



"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**Trabajo de Graduación**

**Evaluación de ocho genotipos de maíz (*Zea mays* L.)  
de polinización libre y tres tipos de fertilización  
en El Castillito, Las Sabanas, Madriz**

**AUTOR**

**Br. Luis Carlos Carrasco Rivera  
Br. Lester Salvador Pineda Jiménez**

**ASESORES**

**Ing. M.Sc. Álvaro Benavides González  
Ing. M.Sc. José Cisne Contreras  
Ing. M.Sc. Daniel Querol Lipcovich**

**Managua, Nicaragua  
Octubre, 2009**



"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**Trabajo de Graduación**

**Evaluación de ocho genotipos de maíz (*Zea mays* L.)  
de polinización libre y tres tipos de fertilización  
en El Castillito, Las Sabanas, Madriz**

**AUTOR**

**Br. Luis Carlos Carrasco Rivera  
Br. Lester Salvador Pineda Jiménez**

**ASESORES**

**Ing. M.Sc. Álvaro Benavides González  
Ing. M.Sc. José Cisne Contreras  
Ing. M.Sc. Daniel Querol Lipcovich**

**Trabajo presentado a la consideración del  
honorable tribunal examinador, para optar al  
título de Ingeniero en Sistemas de Protección  
Agrícola y Forestal**

**Managua, Nicaragua  
Octubre, 2009**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

| SECCIÓN   | PÁGINA      |
|---|-------------|
| <b>DEDICATORIA</b>  | <i>i</i>    |
| <b>AGRADECIMIENTO</b>   | <i>iii</i>  |
| <b>ÍNDICE DE CUADROS</b>  | <i>iv</i>   |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>  | <i>v</i>    |
| <b>RESUMEN</b>  | <i>vii</i>  |
| <b>ABSTRACT</b>   | <i>viii</i> |
| <br>  |             |
| <b>I INTRODUCCIÓN</b>   | 1           |
| <b>II. OBJETIVOS</b>  | 2           |
| <b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>                                    | 3           |
| <b>3.1</b> Localización del área experimental                       | 3           |
| <b>3.2</b> Características ambientales y geomorfológicas de la zona | 4           |
| <b>3.3.</b> Diseño metodológico                                     | 5           |
| <b>3.3.1</b> Material genético                                      | 5           |
| <b>3.3.2</b> Descripción de tratamientos                            | 7           |
| <b>3.4</b> Manejo del ensayo  | 8           |
| <b>3.4.1</b> Siembra y manejo agronómico                            | 8           |
| <b>3.5</b> Datos evaluados  | 9           |
| <b>3.5.1</b> Variables de crecimiento y desarrollo                  | 9           |
| <b>3.5.2</b> Variables de mazorca                                   | 10          |
| <b>3.5.3</b> Variables de rendimiento                               | 10          |
| <b>3.6</b> Análisis de la información                               | 12          |
| <br>  |             |
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>                                   | 13          |
| <b>4.1</b> Variables de crecimiento y desarrollo                    | 15          |
| <b>4.1.1</b> Floración y cosecha                                    | 15          |
| <b>4.1.2</b> Variables de tallo                                     | 16          |
| <b>4.1.3</b> Variables de hoja                                      | 17          |

| <b>SECCIÓN</b> |   | <b>PÁGINA</b> |
|----------------|---|---------------|
| <b>4.1.4</b>   | Variables de panoja   | 18            |
| <b>4.2</b>     | Variables de mazorca  | 20            |
| <b>4.3</b>     | Variables de grano y rendimiento  | 22            |
| <b>4.4</b>     | Contrastes ortogonales  | 25            |
| <b>4.5</b>     | Análisis de correlaciones fenotípicas   | 27            |
| <b>4.6</b>     | Análisis de Componentes Principales   | 29            |
| <b>V.</b>      | <b>CONCLUSIONES</b>   | 32            |
| <b>VI.</b>     | <b>LITERATURA CITADA</b>  | 33            |
| <b>VII.</b>    | <b>ANEXOS</b>   | 37            |
|                | <b>Anexo 1.</b> Significación estadística en los tratamientos conformados en las variables que resultaron significativas. | 37            |

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo a DIOS, nuestro padre celestial por ser el guía en el trascurso de mis estudios y facilitarme las fuerzas que he necesitado durante toda mi vida y ser mi guía durante mi formación como persona y profesional.

A mi madre Gloria Rivera Umanzor y mi Padre Ramón de Jesús Carrasco Acuña que con cariño, comprensión, dedicación, sacrificio y esmero han sabido mostrarme como debe comportarse una persona de buenas costumbres, gracias a cada uno de sus sabios y cálidos consejos.

A mis hermanas por su motivación y apoyo brindado en el trascurso de mi vida siendo ellas un legado para salir adelante juntos rompiendo los obstáculos presentados en el trascurso de nuestras vidas.

A mí querida abuela paterna Sinforosa del Carmen Carrasco (q.e.p.d), por el apoyo, cariño, comprensión y tiempo empleado en mi persona desde los primeros meses de mi vida.

A los miembros de la junta directiva de la asociación Fouger – Somoto y a cada uno de los padrinos de la asociación Somoto Fouger, por su condicional apoyo en el trascurso de mi carrea y realización de este trabajo.

**Br. Luis Carlos Carrasco Rivera**

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo de diploma sobre todo a DIOS, nuestro creador por guiarme en el transcurso de toda mi vida y permitirme culminar mi carrera la cual ha sido unas de mis metas.

A mis madres Yelba María Jiménez Gómez y Felipa Jiménez Gómez así como a mi padre Faustino Cárcamo Ramos por estar siempre apoyándome y guiarme por el camino correcto de la vida.

A mis hermanos William Lagos Jiménez y Héctor Cárcamos Jiménez por su motivación y apoyo brindado en el transcurso de mi vida.

A mi esposa Ludin Elieth Calix rivera por su colaboración y motivación brindada en el transcurso de mis estudios.

**Br. Lester Salvador Pineda Jiménez**

## AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a DIOS, por permitirnos concluir nuestros estudios universitarios.

A todos nuestros familiares y seres queridos por darnos ánimos e inculcarlos que el poder está en nuestras manos y que no hay obstáculos que no se puedan superar.

A nuestros asesores *Ing. MSc. Álvaro Benavides González, Ing. MSc. José Cisne Contreras, Ing. MSc Daniel Querol Lipcovich*. En especial al *Ing. MSc. Reinaldo José Laguna Miranda*, que descansa en la paz del SEÑOR, quien fue un gran amigo y siempre demostró las más sinceras intenciones de compartir sus conocimientos adquiridos para contribuir a la formación de profesionales de calidad.

A todos los productores de la comunidad El Castillito del municipio Las Sabanas departamento de Madriz, en especial a la familia del señor Santos Pérez por todo su apoyo brindado para el cumplimiento del presente estudio.

A cada uno de los docentes y trabajadores administrativos de la Universidad Nacional Agraria, por su apoyo brindado en el trascurso de nuestra formación, así como a la Licenciadas Idalia Casco, Lucia Silva; De igual manera al licenciado Allan Báez por sus sinceros consejos y solidaridad mostradas en etapas muy difíciles de nuestras vidas.

De igual manera al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) Por facilitar los materiales mejorados (NB-S. NB-6, NB9043 y Nutrader) para poder establecer el estudio.

**Br. Luis Carlos Carrasco Rivera**  
**Br. Lester Salvador Pineda Jiménez.**

## ÍNDICE DE CUADROS

| <b>CUADRO</b> |   | <b>PÁGINA</b> |
|---------------|---|---------------|
| 1.            | Descripción de los tratamientos evaluados   | 7             |
| 2.            | Comportamiento de la significación estadística ( $Pr > F$ ) del ANDEVA efectuado a cada una de las factores estudiados  | 14            |
| 3.            | Variables de floración, cosecha y % mazorcas podridas.  | 15            |
| 4.            | Significación estadística para las variables altura de la planta (ALT) en cm, altura de inserción de la primera mazorca (APM) en cm, número de entrenudos (NEN) y diámetro del tallo (DTA) en mm.                               | 16            |
| 5.            | Significación estadística para las variables número de hojas (NHO), longitud de la hoja (LHO) en cm, ancho de la hoja (AHO) en cm, área de la hoja (ARH) en $\text{cm}^2$ .   | 18            |
| 6.            | Significación estadística para las variables, longitud del pedúnculo de la panoja (LPP) en cm, longitud de la parte ramificada de la panoja (LPR) en cm, longitud de la panoja (LPA) en cm, número de ramas de la panoja (NRP). | 19            |
| 7             | Significación estadística para las variables diámetro de la mazorca (DMZ) en mm, longitud de la mazorca (LMZ) en cm, peso de mazorca (PMZ) en g, peso del olote (PESOL) en g.   | 20            |
| 8             | Significación estadística para las variables distancia apical en la mazorca (DAP) en cm, número de hileras por mazorca (NHL), número de granos por hilera (NGR), número de brácteas (NBR)                                       | 21            |
| 9             | Significación estadística para las variables longitud del grano (LGR) en mm, diámetro del grano (DGR) en mm, espesor del grano (EGR) en mm, peso de mil granos (PMG) en g y el rendimiento (REN) en $\text{kg ha}^{-1}$         | 24            |



| <b>CUADRO</b> |   | <b>PÁGINA</b> |
|---------------|---|---------------|
| <b>10</b>     | Comparación de promedios mediante contrastes ortogonales en las variables evaluadas.    | <b>26</b>     |
| <b>11</b>     | Correlaciones fenotípicas de las variables de los maíces evaluados                      | <b>27</b>     |
| <b>12</b>     | Análisis de los componentes principales para las variables de maíz ( <i>Zea mays</i> L. | <b>30</b>     |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| <b>FIGURA</b> |   | <b>PÁGINA</b> |
|---------------|---|---------------|
| <b>1.</b>     | Ubicación geográfica del experimento en la comunidad de El Castillito, Las Sabanas, Madriz. Alcaldía Las Sabanas. INETER (2008).              | <b>3</b>      |
| <b>2.</b>     | Promedios de temperatura (Temp.), humedad relativa (H. R.), y total de precipitación (Prec.). Estación Metereológica de Somoto. INETER, 2008. | <b>4</b>      |
| <b>3.</b>     | Esquema del ensayo establecido en El Castillito, Las Sabanas, Madriz.   | <b>8</b>      |
| <b>4.</b>     | Distribución bidimensional de 23 variables de los maíces evaluados, en El Castillito, Las Sabanas, Madriz.                                    | <b>28</b>     |
| <b>5.</b>     | Distribución bidimensional de maíces y los tipos de fertilización evaluadas en El Castillito, Las Sabanas, Madriz.                            | <b>31</b>     |

## RESUMEN

El presente trabajo se efectuó en la comunidad El Castillito, Las Sabanas, Madriz, con el objetivo de evaluar características agronómicas y de rendimiento de cuatro variedades de maíces criollos (Maíz de Montaña, Amarillo de Montaña, Postrerón y Planta baja) y cuatro variedades mejoradas (NB-6, NB-9043, Nutrader y NB-S) bajo tres niveles de fertilización (Urea+NPK, Lombrihumus y Caupí) en un Diseño en Parcelas en Franjas. Se utilizó Análisis de Varianza (ANDEVA), separación de medias según Tukey, contrastes ortogonales y análisis de componentes principales. De acuerdo a los resultados, no se encontró significancia estadística en las variables longitud, diámetro y peso de mil granos en el factor variedad, así mismo la fertilización no afectó significativamente en las variables de mazorca, grano y rendimiento. Los mejores rendimientos correspondieron a los maíces criollos, obteniendo el mayor promedio el maíz de Montaña con  $1139.65 \text{ kg ha}^{-1}$ , los cuales superaron a los mejorados observándose que la variedad NB-6 fue la que obtuvo el mayor promedio con  $915.83 \text{ kg ha}^{-1}$ . El análisis de componentes principales aisló el 73 % de la variación total en los primeros tres componentes, con mayor relevancia las variables de hoja, altura de planta, variables de panoja y rendimiento. Las variedades Maíz de Montaña, Postrerón y Amarillo no fueron afectados significativamente por los tipos de fertilización aplicada.

**Palabras claves:** Maíz, Diseño de Parcelas en Franjas, ANDEVA, Análisis de Componentes Principales.

## ABSTRACT

This work was conducted in the community El Castillito, Las Sabanas, Madriz, laudraus the objective was to evaluate agronomic characteristics and yield of four varieties of criollo maize (Maíz de Montaña, Amarillo de Montaña, Postrerón and Planta baja) and four improved varieties (NB-6, NB-9043, Nutrader and NB-S) under three levels of fertilizer (Urea+NPK, Lombrihumus and Cowpea) in an alley split-plot design. We used Analysis of Variance (ANOVA), mean separation by Tukey, orthogonal contrasts and principal component analysis. According to the results, no statistical significance was found in the variables length, diameter and weight of thousand grains in factor variety and fertilization itself did not significantly affect the variables of cob, grain and performance. The best yields were of Creole maize, earning the highest average Maíz de Mounaña with  $1139.65 \text{ kg ha}^{-1}$ , which outscored the improvements observed that the variety NB-6 was the one that obtained the highest average with  $915.83 \text{ kg ha}^{-1}$ . The principal component analysis isolated 73 % of the total variation in the first three components, with more relevant variables leaf, plant height, panicle and yield variables. Maíz de Montaña, Amarillo and Postrerón and were not significantly affected by fertilization rates applied.

**Keywords:** Corn, split-plot design, ANOVA, principal component analysis.

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es una especie originaria de América y uno de los alimentos de mayor consumo popular en este continente (Reyes, 1990). Es de gran importancia alimenticia por su contenido nutritivo (Jugenheimer, 1990). Actualmente ocupa el tercer lugar en la producción mundial de cereales después del trigo y el arroz con una superficie de 106 millones de hectáreas y una producción de 2115 millones de toneladas (Parson, 1991).

En Nicaragua los rendimientos históricos del cultivo de maíz por unidad de superficie, oscilan entre 1162 a 1291 kg ha<sup>-1</sup> (18- 20 quintales por manzana). Durante el ciclo 1997-1998 se sembraron aproximadamente 505,556 hectáreas, obteniéndose un rendimiento promedio de 1136 kg ha<sup>-1</sup>, lo que es considerado muy bajo; sin embargo, a pesar de los fenómenos naturales que han afectado la actividad agrícola, se observan aumentos en la producción de este grano, debido principalmente al incremento de las áreas sembradas y no precisamente a incrementos en la productividad (Urbina y Bird, 2002).

La mayor producción está en manos de los pequeños y medianos agricultores quienes sólo producen para el autoconsumo, siendo estos los más afectados por depender de sus materiales criollos, dichos materiales son de mucha importancia como reservorio genético. Los rendimientos de estos materiales criollos son muy bajos debido principalmente al manejo agronómico y el uso de insumos convencionales u orgánicos.

Es por esto, que los productores necesitan de fertilizantes convencionales en menor cantidad y de fertilizantes orgánicos en su mayoría. La utilización de leguminosas como abonos verdes como el caupí (Palacios y Montenegro, 2006), y el humus de lombriz son de mucha importancia para los cultivos (Benavides *et. al*, 2007) y para la mejora de los suelos y la conservación del medio ambiente.

Tomando en cuenta lo anterior, este trabajo pretende aportar información de variedades mejoradas y criollas bajo diferentes niveles de fertilización, por lo que mencionan los siguientes objetivos:

## **II. OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Contribuir al incremento de la producción de maíz, mediante la evaluación de maíces mejorados y maíces criollos con la aplicación de tipos de fertilizantes en El Castillito, Las Sabanas.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar características agronómicas y de rendimiento en las variedades de maíces mejoradas y maíces criollos.
- Determinar el efecto de tres niveles de fertilización sobre las variables agronómicas y de rendimiento en los maíces evaluados.
- Determinar la relación que existe entre los maíces y los niveles de fertilizantes evaluados sobre las variables agronómicas y de rendimiento.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización del área experimental

El estudio se realizó en la finca del Sr. Santos Eulogio Pérez Méndez, con una pendiente de 45% a 50 % en la comunidad El Castillito, municipio de Las Sabanas, departamento de Madriz, ubicada dentro de la zona de amortiguamiento de la reserva biológica Tepec-Xomolth La Patasta, iniciando en el mes de mayo del 2008 y concluyendo en diciembre del mismo año.

Madriz se encuentra ubicado geográficamente en la región norte del país entre los 13° 12' y 13° 40' de latitud norte y 86° 05' y 86° 45' de longitud oeste. Limita al norte y noreste con el departamento de Nueva Segovia; al sur con Estelí; con Jinotega al sureste, con la república de Honduras al oeste y al suroeste con el municipio de San Francisco del Norte, departamento de Chinandega (Figura 1).

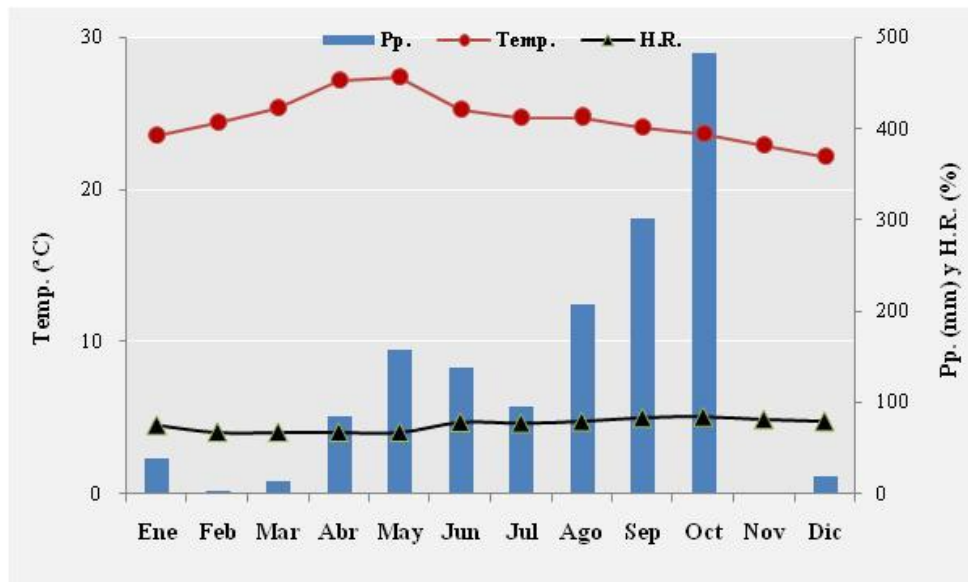


**Figura 1.** Ubicación geográfica del experimento en la comunidad de El Castillito, Las Sabanas, Madriz. Alcaldía Las Sabanas. INETER (2008).

Esta área tiene gran potencial económico por poseer suelos aptos para el manejo y explotación del recurso forestal y cultivos de altura como el café, fresa, mora, frambuesa y durazno, entre otros. Se cuenta con una vegetación variada: pinos, café, roble, guácimo, eucalipto, cedro, además de arbustos y hierbas (MARENA, 2000).

Las Sabanas, presenta un clima de nebliselva, con altura entre 1001 y 2107 msnm. La temperatura mínima es de 18 °C, un promedio de 22 °C y máxima de 26 °C, con una evaporación entre 1480 mm a 2424 mm. La precipitación media anual oscila entre 200 a 400 mm/año con una humedad relativa que fluctúa entre 70 y 90 %.

Generalmente la época lluviosa da inicio en la segunda semana de abril y finaliza en la primera semana de diciembre, los meses más lluviosos fueron mayo, junio, septiembre y octubre, y los meses que presentaron menor incidencia de lluvia fueron: febrero, marzo y noviembre. En la Figura 2, se aprecia las condiciones climáticas de Las Sabanas, que son los registros más cercanos a El Castillito.



**Figura 2.** Promedios de temperatura (Temp.), humedad relativa (H. R.), y total de precipitación (Prec.). Estación Meteorológica de Somoto. INETER, 2008.

### 3.2 Características ambientales y geomorfológicas de la zona

Del estudio de diagnóstico realizado por Montesinos (2008), se adquirió la siguiente información de la comunidad El Castillito:

La serranía Tepec-Xomolth La Patasta es una cadena continua de cumbres alineadas a lo largo de una antigua falla del período terciario, donde surgieron una serie de volcanes de base coalescente. El cerro Tepec-Xomolth todavía conserva su antigua forma cónica aunque su cráter está erosionado (López, 2005).



## **Relieve**

La región se encuentra en una zona dominada por altiplanicies, serranías, terrenos montañosos quebrados, de moderadamente hasta muy escarpados con pendientes que varían del 15 a 75 % o más, alineamientos de lomas montañosas y colinas onduladas. En general el terreno es bastante accidentado, característica que ha resultado de un sistema denso y complejo de fracturas geológicas, propias de la gran provincia fisiográfica de Las Tierras Altas del Interior conocida como Escudo Central Montañoso (MARENA, 2008).

## **Suelo**

La topografía es irregular con pendientes pronunciadas (30 %-75 %), y los suelos pueden variar de jóvenes a inmaduros y en la mayoría de los casos están fuertemente erosionados, son franco-arcillosos y con un pH de 6.2.

## **Características socio-económicas**

El municipio de las Sabanas, es uno de los municipios más pobres del departamento de Madriz. Su base económica es agropecuaria, y junto con Yalagüina, ocupan el último lugar en la producción de cultivos agrícolas y comercio con el 5 % y 3 %, respectivamente y 1 % para la producción de carne de res e industria.

## **Aspectos productivos**

El 73 % del territorio de Las Sabanas tiene potencial forestal, de los cuales el 23 % está destinado a la conservación y protección de la flora y fauna, el agua y los ecosistemas. Los pobladores de Las Sabanas se dedican a las actividades agropecuarias tradicionales y al comercio, cultivan maíz, café, frijol, sorgo y plátanos, y hortalizas. Aunque existen programas de apoyo a los pequeños productores, como la producción de hortalizas bajo riego, éstos no son suficientes, requiriendo de mucha capacitación (Alcaldía de Las Sabanas, 2007; citado por Montesinos, 2008).

### **3.3 Diseño metodológico**

#### **3.3.1 Material genético**

Las variedades de maíz utilizadas en la comunidad EL Castillito, corresponden a las que siembran y multiplican los productores desde hace mas de 50 años y corresponden a variedades de ciclo largo (4 a 6 meses).

Los materiales mejorados los proporcionó el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), de ciclo vegetativo intermedio (100 a 120 días).

Algunas características relevantes de los maíces mejorados, liberados y proporcionados por el INTA son:

**NB-6.** Fue generada por el Programa Nacional del Maíz (PNM), predecesor del INTA en Nicaragua, con la finalidad de incrementar la productividad del grano y mejorar las condiciones de vida de los agricultores. Es tolerante al achaparramiento y tiene un potencial de rendimiento entre 60-70 quintales por manzana (2613-4518 kg ha<sup>-1</sup>) con grano blanco y semidentado, de ciclo intermedio (110-115 días).

**NB-S.** Fue generada por el Programa Nacional de Granos Básicos (PNGB), rubro maíz, en coordinación con el Programa Regional de Maíz (PRM) para zonas con precipitaciones erráticas, sus siglas significan Nicaragua Blanco Sequía. Se desarrolló con el objetivo de ponerla en manos de unas 19 mil familias productoras de maíz que habitan zonas semi-secas, en donde las condiciones del suelo y de humedad son limitadas. Esta es una variedad Sintética de ciclo vegetativo precoz. Proviene de la población BS-19 Tuxpeño Sequía C6, es tolerante al achaparramiento y tiene un potencial de rendimiento entre 60-70 quintales por manzana (2613-4518 kg ha<sup>-1</sup>) con grano blanco y semiharinoso, es de ciclo precoz (95-110 días).

**NB-9043.** Fue desarrollada en 1995 por el PNGB, rubro maíz, como variedad experimental en convenio de colaboración con el PRM y el CIMMYT. El objetivo es ponerla en manos de unas 30 mil familias productoras de maíz que habitan en zonas húmedas, en donde se presentan problemas de pudrición de mazorcas (*Stenocarpella maydis*), presenta grano blanco y semidentado, y de ciclo intermedio (110-115 días). Se puede adaptar desde el nivel del mar hasta los 1800 msnm.

**Nutrader.** Presenta grano de textura semicristalina, lo que le da mayor resistencia al ataque de gorgojo (*Sitophilus* spp.), alto porcentaje de proteína y buena cobertura de mazorca, con un potencial de rendimiento entre 3230 a 5034 kg ha<sup>-1</sup> de maíz, con un promedio de 2582 kg ha<sup>-1</sup>. Responde muy bien a bajas precipitaciones y fertilización convencional.

### 3.3.2 Descripción de tratamientos

El material genético a evaluado se presenta en el Cuadro 1. Los tratamientos (niveles de fertilización y variedades) fueron azarizados y ubicados sobre un diseño en franjas (Figura 3) establecidos sobre 3 réplicas; con el objetivo de obtener un mejor manejo agronómico, comodidad del productor y levantamiento de la información.

Los materiales mejorados y criollos conformaron el factor A. Los niveles a1, a2, a3 y a4 fueron los materiales criollos proporcionados por los agricultores; El Maíz de Montaña (Montaña) (a1) suministrado por Don. Santos Pérez (propietario del área experimental) con pericarpio de color blanco-amarillo y de 6 meses de ciclo vegetativo. Los maíces Amarillo de Montaña (a2), Planta baja (a4) de color amarillo y blanco de ciclo vegetativo de 4 y 5 meses, respectivamente, los aportó el Sr. Adamil Hernández y en el caso de Postrerón (a3) de color amarillo y blanco, de plantas de ciclo vegetativo de 4 a 6 meses (maíz combinado) lo facilitó el Sr. Celso Méndez. En cuanto a las variedades mejoradas de polinización libre, las proporcionó el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) y corresponden a los niveles a5, a6, a7 y a8. Dichos materiales son de ciclo vegetativo intermedio (100 a 120 días).

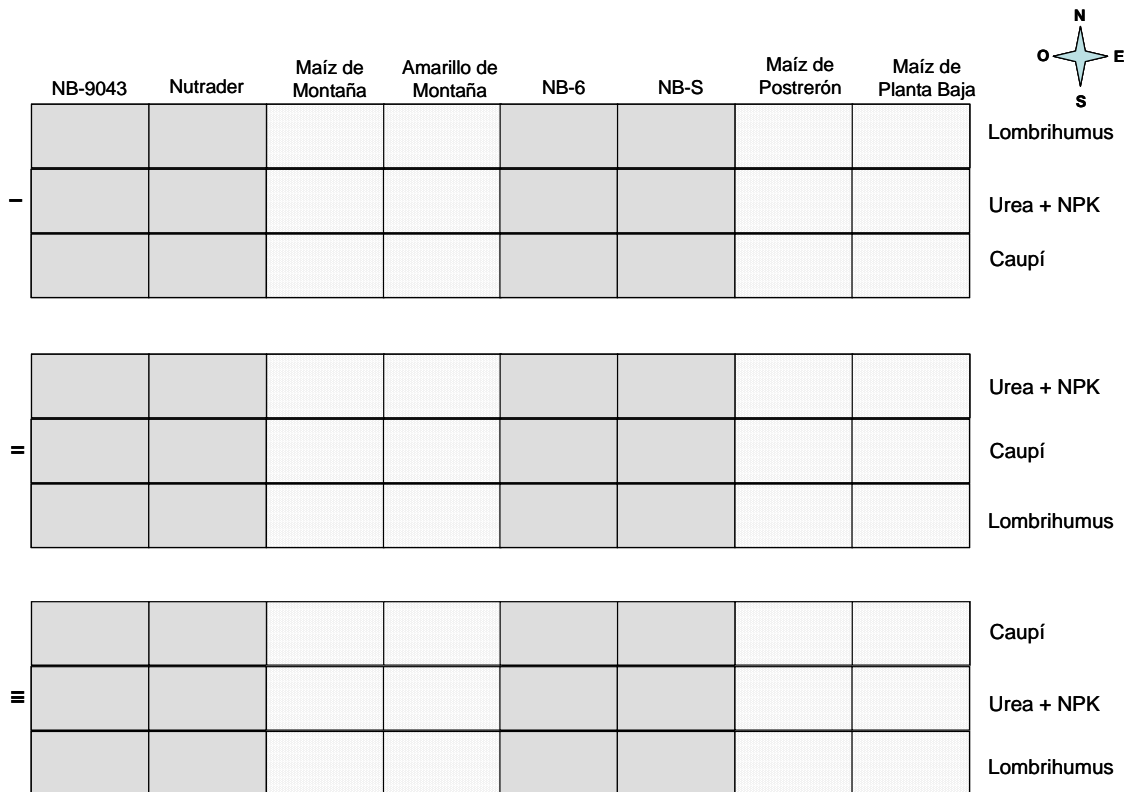
**Cuadro 1.** Descripción de los tratamientos evaluados

|         | <b>Material genético</b>       | <b>Fertilización</b>            |
|---------|--------------------------------|---------------------------------|
| Niveles | <b>a1.</b> Maíz de Montaña     | <b>b1.</b> Urea + NPK 46 %      |
|         | <b>a2.</b> Amarillo de Montaña | <b>b2.</b> Lombrihumus          |
|         | <b>a3.</b> Postrerón           | <b>b3.</b> Caupí ( abono verde) |
|         | <b>a4.</b> Planta baja         |                                 |
|         | <b>a5.</b> NB-6                |                                 |
|         | <b>a6.</b> NB-9043             |                                 |
|         | <b>a7.</b> Nutrader            |                                 |
|         | <b>a8.</b> NB – S              |                                 |

Los niveles de fertilización correspondieron al efecto del factor B, y estuvieron conformados por los tres tipos de fertilización (Cuadro 1).

Los productores de la localidad de El Castillito siembran tres semillas por golpe y dejan las tres plantas para cosechar. Además de esto, los productores generalmente no fertilizan sus maíces.

Contiguo al área de ensayo, el productor plantó los materiales mejorados y criollos con su propio manejo agronómico. Cabe señalar que estas parcelas experimentales de 4 m<sup>2</sup> no se utilizaron como testigo, debido a que muchas de las plantas no lograron producir, esto posiblemente a la alta densidad poblacional; comprobándose de esta manera del porqué de los bajos rendimientos que estos productores obtienen.



**Figura 3.** Esquema del ensayo establecido en El Castillito, Las Sabanas, Madriz.

### 3.4 Manejo del ensayo

#### 3.4.1 Siembra y manejo agronómico

La siembra se realizó en la segunda semana de junio del 2008 y las actividades agrícolas y el manejo agronómico utilizado fue el empleado por el productor de la finca. La limpia se realizó con machete, y la siembra al espeque a razón 3 semillas por golpe. Las distancias entre hileras y plantas fue la sugerida por el productor: 1.0 m y 0.4 m entre hileras y plantas, respectivamente. Ejecutándose un raleo a los 20 días después de la siembra, dejando una planta por golpe obteniendo una densidad poblacional entre 20,000 a 25,000 plantas por hectárea.

Se establecieron 4 surcos de 4 m de longitud (16 m<sup>2</sup> por unidad experimental), el área útil estuvo conformada por 2 surcos centrales (4 m<sup>2</sup>).

Las semillas de los materiales fueron tratadas con Benomil (Benzimidazol) para protegerlas de hongos y nemátodos a razón de 5 g por 454 g de semillas y Marshal (Carbosulfan) para el control de insectos del suelo a razón de 5 g por la cantidad de semillas antes mencionada.

Asimismo, al momento de la siembra se aplicó al fondo del surco Torta de Nim a razón de 3 g por golpe para el control de hormigas (*Atta spp.*), gallina ciega (*Pillophaga spp.*). Posteriormente en la etapa de crecimiento del cultivo, se aplicó aceite de Nim para larvas del complejo *Spodoptera* y mosca blanca (*Bemisia tabaci*).

Basado en las condiciones del productor, la fertilización convencional de NPK (12-30-10) fue a razón de 30 kg ha<sup>-1</sup> y de 40 kg ha<sup>-1</sup> de Urea 46 % al momento de la siembra, y de y de 40 kg ha<sup>-1</sup> de Urea 46 % del aporque. Para el caso de lombrihumus se aplicaron 250 g por planta al momento de la siembra. El caupí (*Vigna unguilata*) se incorporó al suelo como abono verde en la etapa de floración (3 meses), sembrándose 3 surcos de caupí entre los surcos de maíz, colocando 50 semillas por metro lineal.

### **3.5 Variables evaluadas**

#### **3.5.1 Variables de crecimiento y desarrollo**

Las variables evaluadas fueron recopiladas de Morales (1993) y CIMMYT (1995). Se tomaron 15 plantas aleatorias en la parcela útil, los descriptores fueron evaluados en época de plena floración (50 % de floración).

**Altura de la planta (ALT).** Se midió en cm desde la superficie del suelo hasta el último nudo del tallo principal, muy cerca de la hoja bandera.

**Número de hojas (NHO) y número de entrenudos (NEN).** Se midió en el tallo principal de la planta.

**Diámetro del tallo (DTA).** Medido en mm entre el primer y segundo entrenudo.

**Altura de inserción de mazorca (APM).** Medido en cm desde la superficie del suelo hasta la inserción de la primera mazorca.

**Ancho (AHO) y longitud (LHO) de la hoja.** Medidas en cm en la parte media de la hoja y desde la lígula hasta el extremo de la hoja respectivamente.

**Área de la hoja (ARH).** Es el producto obtenido a partir de AHO\*LHO multiplicado por el coeficiente de corrección 0.75 el cual se expresa en cm<sup>2</sup>.

**Número de ramas de la panoja (NRP).** Se contaron las ramas primarias en la panoja.

**Longitud del pedúnculo de la panoja (LPP).** Se midió desde la base del pedúnculo de la panoja, muy cerca de la hoja bandera.

**Longitud de la panoja (LPA).** Se midió desde la punta de la rama central hasta el pedúnculo de la panoja, muy cerca de la hoja bandera.

**Longitud de la parte ramificada de la panoja (LPR).** Es la distancia en cm entre el punto de inserción del raquis al tallo hasta la punta del eje principal de la panoja.

### 3.5.2 Variables de mazorca

Aunque algunas plantas mostraron dos mazorcas en el caso de las criollas, la mayoría de las variedades sólo presentaron una mazorca por planta, por lo que no reportó esta variable. Las mediciones de las variables de mazorca se realizaron sobre 15 plantas de la parcela útil.

**Longitud de la mazorca (LMZ),** se midió desde la base del pedúnculo hasta su ápice en cm.

**Diámetro de la mazorca (DMZ),** se cortó la mazorca transversalmente y se midió en los extremos de la corona de los granos, en mm.

**Peso de mazorca (PMZ),** medida en g en la parcela útil.

**Número de hileras por mazorca (NHL),** se contó en zonas próximas al centro, debido a que es la franja donde se mantiene la orientación embrionaria, y se utilizaron las 15 mazorcas de la parcela útil.

**Número de granos por hilera (NGR),** el número de granos se contó en las hileras de cada mazorca.

**Número de brácteas (NBR) y distancia apical en la mazorca (DAP).** Se registró el número de brácteas, así como también la distancia apical de la tuza (brácteas) en cm.

**Peso de olote o raquis (PESOL)** se registró el peso total del olote de la parcela útil en gramos.

### 3.5.3 Variables de rendimiento

**Longitud (LGR), ancho (DGR) y espesor del grano (EGR)**, se conformaron a partir del promedio de diez granos de la parte central de la mazorca.

**Peso de mil granos (PMG)**, se realizó según normas del ISTA (1985). Se utilizaron ocho réplicas de 100 semillas, se pesaron y se calculó el promedio, luego se multiplicó por diez para obtener el peso de mil semillas.

**Rendimiento (REN)**. Se determinó a través de la producción de grano en las plantas de la parcela útil, ésta se peso y se ajusto según el % de humedad (humedad final), expresándolo en  $\text{kg ha}^{-1}$ . La fórmula utilizada es la propuesta por Morales (1993):

$$\text{Rendimiento} = \text{PC} (\% \text{MS}) \% \text{D} (\text{KC}) \text{K}$$

Donde

PC =Peso de mazorcas obtenidas del campo en la parcela útil con su respectivo porcentaje de humedad expresada en kg.

% MS = Porcentaje de materia seca.

$$\% \text{MS} = \frac{100 - \text{Humedad del grano}}{100}$$

% D = Porcentaje de desgrane

$$\% \text{D} = \frac{\text{Peso promedio granos/ mazorcas}}{\text{Peso promedio/ mazorcas}} \times 100$$

KC =Factor para llevar el grano al 14% de humedad.

$$\text{KC} = \frac{100}{86} \quad \text{K} = \text{Constante de área para expresar en kg ha}^{-1},$$

que resulta de dividir una hectárea entre el área de la parcela útil.

$$\text{K} = \frac{10000m^2}{16m^2}$$

### 3.6 Análisis de la información

La información recopilada en el estudio, fue procesada en hojas electrónicas (Excel) para su posterior análisis estadístico con SAS (v. 9.1), Minitab (v.15). Los datos continuos fueron sometidos a análisis de varianza (ANDEVA). Para determinar la agrupación o categorías estadística se utilizó la técnica de separación de medias según Tukey con un 95 % de confianza ( $\alpha=0.05$ ).

El modelo aditivo lineal utilizado en el Diseño de Parcelas dividido en Franjas, fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \tau_i + (\beta\tau)_{ik} + \alpha_j + (\alpha\beta)_{jk} + (\tau\alpha)_{ij} + (\alpha\beta\tau)_{ijk}$$

donde:

- $Y_{ijk}$  Es el valor promedio de las observaciones medidas en los distintos tratamientos de cada bloque conformado.
- $\mu$  Es el efecto de la media muestral sobre el modelo.
- $\beta_k$  Es el efecto del  $k$ -ésimo bloque conformado.
- $\tau_i$  Es el efecto la  $i$ -ésima variedad o genotipo (variedades mejoradas y locales)
- $(\beta\tau)_{ik}$  Es la variación aleatoria para evaluar bloque y variedades (*Error A*).
- $\alpha_j$  Es el efecto de la  $j$ -ésima fertilización (niveles de fertilización).
- $(\alpha\beta)_{jk}$  Es el efecto de la interacción de la  $i$ -ésima fertilización orgánica y el  $k$ -ésimo bloque (*Error B*)
- $(\tau\alpha)_{ij}$  Es el efecto de la  $i$ -ésima variedad y la  $j$ -ésima fertilización.
- $(\alpha\beta\tau)_{ijk}$  Es el efecto de la interacción de la  $i$ -ésima variedad o genotipo y de la  $j$ -ésima fertilización orgánica en el  $k$ -ésimo bloque (*Error C*).



#### **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el Cuadro 2 se observa una síntesis del ANDEVA, mostrándose los valores significativos de Pr ( $\infty < 0.05$ ) obtenidos en los factores bloque, variedad, fertilización e interacción de la variedad y fertilización (VAR\*FER), de la misma manera el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y el coeficiente de variación (CV).

Gutiérrez (2000), indica que los CV con mayores valores corresponden a características con mayor divergencia en los promedios para cada tratamiento. De acuerdo con Levin y Rubin (1996), los valores  $R^2$  de mayor valor indican menor cantidad en la variación desconocida o error experimental, también representa la precisión del modelo estadístico.

En el presente trabajo existió efecto significativo para cada uno de los factores: bloque, variedad, fertilización e interacción, lo que indica que los promedios obtenidos para cada una de las variables estudiadas se lograron diferenciar estadísticamente en al menos uno de los promedios medidos.

De las variables estudiadas las que no resultaron significativas estadísticamente fueron: diámetro de la mazorca, diámetro del grano, espesor del grano, peso de mil granos, número de brácteas y peso del olote.

En lo que respecta al factor variedad no se encontró significación estadística para las variables ancho de la hoja, diámetro del grano, peso de mil granos, número de brácteas y peso del olote. Para el factor fertilización únicamente no mostraron significación estadística las variables longitud del pedúnculo de la panoja, longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca, diámetro del grano, espesor del grano, peso de mil granos y peso del olote.

Lo cual indica que la fertilización no influyó en estas variables al ser características propias de cada una de las variedades de maíz estudiadas. Por otro lado, la interacción VAR\*FER resultó significativa únicamente en las variables diámetro del tallo, ancho de la hoja, longitud de la hoja, área de la hoja, distancia apical, peso de mil granos y rendimiento.

**Cuadro 2.** Comportamiento de la significación estadística ( $Pr > F$ ) del ANDEVA efectuado a cada una de las factores estudiados.

| Variable | Bloque | Variedad | Fertilización | VAR*FER | R <sup>2</sup> | CV    |
|----------|--------|----------|---------------|---------|----------------|-------|
| ALT      | 0.0001 | 0.0001   | 0.0321        | 0.1496  | 0.97           | 10.25 |
| NHO      | 0.0967 | 0.0001   | 0.0312        | 0.5729  | 0.86           | 11.88 |
| NEN      | 0.0032 | 0.0001   | 0.0038        | 0.1169  | 0.95           | 7.18  |
| DTA      | 0.0001 | 0.0001   | 0.0129        | 0.0174  | 0.96           | 8.60  |
| APM      | 0.0987 | 0.0001   | 0.0070        | 0.3211  | 0.98           | 13.34 |
| AHO      | 0.0013 | 0.1740   | 0.0245        | 0.0147  | 0.85           | 8.09  |
| LHO      | 0.0013 | 0.0001   | 0.0079        | 0.0001  | 0.98           | 5.71  |
| ARH      | 0.0001 | 0.0001   | 0.0063        | 0.0006  | 0.95           | 11.44 |
| NRP      | 0.0741 | 0.0001   | 0.0129        | 0.2112  | 0.94           | 14.26 |
| LPP      | 0.0013 | 0.0015   | 0.3309        | 0.7526  | 0.88           | 10.13 |
| LPR      | 0.0923 | 0.0001   | 0.0093        | 0.5202  | 0.79           | 11.38 |
| LPA      | 0.0004 | 0.0001   | 0.0437        | 0.5809  | 0.90           | 7.49  |
| DAP      | 0.0076 | 0.0001   | 0.0316        | 0.0560  | 0.89           | 15.59 |
| LMZ      | 0.0491 | 0.0250   | 0.5486        | 0.2422  | 0.76           | 17.85 |
| DMZ      | 0.0901 | 0.0468   | 0.8697        | 0.8679  | 0.55           | 7.41  |
| PMZ      | 0.0172 | 0.0433   | 0.0472        | 0.0601  | 0.79           | 19.90 |
| NHL      | 0.2101 | 0.0046   | 0.0394        | 0.5873  | 0.75           | 7.22  |
| NGR      | 0.0011 | 0.0014   | 0.0405        | 0.1481  | 0.85           | 11.66 |
| LGR      | 0.5623 | 0.0400   | 0.0454        | 0.4988  | 0.62           | 13.63 |
| DGR      | 0.9784 | 0.6884   | 0.3762        | 0.6245  | 0.58           | 21.52 |
| EGR      | 0.1137 | 0.0020   | 0.4031        | 0.2566  | 0.81           | 10.35 |
| PMG      | 0.2505 | 0.7013   | 0.2402        | 0.0137  | 0.74           | 19.81 |
| NBR      | 0.2370 | 0.9243   | 0.0498        | 0.8592  | 0.58           | 16.58 |
| PESOL    | 0.5431 | 0.1416   | 0.0771        | 0.1632  | 0.82           | 17.88 |
| REN      | 0.0048 | 0.0380   | 0.3437        | 0.0499  | 0.81           | 19.47 |

Si  $Pr \leq 0.05$  es significativo ( $\alpha=0.05$ ), de lo contrario es no significativo ( $pr > 0.05$ ).

Mediante el análisis estadístico realizado a las variables de tallo, hojas y panoja, se encontró significación estadística ( $Pr=0.0001$ ) para el factor variedad; asimismo, para el factor fertilización: altura de la planta ( $Pr=0.0321$ ), altura de inserción de la primera mazorca ( $Pr=0.0070$ ) número de entrenudos ( $Pr=0.0038$ ), diámetro del tallo ( $Pr=0.0129$ ), número de hojas ( $Pr=0.0312$ ), longitud de la hoja ( $Pr=0.0079$ ), ancho de la hoja ( $Pr=0.0245$ ), longitud de la parte ramificada de la panoja ( $Pr=0.0093$ ), longitud de la panoja ( $Pr=0.0437$ ) y el número de ramas de la panoja ( $Pr=0.0129$ ).

## 4.1 Variables de crecimiento y desarrollo

### 4.1.1 Floración y cosecha

Las variedades de maíces estudiadas presentaron variación en cuanto a los días transcurridos hasta la floración femenina (espiga), mostrando las variedades mejoradas y el criollo Planta baja un rango comprendido entre los 52 a 60 días, resultando la variedad NB-6 la que obtuvo los menores valores de floración. Así mismo las criollas por su fisiología su floración estuvo comprendida en un rango de 80 a 120 días, presentando el menor periodo de floración la variedad Postrerón (80-110 días), la cual resultó ser una combinación de maíz de grano blanco y de amarillo (Cuadro 3).

Como se aprecia en el Cuadro 3 las variedades mejoradas fueron cosechadas entre los 115 y 120 días, catalogándose como variedades de ciclo intermedio; en cambio los materiales criollos produjeron después de los 4 meses. De igual manera en el Cuadro 3 se aprecia que las variedades de maíces mejoradas presentaron los mayores porcentajes de mazorcas podridas. En cuanto a los materiales criollos, se destacó el maíz de Montaña por no presentar mazorcas podridas.

**Cuadro 3.** Variables de floración, cosecha y porcentaje de mazorcas podridas.

| Variedad    | Días a Floración ♀ | Días a Cosecha | Mazorcas podridas (%) |
|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|
| Amarillo    | 100                | 165            | 7.78                  |
| Montaña     | 120                | 170            | 0.00                  |
| Postrerón   | 80*-110**          | 160            | 0.333                 |
| Planta baja | 55                 | 130            | 5.89                  |
| NB-6        | 52                 | 120            | 26.78                 |
| NB-S        | 55                 | 115            | 29.33                 |
| NB9043      | 60                 | 120            | 12.78                 |
| Nutrader    | 55                 | 120            | 23.56                 |

\* Maíz de grano blanco, \*\* Maíz de grano amarillo

#### 4.1.2 Variables de tallo

Cada una de las variables de los factores estudiados fueron sometidas a un análisis mediante la técnica de separación de medias según Tukey ( $\alpha=0.05$ ), donde la altura de la planta presentó seis categorías estadísticas, teniendo la mayor altura la variedad Maíz de Montaña con 309.22 cm y la menor NB-S con 134.44 cm (Cuadro 4). Esta es una característica fisiológica de gran importancia en el crecimiento y desarrollo de la planta y 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 granos (Somarriba, 1998).

Para esta variable los niveles de fertilización se agruparon en tres categorías estadística siendo Urea+NPK el que mejor resultado mostró con un promedio de 233.75 y el menor con 173.04 correspondiente a Humus. Según Cisne y Laguna (2004), los fertilizantes químicos por su mayor grado de solubilidad están disponibles en mayores cantidades en la etapa temprana del cultivo.

**Cuadro 4.** Significación estadística para las variables altura de la planta (ALT) en cm, altura de inserción de la primera mazorca (APM) en cm, número de entrenudos (NEN) y diámetro del tallo (DTA) en mm.

| Factores             | ALT       | APM      | NEN      | DTA      |
|----------------------|-----------|----------|----------|----------|
| <b>Variedad</b>      |           |          |          |          |
| Montaña              | 309.22 a  | 178.66 a | 13.00 a  | 29.77 a  |
| Amarillo             | 278.89 b  | 152.33 b | 12.55 ab | 27.44 a  |
| Postrerón            | 223.82 c  | 114.55 c | 11.55 b  | 26.66 a  |
| Nutrader             | 170.11 d  | 58.33 d  | 9.77 c   | 21.88 b  |
| NB9043               | 162.22 de | 61.11 d  | 9.77 c   | 22.44 b  |
| NB-6                 | 152.00 de | 50.00 d  | 9.11 cd  | 22.88 b  |
| Planta baja          | 145.00 de | 47.22 d  | 9.77 cd  | 22.55 b  |
| NB-S                 | 134.44 e  | 45.44 d  | 8.22 d   | 22.66 b  |
| <b>Fertilización</b> |           |          |          |          |
| Urea + NPK           | 233.75 a  | 109.42 a | 11.67 a  | 28.79 a  |
| Caupí                | 183.88 ab | 81.17 b  | 9.92 b   | 24.54 ab |
| Humus                | 173.04 b  | 74.79 b  | 9.46 b   | 20.29 b  |

Promedios con letras similares no difieren estadísticamente (Tukey,  $\alpha=0.05$ )

Maya (1995), considera que la altura de inserción de la mazorca es un factor determinante para aumentar los niveles de rendimiento en el grano, debido a que a menor altura de la mazorca se obtienen mayores rendimientos.

Las variedades de maíces estudiadas se aglutinaron en cuatro categorías estadística (Cuadro 4), obteniendo el mayor promedio el Maíz de Montaña con 178.66 cm y el menor NB-S con 45.44 cm. De igual manera, existen dos categorías estadística respecto a la fertilización, el mayor promedio correspondió al tratamiento de Urea + NPK con 109.42 cm y el menor Humus con 74.79 cm.

La variable número de entrenudos se agrupó en seis categorías estadística, observándose variedades con promedio de nudos de 13.00 en el Maíz de Montaña y 8.22 nudos para NB-S. De acuerdo con Reyes (1990), el tallo es una sucesión de nudos y entrenudos donde una planta presenta entre 8 y 24 nudos, frecuentemente entre 10 y 14. Los niveles de fertilización conformaron dos categorías estadística con el mayor promedio para el tratamiento con Urea+NPK con 11.67 y el menor Humus con 9.46 (Cuadro 4).

En el diámetro del tallo se conformaron dos categorías estadística obteniendo el mayor promedio el Maíz de Montaña con 29.77 mm y el menor con 21.88 mm correspondiente a Nutrader. Respecto a los niveles de fertilización se agruparon en tres categorías estadística, siendo el mayor promedio para Urea+NPK con 28.79 y el menor Humus con 20.29 (Cuadro 4). Según Robles (1990), la composición de nitrógeno del fertilizante sistémico es uno de los factores más importantes que inciden en el diámetro del tallo.

#### **4.1.3 Variables de hoja**

El número de hojas por planta es muy variable, existiendo dos categorías estadística donde el mayor número lo obtuvo el Maíz de Montaña con 13.44 hojas y el menor para Planta baja con 9.33 hojas (Cuadro 5). Según Morales (1993), la mayoría de las variedades comerciales de maíz muestran 12 hojas por tallo. Asimismo, Robles (1990) indica que el número de hojas obviamente depende del número de nudos del tallo, al emerger de cada nudo una hoja. Para los niveles de fertilización existieron 3 categorías estadística donde el mejor promedio lo obtuvo Urea+NPK con 12.17 hojas y el menor a Humus con 10.04 hojas.

La longitud de las hojas varió en cuanto a tamaño y color, agrupándose en seis categorías estadística correspondiendo el promedio más alto a la variedad Maíz de Montaña con 105.44 cm y el menor a NB-S con 64.33 cm (Cuadro 5).

De acuerdo con Somarriba (1998), esta variación se encuentra relacionada con la variedad, la posición de la hoja en el tallo, la edad y las condiciones ambientales como la luz y la humedad. Los niveles de fertilización conformaron dos categorías estadística siendo Urea+NPK el que obtuvo el mayor promedio con 96.83 y el menor Humus con 70.33.

El área de la hoja depende del tamaño, variedad, posición de las hojas respecto al tallo, edad y las condiciones ambientales de luz y temperatura (Tapia y Camacho, 1988) aglutinándose en cuatro categorías estadística teniendo el mayor promedio el Maíz de Montaña con 747.92 cm<sup>2</sup> y el menor NB-S con 432.08 cm<sup>2</sup> (Cuadro 5), los niveles de fertilización conformaron dos categorías estadística y el mayor promedio correspondió a Urea+NPK con 715.81 y el menor a Humus con 451.34.

**Cuadro 5.** Significación estadística para las variables número de hojas (NHO), longitud de la hoja (LHO) en cm, ancho de la hoja (AHO) en cm, área de la hoja (ARH) en cm<sup>2</sup>.

| <b>Factores</b>      | <b>NHO</b> | <b>LHO</b> | <b>AHO</b> | <b>ARH</b> |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Variedad</b>      |            |            |            |            |
| Montaña              | 13.44 a    | 105.44 a   | 9.44       | 747.92 a   |
| Amarillo             | 12.77a     | 99.33 ab   | 9.11       | 682.17 ab  |
| Postrerón            | 12.11a     | 93.22 b    | 9.22       | 646.50 b   |
| Nutrader             | 10.00a     | 74.11 c    | 8.88       | 507.17 c   |
| NB9043               | 9.77 b     | 72.33 cd   | 9.11       | 505.42 c   |
| NB-6                 | 9.77 b     | 67.66 cd   | 8.77       | 460.17 c   |
| Planta baja          | 9.33 b     | 68.33 cd   | 8.44       | 445.50 c   |
| NB-S                 | 9.77 b     | 64.33 d    | 8.66       | 432.08 c   |
| <b>Fertilización</b> |            |            |            |            |
| Urea + NPK           | 12.17 a    | 96.83 a    | 9.87 a     | 715.81 a   |
| Caupí                | 10.42 ab   | 74.72 b    | 8.62 b     | 493.31 b   |
| Humus                | 10.04 b    | 70.33 b    | 8.37 b     | 451.34 b   |

Promedios con letras similares no difieren estadísticamente (Tukey,  $\alpha=0.05$ )

#### **4.1.4 Variables de panoja**

La longitud del pedúnculo de la panoja está fuertemente influenciada por el medio ambiente (Marini *et al.*, 1993). En el Cuadro 6, se aprecian cinco categorías estadística, obteniendo el mayor promedio el Maíz de Montaña con 24.44 cm y el menor NB-S con 17.44 cm.

Por otro lado, Jugenheimer (1990), menciona que existe una asociación genética entre la longitud de la panoja y la altura de la mazorca, y afirma que hay una correlación significativa y positiva entre la longitud de la panoja y el rendimiento. Para la variable longitud de la panoja se agrupan en cuatro categorías estadística siendo el Maíz de Montaña el que alcanzó el mayor promedio con 53.88 cm y el menor NB-S con 41.55 cm (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Significación estadística para las variables, longitud del pedúnculo de la panoja (LPP) en cm, longitud de la parte ramificada de la panoja (LPR) en cm, longitud de la panoja (LPA) en cm, número de ramas de la panoja (NRP).

| <b>Factores</b>      | <b>LPP</b> | <b>LPR</b> | <b>LPA</b> | <b>NRP</b> |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Variedad</b>      |            |            |            |            |
| Montaña              | 24.44 ab   | 29.44 ab   | 53.88 a    | 17.33 a    |
| Amarillo             | 25.77 a    | 29.66 a    | 55.55 a    | 16.00 a    |
| Postrerón            | 22.66 abc  | 28.88 ab   | 51.44 ab   | 14.77 a    |
| Nutrader             | 21.55 abc  | 22.88 c    | 44.55 c    | 9.33 b     |
| NB9043               | 20.22 bc   | 25.77 bc   | 46.00 bc   | 9.77 b     |
| NB-6                 | 19.33 bc   | 25.88 bc   | 45.11 bc   | 10.00 b    |
| Planta baja          | 19.66 bc   | 25.77 dc   | 45.44 bc   | 8.11 b     |
| NB-S                 | 17.44 c    | 24.00 c    | 41.55 c    | 8.55 b     |
| <b>Fertilización</b> |            |            |            |            |
| Urea + NPK           | 22.46      | 29.58 a    | 52.12      | 14.37 a    |
| Caupí                | 20.67      | 25.58 b    | 46.25      | 11.22 b    |
| Humus                | 21.04      | 24.46 b    | 45.46      | 9.62 b     |

Promedios con letras similares no difieren estadísticamente (Tukey,  $\alpha=0.05$ )

El número de ramas de la panoja está estructurada por un eje central, ramas laterales primarias, secundarias y terciarias (Reyes, 1990), formándose para esta variable una agrupación de dos categorías estadísticas siendo el Maíz de Montaña el que obtuvo el mayor promedio con 17.33 ramas y el menor lo obtuvo NB-S con 8.55 ramas en la panoja (Cuadro 6). Según Parsons (1990), un mayor número de ramas primarias de la panoja contribuyen al incremento del número de granos de polen, repercutiendo en el desarrollo del grano.

Referente a los niveles de fertilización, estos se aglutinaron en dos categorías estadística siendo el mayor promedio Urea + NPK con 14.37 y el menor correspondió a Humus con 9.62.

De acuerdo a los datos obtenidos la longitud de la parte ramificada de la panoja se agrupó en cinco categorías estadística siendo el Maíz de Montaña el que mostró el mayor promedio con 29.44 cm y el menor NB-S con 24.00 cm (Cuadro 6); de igual manera, los niveles de fertilización se agruparon en dos categorías estadística, el mejor promedio lo obtuvo Urea+NPK con 29.58 y el menor Humus con 24.46.

#### 4.2 Variables de mazorca

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el análisis de ANDEVA las variables peso del olote (raquis), diámetro de la mazorca, número de brácteas no presentaron significación estadística, para el factor variedad, no obstante la distancia apical (Pr=.0001), número de hileras (Pr=0.0046), longitud de la mazorca (Pr=0.0250) y el peso de la mazorca (Pr=0.0433) resultaron significativas (Cuadro 2).

Para la técnica de separación de medias según Tukey las variables estudiadas se congregan de la siguiente manera:

**Cuadro 7.** Significación estadística para las variables diámetro de la mazorca (DMZ) en mm, longitud de la mazorca (LMZ) en cm, peso de mazorca (PMZ) en g, peso del olote (PESOL) en g.

| <b>Factores</b>      | <b>DMZ</b> | <b>LMZ</b> | <b>PMZ</b> | <b>PESOL</b> |
|----------------------|------------|------------|------------|--------------|
| <b>Variedad</b>      |            |            |            |              |
| Postrerón            | 4.44       | 18.47 ab   | 148.90 ab  | 15.35 ab     |
| NB -9043             | 4.53       | 15.49 ab   | 141.33 b   | 14.93 ab     |
| Amarillo             | 4.48       | 19.21 ab   | 154.38 ab  | 16.10 ab     |
| Montaña              | 4.52       | 21.75 a    | 199.75 a   | 18.44 a      |
| NB-6                 | 4.48       | 15.58 ab   | 152.44 ab  | 14.24 ab     |
| Planta baja          | 4.43       | 15.31 b    | 133.33 b   | 11.61 b      |
| NB-S                 | 4.43       | 16.30 ab   | 138.33 b   | 12.65 b      |
| Nutrader             | 4.40       | 16.53 ab   | 142.33 ab  | 14.10 ab     |
| <b>Fertilización</b> |            |            |            |              |
| Humus                | 4.45       | 17.25      | 143.60     | 13.91        |
| Caupí                | 4.41       | 16.55      | 139.75     | 13.47        |
| Urea + NPK           | 4.48       | 17.91      | 167.91     | 16.38        |

Promedios con letras similares no difieren estadísticamente (Tukey,  $\alpha=0.05$ )



El peso de la mazorca agrupó a los genotipos estudiados en tres categorías estadística obteniendo el mayor promedio el Maíz de Montaña (Montaña) con 199.75 g y el menor Planta baja con 133.33 g (Cuadro 7). Loáisiga (1990). Indica que esta variable es de suma importancia al estar directamente relacionada al rendimiento de la cosecha.

La longitud de la mazorca agrupó los genotipos en tres categorías estadística el mayor, promedio correspondió al Maíz de Montaña (Montaña) con 21.75 cm y el menor lo obtuvo Planta baja con 15.31cm (Cuadro 7). De acuerdo con Centeno y Castro (1993), esta variable es de suma importancia en el rendimiento, ya que existe una alta correlación.

El peso del olote (raquis) se agrupó en tres categorías estadísticas correspondiendo el mayor promedio para el Maíz de Montaña (Montaña) con 18.44 g y el menor para planta baja con 11.61 g (Cuadro 7).

**Cuadro 8.** Significación estadística para las variables distancia apical en la mazorca (DAP) en cm, número de hileras por mazorca (NHL), número de granos por hilera (NGR), número de brácteas (NBR).

| Factores             | DAP      | NHL      | NGR       | NBR  |
|----------------------|----------|----------|-----------|------|
| <b>Variedad</b>      |          |          |           |      |
| Montaña              | 10.62 ab | 12.87 b  | 32.60 a   | 8.85 |
| Amarillo             | 11.62 a  | 12.55 b  | 30.17 ab  | 8.92 |
| Postrerón            | 11.89 a  | 12.35 b  | 29.58 abc | 8.84 |
| Nutrader             | 6.70 c   | 14.62 a  | 26.40 bcd | 8.42 |
| Planta Baja          | 8.22 bc  | 12.89 b  | 26.08 bcd | 8.93 |
| NB -9043             | 8.13 bc  | 13.28 ab | 24.42 bcd | 9.15 |
| NB-6                 | 7.73 c   | 13.37 ab | 24.35 cd  | 9.33 |
| NB-S                 | 7.68 c   | 13.46 ab | 23.72 d   | 8.51 |
| <b>Fertilización</b> |          |          |           |      |
| Urea+ NPKo           | 8.25 b   | 13.48    | 29.37 a   | 9.34 |
| Caupí                | 9.04 ab  | 13.20    | 25.99 ab  | 8.77 |
| Humus                | 9.82 a   | 12.85    | 25.65 b   | 8.46 |

Promedios con letras similares no difieren estadísticamente (Tukey,  $\alpha=0.05$ )

La distancia apical en la mazorca, tiene gran importancia para evaluar cobertura. Mejía (1983), menciona que en muchos materiales mejorados se ha incrementado el rendimiento, pero reducido la distancia apical. En el Cuadro 8, las variedades de maíces en estudio se agruparon en cuatro categorías estadística obteniendo el mayor promedio el maíz Postrerón con 11.89 mm y el menor Nutrader con 6.70 mm.

Por otro lado, Moncada (2003) especifica que este carácter debe de estar más pronunciado y compacto en la parte superior de la mazorca para evitar la entrada del agua y reducir el daño causado por la humedad.

Los genotipos se congregaron en cuatro categorías estadística para la variable número de hileras, obteniendo Nutrader el mayor promedio con 14.62 y el menor Postrerón con 12.35 (Cuadro 8); asimismo el número de gramos por mazorca se agrupó en seis categorías estadísticas siendo el Maíz de Montaña el que obtuvo el mayor promedio con 32.60 y el menor NB-S con 23.72 (Cuadro 8).

La fertilización resultó significativa en las variables distancia apical (Pr= 0.0316), número de hileras (Pr=0.0394) y el número de granos (Pr=0.0405).

El número de granos agrupó las variedad en tres categorías estadística, obteniendo el mayor promedio Urea + NPK con 29.37 y el menor Humus con 25.65 granos. Jugenheimer (1981) indica que el número de granos está determinado por la longitud y el número de hileras por mazorca y argumenta que una adecuada dosis de nitrógeno tiene influencia positiva sobre los componentes del rendimiento, entre ellos el número de granos por hilera.

La variable distancia apical se congrego en tres categorías estadísticas obteniendo el mayor promedio Humus con 9.82 y el menor Urea + NPK con 8.25 (Cuadro 8). De acuerdo con Mejía (1983) esta variable tiene gran importancia para evaluar cobertura de mazorca, la cual está determinada por la longitud de la mazorca y longitud de la bráctea.

### **4.3 Variables de grano y rendimiento**

En el Cuadro 9 se aprecian los resultados obtenidos mediante el análisis de ANDEVA ( $\alpha=0.05$ ), presentando únicamente significación estadística para el factor variedad el espesor del grano (Pr=0.0020), las variables longitud del grano, diámetro del grano, peso de mil granos y rendimiento.

Mediante la separación de medias según Tukey ( $\alpha=0.05$ ), se conformaron las siguientes agrupaciones para las variables:

El espesor del grano aglutinó en tres categorías estadística a los genotipos de maíces, obteniendo el mayor promedio Maíz de Montaña con 5.62 mm y el menor NB-S con 4.18 mm (Cuadro 9). Según Somarriba (1998), el maíz a igual que otras plantas no puede producir altos rendimientos al menos que exista una disponibilidad de nutrientes en cantidades suficientes en el suelo, el nitrógeno ejerce una influencia positiva en el ahijamiento, el número de granos por mazorca, peso y tamaño de los granos.

El rendimiento está en dependencia de la calidad, cantidad y tamaño de los granos sobre todo cuando está fuertemente influenciado por adecuadas dosis de nitrógeno (Lemcoff y Loomis, 1986). Asimismo, Urbina (1993) señala que el rendimiento está influenciado por su potencial genético, nutrición y factores ambientales como agua, luz y temperatura.

Los valores de rendimiento promedio en las variedades se agruparon en tres categorías estadística, siendo Maíz de Montaña el que obtuvo el mayor promedio con 1139.65 kg ha<sup>-1</sup> y Planta baja el menor con 773.29 kg ha<sup>-1</sup> (Cuadro 9).

El INTA (2004), reporta un rendimiento promedio nacional de 1200 kg ha<sup>-1</sup>, valores muy similares a los obtenido por Maíz de Montaña y Amarillo (Cuadro 9). Los productores de El Castillito obtuvieron rendimientos de 193 kg ha<sup>-1</sup>, 323 kg ha<sup>-1</sup> y 387 kg ha<sup>-1</sup> durante los ciclos de cosechas 2005, 2006 y 2007, respectivamente. Los rendimientos del Maíz de Montaña superaron 5, 3.5 y 3 veces, respectivamente, a los rendimientos antes mencionados aún cuando se aplicaron dosis de fertilizantes por debajo de las recomendadas por el INTA, esto con la finalidad de tener resultados favorables, pensando en la factibilidad económica de los productores para adquirir fertilizantes.

En términos generales las variedades criollas superaron con un promedio de 965.83 kg ha<sup>-1</sup> a las mejoradas que presentaron 864.87 kg ha<sup>-1</sup>, lo cual está directamente influenciado por parámetros que determinan de manera directa el rendimiento tales como el peso de la mazorca.

**Cuadro 9.** Significación estadística para las variables longitud del grano (LGR) en mm, diámetro del grano (DGR) en mm, espesor del grano (EGR) en mm, peso de mil granos (PMG) en g y el rendimiento (REN) en kg ha<sup>-1</sup>.

| <b>Factores</b>      | <b>LGR</b> | <b>DGR</b> | <b>EGR</b> | <b>PMG</b> | <b>REN</b> |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Variedad</b>      |            |            |            |            |            |
| Montaña              | 10.37 ab   | 9.62       | 5.62 a     | 35.16      | 1139.65 a  |
| Amarillo             | 10.50 a    | 8.37       | 5.04 ab    | 33.06      | 1008.08 a  |
| Postrerón            | 10.77 a    | 8.77       | 4.48 b     | 31.31      | 942.31 b   |
| NB-6                 | 10.22 b    | 8.55       | 4.77 ab    | 37.55      | 915.83 b   |
| Nutrader             | 9.66 b     | 9.67       | 4.20 b     | 33.43      | 897.87 b   |
| NB -9043             | 10.66 a    | 8.89       | 4.70 b     | 33.86      | 869.13 b   |
| NB-S                 | 9.77 b     | 9.33       | 4.18 b     | 31.89      | 76.66 bc   |
| Planta baja          | 10.22 ab   | 9.22       | 4.48 b     | 36.55      | 773.29 c   |
| <b>Fertilización</b> |            |            |            |            |            |
| Urea + NPK           | 10.37 a    | 8.50       | 4.75       | 34.93      | 997.0      |
| Caupí                | 10.45 a    | 9.58       | 4.51       | 32.91      | 901.3      |
| Humus                | 9.95 ab    | 9.09       | 4.73       | 34.09      | 827.3      |

Promedios con letras similares no difieren estadísticamente (Tukey,  $\alpha=0.05$ )

En el Anexo 1, se presenta la significación estadística de las variables en la interacción conformada.

#### 4.4 Contrastes ortogonales

El análisis de los contrastes ortogonales se utiliza cuando se tienen grupos de tratamientos con características en común (Montgomery, 1991), de esta manera este método consiste en la subdivisión de los grados de libertad y la suma de los cuadrados para la respectiva variabilidad atribuible al respectivo efecto de los tratamientos estudiados (Pedroza, 1993).

De acuerdo al análisis de los contrastes ortogonales efectuado para las variables estudiadas, se presentaron promedios donde los maíces criollos superaron ampliamente a las variedades de maíces mejoradas (Cuadro 10). Algunas de estas variables no son de interés agronómico, tal es el caso de la altura a la primera mazorca, ya que esta característica oscila mucho en los materiales criollos, y resulta negativo para el rendimiento (Bird y Urbina, 2002).

Tomando algunas de las variables como ejemplo se muestran amplias diferencias como en la altura de la planta, obteniendo las variedades criollas un promedio de 316.54 cm en comparación a los 154.7 de las mejoradas, lo cual demuestra la diferencia que existe entre las variedades criollas y las mejoradas. Las mejoradas únicamente superan a las criollas en el NHL con un promedio de 13.68 comparado con los 12.66 de las variedades criollas.

Puede observarse que existe significación estadística para casi todas las variables estudiadas, es decir que únicamente no lograron diferenciarse estadísticamente las variables ancho de la hoja, longitud y diámetro de la mazorca (Cuadro 10). Viera (2004), reporta significación estadística en agrupaciones de maíces criollos y mejorados para estas variables.

En lo que respecta al rendimiento se compararon ambos grupos de variedades de maíces, encontrándose mediante el ANDEVA significación estadística (Cuadro 10), las variedades criollas presentaron un promedio de 965.83 kg ha<sup>-1</sup> superando ampliamente a las mejoradas las que obtuvieron 864.87 kg ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 10.** Comparación de promedios mediante contrastes ortogonales en las variables evaluadas.

| Variable   | Promedio |           | Pr     |
|--|----------|-----------|--------|
|  | Criollos | Mejorados |        |
| Altura de planta (ALT)                             | 316.54   | 154.7     | 0.0001 |
| Altura a la primera mazorca (APM)                  | 123.19   | 53.72     | 0.0001 |
| Número de entrenudos (NEN)                         | 10.88    | 9.21      | 0.0001 |
| Diámetro del tallo (DTA)                           | 26.6     | 22.46     | 0.0001 |
| Número de hojas (NHO)                              | 11.91    | 9.82      | 0.0008 |
| Longitud de la hoja (LHO)                          | 91.58    | 69.6      | 0.0001 |
| Ancho de la hoja (AHO)                             | 9.05     | 8.85      | 0.0844 |
| Área de la hoja (ARH)                              | 630.52   | 476.21    | 0.0001 |
| Longitud del pedúnculo de la panoja (LPP)          | 23.11    | 19.63     | 0.0003 |
| Longitud de la parte ramificada de la panoja (LPR) | 28.43    | 24.63     | 0.0031 |
| Longitud de la panoja (LPA).                       | 51.57    | 44.3      | 0.0001 |
| Número de ramas de la panoja (NRP)                 | 14.05    | 9.41      | 0.0001 |
| Distancia apical (DAP)                             | 10.58    | 7.55      | 0.0001 |
| Número de hileras (NHL)                            | 12.66    | 13.68     | 0.0004 |
| Número de brácteas (NBR)                           | 8.88     | 8.85      | 0.0048 |
| Diámetro de la mazorca (DMZ)                       | 4.46     | 4.46      | 0.4581 |
| Longitud de la mazorca (LMZ)                       | 18.68    | 15.97     | 0.0884 |
| Peso de la mazorca (PMZ)                           | 159.09   | 143.6     | 0.0600 |
| Peso del olote (PESOL)                             | 15.37    | 13.98     | 0.0053 |
| Longitud del grano (LGR)                           | 10.46    | 10.07     | 0.0754 |
| Diámetro del grano (DGR)                           | 8.99     | 9.11      | 0.0810 |
| Espesor del grano (EGR)                            | 4.90     | 4.46      | 0.0778 |
| Peso de mil granos( PMG)                           | 34.02    | 33.93     | 0.0450 |
| Rendimiento (REN)                                  | 965.83   | 864.87    | 0.0482 |

Si  $Pr \leq 0.05$  es significativo

#### 4.5 Análisis de correlaciones fenotípicas

La correlación determina el grado de asociación que existe entre dos variables o descriptores. La correlación se mide mediante el coeficiente R, y el valor está entre 0 y  $\pm 1$ , y entre más cercano es a  $\pm 1$ , la relación es mayor (Hidalgo, 2003). Cuando se selecciona un determinado carácter, éste incluirá a los demás que están relacionados con dicha variable.

Las variables antes mencionadas se encuentran relacionadas entre ellas (Cuadro 11 y Figura 4) la altura de la planta con características de crecimiento, desarrollo, mazorca y rendimiento como el número de hojas ( $r=0.954$ ,  $p=0.000$ ), número de ramas de la panoja ( $r=0.952$ ,  $p=0.0001$ ), número de granos ( $r=0.872$ ,  $p=0.000$ ). Respecto al diámetro del tallo este guarda mas correlación con la longitud de la hoja ( $r=0.865$ ,  $p=0.000$ ), longitud de la parte ramificada de la panoja, ( $r=0.787$ ,  $p=0.000$ ), número de granos, ( $r= 0.761$ ,  $p=0.000$ ) y el rendimiento ( $r=0.672$ ,  $p=0.000$ ).

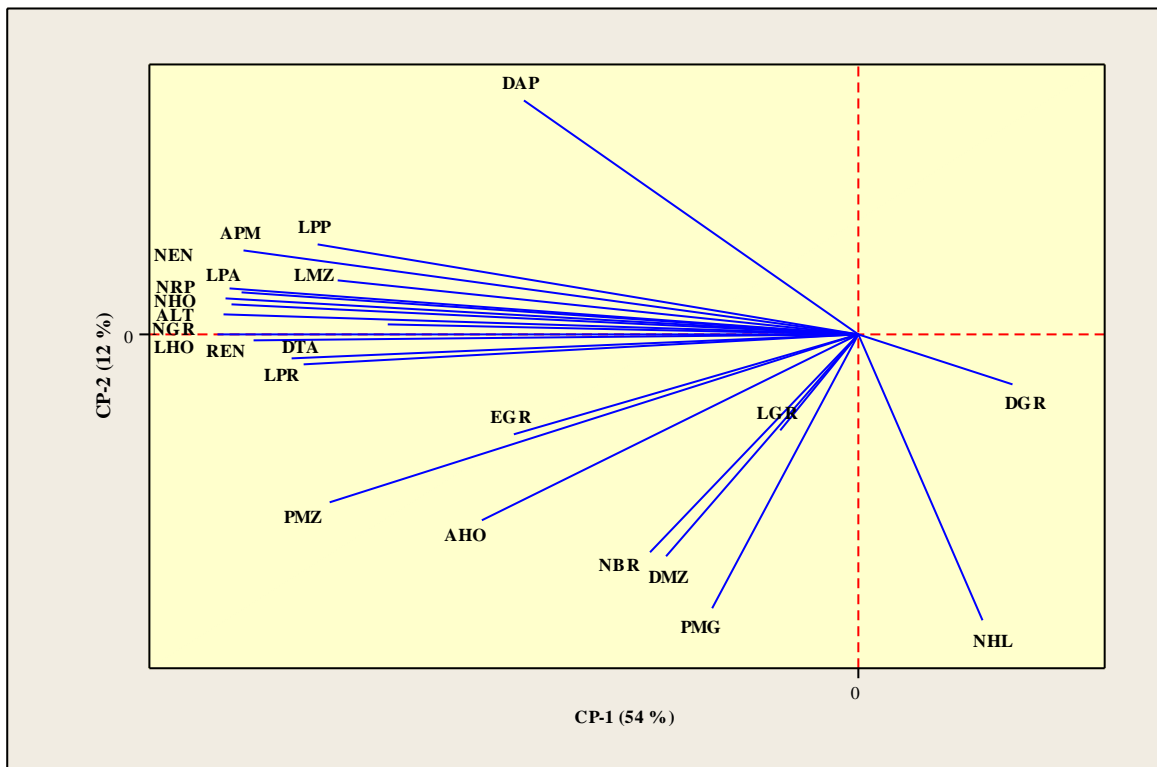
**Cuadro 11.** Correlaciones fenotípicas de las variables de los maíces evaluados.

| VAR | ATL   | NHO   | NEN   | DTA   | APM   | AHO   | LHO   | NRP   | LPP   | LPR   | LPA   | DAP   | LMZ   | DMZ  | PMZ  |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| NHO | 0.95  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| NEN | 0.98  | 0.95  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| DTA | 0.80  | 0.82  | 0.80  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| APM | 0.99  | 0.93  | 0.96  | 0.75  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| AHO | 0.46  | 0.52  | 0.52  | 0.66  | 0.36  |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| LHO | 0.95  | 0.96  | 0.97  | 0.87  | 0.92  | 0.63  |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
| NRP | 0.95  | 0.95  | 0.96  | 0.86  | 0.94  | 0.56  | 0.94  |       |       |       |       |       |       |      |      |
| LPP | 0.87  | 0.83  | 0.84  | 0.58  | 0.86  | 0.23  | 0.82  | 0.77  |       |       |       |       |       |      |      |
| LPR | 0.78  | 0.83  | 0.80  | 0.79  | 0.74  | 0.62  | 0.87  | 0.80  | 0.62  |       |       |       |       |      |      |
| LPA | 0.91  | 0.93  | 0.92  | 0.77  | 0.89  | 0.49  | 0.94  | 0.88  | 0.87  | 0.92  |       |       |       |      |      |
| DAP | 0.51  | 0.51  | 0.48  | 0.26  | 0.59  | -0.08 | 0.43  | 0.52  | 0.48  | 0.43  | 0.52  |       |       |      |      |
| LMZ | 0.77  | 0.72  | 0.73  | 0.64  | 0.78  | 0.36  | 0.73  | 0.78  | 0.57  | 0.54  | 0.62  | 0.57  |       |      |      |
| PMZ | 0.75  | 0.75  | 0.68  | 0.63  | 0.68  | 0.52  | 0.75  | 0.72  | 0.59  | 0.66  | 0.68  | 0.24  | 0.71  | 0.60 |      |
| NHL | -0.17 | -0.14 | -0.16 | -0.13 | -0.28 | 0.28  | -0.12 | -0.18 | -0.22 | -0.16 | -0.21 | -0.73 | -0.41 | 0.29 | 0.08 |
| NGR | 0.87  | 0.88  | 0.87  | 0.76  | 0.83  | 0.55  | 0.89  | 0.88  | 0.75  | 0.78  | 0.86  | 0.47  | 0.83  | 0.39 | 0.79 |
| EGR | 0.50  | 0.51  | 0.44  | 0.30  | 0.49  | 0.10  | 0.47  | 0.35  | 0.49  | 0.49  | 0.52  | 0.24  | 0.32  | 0.43 | 0.58 |
| PMG | 0.12  | 0.12  | 0.10  | 0.13  | 0.07  | 0.35  | 0.16  | 0.15  | 0.02  | 0.24  | 0.13  | -0.09 | 0.19  | 0.41 | 0.58 |
| REN | 0.68  | 0.67  | 0.75  | 0.67  | 0.65  | 0.63  | 0.75  | 0.71  | 0.51  | 0.61  | 0.62  | 0.25  | 0.61  | 0.12 | 0.53 |

Existe relación significativa al 95 % de confianza si  $r = 0.400$  y si  $r = 0.500$  al 99 % de confianza

Asimismo el número de brácteas (NBR) estuvo correlacionada con el espesor del grano (EGR) con  $r=0.48$ ,  $p=0.030$ , y con el peso de mil granos (PMG) con  $r=0.41$ ,  $p=0.040$ ; y con el peso de mazorca (PMZ) con  $r=0.49$ ,  $p=0.039$ .

La variable altura de inserción de la primera mazorca se encuentra más correlacionada con las variables longitud de la mazorca ( $r=0.779$ ,  $p=0.0001$ ) y longitud del pedúnculo de la panoja ( $r=0.856$ ,  $p=0.0001$ ) como se aprecia en la Figura 4. De igual manera, la distancia apical disminuyó a medida que aumentó el número de hileras ( $r=-0.727$ ,  $p=0.0001$ ).



**Figura 4.** Distribución bidimensional de 23 variables de los maíces evaluados, en El Castillito, Las Sabanas, Madrid.

Mediante un Análisis de Componentes Principales, se agruparon las variables de mayor correlación, destacándose el grupo conformado por las variables: longitud de la hoja, altura de la planta, número de granos, número de hojas, número de ramas de la panoja, longitud de la panoja, número de entrenudos, longitud de la mazorca, altura de inserción de la primera mazorca, longitud del pedúnculo de la panoja. Dichas variables presentaron el menor ángulo en sus vectores (Figura 4), lo que indica una mayor asociación entre ellas. En cambio el CP-2 aisló el grupo de variables de tallo y panoja de las variables de mazorca y grano.



#### **4.6 Análisis de Componentes Principales**

El Análisis de los Componentes Principales (ACP) transforma un conjunto de variables en un número menor de variables (llamadas dimensiones, componentes principales o componentes), no correlacionadas entre sí, que contienen la mayor parte de la información (varianza) del conjunto inicial. El ACP busca guardar la información de un gran número de variables en un pequeño número de componentes no correlacionados, con la mínima pérdida de información (Pla, 1986).

Desde el punto analítico, este método se basa en la transformación de un conjunto de variables cuantitativas originales en otro conjunto de variables independientes no correlacionadas, llamadas componentes principales. Los componentes deben ser interpretados independientemente unos de otros, ya que contienen una parte de la varianza que no está expresada en otro componente principal (Hidalgo 2003).

El ACP, es una técnica que permite disminuir el conjunto de las variables a un conjunto menor no correlacionados llamados componentes principales (CP). Cada componente tiene parte en la viabilidad total de los datos (Pla, 1986).

Mediante los resultados obtenidos resulta conveniente tomar los tres primeros componentes los cuales aportaron el 73 % (Cuadro 12) de la variabilidad total, lo cual coincide por lo propuesto por Hidalgo (2003), el cual hace referencia a que los tres primeros componentes deben de aislar un óptimo de 70% para poder realizar la discriminación.

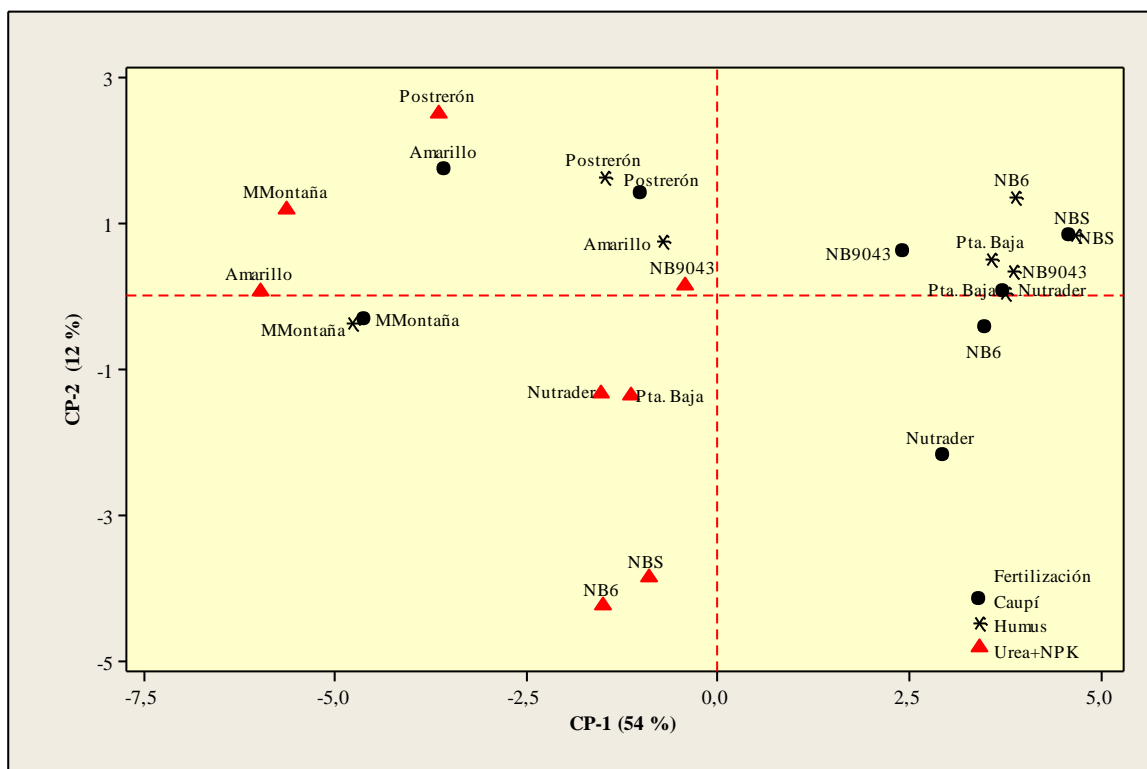
En el Cuadro 12 se observa cada una de las varianzas que aportan cada una de las variables a los respectivos componentes, mostrando el CP-1 con un 54 % de la variación total (Figura 5), en las que sobresalen las siguientes variables: longitud de la hoja, número de granos, altura de la planta, número de hojas, número de ramas de la panoja, longitud de la panoja, número de entrenudos, longitud de la mazorca, altura de inserción de la primera mazorca y longitud del pedúnculo de la panoja. Son las que mayor aportan a la variación diferenciando a los maíces estudiados.

**Cuadro 12.** Análisis de los componentes principales para las variables de maíz (*Zea mays* L.).

| Variable   | PC-1         | PC-2         | PC-3         | PC-4   | PC-5   |
|--|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Altura de planta (ALT)                             | -0.247       | 0.055        | -0.007       | 0.041  | -0.013 |
| Altura a la primera mazorca (APM)                  | -0.266       | 0.128        | -0.006       | -0.024 | -0.030 |
| Número de entrenudos (NEN)                         | -0.272       | 0.072        | 0.080        | 0.076  | 0.008  |
| Diámetro del tallo (DTA)                           | -0.240       | -0.046       | 0.201        | 0.050  | 0.161  |
| Número de hojas (NHO)                              | -0.274       | 0.032        | -0.003       | 0.040  | 0.083  |
| Longitud de la hoja (LHO)                          | -0.277       | 0.000        | 0.086        | 0.065  | 0.077  |
| Ancho de la hoja (AHO)                             | -0.163       | -0.286       | 0.371        | 0.153  | 0.073  |
| Longitud del pedúnculo de la panoja (LPP)          | -0.234       | 0.137        | -0.177       | 0.102  | 0.112  |
| Longitud de la parte ramificada de la panoja (LPR) | -0.246       | -0.037       | 0.022        | 0.006  | 0.217  |
| Longitud de la panoja (LPA).                       | -0.267       | 0.065        | -0.067       | 0.067  | 0.163  |
| Número de ramas de la panoja (NRP)                 | -0.271       | 0.046        | 0.093        | 0.042  | -0.051 |
| Distancia apical (DAP)                             | -0.145       | 0.360        | -0.129       | -0.365 | -0.090 |
| Número de hileras (NHL)                            | 0.054        | -0.443       | 0.072        | 0.392  | 0.088  |
| Número de brácteas (NBR)                           | -0.090       | -0.338       | -0.213       | -0.133 | 0.332  |
| Diámetro de la mazorca (DMZ)                       | -0.083       | -0.342       | -0.274       | -0.005 | -0.451 |
| Longitud de la mazorca (LMZ)                       | -0.225       | 0.084        | -0.008       | -0.111 | -0.418 |
| Peso de la mazorca (PMZ)                           | -0.229       | -0.260       | -0.140       | -0.052 | -0.219 |
| Número de granos (NGR)                             | -0.262       | -0.010       | -0.048       | 0.070  | -0.161 |
| Longitud del grano (LGR)                           | -0.034       | -0.149       | 0.237        | -0.566 | 0.365  |
| Diámetro del grano (DGR)                           | 0.067        | -0.078       | 0.495        | -0.371 | -0.243 |
| Espesor del grano (EGR)                            | -0.149       | -0.154       | -0.391       | -0.282 | 0.191  |
| Peso de mil granos( PMG)                           | -0.063       | -0.424       | -0.048       | -0.276 | -0.204 |
| Rendimiento (REN)                                  | -0.204       | 0.016        | 0.378        | 0.067  | -0.131 |
| Eigenvalor   | 12.485       | 2.673        | 1.72         | 1.492  | 1.17   |
| % Individual                                       | 0.543        | 0.116        | 0.075        | 0.065  | 0.051  |
| % Acumulado  | <b>0.543</b> | <b>0.659</b> | <b>0.734</b> | 0.799  | 0.850  |

La Figura 5 describe la distribución de los genotipos de maíces respecto a los niveles de fertilización, donde los dos primeros componentes principales aislan el 66 % de la variación total.

Según el ACP los materiales criollos Maíz de Montaña, Postrerón y Amarillo están más relacionados a las variables de mayor correlación (Figura 4), por lo que dichos materiales no fueron afectados significativamente por los tipos de fertilización aplicada (Figura 5) en las variables antes mencionadas.



**Figura 5.** Distribución bidimensional de maíces y los tipos de fertilización evaluadas en El Castillito, Las Sabanas, Madriz.

Mediante la evaluación de maíces criollos y mejorados se logró observar que existe variación considerable entre ellos. De igual manera, se puede mencionar que los maíces mejorados fueron afectados significativamente en sus cosechas por las condiciones ambientales de la zona. La distancia apical de mazorca jugó un papel importante en la producción de granos, ya que los materiales mejorados presentaron menor cobertura y por consiguiente menor distancia apical, lo que generó un mayor porcentaje de mazorcas podridas.

En los materiales criollos se destacaron maíz de Montaña, Amarillo y Postrerón por poseer la mayor cobertura de mazorca. Se resume que los materiales criollos mostraron variación que puede ser aprovechada en los programa de mejoramiento del país. De igual manera, se considera que la utilización de lombrihumus y abonos verdes como el caupí, son una alternativa viable en pequeñas parcelas para incrementar los rendimientos y mejorar las condiciones edáficas.

## **V. CONCLUSIONES**

De acuerdo al estudio realizado en la comunidad El Castillito, Las Sabanas, Madriz, se derivan las siguientes conclusiones:

Las variables de tallo y hoja en las variedades fueron afectadas significativamente por el tipo de fertilización empleada. Asimismo, el rendimiento de las variedades estuvo en dependencia del tipo de fertilización. Por otro lado, las variedades de maíces criollos superaron en un 10 % en rendimiento a las variedades mejoradas, obteniendo el mayor rendimiento el Maíz de Montaña y Amarillo.

El análisis de componentes principales aisló el 73 % de la variación total en los primeros tres componentes, y sobresalen las variables de hoja, altura de planta, variables de panoja y rendimiento. Los materiales criollos Maíz de Montaña, Postrerón y Amarillo no fueron afectados significativamente por los tipos de fertilización aplicada.

## VI. LITERATURA CITADA

**Alcaldía de Las Sabanas.** 2007. Tepec Xomolth La Patasta. Dirección de Catastro. En Power Point.

**Benavides G. A., J. Cisne C., R. Laguna M.** 2007. Fertilización orgánica sobre tres genotipos de fresa (*Fragaria* spp.) en Las Sabanas, Madriz. Revista LA CALERA. Universidad Nacional Agraria. Año 7. No. 8-Mayo-2007. p. 54-58.

**Centeno, J. D. y Castro, V. L.** 1993. Influencia de cultivares antecesores y métodos de control de maleza 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 Ing. Agr. Managua, Nicaragua, 48 p.

**Cimmyt,** 1995. Guía de descriptores para caracterizar maíz. CIMMYT, México D.F. 31 p.

**Contreras, Z. J., 1994.** Influencia de rotación de cultivo y control de malezas; el crecimiento y rendimiento y comportamiento del rendimiento del cultivo del maíz (*Zea mays* L.). Universidad Nacional Agraria (U.N.A). Tesis de Ing. Agr., Managua, Nicaragua. 48 p.

**Hidalgo, R;** 2003. Variabilidad genética caracterización de especies vegetales. En: caracterización morfológica de recursos filogenéticos. Franco T. e HIDALGO R. (eds). Boletín Técnico No. 8, instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Calí, Colombia, p. 2-26.

**INTA.** 2004 Informe Anual de producción Agropecuaria, Ciclo agrícola.

**Jugenheimer, R. M.** 1990. Variedades mejoradas en maíz. p. 110-120.

**Juggenheimer, R. W. 1981.** Maíz; variedades mejoradas. Métodos de cultivo y producción de semilla. México, DF. Editorial Limusa. 841 p.

**Lemcoff, J. M y Loomis, R. S.** 1986. Influence on field determination on maize. Crop science. USA. Vol. 26. pp 1017-1022.

**Levin R. I. & D. S. Rubin,** 1996. Estadística para Administradores. Edit. Prentice-Hall Hispanoamericana, S. A., México, D. F., p. 321-350.

**Loaisiga, C. H., 1990.** Caracterización y evaluación treinta cultivares de maíz (*Zea mays* L.), Instituto Superior de Ciencias Agropecuaria (ISCA.), Tesis de Ing. Agr., Managua, Nicaragua. 63 p.

**López, Z.** 2005. Sección Áreas Protegidas. **MARENA** (Ministerio del Ambiente y de Recursos Naturales). (En línea). Consultado 12 de octubre de 2007. Disponible en [http://www.marena.gob.ni/areas\\_protegidas/intro.htm](http://www.marena.gob.ni/areas_protegidas/intro.htm).

**MARENA** (Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales). 2008. (En línea). Managua Nicaragua 4 de julio 2008. Reserva Natural Tepesomoto La Patate. (Consultado 11 mayo 2008). Disponible en <http://www.marena.gob.ni/index.php?option>.

**MARENA** (Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales); Programa ambiental Nicaragua -Finlandia (PANIF-APB). 2000. biodiversidad en Nicaragua, un estudio de país. Managua, Ni. Centro de investigación de la realidad de América latina (CIRA). p. 3.

**Marini, D, I.** 1993. Genética Agraria. Editorial CENIDA.UNA- Managua, Nicaragua. 346 p.

**Maya, N.,** 1995. Evaluación de siete genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en cuatro localidades de Nicaragua. Universidad Nacional Agraria (U.N.A.), Tesis de Ing. Ag., Managua, Nicaragua. 32 p.

**Mejía C. A.,** 1983. Cobertura de la mazorca de maíz: Heredabilidad y correlación con otros caracteres, AGROCIENCIA No. 64. Chapingo, México. 30 p.

**Moncada, J.**, 2003. Obatampa y catacama en el Rio San Juan, La PRENSA, Lunes 1ro de septiembre del 2003.

**Montesinos C. A.**, 2008. Diagnóstico e identificación preliminar de especies vegetales y animales silvestres de la comunidad El Castillito, Las Sabanas, Madriz. Tesis de Ing. Agr., Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. 125 p.

**Montgomery, D. C** 1991. Diseños y Análisis de Experimentos. 1ra. Edición. Grupo Editorial Iberoamérica. México D. F, 589 pp.

**Morales D.**, 1993. Caracterización y evaluación de 25 genotipos de maíz (*Zea mays* L.) recolectados en Nicaragua. Tesis de Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua. 55 p.

**Palacios, L. A. y D. C. Montenegro.** 2006. Efecto de cinco distancias y tres épocas de siembra sobre el crecimiento y rendimiento del caupí rojo (*Vigna unguiculata* (L.) (Walpers), Ciudad Darío, Matagalpa. Tesis de Ing. Agr., Universidad Nacional Agraria (UNA) Managua, Nicaragua. p 1-5.

**Parson, M. D. B.**, 1990. Manual para la educación agropecuaria, primera edición, editorial trilla. S. A de C .V. México, D. F. 56 p.

**Pedroza, H.**, 1993. Fundamentos de experimentación Agrícola. Managua, Nicaragua. Editora de Arte. 230 pp.

**Pla, L. E;** 1986. Análisis multivariado. Método de componentes principales. Monografía No 27. Secretaria General de la organización de los Estados Americanos (OEA), programa regional de desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D, C; 93 p.

**Reyes, C. P.**, 1990. El maíz y su cultivo. A.G.T. Editor S.A., México, D.F., 460 p.

**Robles, S. R. 1990.** Producción de granos y forrajes. Editorial limusa. México. 600 pp.

**Somarriba, C.,** 1998. Texto Grano Básicos. Managua, Nicaragua. P. 1 Universidad Nacional Agraria (1).

**Tapia, B., H. y Camacho, A. 1988.** Manejo integrado de la producción de frijol basado en

**Urbina, R,** 1993. Guía tecnológica para la producción del maíz. Editorial DGTA-MAG, Managua, Nicaragua.36 p.

**Urbina, A. R. Bonilla, B. N.** 2001. Promoción y difusión de cultivares de maíz, resultado de parcela demostrativa, Primera – Postrera. Managua, Nicaragua.

**Urbina, A. y N. B. Bird.,** 2002. Promoción y difusión de cultivares de maíz. Resultados de parcelas demostrativas, Primera-Postrera 2001- Nicaragua. Proyecto de Mejoramiento de Semilla, USAID/DAI, PROMESA. 43 p.

**Viera, A. L.,** 2004. Caracterización y evaluación de seis cultivares híbridos y seis variedades de maíz (*Zea mays* L.) de polinización libre en el municipio de El Viejo, Chinandega. Tesis de Ing. Agr., Universidad Nacional Agraria (UNA) Managua, Nicaragua. 41 p.



## VII. Anexo

**Anexo 1.** Significación estadística en los tratamientos conformados en las variables que resultaron significativas.

| <b>Fer * Var</b>     | <b>DTA</b> | <b>APM</b> | <b>AHO</b> | <b>LHO</b> | <b>ARH</b> | <b>PMG</b> | <b>REN</b> |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Caupí-Montaña        | 32.0 a     | 158.3 ab   | 9.7 ab     | 106.0 b    | 769.5 b    | 33.2 c     | 1326.6 a   |
| Urea+NPK-NB6         | 28.0 ab    | 75.7 cd    | 10.3 a     | 90.0 bc    | 699.5 bc   | 52.7 a     | 1185.2 ab  |
| Urea+NPK-Amarillo    | 31.0 ab    | 161.0 ab   | 9.7 ab     | 106.0 b    | 769.0 bc   | 32.0 c     | 1090.9 b   |
| Humus-Postrerón      | 25.0 b     | 100.7 bc   | 9.3 ab     | 86.7 bc    | 610.5 c    | 35.4 bc    | 1066.7 b   |
| Urea+NPK-NB9043      | 28.0 ab    | 88.3 c     | 10.3 a     | 91.0 bc    | 705.3 bc   | 32.9 c     | 1043.8 b   |
| Humus-Montaña        | 23.0 b     | 170.0 a    | 9.3 ab     | 99.3 b     | 697.0 bc   | 41.5 b     | 1033.3 b   |
| Urea+NPK-Montaña     | 34.3 a     | 187.7 a    | 9.3 ab     | 111.0 a    | 777.3 a    | 32.9 c     | 1023.6 b   |
| Urea+NPK-NBS         | 25.7 ab    | 70.7 cd    | 10.3 a     | 84.7 bc    | 658.0 bc   | 34.7 bc    | 983.2 bc   |
| Humus -Amarillo      | 23.0 b     | 138.0 b    | 8.3 b      | 91.3 bc    | 570.8 c    | 32.9 c     | 969.7 bc   |
| Caupí-Amarillo       | 28.3 ab    | 158.0 ab   | 9.3 ab     | 100.7 b    | 706.8 bc   | 34.3 bc    | 950.8 bc   |
| Urea + NPK-Nutrader  | 27.7 ab    | 86.3 c     | 10.0 a     | 98.0 b     | 735.5 b    | 30.0 cd    | 942.8 bc   |
| Caupí-Nutrader       | 23.0 b     | 46.0 d     | 8.7 ab     | 65.0 c     | 426.5 c    | 38.0 b     | 915.8 bc   |
| Caupí- NB9043        | 22.7 b     | 52.0 cd    | 9.0 ab     | 67.0 c     | 456.8 c    | 31.7 c     | 909.1 c    |
| Caupí -Postrerón     | 25.7 ab    | 106.0 bc   | 9.0 ab     | 87.0 bc    | 586.0 c    | 35.5 bc    | 895.6 c    |
| Urea+NPK-Postrerón   | 29.3 ab    | 137.0 b    | 9.3 ab     | 106.0 b    | 743.0 b    | 38.0 b     | 864.6 c    |
| Urea+NPK-Planta baja | 26.3 ab    | 68.7 cd    | 9.7 ab     | 88.0 bc    | 639.0 bc   | 31.0 c     | 841.8 c    |
| Humus-Nutrader       | 15.0 c     | 42.7 d     | 8.0 bc     | 59.3 cd    | 359.5 cd   | 32.3 c     | 835.0 c    |
| Caupí-NB6            | 21.7 c     | 38.7 d     | 8.3 b      | 55.0 d     | 344.5 d    | 29.7 d     | 794.6 cd   |
| Humus-NB6            | 19.0 bc    | 35.7 d     | 7.7 c      | 58.0 cd    | 338.0 d    | 30.3 cd    | 767.7 cd   |
| Humus-Planta baja    | 19.7 bc    | 37.7 d     | 8.3 b      | 57.3 cd    | 363.5 cd   | 34.3 bc    | 747.5 cd   |
| Caupí-Planta baja    | 21.7 b     | 35.3 de    | 7.3 c      | 59.7 cd    | 334.0 d    | 34.0 bc    | 730.6 cd   |
| Caupí-NBS            | 21.3 b     | 35.0 de    | 7.7 c      | 56.0 cd    | 322.5 d    | 27.0 d     | 686.9 d    |
| Humus-NBS            | 21.0 bc    | 30.7 e     | 8.0 bc     | 52.3 d     | 315.8 d    | 34.0 bc    | 659.9 d    |
| Humus-NB9043         | 16.7 c     | 43.0 d     | 8.0 bc     | 58.3 cd    | 355.8 cd   | 34.0 bc    | 654.5 d    |

Fer=fertilización, Var= Variedad

Promedios con letras similares no difieren estadísticamente (Tukey,  $\alpha=0.05$ )