



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN  
VEGETAL**

**TRABAJO DE DIPLOMA**

**EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES EFLUENTES  
DE CERDO COMO BIOABONO SOBRE EL  
CRECIMIENTO Y EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO  
DE MAIZ ( Zea Mays L.) Y LAS PROPIEDADES  
QUÍMICAS DEL SUELO.**

**Autores :**

**Br Eraían Dimitrov Hernández Valle  
Br Mario Ponce Mendoza**

**ASESOR:**

**Msc.: Irma Vega Norori**

**MANAGUA, NICARAGUA  
NOVIEMBRE, 2002**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN  
VEGETAL**

**TRABAJO DE DIPLOMA**

**EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES EFLUENTES  
DE CERDO COMO BIOABONO SOBRE EL  
CRECIMIENTO Y EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO  
DE MAIZ ( Zea Mays L.) Y LAS PROPIEDADES  
QUÍMICAS DEL SUELO.**

**Autores :**

**Br Eraían Dimitrov Hernández Valle  
Br Mario Ponce Mendoza**

**ASESOR:**

**Msc.: Irma Vega Norori**

**TRABAJO DE DIPLOMA , SOMETIDO A  
CONSIDERACIÓN DEL HONORABLE TRIBUNAL  
EXAMINADOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE  
LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA, COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**MANAGUA, NICARAGUA  
NOVIEMBRE, 2002**

## **DEDICATORIA**

Primeramente a Dios por ser el guía para ser seres de bien.

A mis Padres: Efraín Hernández Ch. y Pastora Valle L. por tener la paciencia y dedicación como forjadores para concluir mis metas en mis estudios superiores de profesionalización.

A mis Hermanos: Engels y Bladimir Hernández

A Gloria Ocón y Alberto Ocón por confiar y creer en que llegaría a concluir esta meta-

A todos mis amigos allegados que de una u otra forma me brindaron su apoyo.

**Efraín Demitrow Hernández**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de diploma en primer lugar a Dios, Nuestro Padre Celestial, que me dio la vida, el ser, la inteligencia y me iluminó para hacer este trabajo y a la Virgen Santísima.

A mi madre Aura Elena Mendoza Chávez (q.e.p.d.) que me dio los estudios hasta el último día de su vida.

A los Héroe y Mártires de la Revolución Popular Sandinista, entre ellos mis tíos David Andino Mendoza y Arnoldo Kuan Ponce.

A mi padre Mario Alberto Ponce Kuan.

A mi abuela materna Isolina Mendoza Campos.

A mi abuela Paterna Irma Kuan Mendoza.

A mis Hermanos Jackelin Terán Mendoza y Jorge Elena Aragón Mendoza.

A mis tías Maritza Andino Mendoza Y Rosario Centeno Kuan.

A mis tíos Noel, Gilberto; Marlon, Rafael, Antioco; Oscar Sergio y Douglas.

A todos mis primos y primas.

A mi amiga María Aragón Fúnez y mi compañero de tesis Efraín Hernández Valle.

A todos mis amigos y amigas.

**Mario Ponce**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a la Universidad Nacional Agraria

Al Departamento de Producción Vegetal por el apoyo brindado en la realización de esta tesis.

A la Lic. Irma Vega Norori que nos asesoró en este trabajo de diploma.

Al Ing. Rodolfo Munguía, por su apoyo brindado en este trabajo.

A las Ing. Isabel Chavarría, Aleyda López y Mercedes Ordóñez

Al Señor Juan Carlos Téllez.

A todos los que de una u otra forma nos ayudaron en la realización de esta tesis.

## INDICE GENERAL

| <b>Contenido</b>   | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| INDICE DE TABLAS   | i             |
| INDICE DE FIGURAS  | ii            |
| ÍNDICE DE ANEXOS   | iii           |
| RESUMEN  | iv            |
| I. INTRODUCCIÓN  | 1             |
| II.MATERIALES Y METODOS  | 4             |
| 2.1 Descripción del lugar y el estudio   | 4             |
| 2.2 Variables evaluadas en el cultivo del maíz   | 7             |
| 2.3 Análisis químico del suelo   | 9             |
| 2.4 Análisis de datos  | 9             |
| 2.5 Manejo agronómico  | 9             |
| III.RESULTADOS Y DISCUSIÓN   | 11            |
| 3.1 Efecto de los diversos fertilizantes sobre las variables de crecimiento del maíz                                       | 11            |
| 3.1.1 Altura de planta   | 11            |
| 3.1.2 Altura de inserción de la mazorca  | 12            |
| 3.1.3 Diámetro del tallo   | 13            |
| 3.2. Efecto de los diversos fertilizantes sobre las variables del rendimiento y sus componentes en el rendimiento del maíz | 15            |
| 3.2.1. Población   | 16            |
| 3.2.2 Mazorcas cosechadas  | 17            |
| 3.2.3 Longitud de la mazorca   | 19            |
| 3.2.4. Diámetro de mazorca   | 20            |
| 3.2.5. Numero de hileras por mazorca   | 21            |
| 3.2.6. Numero de granos por hilera   | 21            |

|  |    |
|--|----|
| 3.2.7. Peso de mil granos                                  | 23 |
| 3.2.8. Rendimiento del grano                               | 23 |
| 3.2.9. Peso seco de la paja                                | 26 |
| 3.3 Análisis químico del suelo al finalizar el experimento | 28 |
| 3.3.1. pH  | 28 |
| 3.3.2. Materia orgánica                                    | 30 |
| 3.3.3. Nitrógeno   | 31 |
| 3.3.4. Fósforo   | 32 |
| 3.3.5. Potasio   | 33 |
| 3.3.6 Comportamiento de los microelementos cobre y zinc    | 35 |
| IV.CONCLUSIONES  | 38 |
| V. RECOMENDACIONES   | 39 |
| VI.REFERENCIAS   | 40 |
| VII.ANEXOS   | 47 |

## INDICE DE TABLAS

| <b>Tabla</b>  | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| 1. Ubicación geográfica de la Hacienda Las Mercedes   | 5             |
| 2. Principales propiedades químicas y físicas de los suelos, Hacienda Las Mercedes, Managua.  | 6             |
| 3. Descripción de los tratamientos utilizados en el experimento   | 7             |
| 4. Dimensiones del ensayo. Hacienda Las Mercedes, Managua.  | 7             |
| 5. Características químicas de los efluentes utilizados en el ensayo.   | 7             |
| 6. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre la altura de la planta (cm), altura de inserción de la mazorca (cm) y el diámetro del tallo en (mm). Postrera 1999, Las Mercedes.     | 15            |
| 7. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre la población (plantas/hectárea), mazorcas cosechadas/ha en el cultivo del maíz. Postrera 1999. Las Mercedes.                          | 18            |
| 8. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre la longitud (cm), el diámetro (mm), número de hileras y granos por mazorca. Postrera 1999. Las Mercedes.                              | 23            |
| 9. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre el peso de mil granos (g), el rendimiento (kg/ha) y el peso seco de paja (kg/ha) en el cultivo del maíz. Postrera 1999. Las Mercedes. | 27            |
| 10. Análisis químico del suelo realizado después de la cosecha de los tratamientos. Hacienda Las Mercedes. Diciembre 1999.  | A<br>29       |
| 11. Contenido de cobre y zinc (ppm) antes y después del experimento en la hacienda Las Mercedes.  | C<br>35       |

## INDICE DE FIGURAS

| Figura   | Página |
|--|--------|
| 1. Climadiagrama de Las Mercedes (1999), según Walter & Lieth, (1960). | 5      |

## INDICE DE ANEXOS

| <b>Tabla</b>   | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| 1a. Correlaciones.fenotípicas en las variables de crecimiento y rendimiento del cultivo del maíz ( <i>Zea mays</i> L.) | 48            |

## Resumen

El presente ensayo se realizó en la hacienda las Mercedes, ubicada en Managua a una latitud norte de 12°08'9" y longitud oeste 86°10'9". El objetivo fue evaluar el efecto de diferentes efluentes de cerdo como bioabono sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), pH, contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio así como contenido de zinc y cobre en el suelo. El diseño utilizado fue Bloques completos al azar, con cuatro repeticiones y seis tratamientos. Las dosis de fertilización orgánica con efluentes de cerdos fueron 4 100 y 6 150 l/ha de estiércol de cerdos alimentados con desperdicios de cocina y 6 049 y 9 074 l/ha de efluente de estiércol de cerdos alimentados con concentrado comparado con dos testigos, uno relativo, con fertilización inorgánica (Completo, fórmula 12:30:10 más urea al 46%) y uno sin fertilizar. Los resultados demuestran que no hubo efecto significativo de los tratamientos en estudio sobre las variables de crecimiento y rendimiento. Los mayores valores de materia orgánica nitrógeno y potasio se obtuvieron en las parcelas con fertilización inorgánica, los menores valores de pH, fósforo y potasio se obtuvieron en las parcelas que no fueron fertilizadas. Las aplicaciones de fertilizantes inorgánicos y orgánicos no tuvieron un efecto importante sobre la cantidad disponible de Cu y Zn al final del ensayo.

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo alimenticio más importante en Centro América, ocupa la tercera posición entre los cereales más cultivados y el primer lugar en la dieta alimenticia de los nicaragüenses. La producción de este cereal en el mundo, según cifras de USDA, fue de aproximadamente 574 millones de toneladas métricas en 1997/98, un 2.9 por ciento menos que el año anterior (MAG-FOR, 1999)

En Nicaragua, los productores nacionales sembraron para el ciclo 1998/1999 una superficie estimada en 299.3 miles de hectáreas, cifra superior a la precedente en 28 por ciento. No obstante, los resultados finales señalan que el área cosechada fue de 257.3 miles de hectáreas dejando una pérdida neta de 42.15 miles de hectáreas. La producción alcanzada fue de 306.97 millones de kg, con un rendimiento de 1 187.5 kg por hectárea. La ganancia neta en la producción de maíz comparativamente entre el ciclo 1997/1998-1998/1999 fue de 44.873 millones de kg equivalente a una mejora productiva del 17 por ciento con relación al ciclo pasado (MAG-FOR, 1999).

**Además de la importancia que tiene este cultivo para la dieta de los nicaragüenses, fortalece la actividad pecuaria, al utilizarse el grano para elaborar productos balanceados y la planta como forraje.**

**La FAO (1994) afirma que el rendimiento promedio nacional está entre 1 347 y 1 228.95 kg/ha, lo que muestra que nuestros rendimientos han ido mermando. Esta baja producción puede deberse al hecho de que la mayoría de nuestros productores aún utilizan tecnología tradicional (MAG, 1991).**

Existen limitantes en la producción de maíz entre las que puede citarse el uso de fertilizantes inorgánicos que representan altos costos para los pequeños y medianos productores, de ahí que se requiera utilizar técnicas alternativas de fertilización con abonos orgánicos que reduzcan los costos de producción, mejoren los productos agrícolas y mantengan los niveles productivos del suelo.

La experiencia ha demostrado que la transición de la agricultura convencional a la agricultura orgánica conlleva ciertos riesgos como rendimientos bajos, incremento de

ataque de plagas y enfermedades, pero una vez superado el período transicional, que puede ser de varios años, los productores encontrarán que sus sistemas de producción serán más estables, más productivos y libres de pesticidas y otras sustancias nocivas (Higa y Parr, 1995).

Entre algunas alternativas de uso no convencional de fertilizantes se encuentra la utilización de residuos ganaderos, tal como el desecho o subproducto que se obtiene del estiércol de cerdo, efluente o abono líquido, el cual se recolecta en forma sistemática y se conduce a un proceso de tratamiento por medio de una planta de biogás. El efluente es el resultado del lavado de estiércol y orina, el cual se almacena en un biodigestor y sufre una fermentación anaeróbica, por lo cual se produce una parte sólida que queda en el biodigestor, una parte gaseosa que es el metano y una parte líquida que se receptiona en una pila, ésta última es lo se denomina efluente (Castillón, 1993).

Con este sistema descentralizado de tratamientos de desechos se alcanzan cuatro objetivos al mismo tiempo: reducción de la contaminación de las aguas superficiales con estiércol y otros desechos orgánicos; mejoramiento de la situación higiénica en la finca; producción de energía barata; retención de nutrientes en el suelo, los que son usados para abonar los cultivos (GTZ, 1987).

El reciclaje de nutrientes es, sobre todo para los pequeños productores, de importancia económica. Muchos de ellos realizan explotación de autosubsistencia, por lo que las entradas en dinero son reducidas y se destinan a cubrir necesidades de la familia, de tal manera que los recursos para comprar abono son bajos o inexistentes. El uso adecuado de los nutrientes reciclados puede ser, en las fincas, un aporte importante para mejorar la situación económica y alimenticia de la familia.

**Se afirma que una buena utilización de los residuos ganaderos y una adecuada redistribución de los mismos hace que sólo puedan considerarse como tales a los excedentes que no se han podido reciclar en el ciclo normal del abonado orgánico de las tierras cultivadas. Cuando un residuo ganadero se utiliza bien pasa a la categoría de subproducto por el que se paga dinero. El volumen de residuos es importante y peligroso, provocando problemas serios y es necesario buscar procedimientos de transferencia de los mismos que sean compatibles con el medio ambiente y que resulten rentables o por lo menos que tengan unos costos que puedan ser asumidos por los ganaderos.**

Es necesario conocer la verdadera problemática contaminante de los residuos ganaderos, hay que determinar su verdadera valoración agronómica y es preciso poner en práctica los tratamientos y métodos de depuración adecuados.

El presente estudio persigue los siguientes objetivos:

Objetivo general.

- Evaluar el efecto de diferentes efluentes de cerdo como bioabono sobre crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

Objetivos específicos:

- Evaluar el efecto de dos tipos de efluentes procedentes de cerdos alimentados con desperdicios de cocina o concentrado sobre las variables de crecimiento y rendimiento en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.).
- Determinar el efecto de efluentes procedentes de cerdos alimentados con desperdicios de cocina o concentrado sobre pH, contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, zinc y cobre en el suelo de la hacienda Las Mercedes.

## II. MATERIALES Y METODOS

### 2.1. Descripción del lugar y experimento

El ensayo se realizó en la época de postrera, en los meses de agosto a noviembre de 1999, en la hacienda Las Mercedes, localizada en el municipio de Managua, Managua. La ubicación geográfica del ensayo se presenta en la Tabla 1

Tabla 1. Ubicación geográfica de la hacienda Las Mercedes.

|                |         |
|----------------|---------|
| Latitud Norte  | 12° 08' |
| Longitud Oeste | 86° 10' |
| Altura (msnm). | 56      |

Fuente: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER, 2000)

**Las condiciones climáticas que prevalecieron durante el experimento fueron: temperatura media anual de 26.68 °C, con 1 254.36 mm de precipitación anual y Humedad relativa de 72.97%, las cuales se reflejan en la figura 1.**

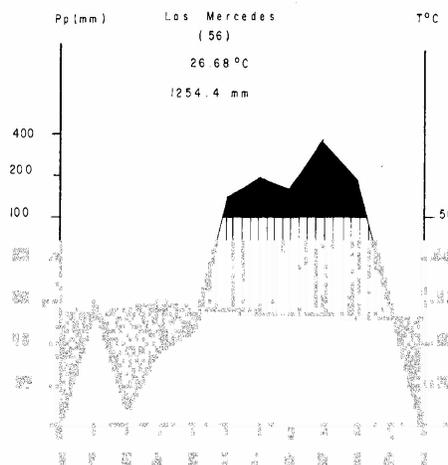


Figura 1. Climadiagrama de la hacienda las Mercedes (1999), según (Walter & Lieth, 1960).

**El suelo predominante en la hacienda Las Mercedes es joven, consiste en suelos bien drenados, negros, medianamente profundos, calcáreos que contienen sales y contienen sales y son bajos en sodio intercambiable. La textura del suelo superficial es principalmente franco, tienen permeabilidad lenta, la capacidad de humedad disponible es baja y una zona radical de superficial a profunda.**



|   |  |
|---|--|
| 5 | 6 049 l/ha de efluente de concentrado (aproximadamente 100 kg/ha de nitrógeno) |
| 6 | 9 074 l/ha de efluente de concentrado (aproximadamente 150 kg/ha de nitrógeno) |

**Las dimensiones del ensayo se muestran en la tabla 4.**

Tabla 4. Dimensiones del ensayo. Hacienda Las Mercedes, Managua.

| Componentes         | ancho(m) | largo (m) | Área (m <sup>2</sup> ) |
|---------------------|----------|-----------|------------------------|
| Unidad experimental | 3.5      | 5         | 17.5                   |
| Parcela útil        | 2.1      | 4         | 8.4                    |
| Bloque              | 5        | 28        | 140                    |
| Área total          | 30       | 32        | 960                    |

**El análisis químico de los diferentes tipos de efluentes se detalla en la Tabla 5.**

Tabla 5. Características químicas de los efluentes utilizados en el ensayo.

| Efluente de           | N    | P    | K    | Ca   | Mg   | Fe  | Cu  | Mn | Zn |
|-----------------------|------|------|------|------|------|-----|-----|----|----|
|                       | %    |      |      |      |      | ppm |     |    |    |
| Desperdicio de cocina | 2.39 | 0.16 | 0.26 | 0.16 | 0.06 | 225 | 25  | 87 | 37 |
| concentrado           | 1.62 | 0.4  | 0.34 | 0.05 | 0.11 | 575 | 100 | 25 | 25 |

**Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua (UNA, 1999)**

## 2.2. Variables evaluadas en el cultivo del maíz

### Variables de crecimiento

#### **Altura de planta (cm)**

**Para la medición de esta variable se tomó una muestra al azar de 10 plantas de la parcela útil. Se midió desde la superficie del suelo hasta la base de la lígula superior, registrándose los datos a los 15, 30 y 45 días después de la siembra (dds).**

#### **Altura de inserción de la mazorca (cm)**

**Se tomó una muestra de 10 plantas de la parcela útil, ésta se determinó a la cosecha y se midió desde la superficie del suelo hasta la altura de la primera mazorca.**

### Diámetro del tallo (mm)

**Estos datos se tomaron en 10 plantas al azar de la parcela útil, a la altura del segundo entrenudo de la planta, mediante el uso del vernier. Se registraron los datos al momento de la cosecha.**

## **Variables del rendimiento y sus componentes**

### Población

**Se contó el número de plantas cosechadas por parcela útil y se extrapoló a plantas por hectárea.**

### Mazorcas cosechadas

**Se contó el número de mazorcas cosechadas por parcela útil y se extrapoló a mazorcas por hectárea.**

#### **Longitud de la mazorca (cm)**

**Se midió desde la base de su inserción en el pedúnculo hasta su ápice, en diez mazorcas de la parcela útil.**

#### **Diámetro de mazorca (mm)**

**Se midió en la parte central de la mazorca desde la corona de un grano hasta la corona del otro lado mediante el uso del vernier, en diez mazorcas de la parcela útil.**

### Número de hileras por mazorca

**Se contó el número de hileras de cada mazorca en diez mazorcas cosechadas al azar dentro de la parcela útil.**

### Número de granos por hilera

**Se contó el número de granos por hilera en una de las hileras de las diez mazorcas cosechadas dentro de la parcela útil.**

Peso de 1 000 granos

**Se pesaron 1 000 granos de la muestra de cada parcela útil y se expresó en gramos.**

Rendimiento del grano

La producción de grano por cada una de las parcelas fue pesada y ajustada al 14 por ciento de humedad y reflejada en kg/ha, mediante la ecuación propuesta por Gómez & Minelli (1990).

$$Pf(100 - Hf) = Pi(100 - Hi)$$

Donde:

Pf:: Peso final (kg/ha)

Hf: % de humedad a la que se desea ajustar el rendimiento (14%)

Pi:: Peso inicial de campo (kg/ha)

Hi: % de humedad inicial en el grano.

Peso seco de la paja

Se determinó en 10 plantas al azar, de la parcela útil de las cuales se tomó una submuestra y se introdujo al horno por 72 horas a una temperatura de 60 °C, registrándose, posteriormente, el peso seco.

### 2.3. Análisis químico del suelo

**Previo al establecimiento del ensayo se realizó un análisis químico de suelo en el Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria, (U.N.A). El muestreo de suelo para este análisis se realizó el 10 de agosto de 1999. La muestra se tomó a 20 cm de profundidad. Una vez realizada la cosecha se realizó análisis de suelo a cada una de las parcelas de los tratamientos en estudio con el objetivo de comparar dichos resultados con el análisis químico inicial del suelo. En dicho análisis se determinó pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo al finalizar el experimento.**

### 2.4. Análisis de datos

**Los datos de las variables estudiadas se sometieron a un análisis de varianza y a la separación de medias de Tukey, al 0.05%, para ello se utilizó el programa estadístico SAS.**

## 2.5. Manejo Agronómico

**La preparación del suelo se realizó bajo el sistema de labranza convencional, se inició con la limpieza del terreno, un pase de arado y dos de grada para disgregar la estructura del suelo. El surcado se realizó con cultivadora a una distancia de 0.70 metros. Estas labores se realizaron quince días antes de la siembra a excepción del surcado que se realizó tres días antes de la siembra.**

**La siembra y el parcelamiento se realizaron el 13 de agosto de 1999 utilizando semilla mejorada variedad NB-6, que corresponde a una variedad intermedia de 110 días, recomendada para este período por su alto potencial de rendimiento (3 860 – 4 540 kg/ha) y su tolerancia al achaparramiento.**

La siembra se efectuó de forma manual, depositando tres semillas por golpe, con una distancia entre surco de 0.7 m y una distancia entre planta de 0.3 m para una densidad de 47 619 plantas por hectárea.

**El 20 de agosto se hizo la resiembra y el 28 de ese mismo mes (15 días dds) se efectuó raleo, fertilización y aporque. La fertilización inorgánica consistió en la aplicación de completo, fórmula 12:30:10 a los 15 dds y urea 46% de forma fraccionada a los 25 y 45 dds. Las diversas dosis de efluentes de cerdo fueron aplicadas a los 15, 30 y 45 días después de la siembra.**

**En ninguno de los tratamientos se realizó la desinfección del suelo para que esta acción no enmascarara el efecto de los bioabonos sobre las características del suelo.**

**El control de malezas se realizó dos veces durante el ciclo del cultivo, el primer control se hizo a los 26 días y el segundo a los 40 días después de la siembra, esta labor se hizo mecánicamente con azadón.**

**No se realizó control fitosanitario ya que la incidencia de plagas y enfermedades, no afectó de forma importante el cultivo.**

**La cosecha se realizó a los 110 días después de la siembra (3 de diciembre), esta actividad se hizo de forma manual, igual que el destuce y el desgrane.**

### **III.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1-Efecto de los diversos fertilizantes sobre las variables de crecimiento del maíz.**

El crecimiento es el aumento en el volumen o en el peso de materia seca, producto del desarrollo de algún órgano u órganos específicos de las plantas (Tisdale & Nelson, 1988). Está determinado por factores del medio (luz, temperatura, gravedad, nutrientes, etc.), factores internos de la planta (edad, reguladores del crecimiento endógenos, relación parte aérea/sistema radical, etc.) y las técnicas de cultivo (Stevenson y Mertens, 1990).

En Nicaragua, se han realizado numerosos trabajos para evaluar el crecimiento en el cultivo del maíz a través del estudio de sistemas de labranza, rotación de cultivos y control de malezas (Alvarado y Centeno, 1994; Bellorín, 1993); niveles y fraccionamiento de nitrógeno y momentos de aplicación, espaciamientos y poblaciones (Cuadra, 1991; Salgado, 1990 y Baca, 1989).

A nivel nacional no se reporta, hasta el momento, evaluaciones con abonos orgánicos líquidos procedentes de un proceso de biodigestión, pero sí existen informes de proyectos realizados en otros países como es el caso de Colombia. Estos tipos de ensayos tienden a contribuir paulatinamente a la transición de la agricultura convencional a una agricultura ecológica, que armonice con el medio ambiente.

#### **3.1.1. Altura de planta**

La altura de planta es un parámetro importante ya que es un indicativo de la velocidad de crecimiento, está determinada por la elongación del tallo al acumular en su interior los nutrientes producidos durante la fotosíntesis, los que a su vez son transferidos a la mazorca durante el llenado de grano. Además, está fuertemente influenciada por condiciones ambientales como: temperatura, humedad y calidad de luz (Cuadra, 1988). Cuadra (1991) y Salgado (1990) afirman que la altura de planta está determinada por la densidad poblacional y fertilización nitrogenada

En los cultivos, el carácter de altura planta, es de gran importancia agronómica y tiene influencia en el rendimiento. En el maíz, esta variable es importante debido a la alta

variación en el grado de competencia que ejercen las malezas sobre el cultivo, en dependencia de la etapa de crecimiento, desarrollo y cobertura en que se encuentren (Andrade, 1996). Cuadra (1991) y Salgado (1990) afirman que la altura de planta está determinada por la densidad poblacional y fertilización nitrogenada y Loáisiga (1997) plantea que la altura de planta está influenciada por la variedad.

En la primera y segunda evaluación no se pudo determinar un efecto bien marcado de las diferentes formas de fertilización sobre la altura de la planta de maíz (tabla 6). También, en la última evaluación, a los 45 días después de la siembra no se determinó ningún efecto significativo de los tratamientos evaluados sobre esta variable, ésta osciló entre 195.9 cm y 212.1 cm. No obstante, era de esperarse que la menor altura la presentaran las plantas en las parcelas que no se fertilizaron.

Al realizar una correlación de Pearson (Anexo 1) se evidencia, en la última evaluación de esta variable, una correlación alta, positiva y significativa con la altura de inserción de mazorca, la población, el número de mazorcas, el rendimiento y el peso seco de la paja.

### **3.1.2. Altura de inserción de la mazorca**

**La altura de inserción de la mazorca es un factor íntimamente relacionado con los rendimientos del cultivo (Céliz y Duarte, 1996) y es una variable de igual importancia que la altura de la planta porque facilita la cosecha mecanizada (Baca, 1989).**

**Reyes (1990) y Maya (1995), plantean que esta variable es un elemento que contribuye notablemente al rendimiento del grano de maíz ya que las hojas superiores y las del medio de las plantas son las principales suplidoras de carbohidratos a la mazorca y al grano.**

**Experimentos realizados por Loáisiga, (1990) mostraron que la altura media de inserción de la mazorca en la variedad NB-6, durante dos años consecutivos, fue de 1.41 m.**

**No se determinó un efecto significativo de los tratamientos en estudio sobre la altura de inserción de la mazorca. Sin embargo, en este estudio la altura de inserción de la mazorca osciló entre 113.5 y 121.2 cm (Tabla 6). Estos valores son inferiores a los reportados por Loáisiga (1990), para la variedad NB-6.**

**Las plantas procedentes de las parcelas sin fertilización y con fertilización inorgánica mostraron una altura de inserción de la mazorca, numéricamente muy similar.**

Al observar los coeficientes de correlación del anexo 1 se puede constatar que esta variable se correlacionó positiva y significativamente con las dos últimas evaluaciones de altura de planta, la población, el número de mazorcas cosechadas, número de hileras por mazorca, el rendimiento y el peso seco de la paja.

### **3.1.3. Diámetro del tallo**

El tallo es el órgano encargado del transporte ascendente del agua y descendente de la savia elaborada, además dá sostén a las hojas, el tallo, también produce y sostiene a los órganos reproductivos (Núñez y Rodríguez, (1990), citado por Centeno y Castro, 1993).

**El diámetro del tallo es una característica de suma importancia en el cultivo del maíz, la cual puede verse afectada por la densidad poblacional y nitrógeno disponible (Cuadra, 1988); la competencia por luz, lo que provoca una elongación de los tallos y entrenudos más largos, plantas más altas y reducción en el grosor de los tallos, favoreciendo el acame de las plantas (Alvarado y Centeno, 1994).**

**Zaharan y Garay (1990), plantean que el diámetro del tallo depende de la variedad y de las condiciones ambientales y nutricionales del suelo. El diámetro del tallo osciló entre 19.8 y 21.6 mm (tabla 6). Estos valores son mayores a los encontrados por Loáisiga (1997) al evaluar diferentes dosis de fertilización sobre cuatro cultivares de maíz, entre ellos NB-6, pero menores a los reportados por Valdivia y López (1997), al evaluar diferentes sistemas de labranza y métodos de control de malezas en la variedad NB-6.**

**A pesar de que no existe ningún efecto significativo de los tratamientos en estudio, debido a que este suelo permaneció en barbecho durante cuatro años consecutivamente, se deduce que el cultivo disponía de nutrientes necesarios para alcanzar un crecimiento normal de las plantas. El menor diámetro del tallo se determinó en las parcelas que no se fertilizaron. Esto demuestra que para estimular el alargamiento y engrosamiento del tallo es fundamental fertilizar este cultivo, ya sea de forma orgánica o inorgánica.**

En este estudio, el diámetro del tallo se correlacionó positiva y significativamente con la longitud y diámetro de mazorca, número de granos por hilera y con el rendimiento (Anexo 1). A menudo, los nutrientes que se almacenan en el tallo durante la fase de crecimiento son trasladados a la mazorca durante la fase reproductiva.

Tabla 6. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre la altura de la planta (cm), altura de inserción de la mazorca (cm) y el diámetro del tallo en (mm). Postrera 1999, Las Mercedes.

| Tratamiento          | Altura de Planta |         |         | Inserción de Mazorca | Diámetro del Tallo |
|----------------------|------------------|---------|---------|----------------------|--------------------|
|                      | 15 dds           | 30 dds  | 45 dds  |                      |                    |
| Sin fertilización    | 29.6 a           | 99.8 a  | 195.9 a | 118.1 a              | 19.8 a             |
| Fertiliz. Inorgánica | 30.8 a           | 103.2 a | 211.2 a | 117.6 a              | 21.6 a             |
| E. coc. 4104 l/ha    | 31.0 a           | 101.1 a | 209.7 a | 114.6 a              | 20.5 a             |
| E. coc.6150 l/ha     | 28.5 a           | 96.4 a  | 204.1 a | 118.5 a              | 20.2 a             |
| E. conc. 6.049 l/ha  | 29.9 a           | 104.7 a | 212.1 a | 121.1 a              | 20.7 a             |
| E. conc. 9074 l/ha   | 28.0 a           | 95.8 a  | 197.1 a | 113.5 a              | 20.2 a             |
| Pr                   | 0.1835           | 0.6171  | 0.5654  | 0.8212               | 0.2017             |
| CV (%)               | 6.07             | 8.39    | 7.80    | 7.24                 | 4.43               |

Clave: E.coc. : Efluente de cocina

E.Conc.: Efluente de concentrado

CV: Coeficiente de variación

Pr: Probabilidad.

Fertiliz.Inorgánica.: Fertilización inorgánica

### 3.2.-Efecto de los diversos fertilizantes sobre las variables del rendimiento y sus componentes en el maíz

El rendimiento es la culminación de una serie de estadíos del desarrollo de la planta, los cuales están sujetos a un control genético, tal vez regulados por hormonas y por agentes de diferenciación todavía no identificados (Carlson. 1990).

**El rendimiento es un carácter cuantitativo, por lo tanto es afectado por condiciones edáficas y del ambiente, éstos afectan más a los caracteres cuantitativos que a los cualitativos (David, 1985, citado por Rodríguez y Solís, 1997). Blandón y Arvizú (1991) señalan que el rendimiento es un carácter**

**derterminado por el genotipo, la ecología y el manejo agronómico de la población. Tapia (1987) afirma que esta variable varía según el ciclo y el peso de mil semillas.**

La producción de frutos y semillas, una vez que ha comenzado, parece depender efectivamente de la fotosíntesis en las partes de la planta adyacentes al fruto o a la semilla. Así, mucho del carbono almacenado en algunas semillas de cereales se dice que proviene del CO<sub>2</sub> reducido en las porciones florales y en el limbo foliar (Thorne, 1965 citado por Carlson, 1990).

Es probable que el éxito del rendimiento elevado moderno de los cereales de baja estatura se atribuye hasta cierto grado a la eliminación del exceso de crecimiento vegetativo. El rendimiento es dependiente de la productividad (Carlson, 1990).

Los rendimientos agrícolas de un cultivo están determinados por los componentes del rendimiento, éstos pueden ser definidos en varias formas, pero todos se basan en una serie de factores que multiplicados en conjunto equivale al rendimiento (White, 1985).

El rendimiento está en dependencia de la calidad, cantidad y tamaño de los granos sobre todo cuando está fuertemente influenciado por el suministro de nitrógeno (Lencoff & Loomis, 1986).

### **3.2.1.-Población**

**El tamaño de población está directamente relacionado con la emergencia, el manejo agronómico, las condiciones ambientales existentes y la competencia entre individuos, todos estos factores en conjunto hacen que el número de plantas cosechadas varíen en relación a la cantidad de semillas que se sembró (CIAT, 1997).**

Densidades poblacionales demasiado altas aumenta la competencia intraespecífica lo que puede causar que se obtengan mazorcas pequeñas y un incremento en la población de plantas que no producen mazorca, facilita el acame del tallo, lo que dificulta la recolección de la cosecha, obteniendo como resultado bajos rendimientos (Orozco, 1996).

La densidad de siembra en maíz está sujeta y determinada por la fertilidad del suelo, variedad utilizada, humedad del suelo y por ciento de germinación de la semilla

(Menocal, 1990). El MAG (1998), estima que la población óptima del maíz oscila entre 49 815 y 64 048 plantas por hectárea.

En este ensayo se obtuvieron poblaciones de maíz entre 48 810 y 59 821 plantas por hectárea (Tabla 7). Los tratamientos estudiados no ejercieron ningún efecto significativo sobre esta variable.

Las aplicaciones efectuadas con efluentes procedentes de cocina con dosis de 4 100 y 6 150 l/ha y de concentrado en dosis de 6 049.y 9 074 l/ha alcanzaron mayores poblaciones que las parcelas que se fertilizaron de forma inorgánica, por consiguiente, se puede afirmar que este tipo de fertilización orgánica no tiene una influencia negativa sobre los procesos germinativos de la semilla. Higa (1994), expresa que la aplicación de materia orgánica no sólo ayuda al

balance de micronutrientes del suelo, sino que incrementa las poblaciones de microorganismos productores de antibióticos con lo cual se suprimen ciertos patógenos que viven en el suelo y que causan enfermedades a las plantas en un corto período. Con estos efluentes se pudo haber incrementado poblaciones de microorganismos productores de antibióticos, mejorando la salud del suelo, lo que favoreció el establecimiento de una mayor población.

Sin embargo, la menor población se obtuvo con el tratamiento donde se aplicó fertilizante inorgánico con 48 810 plantas por hectárea. Este resultado se atribuye a un raleo no uniforme, el cual se realizó a los 15 días después de la siembra.

Por otra parte, se pudo constatar que la población se correlacionó positiva y significativamente con el número de mazorcas cosechadas, la altura de la planta y de inserción de la mazorca, el peso seco y el rendimiento (Anexo 1).

### 3.2.2.-Mazorcas cosechadas

Condiciones ambientales y edáficas óptimas y un manejo agronómico adecuado tienen efectos favorables en el normal desarrollo y crecimiento del cultivo. Estas condiciones, en las plantas de maíz, favorecen el desarrollo de las yemas vegetativas y reproductivas, asegurando así un mayor número de mazorcas por unidad de área. Además, esta variable está influenciada por la densidad poblacional usada y por las características de la variedad (Orozco, 1996). Tanaka y Yamaguchi (1984) indican que si hay una provisión adecuada de nitrógeno el número de mazorcas por unidad de área aumenta.

El número de mazorcas por hectárea osciló entre 47 321 y 58 036 (Tabla 7).

Tabla 7. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre la población (plantas/ha) y mazorcas cosechadas/ha en el cultivo de maíz. Postrera de 1999. Las Mercedes

| Tratamientos               | Población Plantas/ha             | Mazorcas cosechadas/ha |
|----------------------------|----------------------------------|------------------------|
| Sin fertilización          | 54762 a                          | 53274 a                |
| Fert. Inorgánica           | 48810 a                          | 47917 a                |
| E.coc.4100 l/ha            | 57143 a                          | 51190 a                |
| E.coc.6150 l/ha            | 59821 a                          | 58036 a                |
| E.conc.6049 l/ha           | 55060 a                          | 54464 a                |
| E.conc.9074 l/ha           | 49405 a                          | 47321 a                |
| Pr                         | 0.7781                           | 0.8154                 |
| C.V. (%)                   | 22.8                             | 23.72                  |
| Clave: Pr.: Probabilidad   | CV.: Coeficiente de variación    |                        |
| E.Coc.: Efluente de cocina | E.Conc.: Efluente de concentrado |                        |

Los tratamientos en estudio no ejercieron ningún efecto significativo sobre el número de mazorcas cosechadas. Sin embargo, el número de mazorcas cosechadas por hectárea responde de forma positiva a la fertilización orgánica, cuyos valores fueron superiores al determinado con la fertilización inorgánica. Es importante resaltar que los diferentes tratamientos en estudio alcanzaron aproximadamente una mazorca por planta. Esto indica que las poblaciones determinadas en este estudio son óptimas para estas condiciones agroecológicas.

La tendencia del número de mazorcas cosechadas es muy similar a la de las plantas cosechadas. La fertilización de forma inorgánica presentó la más baja población y obtuvo uno de los valores más bajos para el número de mazorcas cosechadas. Por el contrario, las parcelas sin fertilizar y las fertilizadas con efluentes de cerdo procedente de desperdicios de cocina en dosis de 4 100 y 6 150 l/ha así como las fertilizadas con efluente de concentrado en dosis de 6 049 l/ha, alcanzaron un mayor número de mazorcas cosechadas producto de una mayor población de plantas .

El número de mazorcas cosechadas se correlacionó significativamente con la última evaluación de altura de planta, así como con la inserción de mazorca, la población, el rendimiento y el peso seco de paja (Anexo 1).

### 3.2.3.-Longitud de mazorca

Reyes (1990) afirma que la longitud de mazorca es un carácter de gran importancia por ser un elemento correlativo con el rendimiento del grano y que estos caracteres se ven sumamente afectados por las condiciones ambientales. La máxima longitud de mazorca dependerá de la humedad del suelo, disponibilidad de nitrógeno y de la radiación solar (Adetiloye et al; 1984). Esta variable tiene relación directa en la obtención de máximos rendimientos debido a que a mayor longitud de mazorca, mayor número de granos por hilera, por lo tanto mayor rendimiento (Centeno y Castro,1993).

En este estudio, la longitud de mazorca osciló entre 14.8 y 16.9 cm (Tabla 8), valores superiores a los encontrados por Loáisiga y Rodríguez (1997) para esta misma variedad con promedio de 14.7 y 13.0 cm al evaluar cultivares de maíz con diferentes dosis de nitrógeno y sistemas de labranza y métodos de control de malezas respectivamente.

Los diferentes tipos de efluentes estimularon el crecimiento longitudinal de la mazorca, pero no lo suficiente como para superar la longitud de mazorca obtenida por las plantas que se fertilizaron de forma inorgánica. Es importante destacar que los efluentes procedentes de desperdicios de cocina y de concentrado en dosis de 4 100 l/ha y 6 049 l/ha, respectivamente, equivalente a 100 kg/ha de nitrógeno presentaron mazorcas más largas que las otras dosis de fertilización orgánica con efluentes equivalentes a 150 kg/ha de nitrógeno . Resultados similares se obtuvieron en Colombia, en ensayos del proyecto Colombo-Alemán (GTZ, 1987).

Estos resultados permiten afirmar que la fertilización orgánica e inorgánica favorecen el crecimiento longitudinal de la mazorca de maíz.

Los tratamientos en estudio no ejercieron ningún efecto significativo sobre esta variable, pero era de esperarse que las plantas que no se fertilizaron presentaron la menor longitud de mazorca (14.8 cm). Por el contrario, las plantas que fueron fertilizadas de forma inorgánica desarrollaron longitudinalmente más sus mazorcas, alcanzando la mayor longitud de éstas (16.9 cm), como consecuencia de una menor población y un menor número de mazorcas cosechadas.

En la matriz de correlación de Pearson (Anexo 1), se puede observar que esta variable se correlaciona positivamente y significativamente con el diámetro del tallo y de la mazorca, así como con el número de granos por hilera.

### 3.2.4.-Diámetro de la mazorca

El diámetro de mazorca al igual que su longitud están determinados por factores genéticos e influenciados por factores edáficos, nutricionales y ambientales. El diámetro de mazorca es un parámetro fundamental para medir el rendimiento del cultivo (Saldaña y Calero, 1991).

El diámetro de mazorca forma parte de la fase reproductiva en la que se requiere de actividad fotosintética y gran absorción de agua y nutrientes. Si esto es adverso afectará el tamaño de la mazorca en formación y por consiguiente se obtendrá menor diámetro de ésta, que al final repercutirá en bajos rendimientos (Saldaña y Calero, 1991).

**Los tratamientos estudiados no ejercieron ningún efecto significativo sobre estos resultados. Sin embargo, el tratamiento que presentó el mayor diámetro de la mazorca fue el de fertilización inorgánica con 46.1 mm (Tabla 8), seguido del tratamiento con efluente de concentrado en dosis de 6 049 l/ha con 44.6 mm.** Los menores valores están dados por los abonos orgánicos de efluentes de cocina en dosis de 4 100.4 y el de concentrado en dosis de 9 074.0 l/ha (43.9 mm).

Estos resultados coinciden de forma parcial con lo expresado por Saldaña y Calero (1991), quienes afirmaron que el diámetro de mazorca está directamente relacionado con la longitud de mazorca. Por otra parte, los datos derivados de este ensayo son similares a los encontrados por Rodríguez (1997) pero menores a los determinados por Galo y Flores (1998).

En la correlación de Pearson (Anexo 1) se puede constatar que esta variable está positiva y significativamente correlacionada con el diámetro del tallo, la longitud de la mazorca, número de hileras por mazorca y número de granos por hilera.

### **3.2.5.-Número de hileras por mazorca**

**El número de hileras por mazorca está en dependencia del diámetro de ésta, la variedad y sobre todo de un buen suministro de nitrógeno con lo que aumentará la masa relativa de la misma, incrementando el número de hileras por mazorca (Centeno y Castro, 1993).**

**Rodríguez (1997), al producir maíz (NB-6) bajo dos sistemas de labranza y tres métodos de control de malezas sobre el rendimiento encontró un valor promedio, para esta variable, de 14.3 hileras por mazorca.**

**En este estudio el número de hileras por mazorca osciló entre 13.8 y 14.6. Los valores más altos se obtuvieron con efluente de concentrado en dosis de 9 074 y 6 049 l/ha con 14.6 hileras por mazorca (Tabla 8), seguido de los tratamientos con fertilización inorgánica y el testigo, que no recibió fertilización. No se determinó un efecto significativo de estos tratamientos sobre estos resultados.**

**Esto revela que de los dos orígenes diferentes de abonos orgánicos aplicados el que mejor efecto tiene sobre el número de hileras es el efluente procedente de**

**cerdos alimentados con concentrado, efecto que se atribuye a un contenido mayor de fósforo y potasio (Tabla 8).**

Se constató que esta variable se correlaciona positivamente y significativamente con la altura de inserción de la mazorca y el diámetro de la mazorca (Anexo 1).

**3.2.6.-Número de granos por hilera**

El rendimiento está en dependencia de la calidad, cantidad y tamaño de los granos, sobre todo cuando está fuertemente influenciado por el suministro de nitrógeno (Lencoff & Loomis; 1986; citado por Rodríguez, 1997). El número de granos está determinado por la longitud y el número de hileras por mazorca (Jugenheimer. 1981).

El número de granos por hilera varió entre 30.2 y 34.9, valores que no difieren significativamente entre sí, son similares a los encontrados por Rodríguez (1997) e inferiores a los encontrados por Loáisiga (1997), al evaluar cuatro cultivares de maíz a diferentes dosis de fertilización (Tabla 8).

**En este estudio, el mayor número de granos por hilera se encontró en los tratamientos con fertilización inorgánica, seguido de efluente de cocina y de concentrado en dosis de 4 100 y 6 049 l/ha, los cuales superan los 32.8 granos por hilera.**

El menor número de granos por hilera se presentó en el tratamiento con efluente de concentrado en dosis de 9 074 l/ha (30.2), seguido del testigo que no recibió fertilización con 31.5 granos.

Esta variable se correlaciona positiva y significativamente con el diámetro del tallo, longitud de la mazorca y el peso de 1000 granos (Anexo 1)

Tabla 8. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre la longitud (cm), el diámetro (mm), número de hileras y granos por mazorca. Postrera 1999. Las Mercedes.

| Tratamientos      | Longitud de mazorca (cm) | Diámetro de mazorca (mm) | Número de Hileras | GRAH   |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|--------|
| Sin fertilización | 14.9 a                   | 44.4 a                   | 14.3 a            | 31.3 a |
| Fert. Inorgánica  | 16.9 a                   | 46.1 a                   | 14.4 a            | 34.9 a |
| E.coc.4100 l/ha   | 15.8 a                   | 43.9 a                   | 13.8 a            | 33.1 a |
| E.coc.6150 l/ha   | 15.4 a                   | 44.0 a                   | 14.0 a            | 31.5 a |
| E.conc.6049.l/ha  | 16.2 a                   | 44.6 a                   | 14.6 a            | 32.8 a |

|                  |        |        |        |        |
|------------------|--------|--------|--------|--------|
| E.conc.9074 l/ha | 15.3 a | 43.9 a | 14.6 a | 30.2 a |
| Pr               | 0.1510 | 0.1844 | 0.3311 | 0.2421 |
| C.V. (%)         | 6.66   | 2.87   | 4.02   | 8.26   |

Clave: GRAH: Número de granos por hilera      Pr.: Probabilidad  
E.coc.: Efluente de cocina      E.conc. Efluente de concentrado  
CV.: Coeficiente de variación

### 3.2.7. Peso de mil granos

Esta variable expresa la capacidad de trasladar nutrientes acumulados por la planta en su crecimiento vegetativo a la semilla en su etapa reproductiva (Zapata y Orozco, 1991). Es una característica controlada por un gran número de factores genéticos y puede ser influenciado por factores ambientales y edáficos (Verneti, 1983,citado por Amaya y Cruz, 1993).

Bauman (1990) expresa que la calidad de la semilla está determinada principalmente por la germinación y el establecimiento de las plántulas en el campo, dependiendo éstas en gran medida del vigor. La producción en peso de grano de una planta está definitivamente afectada por muchos factores ecológicos, tales como la fertilidad del suelo y la disponibilidad de agua (Bustamante, 1990).

En este estudio, el peso de mil granos osciló entre 283 y 318.5 g (Tabla 9), valores que no difieren significativamente entre sí. López (1999), determinó valores promedios de 284.1 g. para esta misma variable.

El peso de mil granos se correlacionó positiva y significativamente con el número de granos por hilera (Anexo1).

### 3.2.8. Rendimiento de grano

El rendimiento de un cultivo se elabora por etapas sucesivas que determinan el nivel de cada componente del rendimiento (Pedelahre,1989). Además, el rendimiento es el resultado de un sinnúmero de factores biológicos y ambientales que se correlacionan entre sí para luego expresarse en producción por hectárea (Campton,1985). Blandón y Arvizú (1991), señalan que el rendimiento es un carácter determinado por el genotipo, la ecología y el manejo agronómico de la plantación.

Christiansen (1982) citado por Benavides (1990) asegura que la variabilidad del rendimiento respecto a las condiciones ambientales es de 60-80 por ciento sobre todo debido a la temperatura y la precipitación.

Urbina y Bruno (1991) plantean que el NB-6 se ubica como una variedad estable y consistente en ambientes favorables y desfavorables, aún para el rendimiento.

Rodríguez (1997), y Valdivia y López (1997) al evaluar la producción de maíz bajo diferentes sistemas de labranza y métodos de control de malezas, obtuvieron, respectivamente, una producción de 4 897 a 6 319 kg/ha y 3 179 a 4 314 kg/ha en los diferentes tratamientos estudiados.

Un promedio de 5 998.0 kg/ha fue encontrado por Urbina (1982a) al evaluar en Nicaragua, en tres épocas de siembra y en dos localidades, cultivares desarrollados en un Programa de Investigación Colaborativo para resistencia al achaparramiento. Loáisiga (1997) y Urbina y Obando (1992) obtuvieron rendimientos de 3 666 kg/ha al determinar parámetros de estabilidad del rendimiento y reacción al achaparramiento de cultivares de maíz evaluados en seis ambientes de Centroamérica

En este estudio, el rendimiento de grano osciló entre 4 023 y 5 489 kg/ha (Tabla 9). A pesar de esta notable diferencia numérica, los tratamientos aplicados no ejercieron ningún efecto significativo sobre estos resultados.

El menor rendimiento se determinó en las parcelas fertilizadas con efluente de cerdo procedente de estiércol de concentrado en dosis de 9 074.0 l/ha. Este resultado se atribuye a un menor número de mazorcas cosechadas, a un menor peso seco y a una menor altura de inserción de mazorca. Las parcelas fertilizadas con efluente de cerdo procedente de concentrado, en dosis de 6 049.4 l/ha alcanzaron el mayor rendimiento, producto de una mayor altura de planta, mayor altura de inserción de mazorca, que combinado con una población de 55 060 plantas/ha da un total de 54 464 mazorcas/ha.

Los rendimientos obtenidos en las parcelas fertilizadas de forma inorgánica y en las fertilizadas con efluentes de cerdos alimentados con desperdicios de cocina en dosis de

4 100.4 y 6 150.4 l/ha son muy similares numéricamente (5 179, 5 078 y 5 229 kg /ha, respectivamente).

Estos resultados demuestran que a través de una adecuada fertilización orgánica, el maíz puede alcanzar rendimientos similares o superiores comparado cuando éste se fertiliza de forma inorgánica, que es recomendado en una carta tecnológica. Sin embargo, ésta última forma de fertilización, no contribuye al balance de nutrientes y al aumento de poblaciones de microorganismos benéficos productores de antibióticos que contrarrestan la acción de plagas y enfermedades sobre el suelo y el cultivo, como es el caso de los abonos orgánicos, lo que coadyuvaría a garantizar la sostenibilidad económica, ecológica y social del sistema productivo, a mediano y a largo plazo (Vega, 2001).

Para garantizar el volumen de efluente necesario para hacer este tipo de fertilización, un productor puede tener una granja porcina, con ocho cerdos de destete, éstos le garantizarían 96.8 l/día, si los alimenta con concentrado, ó 97.8 l/día si los alimenta con desperdicios de cocina (Zelaya y Somarriba, 2000) de modo que si los almacena durante cien días, él garantiza 9 682.6 9 781 litros lo que le permite fertilizar una, hasta dos hectáreas de maíz, de acuerdo a la dosis que él utilice. Además del efluente, obtiene metano, que lo puede utilizar como fuente de energía en su sistema productivo, también obtiene fertilizante sólido, el cual puede utilizarlo como abono. Si produce más efluente o fertilizante sólido del que él necesita, puede venderlo a otros productores, incrementando sus ingresos. Además, puede sembrar otros cultivos, como el sorgo o diferentes especies de leguminosas de grano, lo que utilizaría para preparar el alimento de los cerdos (Vega, 2001).

Si se dispone de un sistema de riego se debe determinar el efecto de estos efluentes, durante la época seca, lo que permite conocer el crecimiento, desarrollo y rendimiento de diferentes cultivos, que pueden conformar una distribución espacial y cronológica de estos (Vega, 2001).

El rendimiento del maíz, en las parcelas sin fertilizar, fue satisfactoria, aunque, existe el inconveniente de que la productividad de este suelo se disminuya en un plazo corto, lo que mermaría los ingresos económicos debido a que el reciclaje de nutrientes ciclo tras ciclo no se garantiza.

En el anexo 1, se puede observar que el rendimiento del grano está correlacionado significativamente y positivamente con las dos últimas evaluaciones de la altura de planta, la de inserción de la mazorca, el diámetro del tallo, la población, el número de mazorcas cosechadas y el peso seco de la paja.

### **3.2.9. Peso seco de la paja**

La producción de materia seca es sin duda el carácter más complejo resultado del funcionamiento de la planta en el medio donde la semilla ha sido sembrada para desarrollarse (López, 1990). Urbina (1982b), expresa que cada planta de maíz es una fábrica que produce materia seca. y que la distribución y la cantidad de ésta en los distintos órganos de la planta depende de sus características genéticas, condiciones ambientales (clima y fertilidad del suelo) y las técnicas de cultivo (densidad de plantas , fecha de siembra, fertilización, riego, etc.).

La planta de maíz acumula materia seca rápidamente después del desarrollo de las hojas, alcanzando máxima acumulación de materia seca cuando la planta llega a su madurez fisiológica.

Generalmente, se piensa que una mayor área foliar contribuye a un aumento del rendimiento, al incrementar los niveles de fotosíntesis, CIMMYT (1982) y Marini et al, (1993), no concuerdan con esta hipótesis ya que la gran altura de la planta y la abundancia de sus hojas y por ende un área foliar exuberante han sido problemas históricos del maíz tropical porque se presenta una relación grano-resto de la planta, relativamente baja.

En este estudio, el peso seco de la paja osciló entre 4 352 y 6 798 kg/ha (Tabla 9). Sin embargo, los tratamientos evaluados no ejercieron ningún efecto significativo sobre estas notables diferencias numéricas encontradas.

En el anexo 1 se puede apreciar que el peso seco de la paja se correlacionó positiva y significativamente con la altura de la planta y de inserción de la mazorca, la población, el número de mazorcas cosechadas y el rendimiento.

Además de los beneficios ecológicos, económicos y sociales que puede tener un productor que se dedique a actividades agrícolas y porcinas puede alimentar durante la época seca sus animales de tiro (caballo, burros, bueyes) , con el rastrojo del maíz (Vega. 2001).

Tabla 9. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre el peso de mil granos (g), el rendimiento (kg/ha) y el peso seco de paja (kg/ha) en el cultivo del maíz. Postrera 1999. Las Mercedes.

| <b>Tratamientos</b> | <b>P1000G<br/>(g)</b> | <b>Rendimiento<br/>(kg/ha)</b> | <b>PSPAJ<br/>(kg/ha)</b> |
|---------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Sin fertilización   | 306.0 a               | 4911.8 a                       | 5442.0 a                 |
| Fert. Inorgánica    | 318.5 a               | 5179.8 a                       | 5896.0 a                 |
| E.coc.4100.4 l/ha   | 308.5 a               | 5078.3 a                       | 5370.0 a                 |
| E.coc.6150.4 l/ha   | 292.0 a               | 5229.7 a                       | 6798.5a                  |
| E.conc.6049.4 l/ha  | 311.0 a               | 5489.5 a                       | 5269.1 a                 |
| E.conc.9074.0 l/ha  | 283.0 a               | 4023.7 a                       | 4352.5 a                 |
| <b>Pr</b>           | 0.0537                | 0.6694                         | 0.5039                   |
| C.V. (%)            | 5.37                  | 25.38                          | 30.62                    |

Clave: Fert. Inorgánica: Fertilización inorgánica

E.conc. Efluente de concentrado

P1000G: Peso de mil granos

E.coc.: Efluente de cocina

PSPAJ: Peso seco de paja

Pr.: Probabilidad

### **3.3. Análisis químico del suelo al finalizar el experimento**

El análisis de suelo es fundamental para racionalizar el abonado ya que al conocer la disponibilidad de elementos nutritivos rápidamente asimilables por las plantas permite abonar de una forma más ajustada a las necesidades de los cultivos (Fuentes, 1994).

El propósito de un análisis de suelo es indicar el o los nutrientes limitantes para la producción, y permite calcular la dosis de aplicación para corregir dichas limitantes (Quintana et al., 1992).

En el maíz, la absorción de nutrientes se anticipa considerablemente sobre la producción de materia vegetal. Así, cuando la planta sólo ha alcanzado un 30% de su desarrollo (correspondiente al período de aparición de panojas y sedas), ya ha absorbido el 55 % de nitrógeno, el 45% de fósforo y casi un 70% de potasio (Domínguez, 1997).

La absorción de la mayoría de los elementos nutritivos que extrae el maíz del suelo se realiza en un período de unos 50-60 días, con el período de máxima actividad centrado en torno a la floración.

#### **3.3.1. pH**

La acidez del suelo, medida por el pH que representa la concentración de iones hidrógeno, es el resultado de la combinación de un gran número de interacciones entre los componentes químicos del suelo. Cualquier variación de esta medida tiene como consecuencia la alteración de muchos de estos factores que intervienen, por lo que resulta muy complejo establecer la causa directa de la respuesta de los cultivos a los cambios de la acidez. Si ello resulta difícil en condiciones uniformes y controlados como los cultivos en solución o en base a muestras determinadas de suelo, mucho más complejo resulta en el campo, en condiciones naturales en las que incluso distintas zonas u horizontes pueden tener valores muy diferentes de pH. En

consecuencia el sistema radical de una planta, debe enfrentarse a condiciones diversas de acidez en el espacio y en el tiempo, estableciendo los mecanismos de adaptación a estas variaciones en el medio. Las diferentes especies vegetales muestran diferencias notables en su capacidad de adaptación y tolerancia a las características de los suelos ácidos (Domínguez, 1997).

La influencia del pH en el crecimiento vegetal se ejerce a través de muchos factores, entre los que cabe destacar los siguientes: toxicidad de los iones hidrógeno, aluminio y manganeso; deficiencia de calcio, fósforo y molibdeno, fijación del nitrógeno atmosférico; humificación y mineralización de la materia orgánica, absorción de elementos nutritivos en función de su disponibilidad, etc. (Domínguez, 1997).

El rango de valores de pH en el suelo varía de 4 -9. Los valores más normales de pH están en el rango de 5.5-8 pero los valores más deseables u óptimos están comprendidos entre 6.5-7 (Domínguez, 1997).

**El pH aumentó en las parcelas donde se aplicó biofertilizantes puesto que obtuvieron mayor valor (pH= 6.6) con tendencia a llegar a pH neutro contrario de lo que sucede al no aplicar fertilizante que ocasiona un pH=6.3 es decir, más ácido, siendo el valor más bajo el pH obtenido donde se aplicó fertilizante inorgánico (pH=6.0)**

**Las variaciones de pH en el suelo fueron mínimas (Tabla 10), debido a que este suelo permaneció en barbecho por cuatro años, lo cual proporciona mejores condiciones de estabilidad de la materia orgánica y el equilibrio del sistema y por ende una mayor oposición a los cambios de pH (capacidad amortiguadora), de ahí que las variaciones de pH en el suelo fueron mínimas.**

Estos resultados demuestran que donde no se aplica fertilizante orgánico existe la tendencia a la acidificación de los suelos, lo que no conviene a los cultivos.

Las variaciones del pH producto de los tratamientos, tendrán también su reflejo en el comportamiento, no sólo de la disponibilidad de otros nutrimentos, sino también sobre los rendimientos de los cultivos.

### **3.3.2. Materia orgánica**

**Los suelos contienen cantidades variables de materia orgánica, cuyo origen son los organismos vivos, principalmente los vegetales. Estos materiales se encuentran en todas las fases posibles de descomposición, desde los residuos frescos hasta la materia orgánica, totalmente descompuesta y estabilizada, conocida como humus, que está formada por sustancias complejas (ácidos húmico y fúlvico) de carácter coloidal y que, al igual que la arcilla, goza de propiedades físico-químicas importantes en el suelo (Domínguez, 1997).**

La relación C/N de los microorganismos está comprendida en el rango de 6-10. Los productos con una relación entre 15 y 30 (estiércol, etc.) tienen un balance relativamente equilibrado por lo que en su descomposición no se altera el contenido de nitrógeno mineral del suelo.

En general, a medida que la materia orgánica es atacada y descompuesta por los microorganismos, va descendiendo la relación C/N hasta situarse en torno a la relación del humus que es de 10 aproximadamente (Domínguez, 1997).

**Una vez finalizado el experimento, el contenido de la materia orgánica se ve desfavorecido por los abonos orgánicos. La lógica se basa en que con los abonos inorgánicos la planta desde sus primeras etapas- tiene un mejor desarrollo y va acumulando más material (hoja, paja, etc.), que al caer al suelo va incrementando el contenido de materia orgánica a diferencia de las parcelas fertilizadas con los biofertilizantes en las que el desarrollo de material vegetativo es menor desde los primeros estadios de las plantas, por eso obtuvieron los menores valores (Vega, 2001).**

**En donde no se aplicó fertilizante se obtuvo un mayor valor de materia orgánica que en los tratamientos donde se aplicó fertilizante orgánico, este resultado se debe a que este suelo estuvo en barbecho por un período aproximado de dos a tres años, aunque, en el caso de los efluentes, si se aumenta la cantidad de microorganismos al aplicarlos, también se incrementará a mediano y largo plazo el valor de la materia orgánica y es de suponer que superará los valores de materia orgánica en relación con el tratamiento sin fertilización pues éste agotará sus reservas nutritivas en cada ciclo productivo.**

Las diferencias entre el contenido de materia orgánica con los efluentes de cocina y de concentrado es probable que se deba a que la relación C/N es menor en los efluentes de cocina que en la de los concentrados y al ser ésta mayor hay mayor cantidad de energía con lo que se incrementa la cantidad de microorganismos, al aumentar su población aumenta la demanda de alimentos por lo que incrementa la cantidad y la velocidad de materia orgánica descompuesta, de aquí que el contenido de materia orgánica tenga diferente comportamiento en las diferentes concentraciones de efluentes de cocina y de concentrado (Vega, 2001). Lo relativo a la relación C/N se deduce a partir de datos encontrados por Beteta (1996) mediante análisis químico en base seca al trabajar en Colombia con diferentes abonos orgánicos entre ellos efluentes de cerdo como los utilizados en este experimento.

### **3.3.3. Nitrógeno**

**El nitrógeno es normalmente el elemento más limitante en la productividad de muchos suelos (Bolaños, 1997). Forma parte integrante de la clorofila o pigmento verde de las plantas, plasma vital donde tiene lugar la función clorofilica asimiladora de carbono y la formación de azúcares, grasas, proteínas, vitaminas y hormonas (García & García, 1982).**

**Entre los factores edafológicos que controlan el contenido de nitrógeno tenemos, en primer lugar, la microbiología del suelo, su reacción, su contenido de humedad y la relación carbono nitrógeno del material vegetal que anualmente se incorpora al suelo (Salmerón & García, 1994).**

Bartolini (1990), menciona que casi la totalidad del nitrógeno utilizado por el maíz penetra en las raíces en forma de ion nitrato ( $\text{NO}_3$ ), cuyo contenido varía ampliamente según el contenido de materia orgánica oscilando en términos medios entre 2 y 4 por ciento.

Una tendencia similar al de la materia orgánica se obtuvo con el Nitrógeno, puesto que la materia orgánica estable del suelo constituye la reserva de nitrógeno del suelo. En

función del clima, las condiciones físico-químicas del suelo, la relación C/N y la flora microbiana del suelo, se produce su mineralización neta a un ritmo que varía entre el 0.5 y el 2 % según dichas condiciones.

#### **3.3.4. Fósforo**

**El papel del fósforo es fundamental en procesos fisiológicos y bioquímicos de las plantas. Se encuentra en fuertes concentraciones en los tejidos meristemáticos, sede del crecimiento activo en las plantas. Es fuente primaria de energía vía adenosín trifosfato (ATP). Forma parte de las coenzimas NAD (nicotinamida-dinucleótido) y NADP (dicotinamida-adenosín-dinucleótido fosfato). Por su participación activa en las síntesis de proteínas, si hiciese falta se produciría menor crecimiento de la planta y fuerte reducción del área radical. Se acumula en las semillas para activar los mecanismos meristemáticos del embrión, durante la germinación. Participa en los procesos metabólicos tan importantes para la planta como la fotosíntesis, la glucólisis, la respiración y la síntesis de ácidos grasos (Kass, 1996). En la absorción del fósforo influye la temperatura y el pH así como la humedad y la aereación.**

Es sabido que en el suelo hay numerosos grupos fosfatos unidos ya sea al hierro, al Aluminio o a óxidos; esto es favorecido por pH ácidos. Los biofertilizantes reducen la fijación del fósforo por metales pesados como el hierro y aluminio en suelos ácidos, ligeramente ácidos producto de la reacción de moléculas orgánicas con estos elementos, de esta forma aumenta la disponibilidad de fósforo en la solución del suelo. Además estimula a los microorganismos benéficos nativos lo que favorece la nutrición fosfatada y otros elementos (Higa y Windiana, 1998).

El fósforo es un elemento fuertemente ligado al peso de la semilla y un déficit puede provocar una reducción en este carácter.

**En este experimento el contenido de fósforo asimilable se incrementó en el suelo en los tratamientos donde se aplicó fertilizantes orgánicos, representando éstos los valores más altos.**

El menor valor se obtuvo con el tratamiento donde no se hizo ninguna aplicación seguido del tratamiento donde se aplicó efluente de concentrado en dosis de 9 074 l/ha. Los mayores valores se presentaron con el efluente de cocina en dosis de 4 100 y 6 150 l/ha.

En todos los tratamientos se incrementó el nivel de fósforo de un rango inicial bajo a uno medio a excepción del tratamiento que no fue fertilizado, el cual, se sugiere, seguirá bajando a medida que continúen los ciclos productivos, esto provocará., a corto o mediano plazo, un suelo infértil.

El pH casi neutro que produjeron los efluentes en el suelo facilitó que el nivel de fósforo incrementara volviéndolo a su forma iónica para ser asimilado por las plantas (Vega. 2001).

Los efluentes tienen efecto positivo sobre la disponibilidad de fósforo en el suelo.

### **3.3.5. Potasio**

La capacidad de adsorción del potasio en el suelo depende, de la cantidad de arcilla presente. En la solución del suelo, la concentración del ión potasio  $K^+$  es entre 0.2 y 10 miliequivalentes por litro (Domínguez, 1997).

El potasio es requerido por las plantas en grandes cantidades. Es absorbido por las raíces en forma iónica ( $K^+$ ). A pesar de que el potasio está en el suelo en varias formas, la fracción considerada rápidamente disponible para la planta es proporcionalmente muy baja respecto al contenido total de potasio en los suelos (Kass, 1996).

Según Somarriba (1997), el maíz necesita grandes cantidades de potasio, esencialmente para su crecimiento vigoroso, aunque nunca forma parte de las proteínas ni de los compuestos orgánicos.

Es conocido que el magnesio tiene un efecto depresivo sobre el potasio en el suelo. (Domínguez, 1997).

La relación Mg/k en el lugar del experimento inicialmente es aproximadamente 10. Aunque se evidencia un mayor nivel de K con el tratamiento con fertilización inorgánica, lógicamente porque fue aportado mediante la formulación a los quince días después de la siembra, comparándolo con el análisis inicial del suelo del experimento puede afirmarse que los efluentes tuvieron efecto positivo sobre la disponibilidad de Potasio en el suelo ya que la magnitud del antagonismo baja a medida que incrementa el nivel de potasio en el suelo permitiendo, de esta manera, más disponibilidad de potasio para el cultivo (Vega, 2001).

El tratamiento que no fue fertilizado presentó uno de los valores más bajos en Potasio y ésto, a medida que continúen los ciclos productivos, hará infértil al suelo al agotarse las reservas de este nutrientes.

De manera general, los efluentes ejercieron efecto positivo sobre el pH del suelo, llevándolo a niveles óptimos lo que favoreció la disponibilidad del fósforo y el potasio con la tendencia a incrementar los niveles a corto o mediano plazo, lo que incidirá en el mejoramiento de la calidad de los cultivos y del suelo y por ende de su fertilidad. Los mayores valores para el contenido de materia orgánica y nitrógeno se presentó con la fertilización inorgánica seguido del tratamiento sin fertilizar; en éstos últimos se presenta la tendencia a la acidificación y en particular, las parcelas sin fertilizar obtuvieron los menores valores para fósforo y potasio lo que a mediano y largo plazo posibilita que este sistema no sea sostenible.

Tabla 10. Análisis químico del suelo realizado después de la cosecha de los tratamientos. Hacienda Las Mercedes. Diciembre 1999.

| Tratamientos                           | pH               | MO   | N    | P     | K       |
|--|------------------|------|------|-------|---------|
|  | H <sub>2</sub> O | %    | %    | ppm   | meq/100 |
| Sin fertilización                      | 6.3              | 3.01 | 0.15 | 4.45  | 1.59    |
| Completo (12-30-10)+Urea 46%           | 6.0              | 3.38 | 0.16 | 13.94 | 2.02    |
| Efluente de cocina (4 100.4 l/ha)      | 6.6              | 2.88 | 0.14 | 16.39 | 1.79    |
| Efluente de cocina (6 150.4 l/ha)      | 6.6              | 2.58 | 0.12 | 15.86 | 1.62    |
| Efluente de concentrado (6 049.4 l/ha) | 6.6              | 2.64 | 0.13 | 13.81 | 1.92    |
| Efluente de concentrado (9 074.0 l/ha) | 6.6              | 2.82 | 0.14 | 10.25 | 1.52    |

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua (UNA, 2000)

### 3.3.6. Comportamiento de los micro elementos cobre y zinc.

Cada una de las producciones agrícolas, vegetal o animal, están acompañadas de inevitables pérdidas en el medio ambiente. En la producción vegetal, esas pérdidas son bastante reducidas cuando la estercoladura es razonable. Distinto es el caso de la producción animal, donde los minerales no utilizados acaban en el medio ambiente con las deyecciones (Castillón, 1993).

El uso de los estiércoles tanto sólidos como licuados, no debe ser desmedido. Entre los metales aportados por el estiércol licuado el hierro, el manganeso, el zinc y el cobre, son esenciales. El Zn y el Cu añadidos a los alimentos compuestos como factores del crecimiento y muy escasamente asimilados, se encuentran en cantidades bastante importantes en los estiércoles licuados de terneros, aves de corral y, sobre todo, de los cerdos, lo que ha suscitado particular atención (Castillón, 1993).

Según Castellón (1993), el estiércol líquido de los porcinos, contiene aproximadamente unos 40 ppm de cobre y unos 60 ppm de zinc, estos contenidos altos de elementos metales y el uso a gran escala de estas fuentes en los países Europeos, obligaron a la Comunidad Económica Europea a establecer como límite máximo admisible 50 ppm de Cu, en los suelos.

En la tabla 10, se presentan los datos de los contenidos de Zn y Cu en las dos localidades en estudio, antes y después de la utilización de efluentes de cerdo como fuente de nutrientes para cultivos.

Los niveles altos de disponibilidad de Cu y Zn en los suelos se han establecido por encima de 2.2 y 4.2 ppm respectivamente (sin llegar a niveles tóxicos), de acuerdo a estos niveles, los contenidos iniciales y finales en el suelo de la hacienda Las Mercedes no representan un problema, ni de toxicidad, ni de contaminación, incluso a largo plazo, ya que si se analiza los valores finales estos variaron muy poco con relación al inicial.

Tabla 11. Contenido de cobre y zinc (ppm) antes y después del experimento en la hacienda Las Mercedeslocalidades.

| Tratamiento                         | Las Mercedes (ppm) |     |
|-------------------------------------|--------------------|-----|
|                                     | Zn                 | Cu  |
| Valor Inicial                       | 1.36               | 0.4 |
| Sin fertilización                   | 1.18               | 0.4 |
| Fertilización Inorgánica            | 1.91               | 1.9 |
| Efluente de cocina 4100.4 l/ha      | 2.01               | 0.2 |
| Efluente de cocina 6150.4 l/ha      | 1.87               | 0.6 |
| Efluente de concentrado 6049.4 l/ha | 2.36               | 0.4 |
| Efluente de concentrado 9074.0 l/ha | 1.48               | 1.4 |

En Las Mercedes, las variaciones tanto de Cu como de Zn fueron mínimas, lo que pudo ser favorecido porque el pH del suelo no sufrió mucha variación producto de los efluentes y por el relativo equilibrio del sistema. Las alteraciones en este sistema no impactan grandemente (al menos en el primer ciclo).

Los efectos negativos en los suelos están dados por los contenidos de metales en los efluentes, los cuales dependen del tipo de alimentación de los animales, de las condiciones y pH iniciales de los suelos.

#### **IV. Conclusiones**

- En un suelo en barbecho (Las Mercedes), la variedad de maíz NB-6, no responde a la fertilización inorgánica (Completo + Urea) ni a la fertilización orgánica, a través de efluentes de cerdos, ya sea que éstos provengan de cerdos alimentados con desperdicios de cocina o concentrado..
- El pH del suelo Las Mercedes aumentó ligeramente en los tratamientos con fertilización orgánica y disminuyó en los restantes.
- Los contenidos de materia orgánica y de nitrógeno aumentaron ligeramente con la fertilización inorgánica, los tratamientos con fertilización orgánica provocaron una disminución de los contenidos.
- El contenido de fósforo aumentó significativamente en los tratamientos con efluentes y fertilización inorgánica. El potasio disponible aumentó en todos los tratamientos,
- Las aplicaciones de fertilizantes inorgánicos y orgánicos no tuvieron un efecto importante sobre la cantidad disponible de Cu y Zn al final del ensayo.

## **V. Recomendaciones**

Se hace necesario efectuar análisis foliares y bromatológicos al grano de maíz a la madurez fisiológica, para evaluar su composición química.

Reciclar el estiércol de cerdo y utilizar 6 150 l/ha de efluente de cocina como fertilizante en el cultivo de maíz dado que se garantiza, aproximadamente, 150 kg/ha de nitrógeno.

Efectuar análisis de suelo después de cada cosecha para evaluar el efecto de los efluentes sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo por un período no menor de tres años.

Dado que estas investigaciones tienden a contribuir paulatinamente a la transición de la agricultura convencional a la agricultura ecológica, es necesario realizarlas por varios años, en éstos y otros ambientes, especies y cultivares.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Adetiloye, P.O.; Okigbo, B.N. Y Ezedinma, E.O. 1984. Responce maize and ear shoot characters growth. Factors in Southern Nigeria. Field, crops research on International Journal. EEUU. Pp 265-277.
- Alvarado, F.R. y Centeno, A. C. 1994. Efecto de sistemas de labranza, rotación y control de malezas sobre la cenosis de las malezas y el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos de maíz (*Zea mays* L.) y sorgo (*Sorghum bicolor* L.). Tesis de Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 100 pp.
- Amaya, R. y Cruz, J. 1993. Evaluación de siete variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y su respuesta a dosis creciente de fertilizantes (N-P). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 45 pp.
- Andrade, A.C. 1996. Efecto de arreglos de siembra en maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en asocio y monocultivos sobre la dinámica de las malezas, el crecimiento y rendimiento de los cultivos y uso equivalente de la tierra. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 48 pp.
- Baca, P.B. 1989. Influencia de cuatro niveles y cuatro formas de fraccionamiento del nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), variedad NB-3. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 30 pp.
- Bartolini, R. 1990. El maíz. 2da. Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 280 pp.
- Bauman, L. 1990. Maíz de alta calidad proteínica. CIMMYT. Purdue. Editorial Limusa. México, D.F. 569 pp.
- Bellorín, A.P. 1993. Influencia de rotación de cultivos y métodos de control sobre la dinámica de las malezas, crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos de maíz (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L.) y pepino (*Cucumis sativus* L.). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 41 pp.
- Benavides, G. A. 1990. Caracterización y evaluación preliminar de 15 cultivares de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 45 pp.
- Beteta, T. 1996. Experiences of recycling manure in Colombia. Tesis Maestría. Uppsala, Suecia. Pv.

- Blandón, R:L: y Arvizú, V. 1991. Efecto de sistemas de labranza, métodos de control de malezas y rotación de cultivos sobre la dinámica de las malezas, crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 46 pp.
- Bolaños, J. 1997. Síntesis de resultados experimentales del Programa Regional del maíz para Centroamérica y el Caribe 1993-1995). CIMMYT-PRM. Guatemala. V.5.
- Bustamante, M. 1990. Efecto de diferentes niveles de nitrógeno, fraccionamiento y momentos de aplicación sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.), var. NB-12. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 32 pp.
- Campton, L.P. 1985. La investigación en sistemas de producción con sorgo en Honduras: Aspectos agronómicos. INISOKMI; CIMMYT. México, D.F. 37.pp.
- Carlson, P. 1990. Biología de la productividad de los cultivos. Primera edición. AGT Editor, S.A. México, D.F. 413 pp.
- Castillón, P. 1993. En Jornada Coordinación técnica: Fundación La Caixa. Primera edición. Editorial AEDOS, S:A. Pp. 131-139.
- Céliz, F. y Duarte, R. 1996. Efecto de arreglos topográficos (doble surco) sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) como cultivo principal en asocio con leguminosas (*Vigna unguiculata*, L. Walp). Tesis de Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 37pp.
- Centeno, J y Castro, J. 1993. Influencia de cultivos antecesores y métodos de control de malezas sobre la cenosis de las malezas y el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos de maíz (*Zea mays* L.) Y sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 73 pp.
- CIAT, 1987. Sistema Standard para la evaluación de germoplasma de frijol. Cali, Colombia. 56 pp.
- CIMMYT. 1982. Informe de 1982. El Bután, México. 134 pp.
- Cuadra, M. 1988. Efecto de diferentes niveles de nitrógeno, espaciamentos y poblaciones sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) var.NB-6. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias. Managua, Nicaragua. 39 pp.
- Cuadra, M. 1991. En: II Seminario del Programa Ciencias de las Plantas Managua, Nicaragua. 180 pp.

- Domínguez, V.A. 1990. Tratado de fertilización. Tercera edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 613 pp.
- FAO. 1994. Cultivos. IN: Anuario de producción de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. Vol.47. Pp 65-182.
- Fuentes, J. L. 1994. El suelo y los fertilizantes. Tercera edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 327 pp.
- Galo, J.A. y Flores, C.M. 1998. Evaluación del efecto de diferentes tipos y niveles de rastrojo (mantillo) y diferentes dosis de nitrógeno en el rendimiento del maíz (*Zea mays* L.), var. NB-12. Tesis de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 36 pp.
- García, F.J. y García, R. 1982. Edafología y fertilización agrícola. Primera edición. AEDOS. Barcelona, España. 246pp.
- Gómez, O.; Minelli, M. 1990. La producción de semillas. Texto básico. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias (ISCA). Managua, Nicaragua. 210 pp.
- GTZ. 1987. Difusión de la tecnología de biogás en Colombia. Cali, Colombia. 139 pp.
- Higa, T. 1994. Effective microorganisms: A new dimension for nature farming. IN: Second International Conference on Kyusei nature farming. U.S: Department of Agriculture. Washington, D:C: USA.
- Higa, T. y Parr, J. 1995. Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura ecológica y sostenible. U.S. Departamento de Agricultura. Washington, D.C. 15 p.
- Higa, T. & Windiana, G. 1998. Changes in the soil, microflora induced by effective microorganism. In: Firths International Conference on Kyusei nature farming. U.S: Department of Agriculture. Washington, U.S.A.
- INETER. 2000. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Resumen Meteorológico. Managua, Nicaragua.
- Jugenheimer, R. 1981. Maíz: Variedades mejoradas. Métodos de cultivo y producción de semilla. México, D. F. Limusa. 841 pp
- Kass, D. 1996. Fertilidad de suelo. Primera edición. Editorial EUNED. San José, Costa Rica. 233 p.
- Lemcoff, C.E. & Loomis, R.S. 1986. Nitrogen Influences on yield determination in maize. Crop Science. Vol. 26 September-October 1986. Pp. 1017-1022:

- Loáisiga, C. H. 1990. Caracterización y evaluación preliminar de 30 cultivares de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Ingeniero. Agrónomo. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias. Managua, Nicaragua. 86 pp.
- Loáisiga, J.A. 1997. Evaluación de cuatro cultivares de maíz (*Zea mays* L.) a tres diferentes dosis de fertilización. Tesis de Ingeniero. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 42 pp.
- Lopez, A.C. 1999. Evaluación de tres tipos de ambientes sobre la viabilidad y potencial de almacenamiento en cuatro lotes de semillas de *maíz* (*Zea mays* L.) mediante la prueba de envejecimiento acelerado. Tesis de Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 41 pp.
- López, L. 1990. Cultivos herbáceos. Cereales. Vol.1. Edición Mundi-Prensa. Córdoba, España. Pp 539.
- MAG. 1991. Guía tecnológica para la producción de maíz. Centro Nacional de Investigaciones en Granos Básicos.. Managua, Nicaragua. 36 pp.
- MAG. 1998. Guía Técnica para la producción de semilla. 19 pp.
- MAG-FOR 1999. Boletín trimestal. Mayo 99. Año II. N° 3. Pp 13-64.
- Marini, D.; Loáisiga, C.H. y Benavides, A. 1992. Caracterización de seis variedades de maíz nicaragüense y la variedad mejorada NB-6 en varios ambientes. EN: XXXVIII Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el mejoramiento de Cultivos Alimenticios y Animales (PCCMCA). Pp 404-407.
- Maya, N. C. 1995. Evaluación de siete genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en cuatro localidades de Nicaragua. Tesis de Ingeniero. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 47 pp.
- Menocal, B. O. 1990. Evaluación de tres niveles de nitrógeno y tres densidades poblacionales de maíz (*Zea mays* L.) var. NB-6, en dos ciclos de siembra, en seis localidades de la IV región, Nicaragua. Tesis de Ingeniero. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 40 pp.
- Miranda, F: y Martínez, R. 1997. Efecto de arreglos de siembra de maíz (*Zea mays* L ) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en asocio y monocultivos, sobre la dinámica de las malezas, el crecimiento y rendimiento de los cultivos y uso equivalente de la tierra, Primera, 1996. Tesis de Ingeniero. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 47 pp.

- Orozco, R.V. 1996. Arreglos de siembra de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y maíz (*Zea mays* L.) en asocio y monocultivo. Efecto sobre la cenosis, crecimiento y rendimiento de los cultivos y uso equivalente de la tierra. Tesis de Ingeniero. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 32 pp.
- Pedelahore, P. 1987. Diagnóstico agronómico del maíz para la región de Masaya, Nicaragua. Cooperación Francesa DGTA./MIDINRA. 94 pp. Quintana, J. O. 1983. Suelos y fertilización. Técnicas para la producción de maíz. MIDINRA. Managua, Nicaragua. 25 pp
- Quintana, J.O.; Blandón, J.; Flores, A.; Mayorga, E. 1992. Manual de fertilización para suelos de Nicaragua. Universidad Nacional Agraria (UNA), Consultora Profesional Indígena (INDOCONSUL S.A.). Managua, Nicaragua.
- Reyes, C.P. 1990. El maíz y su cultivo. 3<sup>ra</sup> edición. AGT Editor. México, D.F. 460 p.
- Rodríguez, J.L. y Solís, J.A. 1997. Evaluación de 4 tipos de biofertilizantes (EM BOKASHI) sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.). 45 pp.
- Rodríguez, T. 1997. Producción de maíz (*Zea mays* L.) bajo dos sistemas de labranza y tres métodos de control de malezas, efecto sobre la dinámica de las malezas y el crecimiento y rendimiento del cultivo. Tesis de Ingeniero. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 49 pp.
- Saldaña, F. & Calero, M. 1991. Efectos de rotación de cultivos y control de malezas sobre la cenosis de las malezas en los cultivos de maíz (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) y pepino (*Cucumis sativus* L.). Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 63 pp.
- Salgado, A. 1990. Efecto de la fertilización nitrogenada, fraccionamiento y momento de aplicación sobre el crecimiento y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.). Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 63 pp.
- Salmerón, F. y García, L. 1994. Fertilidad y fertilización de suelos. Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua, 141 pp.
- Somarriba, C. 1997. Texto de granos básicos. Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua. 197pp.
- Stevenson F.F. y Mertens, T.R. 1990. Anatomía Vegetal. Limusa, México. 209 pp.
- Tanaka, A.J. & Yamaguchi, J. 1984. Producción de materia seca, componentes del rendimiento de grano en maíz. Colegio de postgraduados, Chapingo, México. 120 pp.

- Tapia, H. 1987. Variedades mejoradas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), con grano rojo para Nicaragua. Primera edición. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias. Dirección de Investigación y Post-Grado. Managua, Nicaragua. 26 pp.
- Tisdale, S. & Nelson W. 1988. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editorial Hispanoamericano S.A. de C.V. México. 737 pp.
- Urbina, R. 1982a. Evaluación de variedades experimentales de maíz resistentes al achaparramiento, en tres épocas de siembra en dos localidades de Nicaragua. En: XXVIII Reunión Anual Del PCCMCA. San José, Costa Rica. 29 pp.
- Urbina, R. 1982b. Manual para la producción de maíz. Centro Nacional de Investigación de Granos Básicos (CNIGB). Managua, Nicaragua. Pp 38.
- Urbina, R. y Bruno, A. 1991. Estabilidad del rendimiento de cultivares de maíz en ambientes contrastantes de Nicaragua. Centro Nacional de Investigación de Granos Básicos (CNIGB). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la ganadería. 20 pp.
- Urbina, R. y Obando, M. 1992. Estabilidad del rendimiento y reacción al achaparramiento de cultivares de maíz evaluados en seis ambientes de Centroamérica. En: XXXVIII Reunión Anual del PCCMCA Managua, Nicaragua. Pp 62-73.
- Valdivia, M. y López, J. 1997. Efecto de tres sistemas de labranza y métodos de control de malezas sobre la cenosis, plagas y enfermedades en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Managua, Nicaragua. 61 pp.
- Vega, I. 2001. Evaluación de diferentes efluentes de cerdo como bioabono sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos maíz (*Zea mays* L.) y sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) y las propiedades químicas de los suelos. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Barcelona. 69 pp.
- Villanueva, E. 1990. Los suelos de la Finca Las Mercedes y las propiedades más relevantes para planear su uso y manejo. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 88 pp.
- Walter, H. & Lieth, H. 1960. Klimadiogramm-Weltatlas. Fisher. Verlag Jena.
- White, J.W. 1985. Conceptos básicos de fisiología del frijol. Investigación y producción. CIAT. Editorial XYZ. Calí, Colombia. Pp 16-25.
- Zaharan, S. y Garay, J.R. 1990. Efecto de diferentes niveles de nitrógeno, fraccionamientos y momento de aplicación sobre el crecimiento y rendimiento del maíz. (*Zea mays* L.) var. NB-6. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 32 pp.

Zapata, M. & Orozco, H. 1991. Evaluación de diferentes métodos de control de malezas y distancias de siembra sobre la cenosis de las malezas, crecimiento y rendimiento de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), Postrera. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria (UNA). 72 pp.

Zelaya, E. y Somarriba, E. 2000. Evaluación de biodigestores plásticos utilizando dos tipos de sustrato. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 65 pp

# ANEXOS

Anexo 1. Correlaciones fenotípicas en las variables de crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L.)

| Coeficiente de Correlación (Pearson) |       |              |              |              |       |              |              |              |              |              |              |              |               |               |
|--------------------------------------|-------|--------------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| Variables                            | ALTP1 | ALTP2        | ALTP3        | ALINS        | DIAT  | POBL         | NMAZ         | LONM         | DIAM         | NUMH         | GRAH         | P1000 G      | REND          | PSPAJ         |
| ALTP1                                | 1.00  | <b>0.717</b> | <b>0.640</b> | 0.263        | 0.137 | 0.347        | 0.265        | -0.098       | 0.079        | -0.163       | 0.089        | 0.264        | 0.335         | 0.312         |
|                                      | 0.00  | 0.0001       | 0.0007       | 0.212        | 0.521 | 0.096        | 0.210        | 0.648        | 0.712        | 0.444        | 0.677        | 0.212        | 0.108         | 0.136         |
| ALTP2                                |       | 1.00         | <b>0.807</b> | <b>0.605</b> | 0.142 | <b>0.562</b> | 0.499        | -0.149       | 0.172        | 0.278        | -0.134       | 0.152        | <b>0.560</b>  | <b>0.414</b>  |
|                                      |       | 0.00         | 0.0001       | 0.0001       | 0.505 | 0.004        | 0.012        | 0.484        | 0.418        | 0.188        | 0.530        | 0.475        | 0.004         | 0.044         |
| ALTP3                                |       |              | 1.00         | <b>0.586</b> | 0.364 | <b>0.554</b> | <b>0.569</b> | 0.102        | 0.220        | 0.074        | 0.0729       | 0.145        | <b>0.650</b>  | <b>0.601</b>  |
|                                      |       |              | 0.00         | 0.002        | 0.080 | 0.004        | 0.003        | 0.633        | 0.300        | 0.729        | 0.734        | 0.496        | 0.0006        | 0.0019        |
| ALINS                                |       |              |              | 1.00         | 0.037 | <b>0.430</b> | <b>0.459</b> | -0.030       | 0.194        | <b>0.488</b> | 0.082        | 0.0004       | <b>0.6399</b> | <b>0.4708</b> |
|                                      |       |              |              | 0.00         | 0.264 | 0.035        | 0.024        | 0.888        | 0.361        | 0.015        | 0.701        | 0.998        | 0.0008        | 0.020         |
| DIAT                                 |       |              |              |              | 1.00  | 0.114        | 0.209        | <b>0.541</b> | <b>0.495</b> | 0.250        | <b>0.616</b> | 0.287        | <b>0.506</b>  | 0.224         |
|                                      |       |              |              |              | 0.00  | 0.592        | 0.325        | 0.006        | 0.013        | 0.238        | 0.0013       | 0.172        | 0.0116        | 0.292         |
| POBL                                 |       |              |              |              |       | 1.00         | <b>0.951</b> | -0.332       | -0.334       | -0.205       | -0.183       | -0.179       | <b>0.7925</b> | <b>0.699</b>  |
|                                      |       |              |              |              |       | 0.00         | 0.0001       | 0.112        | 0.109        | 0.334        | 0.390        | 0.400        | 0.0001        | 0.0001        |
| NMAZ                                 |       |              |              |              |       |              | 1.00         | -0.247       | -0.298       | -0.196       | -0.134       | -0.192       | 0.872         | <b>0.761</b>  |
|                                      |       |              |              |              |       |              | 0.00         | 0.243        | 0.156        | 0.356        | 0.530        | 0.368        | 0.001         | 0.0001        |
| LONM                                 |       |              |              |              |       |              |              | 1.00         | <b>0.549</b> | 0.003        | <b>0.814</b> | 0.524        | 0.091         | -0.015        |
|                                      |       |              |              |              |       |              |              | 0.00         | 0.005        | 0.988        | 0.0001       | 0.008        | 0.671         | 0.942         |
| DIAM                                 |       |              |              |              |       |              |              |              | 1.00         | <b>0.451</b> | <b>0.549</b> | 0.497        | 0.017         | -0.081        |
|                                      |       |              |              |              |       |              |              |              | 0.00         | 0.026        | 0.0054       | 0.013        | 0.934         | 0.703         |
| NUMH                                 |       |              |              |              |       |              |              |              |              | 1.00         | -0.054       | 0.052        | 0.006         | -0.150        |
|                                      |       |              |              |              |       |              |              |              |              | 0.00         | 0.801        | 0.807        | 0.977         | 0.482         |
| GRAH                                 |       |              |              |              |       |              |              |              |              |              | 1.00         | <b>0.447</b> | 0.236         | -0.002        |
|                                      |       |              |              |              |       |              |              |              |              |              | 0.00         | 0.028        | 0.266         | 0.990         |
| P1000G                               |       |              |              |              |       |              |              |              |              |              |              | 1.00         | 0.083         | 0.027         |
|                                      |       |              |              |              |       |              |              |              |              |              |              | 0.00         | 0.699         | 0.899         |
| REND                                 |       |              |              |              |       |              |              |              |              |              |              |              | 1.00          | <b>0.743</b>  |
|                                      |       |              |              |              |       |              |              |              |              |              |              |              | 0.00          | 0.0001        |
| PSPAJ                                |       |              |              |              |       |              |              |              |              |              |              |              |               | 1.00          |
|                                      |       |              |              |              |       |              |              |              |              |              |              |              |               | 0.00          |

**Nota:** Coeficiente en negrillas son significativos ( $\alpha = 0.05$ ) Clave: **DIAM:** Diámetro de Mazorca **POBL:** Población **P1000G:** Peso de 1000gr  
**NMAZ:** Numero de Mazorcas **REND:** Rendimiento **PSPAJ:** Peso Seco de Paja **ALT1:** Altura de planta a los 15 dds  
**ALT2:** Altura a los 30 dds **ALT3:** Altura de planta a los 45 dds **NUMH:** Numero de hileras en la mazorca **DIAT:** Diámetro del tallo