico que pretenda en un futuro determinado incrementar el nivel de nitrógeno mineral a un nivel deseado, es recomendable suplementar mientras tanto con fuentes inorgánicas hasta que las fuentes orgánicas puedan suplementar el nitrógeno requerido.

Salisbury y Cleon (1994), reafirman la importancia del nitrógeno para las plantas, la cual se acentúa por el hecho de que sólo el carbono, hidrógeno y oxígeno abundan más en ellas. Aunque el nitrógeno se presenta en un gran número de constituyentes vegetales, la mayor parte se encuentra en proteínas. Por lo común este elemento se absorbe del suelo en formas muy oxidadas, y estas deberán reducirse para ser incorporadas en proteínas y otros constituyentes celulares.

### **Concentración de Fósforo en Hojas de Maíz**

El fósforo, para la mayor parte de los tratamientos (Cuadro 4.4), estuvo dentro de lo aceptable que es 0.2 por ciento (Salisbury y Cleon, 1994); no así el testigo y los tratamientos 120-53.33-20 , 0-0-10 y 60-26.6-0 que mostraron un ligero descenso, en la Figura 5.2 se observa de manera más objetiva, lo antes discutido para este elemento.

Las mayores concentraciones de fósforo, se encontraron en los tratamientos 60-26.66-10 y 180-80-20 con 0.27 y 0.24 por ciento de fósforo respectivamente, atribuyendo esto al buen efecto de los fertilizantes químicos combinados con los orgánicos.

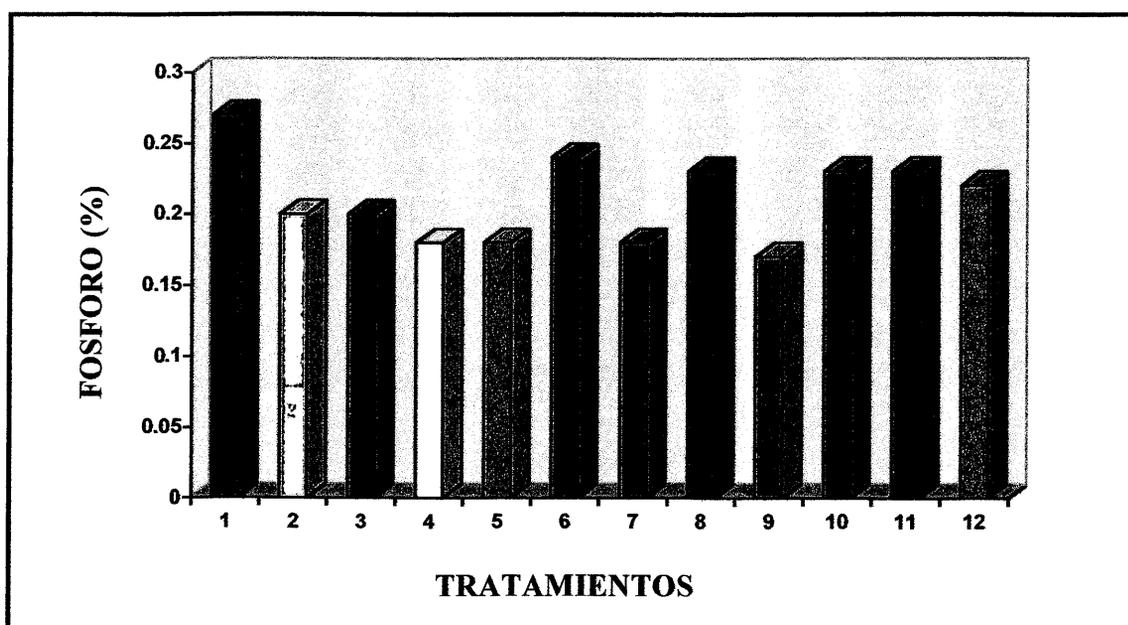


Figura 5.2. Concentración de fósforo en hojas de maíz. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

### Concentración de Potasio en Hojas de Maíz

En lo que refiere a potasio (Cuadro 4.4), este varió en un rango de concentración de 0.98 y 1.42 por ciento, correspondiendo el mayor valor al tratamiento 120-53.33-20, seguido del tratamiento 18-80-20 con 1.11 por ciento de potasio, el cambio de este nutrimento se expresa más claramente en la Figura 5.3, y el pico más alto de la gráfica indica la efectividad del tratamiento químico-orgánico.

Cabe mencionar, que en ninguno de los tratamientos se aplicó potasio de manera complementaria.

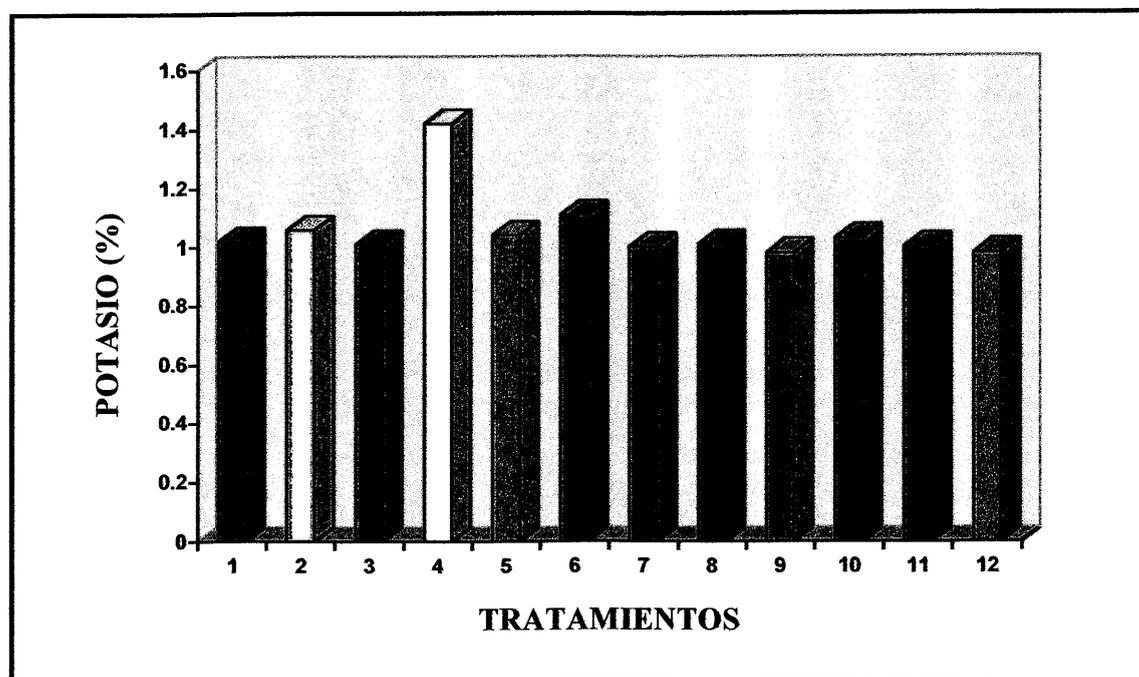


Figura 5.3. Concentración de potasio en hojas de maíz. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

Castellanos y Reyes (1982), afirman que el potasio en los estiércoles es por lo general casi completamente soluble en agua y se considera tan disponible como el de las fuentes cloruro de potasio o sulfato de potasio. Esto excluye a aquellos estiércoles que tienen mezclas de cantidades substanciales de suelo. El potasio de la fracción del suelo es fundamentalmente insoluble y poco disponible a las plantas.

El contenido de potasio del estiércol utilizado fue de 1.05 por ciento, el cual según lo mencionado por los mismos autores, estuvo disponible para las plantas en los diferentes tratamientos que se conformaron con estiércol.

Cooke (1987), coincide en que los cultivos absorben mucho potasio (es común que sea en el rango de 100 a 300 kg/ha), a menos que esa cantidad se retorne en forma de abonos orgánicos o estiércoles de animales de pastoreo, las reservas de muchos suelos se agotan, de tal manera que tarde o temprano no es posible tener en ellos rendimientos máximos.

### Concentración de Calcio en Hojas de Maíz

El calcio, se comportó (Cuadro 4.4) en concentraciones de: 0.69 a 1.12 por ciento. La Figura 5.4, ilustra la forma en que este elemento estuvo presente en la hoja de maíz.

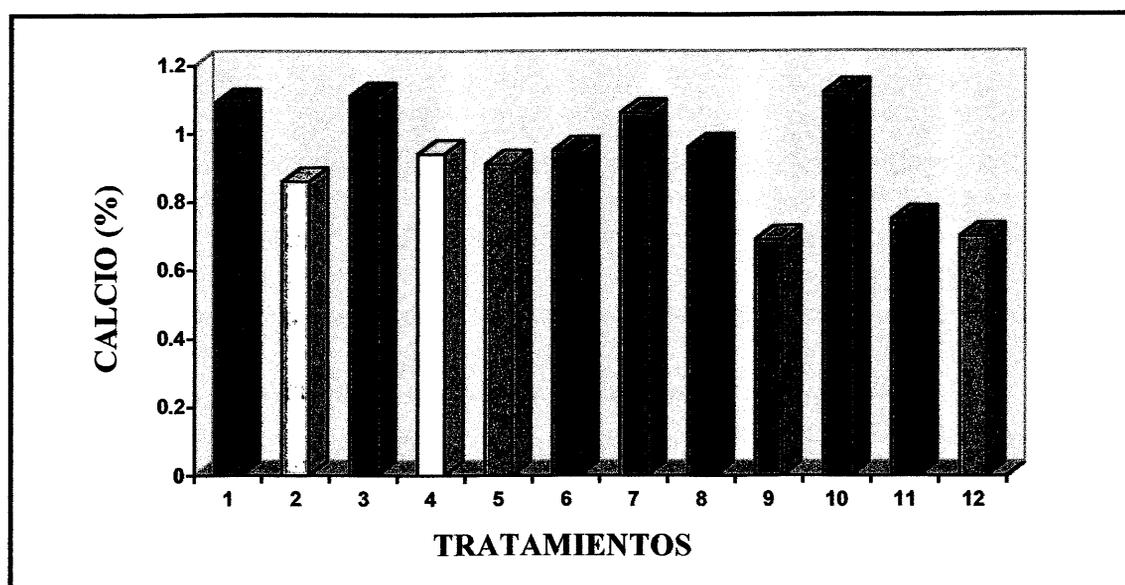


Figura 5.4. Concentración de calcio en hojas de maíz. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

Observándose, que el mayor valor se obtuvo con el tratamiento 0-0-30, el cual resultó con 1.12 por ciento, y el valor más bajo fue de 0.69 por ciento, obtenido con el tratamiento testigo absoluto (0-0-0).

Para Salisbury y Cleon (1994), la concentración de calcio en hojas, apropiada para las plantas superiores, es de 0.5 por ciento, y fue notorio que todos los tratamientos mostraron concentraciones superiores a este valor.

Lo anterior, indica que hubo disponibilidad y aporte de este elemento, tanto de el suelo, como de las fuentes química y orgánica.

Los mismos autores, mencionan que el calcio se absorbe como ion  $\text{Ca}^{2+}$ , y que la mayoría de los suelos contienen el suficiente calcio para permitir un crecimiento vegetal adecuado.

Tisdale y Nelson (1991), al respecto indican, que a este elemento se le encuentra en cantidades abundantes en las hojas de las plantas. Y en el maíz, una carencia de calcio impide la emergencia y desarrollo de nuevas hojas y sus puntas están casi sin color y cubiertas con un material gelatinoso que provoca que se adhieran unas a otras. Tal situación no fue observable en el desarrollo del estudio, por lo cual se considera que hubo suficiencia de este nutrimento.

### **Concentración de Magnesio en Hoja de Maíz**

El magnesio, cuyo comportamiento se puede observar en la Figura 5.5, presentó valores de concentración en el rango de: 0.35 a 0.57 por ciento, y fue el tratamiento 60-

26.66-20 el que mostró la mayor concentración, seguida por el tratamiento 0-0-10 con 0.55 por ciento y 60-26.66-10 con 0.49 por ciento de Magnesio (Cuadro 4.4).

Se considera que para este resultado, influyó el efecto del estiércol solo y su combinación con fuentes químicas.

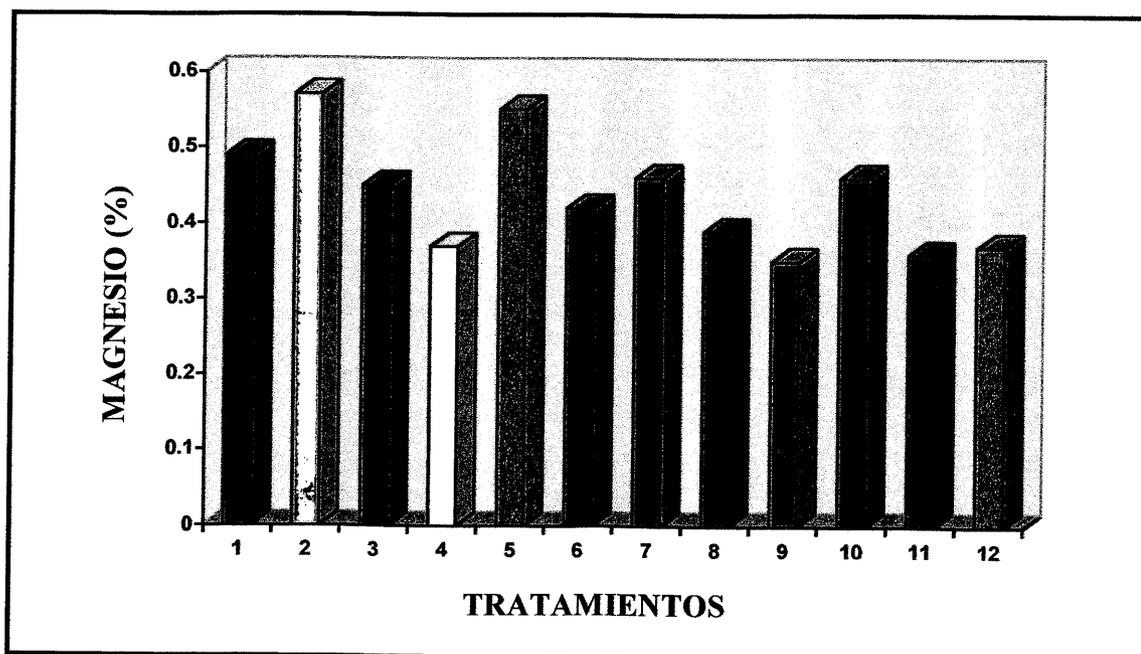


Figura 5.5. Concentración de magnesio en hojas de maíz. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

De lo anterior se puede decir que el rango de Magnesio en las hojas se mantuvo dentro de lo aceptable para plantas superiores, el cual según Salisbury y Cleon (1994), es de 0.2 por ciento

Buckman y Brady (1991), mencionan que en contraste con la situación respecto al nitrógeno, el contenido de este elemento (magnesio) en la planta es relativamente bajo.

Por lo tanto, su remoción por los cultivos y su adición por residuos de las cosechas y estiércol, serán relativamente pequeñas.

### Concentración de Zinc en Hoja de Maíz

El zinc, se encontró (Cuadro 4.4) en los rangos de concentración de: 0.0040 a 0.0066 por ciento, y la más alta se obtuvo con el tratamiento 60-26.66-20, seguido del tratamiento 120-53.33-10, mientras que el más bajo lo expresó el tratamiento 180-80-0 (Figura 5.6).

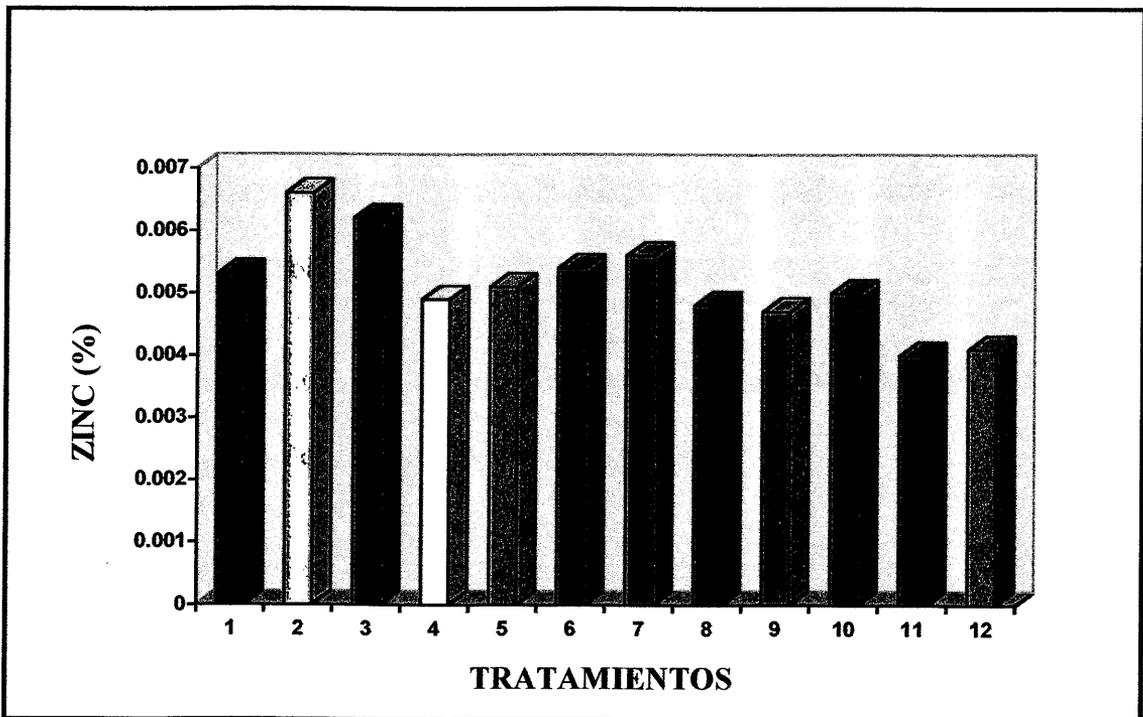


Figura 5.6. Concentración de zinc en hojas de maíz. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

Esto demuestra, que sí hubo aporte efectivo de este nutrimento, por parte de las fuentes que conformaron los tratamientos.

Castellanos y Reyes (1982), coinciden en que los estiércoles incrementan el Fe y Zn disponibles en el suelo y consecuentemente incrementan los niveles de estos nutrimentos en los tejidos de la planta.

Tisdale y Nelson (1991), señalan que, deficiencias en zinc han sido observadas algunas veces en suelos ricos en materia orgánica, resultando especialmente del tratamiento con abonos animales.

Loué (1988), indica que la asimilabilidad del zinc depende también del contenido de los suelos en agentes quelatantes, ya sea exudados por las raíces de las plantas o que procedan de la descomposición de la materia orgánica. Esta puede ser la explicación de que en numerosos estudios se haya obtenido una correlación elevada entre materia orgánica y Zn asimilable.

El mismo autor, no descarta que algunos suelos que han recibido aportes de materia orgánica pueden presentar deficiencias en Zinc.

Con base en los resultados de las concentraciones de calcio, magnesio y zinc en la hoja de maíz, se deduce, que estos nutrimentos estuvieron en el suelo y en la fuentes nutrimentales, en concentraciones aceptables y disponibles para el cultivo.

Por lo que se refiere al calcio, Benton *et al.* (1991), consideran un rango de concentración en tejido seco de hoja de 0.20 a 3.00 por ciento y consideran un valor

suficiente de 0.30 a 1.00 por ciento de calcio para el tejido de hoja en la mayoría de los cultivos, más sin embargo, puntualizan que para hojas de maíz, la concentración suficiente deberá estar entre 0.25 y 0.30 por ciento de calcio.

Los mismos autores, mencionan concentraciones de magnesio entre 0.15 y 1.00 por ciento en hoja de planta de cualquier cultivo, siendo aceptable para hojas de maíz los valores de 0.13 a 0.30 por ciento de magnesio.

Para zinc en hojas de maíz, consideran que, valores de 15 a 60 ppm son suficientes para el cultivo.

### **Contenido de Materia Orgánica**

Respecto al contenido de materia orgánica, se puede mencionar que el parámetro de cambio en la concentración del suelo, lo indica el resultado del análisis efectuado al primer muestreo de suelo (sin aplicar tratamientos), el cual fue de 1.59 por ciento (Cuadro 4.5) y según esta concentración se puede decir que su nivel de materia orgánica es bajo (Garza, 1996a).

En cuanto al análisis de suelo de los dos muestreos siguientes (Cuadro 4.6), se aprecia que para el segundo muestreo (previo a la siembra), la materia orgánica se incrementó en los tratamientos que contenían estiércol solo y la combinación de éste con fertilizantes químicos, en 71 a 128 por ciento. El incremento fue más notable (Figura 5.7) para el tratamiento 120 kg/ha N (urea), 53.3 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Superfosfato Triple) y 30 t/ha (Estiércol) con 3.63 por ciento, seguido por los tratamientos 60 kg/ha N (Urea), 26.66

kg/ha  $P_2O_5$  (Superfosfato Triple) y 20 t/ha (Estiércol) y 0-0-30, con una concentración de 3.33 por ciento de materia orgánica, que fue igual para los dos.

Los tratamientos 60-26.66-10 y 120-53.33-20 resultaron con 3.18 y 3.10 por ciento respectivamente, en su contenido de materia orgánica; los datos antes descritos ubican al suelo como alto en su contenido de materia orgánica (Garza, 1996a).

Situación que es semejante a la encontrada por Dormaar *et al.* (1988), cuando en un experimento, encontraron que en cultivo de trigo para un primer año de aplicación de 30 t/ha de estiércol combinado con 150 kg/ha de N (urea) y 150 kg/ha de  $P_2O_5$  (superfosfato triple), se incrementó significativamente la materia orgánica.

Al igual, Castellanos y Reyes (1982), encontraron que aplicaciones de 22 y 67 t/ha de estiércol, en un período de 11 años incrementaron el contenido de materia orgánica de 2.0 por ciento (testigo) a un rango de 3.2-4.5 por ciento.

En el mismo experimento, ellos aplicaron 134 t/ha de estiércol por cinco años, y la medición del efecto la realizaron a los 10 años, encontrando que había incremento en el contenido de la materia orgánica del suelo, más sin embargo, no fue como el demostrado por las aplicaciones continuas de estiércol del caso anterior.

Lo antes mencionado, puede explicar la variación que resultó al ser analizado el suelo del tercer muestreo, en donde es notable una mínima disminución en el contenido de la materia orgánica, la cual varió para el tratamiento 120-53.33-30, de 3.63 a 3.25 por

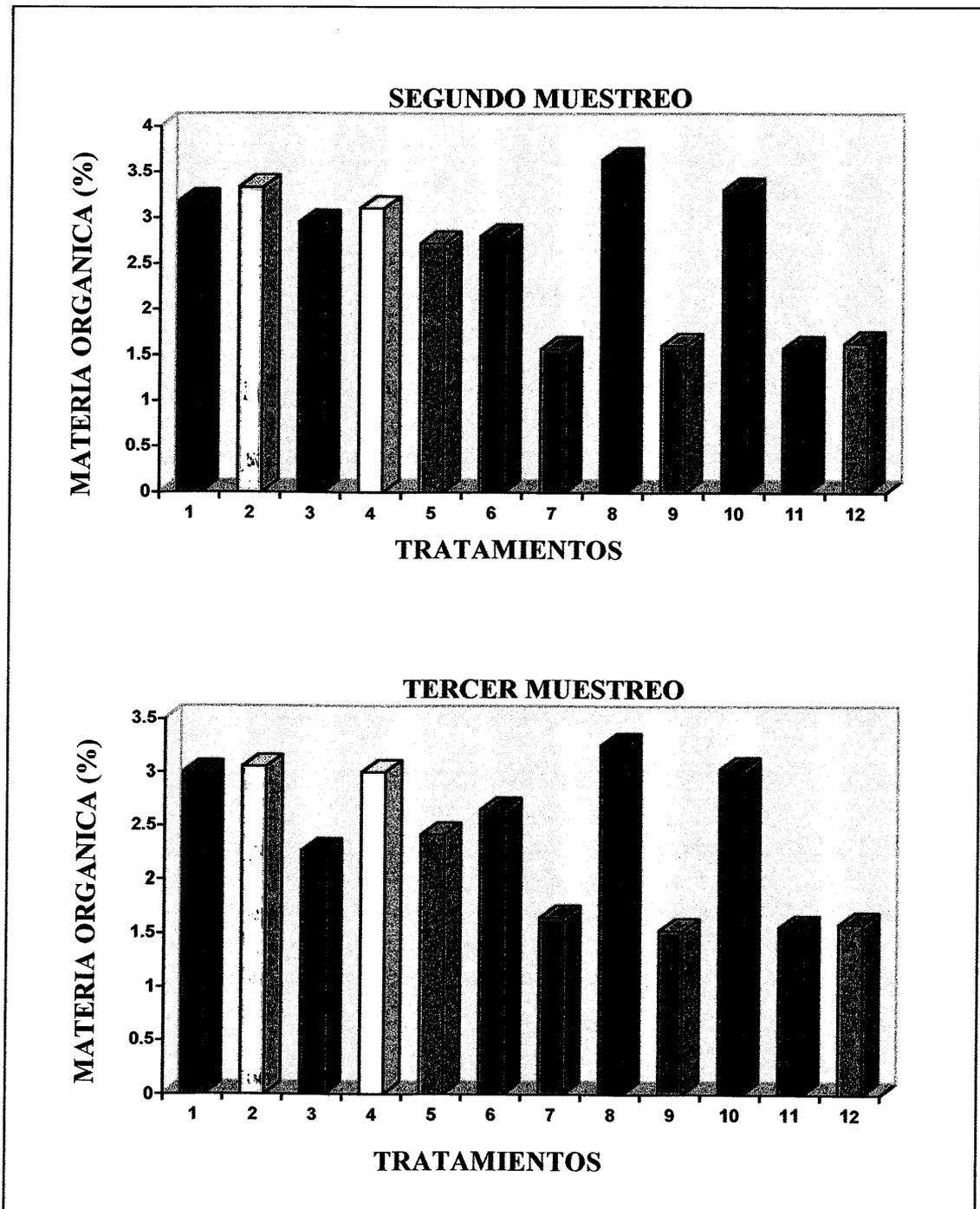


Figura 5.7. Materia orgánica determinada para el segundo y tercer muestreos de suelo. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

ciento, mientras que los tratamientos 60-26.66-10, 60-26.66-20 y 0-0-30, variaron en el rango de 3.33 a 3.0 por ciento.

También, Vega (1987), confirma esta disminución cuando obtuvo porcentajes elevados de materia orgánica al aplicar estiércol con azufre al suelo en cultivo de maíz, sin embargo observó que ésta disminuyó al final del ciclo de cultivo.

### **Densidad Aparente**

La densidad aparente, que es propiedad física del suelo, dio como resultado para el primer muestreo (sin aplicar tratamientos)  $1.16 \text{ g/cm}^3$  (Cuadro 4.5). No obstante, para el segundo y tercer muestreos (Cuadro 4.7), se observa que hay disminución en los valores de densidad aparente, tal es el caso de los tratamientos 180-80-20 y 120-53.33-30 (que incluyeron en su composición estiércol más fertilizante químico), que pasaron a valores de  $1.03$  y  $1.02 \text{ g/cm}^3$ , respectivamente; otros tratamientos que disminuyeron en esta característica fueron: el de 30 t/ha de estiércol, 120-53.33-20, 60-26.66-20 y 60-26.66-10, los cuales pasaron a valores comprendidos en el rango de  $1.03$  a  $1.06 \text{ g/cm}^3$ , es claro (Figura 5.8) entonces el efecto de los tratamientos con solo estiércol y la combinación de este con fuentes químicas, sobre la densidad aparente.

Estos resultados, coinciden con los encontrados por Castellanos y Reyes (1982), quienes muestrearon parcelas en campos que habían sido tratados con 0, 22, 67, 134, y 268 t/ha, de estiércol de ganado de engorda por cuatro años consecutivos, encontrando que las densidades aparentes fueron significativamente menores que los suelos sin tratar.

González (1986), al aplicar 4.0 t/ha de estiércol, reporta que hay tendencia por parte de la densidad aparente a disminuir.

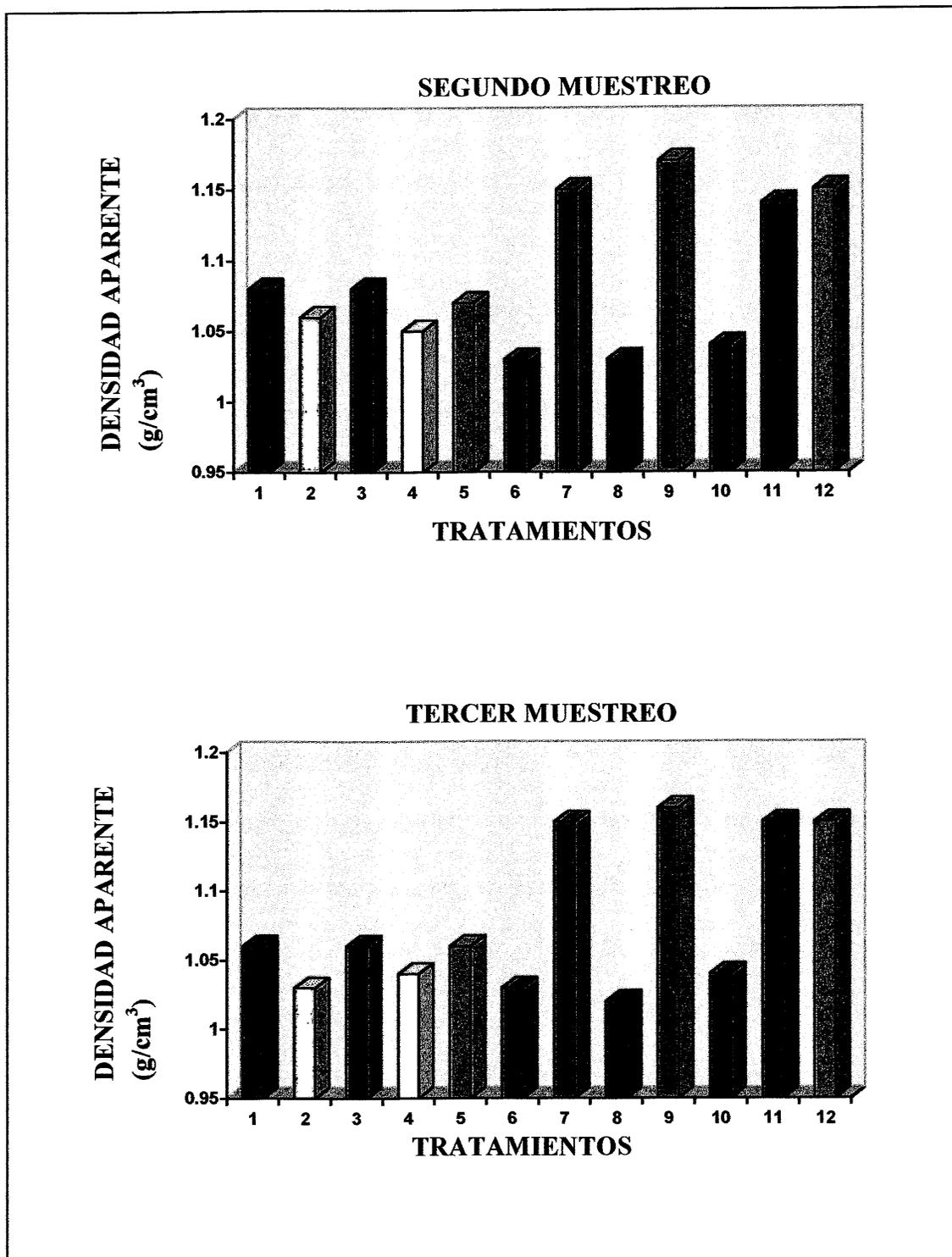


Figura 5.8. Densidad aparente determinada al suelo proveniente del segundo y tercer muestreos. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

Vega (1987), con respecto a lo anterior, coincide en que la densidad aparente disminuye con la aplicación de estiércol bovino y 0.5 t/ha de azufre y con estiércol solo; considerando que la disminución de la densidad aparente pudo deberse al alto contenido de materia orgánica y a la buena condición de humedad en el suelo.

### **Reacción del Suelo**

Respecto a la reacción del suelo en el segundo muestreo (45 días posterior a la aplicación del estiércol), para los tratamientos que contenían estiércol (Cuadro 4.8), hubo una tendencia a disminuir el pH (Figura 5.9.), esto coincide con lo mencionado por Vega (1987), quien dice que los materiales usados como mejoradores acidifican el suelo, debido a la descomposición del estiércol.

El tercer muestreo (Cuadro 4.8), que fue 110 días después de aplicado el estiércol, presentó ligeros incrementos sobre todo en los tratamientos que contenían estiércol, lo que pudo deberse a los riegos, así mismo, coincide con lo encontrado por Vega (1987), indicando que el estiércol bovino al inicio de su descomposición produce compuestos alcalinos induciendo a ligeros incrementos en el pH, esto sucedió con las dosis mayores de este material y un mayor número de riegos, los que proporcionaron condiciones de humedad más favorables para la descomposición de la materia orgánica.

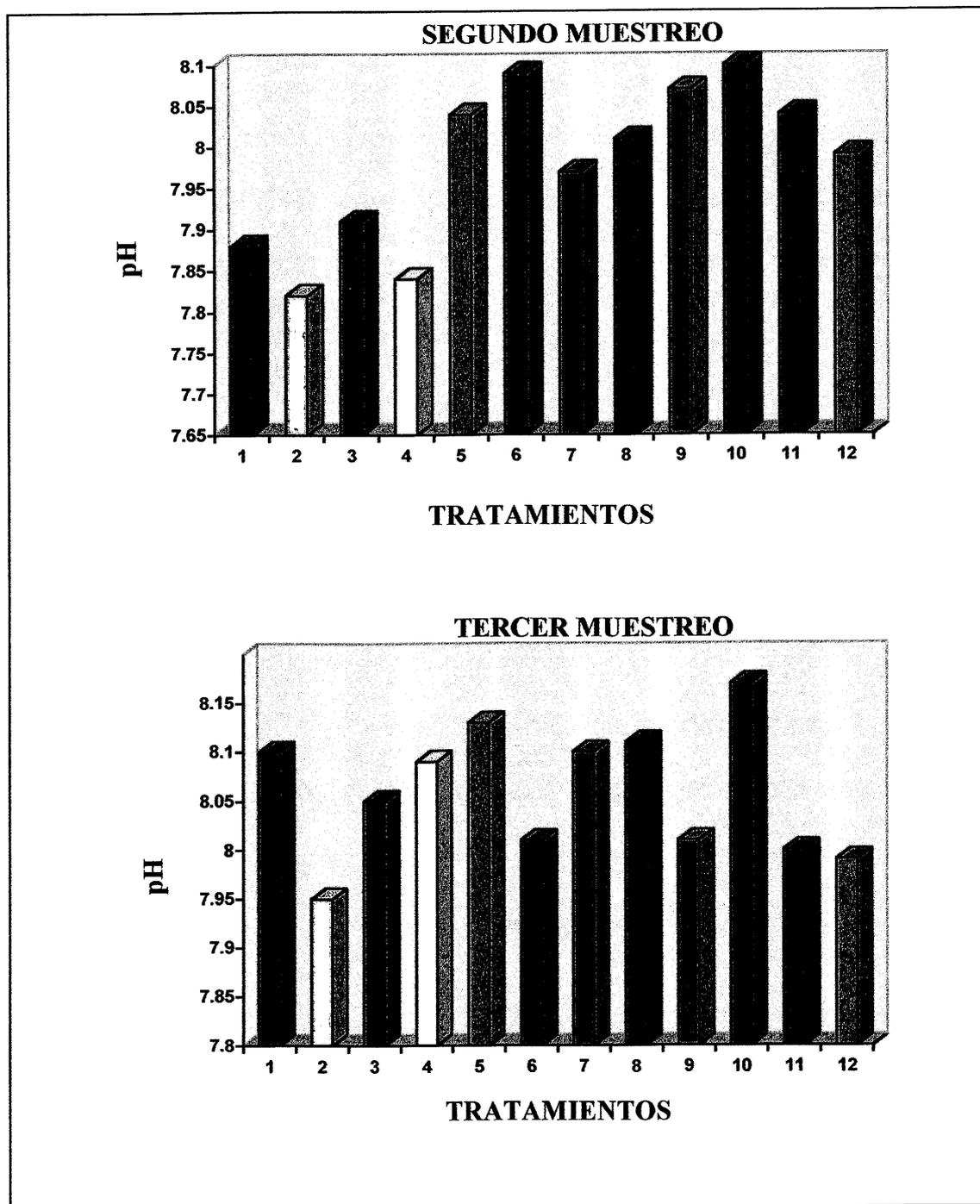


Figura 5.9. Determinación de pH para el segundo y tercer muestreos del suelo. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

### **Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)**

La capacidad de intercambio catiónico, para el primer muestreo (Cuadro 4.5) resultó con 17.83 meq/100 g de suelo, mientras que los valores para el segundo y tercer muestreos (Cuadro 4.9), llegaron hasta 24.41 y 25.00 meq/100 g de suelo respectivamente (con 120- 53.33-30).

Los tratamientos que estaban conformados por estiércol solo (10 t/ha) y la combinación de éste con fertilizante químico, para el segundo muestreo presentaron cierto incremento, siendo más notable para el tercer muestreo (Figura 5.10).

Lo anterior coincide con lo encontrado por Vega (1987), cuando al aplicar 10 t/ha, observó incrementos en la capacidad de intercambio catiónico de 1.7 meq/100 g y 4.57 meq/100 g; esto fue partiendo de 42.0 meq/100 g que inicialmente tenía el suelo.

### **Nitrógeno Aprovechable**

El nitrógeno aprovechable en el suelo, se encontró como medianamente pobre, al presentar una cantidad de 48.5 kg/ha (Cuadro 4.5); al comparar el contenido de este nutrimento para el segundo muestreo, se observa (Cuadro 4.10) que hubo un incremento en el nitrógeno aprovechable en todos los tratamientos que incluyeron estiércol, siendo más notable en la aplicaciones: 120-53.33-30 ( con 113.00 kg/ha de N), 120-53.33-20 (90 kg/ha de N) y 60-26.66-10 (90 kg/ha de N), indicando (Figura 5.11) la disponibilidad

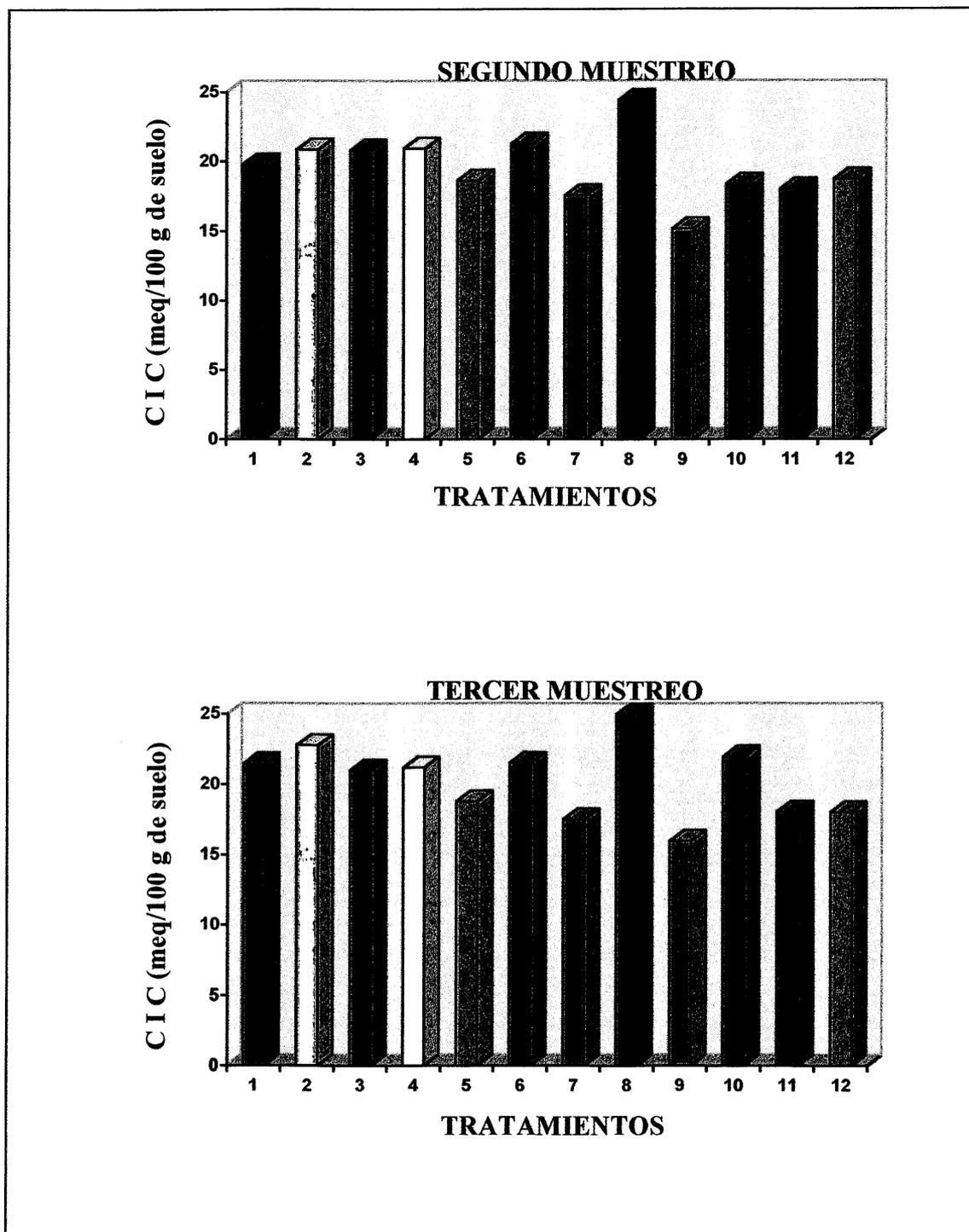


Figura 5.10. Capacidad de intercambio catiónico determinada en suelo proveniente del segundo y tercer muestreos. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

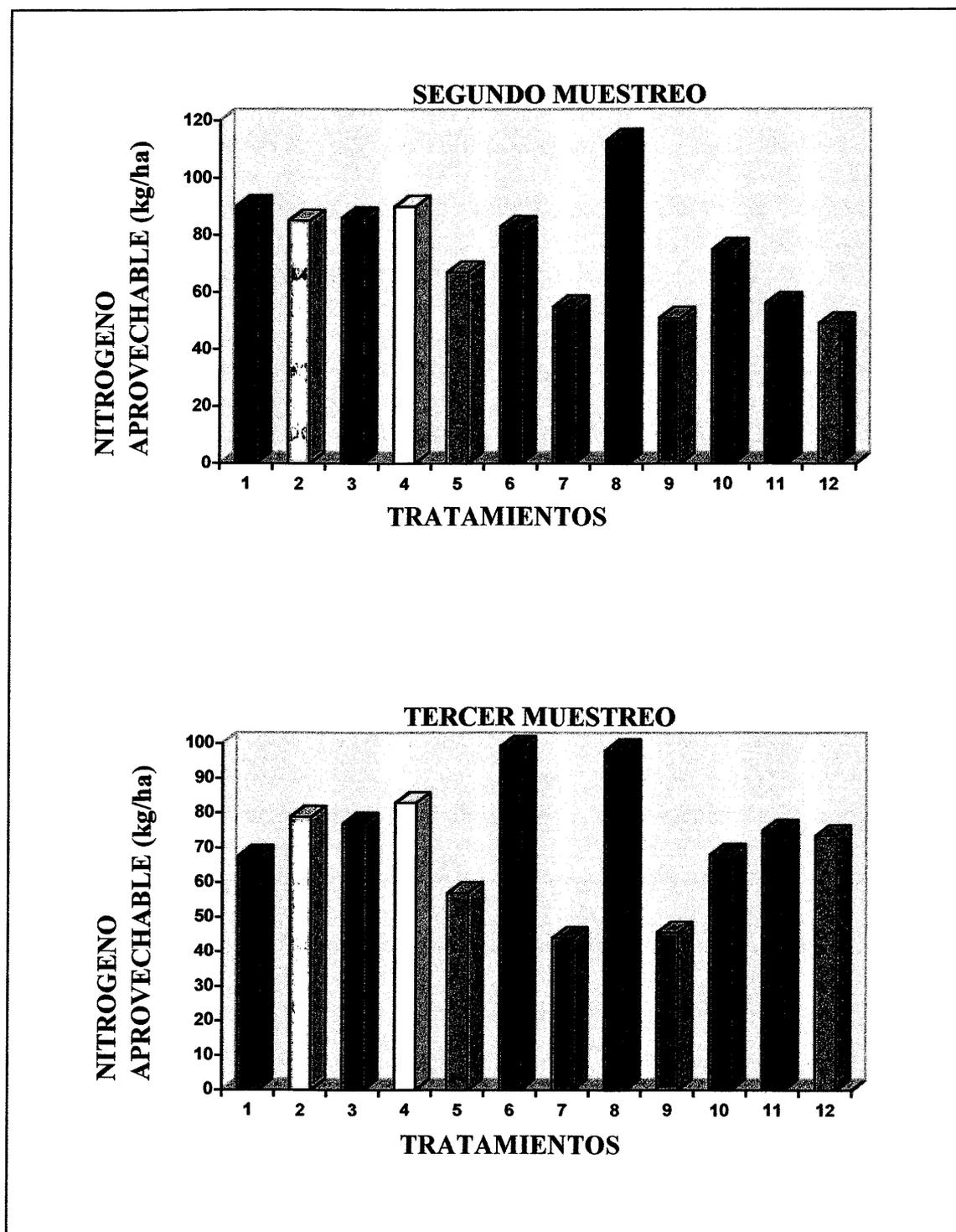


Figura 5.11. Nitrógeno aprovechable para el segundo y tercer muestreos de suelo. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

efectiva de este elemento, causada por la combinación de los abonos químicos y orgánicos

La aseveración anterior la confirma Simpson (1991), quien menciona, que de 1.5 a 2.5 kg de nitrógeno por tonelada de estiércol quedan a disposición del primer cultivo una vez aplicado el estiércol de ganado bovino.

Castellanos y Reyes (1982), comprobaron que un estiércol de bovino con un contenido de nitrógeno de 1.5 por ciento, se mineralizó a velocidades de 18 y 45 por ciento en un período de 10 meses de cultivo en el invernadero.

Vega (1987), encontró que con la aplicación de estiércol, el nitrógeno se incrementó proporcionalmente y fue a causa de que este mejorador proporciona materia orgánica a el suelo.

Para el tercer muestreo (final del cultivo), se notó una ligera disminución del nitrógeno disponible (Cuadro 4.10) casi en la mayoría de tratamientos que contenían estiércol (no así en los tratamientos puramente químicos), lo cual se asume, que fue lo extraído por el cultivo y lo que se perdió por lixiviación o volatilización.

### **Fósforo Asimilable**

El fósforo asimilable (Cuadro 4.5) de su cantidad inicial 27. 50 kg/ha (sin aplicar tratamientos), cambió para el segundo muestreo de suelo (Cuadro 4.11), siendo más

notable en los tratamientos en donde estuvo incluido el estiércol (de medianamente pobre a medianamente rico).

Las aplicaciones de 120-53.33- 0 y 120-53.33-20, ocasionaron cantidades de 65 y 64 kg/ha de fósforo asimilable, respectivamente en el suelo (Figura 5.12); se puede mencionar también el aporte de los tratamientos 60-26.66-20 (con 58 kg/ha de fósforo), 60-26.66-10 (con 57 kg/ha de fósforo) y el de 30 t/ha de estiércol (con 57 kg/ha de fósforo).

Sin embargo, para el tercer muestreo (Cuadro 4.11) se encontró un descenso en las cantidades de este elemento, y éste fue más acentuado en los tratamientos con estiércol (Figura 5.12); en los tratamientos con sólo fertilizantes químicos se observó un incremento, el cual pudo deberse a la acción de las fuentes del fósforo.

Al respecto, Simpson (1991), menciona, que la cantidad de fósforo que queda disponible al cultivo luego de aplicar estiércol es de 1.4 a 1.6 kg/t.

Vega (1987), afirma que el estiércol bovino es un material orgánico que contiene elementos necesarios para la nutrición de la planta, por lo que es de esperar que con la adición de éste al suelo se incremente el fósforo disponible, además de que con la descomposición de la materia orgánica se forman complejos fosfo-húmicos que son más solubles y disponibles para la planta.

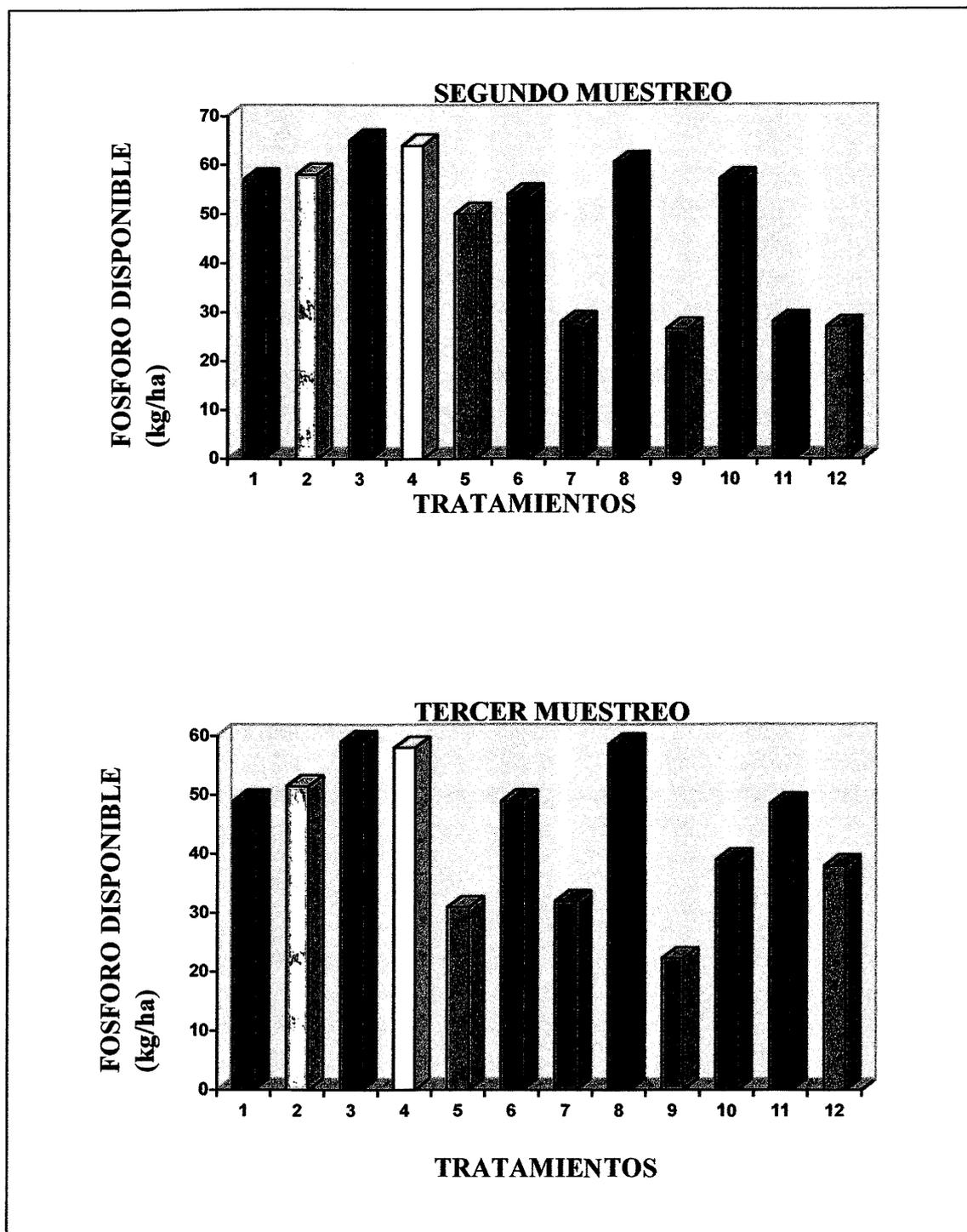


Figura 5.12. Fósforo disponible para el segundo y tercer muestreos de suelo. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

Castellanos y Reyes (1982), demostraron que la disponibilidad de fósforo del estiércol a corto plazo (incubaciones de 30 días) se incrementó al aumentar el pH del suelo y decreció al aumentar el contenido de arcilla.

### **Potasio Asimilable**

El potasio asimilable, con base en el resultado (Cuadro 4.5) del primer muestreo de suelo (43.27 kg/ha), se comportó en forma ascendente para el segundo muestreo (Figura 5.13), y se debió al efecto de los tratamientos que contenían estiércol, como 120-53.33-30 y 60-26.66-20 que registraron 212.25 y 201 kg/ha de potasio, respectivamente, lo cual de manera más clara se puede observar, al comparar con los tratamientos que llevaron solamente fertilizante químico y el testigo (Cuadro 4.12).

Fue notable además, que en el tercer muestreo (Cuadro 4.12) hubo una disminución en el contenido de este elemento lo que podría atribuirse a lo extraído por el cultivo.

Caso similar sucedió, con lo experimentado por Vega (1987), cuando al aplicar estiércol al suelo, encontró que la cantidad de potasio aumentó, mientras que para el fin del cultivo el contenido fue bajo, atribuyendo este efecto al uso que la planta hace del potasio en el cierre y apertura estomatal.

Simpson (1991), admite que al aplicar estiércol bovino, la cantidad de potasio que queda a disposición del cultivo es de 2.5 a 5.0 kg/t aplicada.

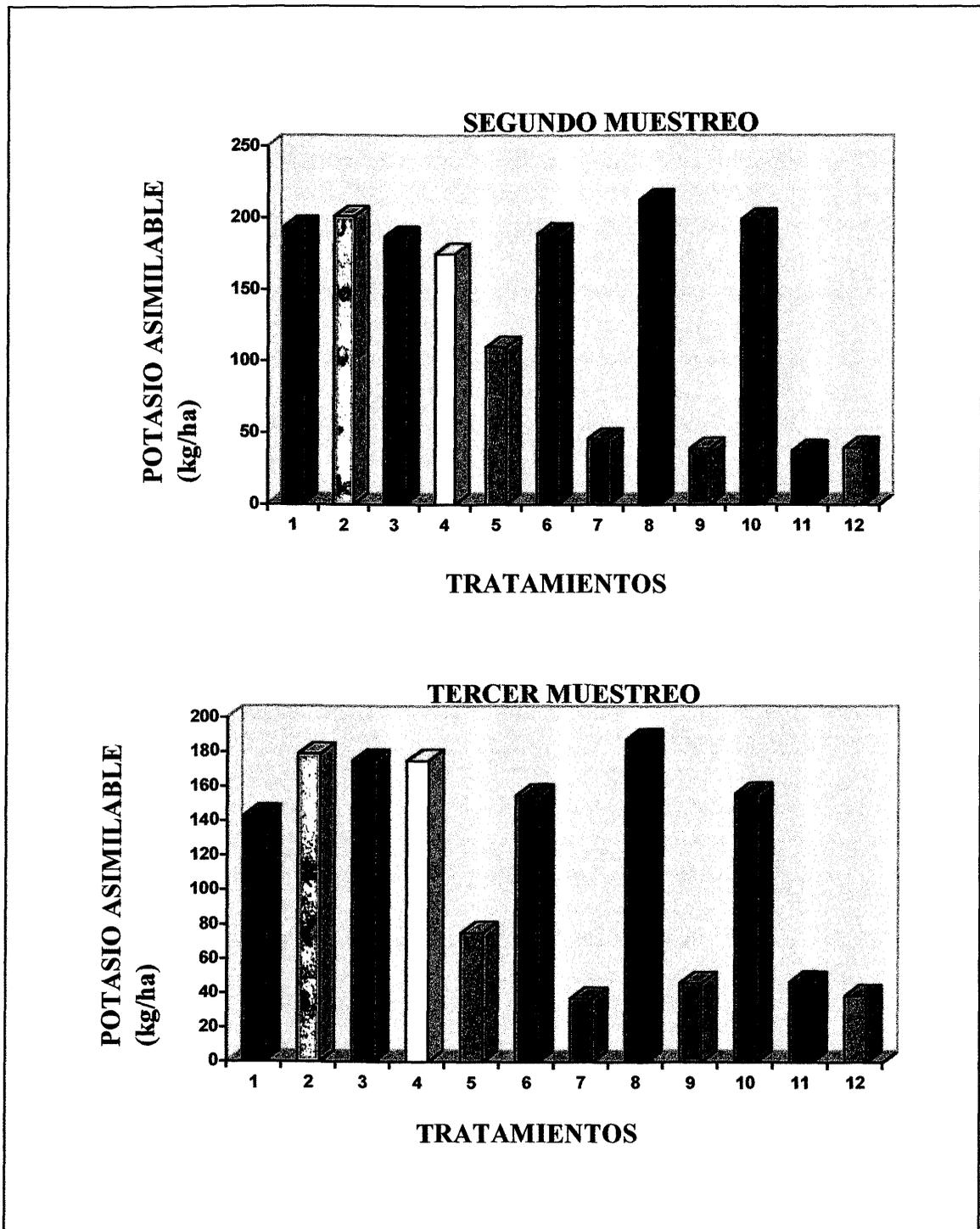


Figura 5.13. Potasio asimilable para el segundo y tercer muestreos de suelo. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V

## Crecimiento Bacteriano

El crecimiento bacteriano en el suelo, para los tratamientos que contenían estiércol fue notorio y muy marcado; al inicio (sin aplicar tratamientos) se tuvo una concentración de  $1.55 \times 10^7$  bacterias por gramo de suelo seco (Cuadro 4.5); luego al hacer el análisis de suelo para el segundo muestreo (Cuadro 4.13), la concentración se incrementó hasta  $3.75 \times 10^7$  bacterias por gramo de suelo seco en el tratamiento que contenía 30 t de estiércol, que fue el mayor, los otros tratamientos que estuvieron compuestos por 10 y 20 t de estiércol también manifestaron crecimiento bacteriano entre  $2.02 \times 10^7$  y  $3.70 \times 10^7$  bacterias por gramo de suelo seco.

Al analizar el tercer muestreo de suelo (Cuadro 4.13), fue apreciable la disminución del crecimiento bacteriano, sobre todo en los tratamientos con estiércol bovino.

Castellanos y Reyes (1982), trabajaron con gallinaza (6 t/ha) y fertilizante químico (150 kg/ha de N y 400 kg/ha de  $P_2O_5$ ), encontrando que la población bacteriana aumentó de  $2.2 \times 10^7$  a  $3.8 \times 10^7$  bacterias por gramo de suelo seco.

Los mismos autores han estudiado la composición microbiana de los estiércoles, y de acuerdo a la evidencia química, encontraron que las poblaciones de bacterias reductoras de nitrato y en menor grado las reductoras de nitrito e hidrolizadoras de urea, se incrementaron en el suelo después de la aplicación de estiércoles; pero a la vez observaron que las poblaciones decrecieron posterior a las 17 semanas de la aplicación.

## CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos y la discusión que de ellos se hace, es posible llegar a las siguientes conclusiones:

- La hipótesis planteada, de que la aplicación de estiércol bovino combinado con fertilizante químico, causaría el mejoramiento de la fertilidad del suelo y en forma colateral de la física, química y biológica del mismo, es aceptada, si se toma como base que 60 kg/ha de N, 26.66 kg/ha de  $P_2O_5$  y 10 t/ha de estiércol incrementaron la productividad del suelo con respecto al testigo y a los fertilizantes químicos, ubicándose a la vez dentro del rango aceptable en el mejoramiento de las características del suelo antes mencionadas.
- La dosis óptima económica de capital ilimitado, resultó ser de 60.83 kg/ha de N, 27.02 kg/ha de  $P_2O_5$  y 9.40 t/ha de estiércol, con la cual se puede obtener un rendimiento de 15.94 t/ha de materia seca.
- La materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico, aumentaron en el suelo con la aplicación de estiércol solo y la combinación de éste con fertilizantes químicos, por lo cual, el suelo mejorará en su retención de humedad, cohesión, disminución de la erosión y en el intercambio de nutrimentos.

- La densidad aparente disminuyó en el suelo, con la aplicación de fertilizantes químicos más orgánicos y el estiércol solo, mostrando una tendencia a influir de manera positiva sobre la estructura del suelo.
- El nitrógeno aprovechable y el fósforo disponible en el suelo, al inicio incrementaron su contenido con la aplicación del fertilizante químico más orgánico y solamente orgánico; más sin embargo, al final del cultivo fue notable un ligero decremento por parte de éstos; y no así con los fertilizantes químicos quienes incrementaron el contenido en esta fase.
- El contenido de potasio asimilable en el suelo, para los primeros 45 días, se incrementó con la aplicación de estiércol solo y fertilizantes químicos combinados con estiércol, no obstante, en los 110 días posteriores fue observable un decremento, caso contrario sucedió con los fertilizantes químicos quienes causaron un ligero incremento para esta fase.
- La concentración de bacterias, se incrementó con la aplicación de estiércol solo y la combinación de éste con fertilizantes químicos, por lo que hubo un efecto eficiente por parte de estas dosis.
- Con base al estudio realizado y a la de bibliografía consultada, se puede sugerir la aplicación de estiércol bovino combinado con fertilizantes químicos, sin embargo, se deberá tomar en cuenta los aspectos: económicos, disponibilidad y ubicación de los insumos, el efecto nocivo que puede ocasionar el uso indebido del estiércol y la situación actual de el suelo.

## RESUMEN

Para estudiar el efecto de el estiércol bovino combinado con fertilizante químico, se estableció un experimento con el cultivo de maíz AN-447 bajo condiciones de irrigación en el ciclo Primavera-Verano de 1996. El lote experimental estuvo ubicado en el Ejido Encarnación de Guzmán, Saltillo, Coahuila. Los factores de estudio fueron: fertilizantes químicos y estiércol bovino y, la selección de los tratamientos fue realizada con base en la matriz Plan Puebla I, resultando un número de doce tratamientos, que incluyó un testigo absoluto, en los cuales se combinaron las cantidades de 0, 10, 20 y 30 t/ha de estiércol con 0, 60, 120 y 180 kg/ha de nitrógeno y 0, 26.66, 53.33 y 80 kg/ha de fósforo; las fuentes nutrimentales fueron: urea, sulfato de amonio, superfosfato triple y superfosfato simple. Los tratamientos fueron alojados en un diseño experimental bloques al azar con seis repeticiones.

Durante este estudio, se hicieron tres muestreos de suelo, el primero se realizó en toda la parcela experimental previo a la aplicación de los tratamientos orgánicos, el segundo se efectuó a los 44 días posteriores a la aplicación de el estiércol y el tercero fue aproximadamente 110 días después del aprovechamiento de plantas (corte).

Cabe mencionar que al inicio de este estudio, la medición de rendimiento estaba planificada realizarla en grano, pero dado a las condiciones climáticas que se

aproximaban, las cuales eran desfavorables al cultivo, se decidió hacer la medición de rendimiento de materia seca.

El mayor rendimiento de materia seca, lo presentó el tratamiento 60 kg/ha de N, 26.66 kg/ha de  $P_2O_5$  y 10 ton/ha de estiércol, y este fue de 15.95 t/ha, lo que indica el efecto positivo de la combinación de fertilizantes químicos con estiércol. Pero la dosis óptima económica con capital ilimitado, resultó ser de 60.83 kg/ha de N, 27.02 kg/ha de  $P_2O_5$  y 9.40 t/ha de estiércol, con la cual se puede obtener un rendimiento de 15.94 t/ha de materia seca.

La dosis óptima de capital limitado (DOECL) fue de 60 kg/ha de N y 26.66 kg/ha de  $P_2O_5$  y se considera que se podrá obtener un rendimiento de 12.54 t/ha de materia seca.

También el mismo tratamiento 60-26.66-10, provocó la mayor altura de planta y mazorca, confirmando el buen efecto de esta dosis.

Los muestreos de suelo que se realizaron, mostraron que la materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico se incrementaron; siendo el tratamiento 120-53.33-30 el que provocó la mayor concentración de materia orgánica, el cual pasó de 1.59 por ciento (primer muestreo) a 3.63 por ciento en el segundo muestreo y 3.25 por ciento para el tercer muestreo; mientras que, para la capacidad de intercambio catiónico el mayor valor lo causó el tratamiento 120-53.33-20 quien la aumentó desde 17.83 (primer muestreo) hasta 24.41 y 25.00 meq/100gr de suelo, para el segundo y tercer muestreos respectivamente.

La densidad aparente presentó los valores más bajos con el tratamiento 120-53.33-20, notándose un decremento desde 1.16 g/cm<sup>3</sup> (primer muestreo) hasta 1.03 g/cm<sup>3</sup> del segundo y tercer muestreos, esto se interpreta como un buen efecto de las partículas de materia orgánica contenidas en el estiércol.

Respecto al pH, de su valor original 8.05 (primer muestreo), fue disminuido con los tratamientos 60-26.66-20 (7.82 a 7.95) y 180-80-0 (7.99 ), tanto para el segundo como para el tercer muestreos respectivamente.

En lo referente al nitrógeno aprovechable, su mayor valor fue ocasionado por el tratamiento 120-53.33-30, el cual logró pasar, de 48.50 kilogramos por hectárea (primer muestreo) hasta 113 kg/ha para el segundo muestreo y 98 kgr/ha para el tercer muestreo.

El mayor contenido de fósforo asimilable en el suelo, se obtuvo con la aplicación de 120-53.33-10, el cual variando la concentración de este nutrimento, de 27.50 kg/ha (primer muestreo) hasta 65 (segundo muestreo) y 59 (tercer muestreo) kg/ha.

Para potasio disponible, en el primer muestreo se encontró una cantidad de 43.27 kg/ha, no obstante para el segundo y tercer muestreos se encontró un contenido de 212.25 y 187.05 kg/ha, respectivamente, dichos contenidos fueron causados por el tratamiento 120-53.33-30.

Respecto al crecimiento bacteriano, se encontró que la mayor concentración fue de  $3.75 \times 10^7$  bacterias por gramo de suelo, la cual fue provocada en el segundo muestreo, por el tratamiento con 30 t/ha de estiércol solo, sin embargo, la mayor

concentración en el tercer muestreo fue de  $2.18 \times 10^7$  bacterias por gramo de suelo, cuyo efecto fue ocasionado por el tratamiento 60-26.66-20. Esto resultó de comparar la concentración encontrada para el primer muestreo, la cual fue de  $1.55 \times 10^7$  bacterias por gramo de suelo.

En acuerdo con el estudio elaborado y la información bibliográfica revisada, es factible aplicar estiércol bovino combinado con fertilizante químico, para lo cual se tendrán que tomar en consideración, los aspectos de: disponibilidad de insumos, estado del suelo, disponibilidad económica y el efecto sobre la contaminación ambiental que pudiera causar un mal manejo de las cantidades de estiércol.

## LITERATURA CITADA

- Aldrich, S. R. y E. R. Leng. 1974. Producción Moderna de Maíz. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pp. 85 a 130.
- Arredondo, V. C. 1996. Aplicación de Estiércol Bovino como Complemento a la Fertilización Química del Maíz de Temporal. Memorias del XXVII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Obregón, Sonora, México. p. 194.
- Beauchamp, P. E. G. 1987. Corn response to residual N from urea and manures applied in previous years. Canadá. J. Soil Sci. 67. 931-942.
- Benton, J. J., B. Wolf and H. A. Mills. 1991. Plant Analysis Handbook. Micro - Macro Publishing, Inc. USA. pp. 10 y 127.
- Berger, J. 1967. El maíz su Producción y Abonamiento. Agricultura de las Américas, Kansas City, U. S. A. p. 43.
- Bidwei, R. G. S. 1993. Fisiología Vegetal. AGT Editor. S. A. México. pp. 280 - 284.
- Bohn, H. L., B. Mcneal L y G. Onconnor A . 1993. Química de Suelos. Primera Edición. LIMUSA, S. A. De C. V. México. p. 2.
- Buckman, H. O. y N. C. Brady. 1991. Naturaleza y Propiedades de los Suelos. LIMUSA. México. pp. 528, 530 y 554.
- Castellanos, J. Z., J. J. Marques O., J. D. Etchevers B., A. Aguilar S. y J. R. Salinas. 1996. Efecto de largo plazo de la aplicación de estiércol de ganado lechero sobre el rendimiento de forrajes y las propiedades del suelo en una región árida irrigada del norte de México. México. TERRA 14(2):151-15.
- Castellanos, J. Z. 1984. El estiércol para uso Agrícola en la Región Lagunera. Informe de investigación del CAELALA. CIAN-INIA-SARH. México. p. 7.
- Castellanos, J. Z. Y J. L. Reyes C. 1982. La utilización de los estiércoles en la agricultura. Memorias del Primer Ciclo Internacional de Conferencias. Ingenieros Agrónomos del Tecnológico de Monterrey. A. C. Torreón, Coah. México. pp. 17, 71-135.

- Cepeda, D. J. M. 1983. Química de Suelos. Editorial Trillas. UAAAN, México. p. 47.
- Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (CNIA-SARH). 1987. Agrotecnología Moderna. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México. p. 120.
- Cooke, W. G. 1987. Fertilización para Rendimientos Máximos. CECSA. México pp. 42 y 52.
- Cruz, M. S. 1986. Abonos Orgánicos. UACH. México. pp. 113 y 114.
- Delorit, R. J. y L. Ahlgren H. 1983. Producción Agrícola. CECSA México. pp. 80 y 81.
- Díaz, D. P. A. 1964. El Maíz. Editorial Trucco Bartolomé, México, D. F. p. 229.
- Dormaar, J. F., W. Lindwall C. And C. Kozub G. 1988. Effectiveness of manure and commercial fertilizer in restoring productivity of an artificially eroded Dark Brown Chernozemic Soil under dryland conditions. Canadá. J. Soil Sci. 68: 669-679.
- Dormaar, J. F. And C. Chang. 1995. Effect the 20 annual applications of excess feedlot manure on labile Soil phosphorus. Canadá. J. Soil Sci. 75: 507-512.
- Follet, R. H. 1981. Fertilizer and Soil Amedments. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliff, New Jersey, U. S. A. pp. 474-480.
- Foth, D. 1986. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. CECSA. México. pp. 28, 349 y 353.
- Garza, G. R. de la 1995. Notas del Curso Productividad de Suelos. Programa de Graduados. UAAAN., Saltillo, Coah. México.
- \_\_\_\_\_. 1996a. Notas del Curso Tecnología de Fertilizantes. Programa de Graduados. UAAAN., Saltillo, Coah. México.
- \_\_\_\_\_. 1996b. Notas del Curso Delimitación de Agrosistemas. Programa de Graduados. UAAAN., Saltillo, Coah. México.
- Gavande, S. A. 1979. Física de Suelos Principios y Aplicaciones. LIMUSA. México pp. 20 y 33.
- Glanze, P. 1980. El Maíz de Grano. Ediciones Euroamericanas. México. p. 129.

- González, R. R. C. 1986. Efecto de los mejoradores del suelo estiércol de vacuno y gallinaza en el desarrollo del cultivo de frijol en un suelo arcilloso. Tesis de Maestría UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. p. 93.
- Guerrero, G. A. 1990. El Suelo, los Abonos y la Fertilización de los Cultivos. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. pp. 20 y 34.
- IMM. 1996. Híbrido de Maíz AN - 447. Folleto Técnico. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Jiménez, G. 1997. Fase Informativa Sobre la Problemática de la Pérdida de Suelo a Nivel Mundial y en México. Río Bravo, Tamps. México.
- Jugenheimer, R. W. 1981. Maíz, Variedades Mejoradas, Métodos de Cultivo y Producción de Semillas. LIMUSA. México. p. 46.
- Loué, A. 1988. Los Microelementos en Agricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 34, 35 y 115.
- Lynch, J. M. 1982. Efecto de la aplicación de los estiércoles en la microbiología del suelo. Primer Ciclo Internacional de Conferencias sobre la utilización del estiércol en la Agricultura. Marzo 17-18, Torreón Coahuila. México. pp. 60 y 75.
- Midgley, A. R. 1952. Get the most from your farm manure. Crops and Soils. Vol. 4, 12-15. U. S. A.
- Narro, F. E. A. 1987. Física de Suelos con Enfoque Agrícola. Trillas. México. p.15.
- Requejo, L. R. 1996. Notas del curso Fertilidad de Suelos. Programa de graduados. UAAAN., Saltillo, Coah, México.
- Rodríguez, S. F. 1982. Fertilizantes, Nutrición Vegetal. AGT Editor. S. A. México D. F. p. 34.
- Salisbury, F. B. y R. Cleon W. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica. México. pp. 127-143.
- Sánchez, P. A. 1981. Suelos del Trópico Características y Manejo. IICA. San José Costa Rica. pp. 179 y 180.
- Simpson, K. 1991. Abonos y Estiércoles. ACRIBIA. Zaragoza, España. pp. 2-4, 15, 16 y 97.
- Tamhane, R. V., D. Motiramani P y Y. Bali P. 1979. Suelos, su Química y Fertilidad en Zonas Tropicales. Editorial DIANA. México. p. 232.

- Tisdale, S. L. y W. L. Nelson. 1991. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Primera Edición en Español. UTEHA. México, D. F. pp. 5, 6, 95, 357 y 367.
- Trinidad, S. A. 1987. El Uso de Abonos Orgánicos en la Producción Agrícola. Serie de Cuadernos de Edafología 10. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. p. 13 y 31.
- Turrent, F. A. 1985. El Método Gráfico - Estadístico Para la Interpretación Económica de Experimentos Conducidos con la Matriz Plan Puebla I. Segunda Edición. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Turrent, F. A. y R. J. Laird. 1975. La Matriz Experimental Plan Puebla para Ensayos sobre Prácticas de Producción de Cultivos. Escritos sobre la Metodología de la Investigación en Productividad de Agrosistemas, Número 1. Departamento de Editorial. Rama de Suelos, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Vega, S. M. C., J. A. García. y G. A. Burciaga V. 1989. Instructivo de Toma de Datos en Experimentos de Maíz. IMM. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- Vega, S. P. 1987. Estudio comparativo de dos mejoradores del suelo en híbridos de maíz, bajo diferentes condiciones de humedad. Tesis de Maestría UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. pp. 4, 65, 132-136 y 163.
- Villarroel, J. M. 1979. Respuesta del Maíz y Frijol a la Aplicación de Gallinaza, Estiércol Vacuno, Zinc, Manganeseo y Hierro en Suelos de Ciudad Serdán Puebla, bajo condiciones de invernadero. Tesis de Maestría Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. pp. 283 y 284.

# **APENDICE**

Cuadro A.1. Rendimiento medio de materia seca (t/ha). Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

| Nº | Tratamientos. |  |                     | Media |
|----|---------------|--|---------------------|-------|
|    | N<br>(kg/ha)  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg/ha) | Estiércol<br>(t/ha) |       |
| 1  | 60            | 26.66                                    | 10                  | 15.95 |
| 2  | 60            | 26.66                                    | 20                  | 13.35 |
| 3  | 120           | 53.33                                    | 10                  | 12.84 |
| 4  | 120           | 53.33                                    | 20                  | 12.54 |
| 5  | 0             | 0  | 10                  | 9.57  |
| 6  | 180           | 80                                       | 20                  | 13.44 |
| 7  | 60            | 26.66                                    | 0                   | 12.54 |
| 8  | 120           | 53.33                                    | 30                  | 11.65 |
| 9  | 0             | 0  | 0                   | 8.00  |
| 10 | 0             | 0  | 30                  | 12.42 |
| 11 | 180           | 80                                       | 0                   | 13.00 |
| 12 | 180           | 80                                       | 0                   | 11.78 |

Cuadro A.2. Altura media de planta (m). Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

| Nº | Tratamientos. |  |                     | Media |
|----|---------------|--|---------------------|-------|
|    | N<br>(kg/ha)  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg/ha) | Estiércol<br>(t/ha) |       |
| 1  | 60            | 26.66                                    | 10                  | 2.61  |
| 2  | 60            | 26.66                                    | 20                  | 2.52  |
| 3  | 120           | 53.33                                    | 10                  | 2.03  |
| 4  | 120           | 53.33                                    | 20                  | 1.87  |
| 5  | 0             | 0  | 10                  | 1.72  |
| 6  | 180           | 80                                       | 20                  | 2.56  |
| 7  | 60            | 26.66                                    | 0                   | 1.82  |
| 8  | 120           | 53.33                                    | 30                  | 1.70  |
| 9  | 0             | 0  | 0                   | 1.55  |
| 10 | 0             | 0  | 30                  | 1.79  |
| 11 | 180           | 80                                       | 0                   | 2.43  |
| 12 | 180           | 80                                       | 0                   | 1.70  |

Cuadro A.3. Altura media de mazorca (m). Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

| Nº | Tratamientos. |  |                     | Media |
|----|---------------|--|---------------------|-------|
|    | N<br>(kg/ha)  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg/ha) | Estiércol<br>(t/ha) |       |
| 1  | 60            | 26.66                                    | 10                  | 1.34  |
| 2  | 60            | 26.66                                    | 20                  | 1.23  |
| 3  | 120           | 53.33                                    | 10                  | 1.16  |
| 4  | 120           | 53.33                                    | 20                  | 1.14  |
| 5  | 0             | 0  | 10                  | 0.96  |
| 6  | 180           | 80                                       | 20                  | 1.29  |
| 7  | 60            | 26.66                                    | 0                   | 1.12  |
| 8  | 120           | 53.33                                    | 30                  | 1.06  |
| 9  | 0             | 0  | 0                   | 0.91  |
| 10 | 0             | 0  | 30                  | 1.10  |
| 11 | 180           | 80                                       | 0                   | 1.21  |
| 12 | 180           | 80                                       | 0                   | 1.08  |

Cuadro A.4. Días a floración masculina media. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

| Nº | Tratamientos. |  |                     | Media |
|----|---------------|--|---------------------|-------|
|    | N<br>(kg/ha)  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg/ha) | Estiércol<br>(t/ha) |       |
| 1  | 60            | 26.66                                    | 10                  | 79.50 |
| 2  | 60            | 26.66                                    | 20                  | 79.67 |
| 3  | 120           | 53.33                                    | 10                  | 79.67 |
| 4  | 120           | 53.33                                    | 20                  | 79.50 |
| 5  | 0             | 0  | 10                  | 79.67 |
| 6  | 180           | 80                                       | 20                  | 79.83 |
| 7  | 60            | 26.66                                    | 0                   | 79.50 |
| 8  | 120           | 53.33                                    | 30                  | 79.83 |
| 9  | 0             | 0  | 0                   | 79.67 |
| 10 | 0             | 0  | 30                  | 79.67 |
| 11 | 180           | 80                                       | 0                   | 79.67 |
| 12 | 180           | 80                                       | 0                   | 79.67 |

Cuadro A.5. Días a floración femenina media. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

| Nº | Tratamientos. |  |                     | Media |
|----|---------------|--|---------------------|-------|
|    | N<br>(kg/ha)  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg/ha) | Estiércol<br>(t/ha) |       |
| 1  | 60            | 26.66                                    | 10                  | 85.17 |
| 2  | 60            | 26.66                                    | 20                  | 85.17 |
| 3  | 120           | 53.33                                    | 10                  | 85.33 |
| 4  | 120           | 53.33                                    | 20                  | 85.33 |
| 5  | 0             | 0  | 10                  | 85.00 |
| 6  | 180           | 80                                       | 20                  | 84.83 |
| 7  | 60            | 26.66                                    | 0                   | 85.00 |
| 8  | 120           | 53.33                                    | 30                  | 84.83 |
| 9  | 0             | 0  | 0                   | 85.00 |
| 10 | 0             | 0  | 30                  | 85.33 |
| 11 | 180           | 80                                       | 0                   | 85.33 |
| 12 | 180           | 80                                       | 0                   | 84.83 |

Cuadro A.6. Análisis de varianza para rendimiento de materia seca en maíz. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

| F V          | G L | S C    | C M   | F <sub>c</sub> | F <sub>t</sub> |      |
|--------------|-----|--------|-------|----------------|----------------|------|
|              |     |        |       |                | 0.05           | 0.01 |
| Repeticiones | 5   | 14.34  | 2.87  | 1.14 NS        | 2.41           | 3.43 |
| Tratamientos | 11  | 259.50 | 23.59 | 9.42 **        | 2.00           | 2.65 |
| Error        | 55  | 137.79 | 2.51  |                |                |      |
| Total        | 71  | 411.63 |       |                |                |      |

Coefficiente Variación = 12.9 por ciento.

NS = No significativo

\*\* Altamente significativo

Cuadro A.7. Análisis de varianza para altura de planta en maíz. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

| F V          | G L | S C   | C M    | F <sub>c</sub> | F <sub>t</sub> |      |
|--------------|-----|-------|--------|----------------|----------------|------|
|              |     |       |        |                | 0.05           | 0.01 |
| Repeticiones | 5   | 0.054 | 0.011  | 1.19 NS        | 2.41           | 3.43 |
| Tratamientos | 11  | 10.11 | 0.92   | 101.53 **      | 2.00           | 2.65 |
| Error        | 55  | 0.50  | 0.0091 |                |                |      |
| Total        | 71  | 10.66 |        |                |                |      |

Coefficiente de Variación = 4.70 por ciento.

NS = No Significativo

\*\* Altamente Significativo

Cuadro A.8. Análisis de varianza para altura de mazorca en maíz. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

| F V          | G L | S C   | C M    | F <sub>c</sub> | F <sub>t</sub> |      |
|--------------|-----|-------|--------|----------------|----------------|------|
|              |     |       |        |                | 0.05           | 0.01 |
| Repeticiones | 5   | 0.013 | 0.0027 | 1.33 NS        | 2.41           | 3.43 |
| Tratamientos | 11  | 1.02  | 0.093  | 46.28 **       | 2.00           | 2.65 |
| Error        | 55  | 0.11  | 0.0020 |                |                |      |
| Total        | 71  | 1.14  |        |                |                |      |

Coefficiente de Variación = 3.95 por ciento.

NS = No Significativo

\*\* Altamente Significativo

Cuadro A.9. Análisis de varianza para días a floración masculina en maíz. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

| F V          | G L | S C   | C M   | F <sub>c</sub> | F <sub>t</sub> |      |
|--------------|-----|-------|-------|----------------|----------------|------|
|              |     |       |       |                | 0.05           | 0.01 |
| Repeticiones | 5   | 0.40  | 0.081 | 0.23 NS        | 2.41           | 3.43 |
| Tratamientos | 11  | 0.82  | 0.074 | 0.21 NS        | 2.00           | 2.65 |
| Error        | 55  | 19.10 | 0.347 |                |                |      |
| Total        | 71  | 20.32 |       |                |                |      |

Coefficiente de Variación = 0.74 por ciento.

NS = No Significativo

Cuadro A.10. Análisis de varianza para días a floración femenina en maíz. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

| F V          | G L | S C   | C M  | F <sub>c</sub> | F <sub>t</sub> |      |
|--------------|-----|-------|------|----------------|----------------|------|
|              |     |       |      |                | 0.05           | 0.01 |
| Repeticiones | 5   | 1.79  | 0.36 | 0.68 NS        | 2.41           | 3.43 |
| Tratamientos | 11  | 3.04  | 0.28 | 0.52 NS        | 2.00           | 2.65 |
| Error        | 55  | 29.04 | 0.53 |                |                |      |
| Total        | 71  | 33.88 |      |                |                |      |

Coefficiente de Variación = 0.85 por ciento.

NS = No Significativo

Cuadro A.11. Relación de precios y costos unitarios empleados en el método Gráfico-Estadístico. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

| Insumo o producto | Unidad | Valor \$ | Símbolo |
|-------------------|--------|----------|---------|
| Nitrógeno         | kg     | 4.91     | n       |
| Fósforo           | kg     | 4.48     | p       |
| Estiércol         | t      | 50.00    | e       |
| Materia Seca      | kg     | 0.45     | y       |

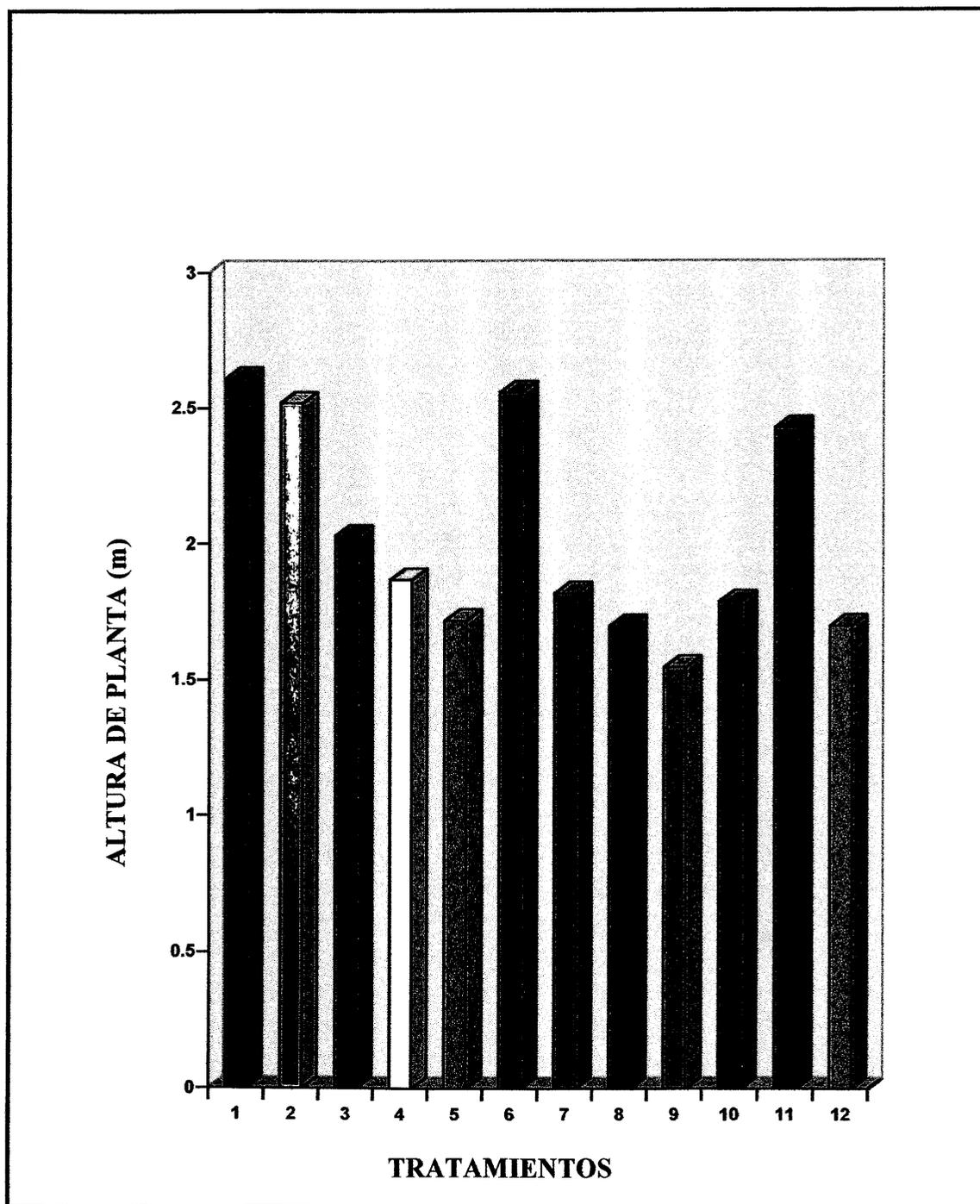


Figura A.1. Altura de planta en maíz (m) para todos los tratamientos estudiados.  
Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.

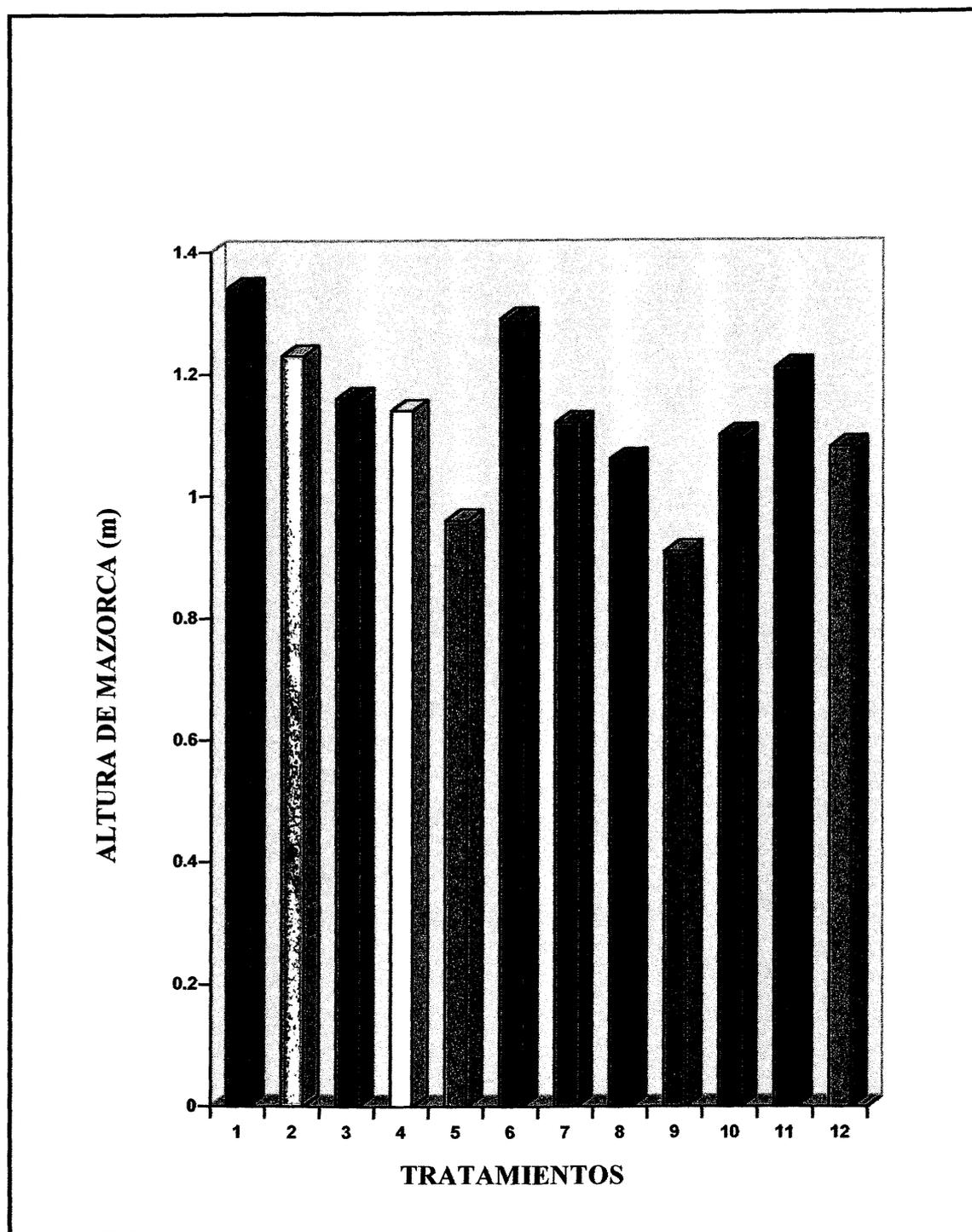


Figura A.2. Altura de mazorca en maíz (m) para todos los tratamientos estudiados. Encarnación de Guzmán, Coah. Ciclo Agrícola P-V. 1996.