

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
PROGRAMA RECURSOS GENETICOS NICARAGÜENSES**



TRABAJO DE DIPLOMA

**EVALUACIÓN DE DIECISÉIS VARIEDADES DE MAÍZ (*Zea mays* L)
NORMAL Y DE ALTA CALIDAD DE PROTEÍNA EN CINCO AMBIENTES
DE NICARAGUA**

AUTOR:

Br. JILMAR JULIETA HERNÁNDEZ ORDÓÑEZ

Presentado a la consideración del
Honorable Tribunal Examinador como requisito
para optar al grado de Ingeniera Agrónoma Generalista

MANAGUA, NICARAGUA
ABRIL, 2006

DEDICATORIA

A Dios por guiarme por los senderos de la vida y ayudarme en la culminación de mis estudios universitarios.

A mis Padres, Lic. Juan Ramón Hernández y Felipa Ordóñez, por depositar en mí su confianza e inculcar en mi persona deseos de superación.

A mi Hijo, razón de ser de mi vida.

A mis Hermanos y Hermanas, con mucho cariño.

Br. JILMAR JULIETA HERNÁNDEZ ORDÓÑEZ

AGRADECIMIENTO

Al Ing. MSc. Alberto Espinoza, mi asesor de Tesis, por compartir conmigo sus amplios conocimientos y por su incondicional apoyo a lo largo de la realización del presente estudio.

Al Ing. MSc. Álvaro Benavides, mi asesor de tesis por parte de la Universidad Nacional Agraria, por apoyarme constantemente y por su esmerado asesoramiento.

Al Dr. Oscar Gómez, por su valiosa y desinteresada colaboración en el análisis e interpretación de los datos.

A Todas las personas que me instaron a seguir adelante y en general a todos los que hicieron posible la culminación de este trabajo.

Br. JILMAR JULIETA HERNÁNDEZ ORDÓÑEZ

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE GENERAL	<i>i</i>
ÍNDICE DE CUADROS	<i>iii</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>iv</i>
ÍNDICE DE ANEXOS	<i>v</i>
RESUMEN	<i>vi</i>
I. INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 Situación actual del cultivo	4
3.2 Variedades mejoradas	5
3.3 Factores bióticos y abióticos	5
3.4 Interacción Genotipo-Ambiente	5
3.5 Rendimiento y estabilidad	5
3.6 Modelo AMMI	6
3.7 Variedades de alta calidad de proteína	7
3.8 Trabajos realizados en los últimos años	8
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	9
4.1 Ubicación del área de estudio	9
4.2 Material genético empleado	11
4.3 Variables medidas	12
4.4 Manejo agronómico	14
4.4.1 Preparación del suelo	14
4.4.2 Siembra y tamaño de parcela	14
4.4.3 Fertilización	14
4.4.4 Control de malezas	14
4.4.5 Control de plagas	15
4.5 Diseño experimental	15
4.6 Análisis estadístico	15
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
5.1 Análisis de varianza por localidad	17

5.2	Análisis combinado y análisis AMMI	21
5.3	Análisis de Estabilidad	22
VI.	CONCLUSIONES	26
VII.	RECOMENDACIONES	27
VIII	LITERATURA CITADA	28
IX.	ANEXOS	31

INDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1.	Características edafoclimáticas de las cinco localidades donde se realizaron los ensayos de variedades mejoradas de maíz.	9
Cuadro 2.	Variedades mejoradas de maíz evaluadas en cinco ambientes de Nicaragua.	11
Cuadro 3.	Análisis de varianza por localidad para la variable rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$) de 16 variedades de maíz evaluadas en cinco ambientes de Nicaragua.	17
Cuadro 4.	Rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$) de 16 variedades de maíz evaluadas en cinco ambientes de Nicaragua.	18
Cuadro 5.	Análisis de Varianza Combinado y descomposición del efecto de interacción mediante el análisis AMMI.	21
Cuadro 6.	Puntuaciones AMMI para las Variedades y Localidades evaluadas en el ensayo de 16 Variedades Mejoradas en cinco ambientes de Nicaragua.	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

- Figura 1. Promedios de precipitación en las cinco localidades donde se realizaron los ensayos. INETER, 2004. 10
- Figura 2. Promedios de temperatura en las cinco localidades donde se realizaron los ensayos. INETER, 2004. 10
- Figura 3. Medias del rendimiento y puntuaciones del primer eje del 25 componente principal de 16 variedades de maíz evaluadas en cinco ambientes. 25

INDICE DE ANEXOS

Página

Cuadro 1A.	Características agronómicas de dieciséis variedades de maíz evaluadas en cinco ambientes de Nicaragua. Santa Rosa, Managua. Primera, 2004.	32
Cuadro 2A.	Características agronómicas de dieciséis variedades de maíz evaluadas en cinco ambientes de Nicaragua. Campos Azules, Masaya. Primera, 2004.	33
Cuadro 3A.	Características agronómicas de dieciséis variedades de maíz evaluadas en cinco ambientes de Nicaragua. Jucuapa, Matagalpa. Primera, 2004.	34
Cuadro 4A.	Características agronómicas de dieciséis variedades de maíz evaluadas en cinco ambientes de Nicaragua. Quilalí, Nueva Segovia. Primera, 2004.	35
Cuadro 5A.	Características agronómicas de dieciséis variedades de maíz evaluadas en cinco ambientes de Nicaragua. Melchorita, Río San Juan. Primera, 2004.	36
Cuadro 6A.	Rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$) de las mejores variedades evaluadas en cinco ambientes. 2004.	37

RESUMEN

Con el fin de identificar variedades de maíz que respondan consistentemente a las diferentes condiciones ambientales y con buen potencial de rendimiento se realizó el presente estudio en época de primera (Mayo-Junio) del 2004, donde se evaluaron 16 genotipos de alta calidad de proteína y normales en cinco localidades de Nicaragua. El diseño utilizado fue un Látice simple 4 x 4 con 3 réplicas, cada tratamiento estuvo formado por 2 hileras de 5 metros de longitud con separación de 0.25 y 0.80 metros entre plantas e hileras, respectivamente. La parcela útil estuvo formada por las dos hileras. Se realizó análisis de varianza para el rendimiento de grano por localidad y a través de las localidades; y se calculó la Diferencia Mínima Significativa ($\alpha=0.05$). La interacción genotipo x ambiente (G - A) se determinó a través del análisis Efectos Principales Aditivos e Interacciones Multiplicativas (AMMI). El modelo AMMI identificó las localidades de Santa Rosa, Jucuapa y Melchorita como ambientes desfavorables (con rendimientos de 2.40, 3.17 y 4.48 t ha⁻¹ y puntuaciones AMMI de 0.44, 1.07 y 0.11, respectivamente) y a Campos Azules y Quilalí (con rendimientos de 8.46 y 7.40 t ha⁻¹ y puntuaciones AMMI de -1.02 y -0.60, respectivamente) como ambientes favorables o productivos. Las variedades que menos interactuaron con el ambiente (-0.04, 0.03 y -0.10 valores AMMI, respectivamente) fueron ACROS0043, S00TLWQ-B, y S00SEQTLW. En general ninguna variedad estudiada superó significativamente al testigo TLAYOLLY (5.59 t ha⁻¹) en cuanto a rendimiento de grano, aunque algunas variedades fueron superiores al testigo NB-NUTRINTA (4.38 t ha⁻¹), pero con niveles de estabilidad inferior a ACROS0043, S00TLWQ-B, y S00SEQTLW.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) ocupa la tercera posición a nivel mundial entre los cereales más cultivados después del trigo y el arroz. Representa una importante fuente alimenticia para la población y es junto con el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) la dieta básica de muchas familias nicaragüenses.

En Nicaragua los rendimientos históricos del rubro maíz por unidad de superficie, corresponden a 1.5 t ha^{-1} , lo que se debe principalmente a que el cultivo se desarrolla en gran diversidad de ambientes y es afectado por factores bióticos y abióticos que han demostrado en la mayoría de los casos ser la causa de los bajos rendimientos (Ortega, 2001); sin embargo, según MAG-FOR; (citado por Urbina y Bird, 2002), se observa a través del tiempo una mayor producción, debido esencialmente al aumento de las áreas sembradas y no precisamente a incrementos en la productividad.

A pesar del alto consumo per cápita de este rubro (74 kg por año), el grano por lo general es de baja calidad de proteína (Fuentes, 2000) debido a que la proteína principal del grano (zeína) es deficiente en lisina y triptófano (Gardner, 1998). Por tanto es de gran interés introducir y adaptar a nuestras condiciones cultivares de maíz de alta calidad de proteína (206 mg/g N de lisina y 94 mg/g N de triptófano) cuya utilización vendrá a mejorar la nutrición de las familias nicaragüenses que no consumen proteína de origen animal por su alto costo (Fuentes, 2000) y a favorecer a los pequeños productores en cuyas manos se encuentra el 75 % de la explotación porcina y avícola, donde prevalecen animales criollos que no reciben una adecuada alimentación (INTA, 2000).

Según Ortega *et al.* (2004) el 70 % de la población nicaragüense habitan en zonas rurales donde las condiciones edafoclimáticas son limitantes, debido a esta situación los agricultores demandan cultivares que respondan consistentemente a la mayoría de condiciones ambientales, surgiendo así la necesidad de desarrollar materiales que interaccionen positivamente con los ambientes.

En búsqueda de una respuesta a esta problemática, el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) en coordinación con el Programa Nacional de Maíz, evaluó 16 variedades mejoradas de maíz en diferentes ambientes de Nicaragua, con la finalidad de seleccionar cultivares que presenten mejor rendimiento, características agronómicas deseables y buena adaptabilidad en dichos ambientes.

II. OBJETIVOS

General:

Contribuir al incremento de la productividad del rubro maíz a través de la evaluación de dieciséis variedades mejoradas de maíz en cinco ambientes.

Específicos:

Estudiar la interacción genotipo-ambiente de la variable rendimiento de grano de dieciséis variedades de maíz evaluadas en cinco localidades de Nicaragua.

Identificar variedades mejoradas con alto rendimiento de grano y estables a través de los ambientes de prueba.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Situación actual del cultivo

La producción de maíz se encuentra en manos de medianos y pequeños productores, quienes brindan al cultivo un manejo tecnológico en su mayor parte tradicional (Palma, 2000).

El 60 % de los agricultores que cultivan maíz habitan en zonas rurales donde las condiciones edafoclimáticas son limitantes y las familias productoras siembran variedades criollas y acriolladas cuyos rendimientos de aproximadamente 1 t ha⁻¹ son considerablemente bajos (Ortega *et al.*, 2004). Por esta razón es de suma importancia que los productores usen semillas mejoradas que incrementen sus rendimientos y mejoren su nivel de vida.

3.2 Variedades Mejoradas

Las variedades mejoradas son aquellas que poco a poco se han venido seleccionando y se han adaptado debidamente a las condiciones de la zona (Somarriba 1997).

El INTA (2000) reporta que las variedades mejoradas son muy aceptadas por los productores debido a diferentes factores (bajo costo de la semilla para la siembra, mayor rendimiento de grano que las variedades criollas, tolerancia a enfermedades, adaptabilidad a los sistemas de producción en fincas, posibilidad de usar la semilla por más de un ciclo, entre otros), por tanto es justificable el hecho de que el 30 % de las áreas sembradas con maíz se realicen con este tipo de cultivares.

3.3 Factores que afectan la producción del rubro maíz

Entre los principales factores que afectan la producción de maíz se destacan el achaparramiento, pudrición de mazorca, precipitaciones escasas e irregulares, uso de variedades criollas, manejo agronómico deficiente y falta de crédito (Ortega, 2001). Por otro lado, Brizuela (1997) señala que la sequía es el factor abiótico adverso que más limita la productividad del cultivo de maíz en ambientes marginales del área de Centro América y el Caribe. Lo antes expuesto amerita la búsqueda de variedades que se comporten adecuadamente en zonas sujetas a estas limitantes.

3.4 Interacción Genotipo-Ambiente

Márquez (1976) menciona que la interacción genotipo-ambiente es el comportamiento relativo diferencial que exhiben los genotipos cuando se les somete a diferentes medios ambientes. Del mismo modo Vallejo y Estrada (2002) señalan que la interacción entre el genotipo y el ambiente es el comportamiento diferenciado de las variedades en los distintos ambientes en que se evalúan. Esta interacción es un fenómeno de gran importancia ya que permite conocer el comportamiento de los cultivares en diferentes ambientes de evaluación, así como la estabilidad y consistencia de dichos genotipos (Espinoza *et al.*, 1999).

3.5 Rendimiento y Estabilidad

La existencia de fuertes variaciones ambientales durante el año agrícola, le dificultan al investigador, dar recomendaciones sobre las variedades mejoradas, según los resultados obtenidos en un solo ambiente; por lo anterior se requiere medir la estabilidad y adaptabilidad de estos genotipos bajo una amplia gama de condiciones ecológicas.

Según Vallejo y Estrada (2002) los términos estabilidad y adaptabilidad son usados como sinónimos o asociados a conceptos diferentes y se refieren a la estabilidad

como el comportamiento uniforme y predecible de un genotipo a través del tiempo (semestres o años); y a la adaptabilidad como el comportamiento uniforme y predecible de un determinado genotipo a través de distintas localidades. Por tanto se dice que una variedad estable es aquella que responde exactamente a los cambios ambientales (Quemé, 1996), lo que se conoce como estabilidad agronómica.

Calderón *et al.* (1992) expresa que las variedades sintéticas son más adaptables a las condiciones del medio ambiente en zonas marginales que los híbridos debido a su mayor variabilidad, por lo que pueden tener mayor adaptabilidad en áreas de precipitaciones y suelos de gran variabilidad.

3.6 Modelo AMMI

El modelo AMMI (Efectos Principales Aditivos e Interacciones Multiplicativas) es el modelo a escoger cuando existen datos de experimentos que muestran significancia en los efectos principales y sus interacciones. AMMI integra algunos modelos estadísticos comúnmente aplicados a series de ensayos, esta integración incluye el análisis de varianza (ANOVA) cuyo modelo es aditivo, el análisis de componentes principales (PCA), cuyo modelo es multiplicativo y el modelo de regresión lineal de Finlay–Wilkinson (Córdova, 1991). Este mismo autor, señala que el modelo AMMI ha demostrado eficiencia por las razones siguientes: (1) Es más fácil el entendimiento de la interacción genotipo ambiente al utilizar las puntuaciones (PCA) presentadas gráficamente. (2) Permite mayor precisión en la predicción de estimaciones del rendimiento al descartar un residual con mucho ruido. (3) La mayor precisión se traduce en nuevas opciones para crear diseños experimentales con menos repeticiones y mayor número de tratamientos. (4) La mayor precisión mejora el éxito en seleccionar el material realmente superior. (5) El residual del AMMI puede revelar heterogeneidad en los experimentos de campo. (6) El mejor entendimiento de las interacciones y la mayor precisión en las estimaciones del rendimiento hacen posible las recomendaciones de variedades más confiables y mayor progreso en el programa de mejoramiento.

3.7 Variedades de alta calidad de proteína

Dentro de los granos básicos el maíz ocupa el segundo lugar en contenido de proteína con 10 %, solamente superado por el frijol que cuenta con un contenido de proteína de 25%, pero la cantidad per cápita consumida de maíz (74 kg/año) es 4.5 veces más que la del frijol, por lo tanto se ingiere mas proteína de maíz que de frijol por la cantidad per cápita consumida anualmente (INTA, 1995). Desafortunadamente las principales proteínas de almacenamiento de las semillas de los cereales, denominadas prolaminas (zeínas en el maíz) carecen prácticamente del aminoácido lisina (Gardner, 1998).

En estudios realizados a inicios de siglo se encontró que el grano de maíz es deficiente de triptófano y lisina, aminoácidos esenciales para el crecimiento y desarrollo del hombre, así como la isoleucina un aminoácido menor y presenta cantidades excesivas de leucina que reduce la calidad de la proteína (Somarriba, 1997).

A través del descubrimiento del gen opaco-2 y su incorporación al germoplasma del maíz por medio del mejoramiento genético de plantas es factible mejorar la calidad de la proteína hasta en un 90% en relación a la que posee la leche (Fuentes,2000).

Las variedades sintéticas de maíz de alta calidad de proteína, ofrecen una buena alternativa para aliviar el hambre y desnutrición para agricultores que siembran maíz en áreas marginales (Espinoza *et al.* ,2004).

3.8 Trabajos realizados en los últimos años

Estudios realizados en ambientes favorables promedios y desfavorables en parcelas demostrativas en épocas de primera y postrera 2001, revelaron que NB-NUTRINTA produjo 1.82 t ha^{-1} en ambientes favorables, 1.02 t ha^{-1} en ambientes desfavorables y 1.44 t ha^{-1} en ambientes promedios, considerando su capacidad productiva de media a alta (López, 2003). Experimentos posteriores realizados por este mismo autor en época de postrerón del año 2003 en la comunidad de Cinco cruces departamento de Chinandega, demostraron que las variedades TLAYOLLY, NB-S, Perlita, Obatampa Africano y Nutrinta amarillo con 4.88, 4.85, 4.55, 4.53 y 4.48 t ha^{-1} respectivamente superaron significativamente a los testigos NB-6, NB-NUTRINTA, HQ-INTA 993 y NB-9043.

En estudios similares realizados en 48 localidades, Ortega *et al.* (2004) encontraron que la variedad TLAYOLLY presentó rendimiento promedio de 3.48 t ha^{-1} , superando en 9.8 % a NB-6 (3.17 t ha^{-1}), lo que indica que esta variedad se adapta a factores adversos y por tanto constituye una opción para las familias productoras que habitan en condiciones marginales.

Espinoza *et al.* (2004) evaluaron doce variedades sintéticas de maíz de grano blanco, con alta calidad de proteína y dos testigos de referencia en 10 localidades de Latinoamérica, Asia y África. La interacción genotipo x ambiente fue mínima, lo que indica la estabilidad de algunos genotipos tales como S2000TWWQ-B que mostró buena estabilidad de rendimiento bajo condiciones de estrés como sequía; en México, achaparramiento en Nicaragua y pudrición de mazorca en Zimbabwe, Campeche y Nicaragua. Los nuevos cultivares sintéticos de alta calidad proteica superaron a los testigos normales y QPM en calidad y rendimiento, siendo esta última característica, favorable para las áreas donde el maíz constituye parte de la ingesta diaria.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del área de estudio

El presente estudio se realizó durante la época de primera (mayo-junio) del 2004 en cinco localidades de Nicaragua. En el Cuadro 1 se resumen las características edafoclimáticas y ubicación geográfica de las localidades donde se establecieron los ensayos de evaluación y en las figuras 1 y 2 se muestran los promedios mensuales de precipitación y temperatura en cada una de las localidades evaluadas durante el año 2004.

Cuadro 1. Características edafoclimáticas de las cinco localidades donde se realizaron los ensayos de variedades mejoradas de maíz.

Localidad	Depart.	Textura del suelo	pH	Precipitación (mm/año)	Altitud (msnm)	Temperatura (° C)	Latitud Norte	Longitud Oeste
Quilalí	Nueva Segovia	Franco arenoso	6.4	576 a 1127	680	23 a 27	13°41'	86°09'
Jucuapa	Matagalpa	Franco arenoso	6.3	1310 a 1678	900	23 a 27	12°50'	85°58'
S. Rosa	Managua	Franco arcilloso	6.8	819 a 1230	54	26 a 30	12°67'	86°11'
C. Azules	Masaya	Franco arcilloso	6.2	1326 a 2149	470	23 a 26	11°55'	86°08'
Melchorita	Río San Juan.	Arcilloso	5.6	879 a 2424	40	24 a 27	11°07'	84°46'

Fuente ? INETER, 2004

mm/año: milímetros por año; msnm: metros sobre el nivel del mar; S. Rosa: Santa Rosa; C. Azules: Campos azules; Depart: Departamento.

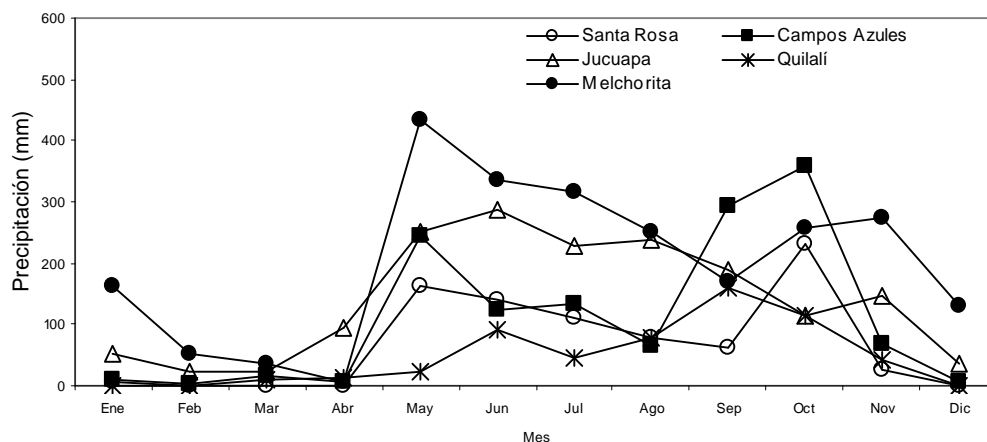


Figura 1. Promedio de precipitación en las cinco localidades donde se realizaron los ensayos de variedades mejoradas de maíz. INETER, 2004.

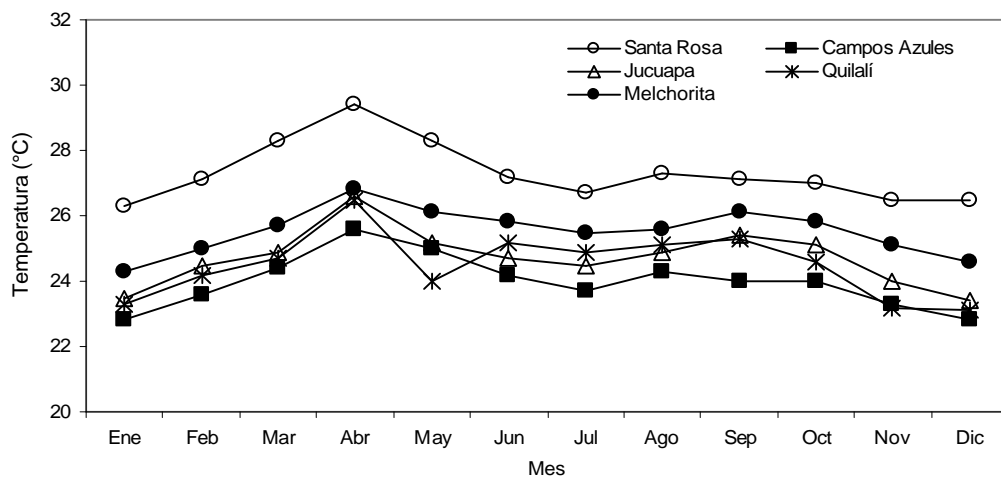


Figura 2. Promedio de Temperatura en las cinco localidades donde se realizaron los ensayos de variedades mejoradas de maíz. INETER, 2004.

4.2 Material Genético Empleado

El material genético evaluado consistió en dieciséis variedades mejoradas de maíz; nueve de las cuales son de alta calidad de proteína. Catorce de estas variedades provienen del CIMMYT y dos son nacionales. En el cuadro 2, se presentan las variedades utilizadas.

Cuadro 2. Variedades mejoradas de maíz evaluadas en cinco ambientes de Nicaragua.

Código	Variedades	Origen
V1	S200TLWQ-A1	TL01B-6506
V2	S00TLWQ-B	AF03B-5299-1
V3	S99TLWQHGH"AB"	AF03B-5299-2
V4	S03TLWQ-AB01	AFO3A268-1-24
V5	S03TLWQ-AB02	AFO3A269-1-25
V6	S03TLWQ-AB04	AFO3B5268-1-32
V7	S00SEQTLW MÉXICO	AF02B-5083
V8	S97TLWGH "A Y B" (2)	AF03B-5440-22
V9	S99TLWBNSEQ (1) RE	TL00A-1427
V10	ACROS0043	AF02B-5050
V11	S00TLW-FAW	AF03B-5031
V12	S00TLW-SCB	AF03B-5032
V13	S03TLW-SCB	AF03B-5038
V14	S03TLW-MR/STRESS	AF03B-5043
V15	TLAYOLLI (T ₁)	INTA-Nicaragua.
V16	NB-NUTRINTA (T ₂)	INTA-Nicaragua

V: Código de identificación de las variedades.

T₁ = Testigo (TLAYOLLI); T₂ = Testigo (NB-NUTRINTA)

4.3 Variables medidas

Para la evaluación de las variedades mejoradas de maíz, se tomaron en cuenta las siguientes variables:

Días a floración femenina y masculina (DFF y DFM): Medida en días desde la siembra hasta que el 50 % de las panojas liberaron polen y el 50 % de las plantas presentaron estigmas receptivos.

Altura de planta (AIPi): Medida en centímetros desde la base del tallo hasta el inicio de la hoja bandera. Esta variable fue registrada 30 días después de la anthesis en tres plantas de la parcela útil.

Altura de mazorca (AIMz): Medida en centímetro desde la base de la planta hasta el nudo que sostiene la mazorca principal. Esta variable se registró 30 días después de la anthesis y se tomó un total de 3 plantas como promedio por parcela útil.

Acame de raíz y tallo (AcRa y AcTa): Se registró acame de tallo en plantas cuyos tallos presentaron 30° de inclinación o más a partir de la perpendicular debajo de la mazorca y acame de raíz cuando las plantas presentaron 30° de inclinación o más a partir de la perpendicular en la base de la planta, donde inicia la zona radicular.

Enfermedades: Se determinó el número total de plantas con síntomas de achaparramiento por parcela útil.

Plantas cosechadas (PICo): Se consideró como el total de plantas por parcela útil antes de la cosecha.

Mazorcas cosechadas (MzCo): Se contabilizó el número total de mazorcas por parcela útil después de la cosecha.

Peso de campo (Peca): Se calculó el peso total de mazorcas de la parcela útil y se expresó en kilogramo por parcela útil.

Humedad de grano (%): Para determinar esta variable, se tomaron de 5 a 10 mazorcas por parcela útil. Cada una de ellas se desgranó eliminando el grano de ambos extremos. La parte central de las mazorcas se empleó para conocer la humedad del grano utilizando un probador portátil de humedad marca Dickey-John.

Rendimiento por hectárea (kg ha⁻¹): Se determinó en base al rendimiento obtenido por parcela útil y ajustado al 15 % de humedad, haciendo uso de la siguiente expresión:

$$\text{kg ha}^{-1} = (\text{PeCa} \times \text{Kd}) \times (100 - \text{HC}) / 85 \times (10,000/\text{AU})$$

Donde:

PeCa = Peso de campo de las mazorcas cosechadas por parcela útil en kg ha⁻¹.

Kd = Constante de desgrane para ajustar el rendimiento en grano, igual a 0.8

AU = Área de parcela útil.

HC = Humedad de campo o de cosecha.

85 = Factor para ajustar el grano al 15 % de humedad.

4.4 Manejo Agronómico

4.4.1 Preparación del suelo

La preparación del suelo se realizó siguiendo las técnicas usadas para la siembra convencional de maíz. Esta consistió en una chapoda 15 días antes del pase de arado y un pase de arado con tractor, seguida de un pase de grada 5 días antes de la siembra para nivelar el terreno y conformar los surcos.

4.4.2 Siembra y tamaño de parcela

La siembra se realizó de forma manual, depositando 2 semillas por golpe y 15 días después se realizó un raleo dejando 1 planta útil por golpe. Cada tratamiento estuvo formado por 2 hileras de 5 m de longitud espaciados a 0.25 y 0.80 m entre plantas e hileras respectivamente.

4.4.3 Fertilización

La fertilización se realizó adicionando directamente al suelo la fórmula completa (12-30-10) al momento de la siembra, el que se mezcló con Terbuphos 10% G, para proteger las semillas de las plagas del suelo, a razón de 129 kg ha⁻¹ y 6.5 kg ha⁻¹, respectivamente. Quince días después de la siembra se realizó una fertilización nitrogenada a base de Urea 46% a razón de 60 kg ha⁻¹, con el objetivo de favorecer el crecimiento, desarrollo de la planta y llenado de grano.

4.4.4 Control de malezas

El control de malezas se realizó de forma manual, 15 y 45 días después de la siembra utilizando azadón y machete, con la finalidad de mantener el área experimental razonablemente libre de hospederos durante los primeros días del ciclo vegetativo del cultivo.

4.4.5 Control de plagas

El control de plagas de follaje, se realizó 30 a 40 días después de la germinación, específicamente para gusano cogollero [*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)] preparando 45 kg. de arena colada más 0.3 L de Lorsban 4.8% EC, lo que se aplicó directamente sobre el cogollo. Esta actividad se realizó principalmente debido a que las plagas de follaje disminuyen la capacidad fotosintética de las plantas, retardan su crecimiento y desarrollo y finalmente reducen las cosechas. Esta plaga puede bajar la producción del maíz hasta en un 60%.

4.5 Diseño Experimental

Para la evaluación de las variedades mejoradas de maíz, se utilizó un diseño en Látice simple 4 x 4 con 3 repeticiones. La parcela útil estuvo constituida por 2 surcos de 5 m de longitud, los cuales conformaron cada unidad experimental.

4.6 Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza para el rendimiento de grano por localidad y a través de las localidades. Las variables se analizaron en versión SAS 8.2 PROC MIXED. El modelo estadístico utilizado fue:

$$\gamma_{ijk} = \mu + \beta_{ij} + \tau_k + \rho_i + \varepsilon_{ijk}$$

donde:

- i = 1,2,..... r número de repeticiones
- j = 1,2,..... b número de bloques
- k = 1,2,.....t número de tratamientos

γ_{ijk} : Efecto del k-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque dentro de la i-ésima repetición

- μ : Media general del carácter.
- β_{ij} : Efecto del bloque incompleto
- τ_k : Efecto del k-ésimo tratamiento
- γ_i : Efecto de la i-ésima repetición
- e_{ijk} : Efecto del error en la unidad experimental

Se calculó la Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5 % de probabilidad para la variable rendimiento. La estimación de la interacción genotipo-ambiente se realizó a través del análisis de efectos principales Aditivos e Interacciones Multiplicativas (AMMI) utilizando el modelo descrito por Crossa *et al*, (1988).

El modelo propuesto es el siguiente:

$$\gamma_{ge} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum_{n=1}^N \lambda_n \gamma_{gn} \delta_{en} + \rho_{ge}$$

- γ_{ge} : Es el rendimiento promedio de un genotipo g en el ambiente e.
- μ : Es la media general.
- α_g : Son las desviaciones de las medias, de los genotipos
- β_e : Desviaciones de las medias, de Ambientes.
- N : Es el número PCA retenidos en el modelo.
- λ_n : Es el valor singular para el PCA.
- δ_{en} : Son los valores de los vectores para cada ambiente (PCA)
- ρ_{ge} : Es el residual

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis de varianza por Localidad

El análisis de varianza por localidad (Cuadro 3) se realizó con la finalidad de conocer el comportamiento de todos los genotipos dentro de cada uno de los ambientes.

No se apreciaron diferencias significativas entre tratamientos en las localidades de Melchorita y Jucuapa, mientras en Santa Rosa, Quilalí y Campos Azules sí se observó significancia.

El coeficiente de variación más alto, lo presentó Santa Rosa con 19 %, las demás localidades evaluadas cuyos coeficientes de variación fueron de 17 (Jucuapa), 15 (Melchorita), 10 (Campos Azules) y 9 (Quilalí), respectivamente, reflejaron en general un buen manejo experimental y gran confiabilidad en los datos obtenidos.

Cuadro 3. Análisis de varianza por localidad de la variable rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$) de 16 variedades mejoradas de maíz en cinco ambientes de Nicaragua.

Fuente de Variación	Cuadrados Medios				
	S. Rosa	C. Azules	Jucuapa	Quilalí	Melchorita
Repetición	0.48	1.86	2.58	0.12	0.09
Bloque ajustado por tratamiento	0.50	0.56	0.15	1.08	0.92
Error Intrabloque	0.19	1.00	0.34	0.46	0.50
Tratamiento ajustado	0.48 *	2.92 *	0.44 ^{N.S}	1.83 *	0.78 ^{NS}
Error de Bloques azarizados	0.29	0.86	0.29	0.65	0.63
Error por efecto de parcela	0.23	0.86	0.29	0.54	0.57
C. V (%)	19	10.0	17.0	9	15
Medias de rendimiento	2.57	9.47	3.20	8.28	5.00
Pr>F	0.030	0.002	0.156	0.002	0.171

^{N.S} = No significativo

* = Significativo al 5 %

Cuadro 4. Rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$) de 16 variedades de maíz en cinco ambientes de Nicaragua.

ID	Genotipos	Rendimiento ($t\ ha^{-1}$)				
		S. Rosa	C. Azules	Jucuapa.	Quilalí.	Melchorita
1	S200TLWQ-A1	2.67	9.03	2.53	8.37	5.18
2	S00TLWQ-B	2.96	8.98	2.70	8.64	4.76
3	S99TLWQH"AB"	2.13	8.40	3.03	7.49	4.61
4	S03TLWQ-AB01	2.11	10.23	3.25	8.34	5.82
5	S03TLWQ-AB02	3.22	10.20	2.93	8.72	5.06
6	S03TLWQ-AB04	2.59	10.60	3.13	9.71	5.16
7	S00SEQTLW	2.58	9.93	3.30	8.70	5.06
8	S97TLWGH "A Y B" (2)	2.81	10.35	3.32	8.65	5.62
9	S99TLWBNSEQ (1) RE	3.05	9.73	3.58	7.76	4.99
10	ACROS0043	2.29	9.20	3.03	8.56	5.37
11	S00TLW-FAW	1.64	8.68	3.37	7.09	5.34
12	S00TLW-SCB	2.32	8.97	3.17	6.81	3.89
13	S03TLW-SCB	2.99	9.97	3.35	9.42	5.09
14	S03TLW-MR/STRESS	2.37	10.03	2.83	8.68	5.35
15	TLAYOLLI (T1)	3.03	10.40	4.20	8.17	4.73
16	NB-NUTRINTA (T2)	2.39	6.78	3.40	7.33	3.93
Rendimiento promedio		2.57	9.47	3.20	8.28	5.00
DMS (5%)		0.83	1.55	0.90	1.26	1.29
%CV		19	10.0	17.0	9.0	15.0
Pr>F		0.030	0.002	0.156	0.002	0.171

El Cuadro 4. Presenta el rendimiento promedio expresado por las variedades en cada localidad de prueba.

Córdova (1991) expresa que la variabilidad ambiental se presenta de un ciclo a otro, así como entre localidades en una misma época o año y que las diferencias entre ambientes pueden cambiar con frecuencia la magnitud del comportamiento de un genotipo a través de diferentes localidades de prueba, lo que coincide con los resultados de este estudio, donde los rendimientos promedios en las localidades evaluadas variaron entre 2.57 y $9.47\ t\ ha^{-1}$ para Santa Rosa y Campos Azules,

respectivamente, mientras las demás localidades presentaron rendimientos intermedios (3.20, 5.00 y 8.28 t ha⁻¹) . Para facilitar el entendimiento del comportamiento de las variedades evaluadas en diferentes ambientes, se presentan los resultados por cada localidad de prueba.

Localidad Santa Rosa (Managua)

Los rendimientos obtenidos en esta localidad fueron los más bajos de todo el ensayo (2.57 t ha⁻¹), lo que se debió a los efectos ambientales tales como alta incidencia de achaparramiento, plagas de follaje y pudrición de mazorca, lo que afectó significativamente la expresión del rendimiento (Cuadro 1A).

La variedad que presentó el mayor rendimiento de grano, fue la variedad S03TLWQ-AB02 con 3.22 t ha⁻¹, sin embargo no superó significativamente a los testigos utilizados. Esta localidad se ha caracterizado como un ambiente favorable para la selección de cultivares, debido a los diferentes factores que interaccionan con los genotipos.

Localidad Campos Azules (Masaya) y Quilalí (Nueva Segovia)

En estos ambientes se presentó diferencias significativas entre los cultivares, y fueron las localidades que presentaron los rendimientos más altos (9.47 y 8.28 t ha⁻¹, respectivamente) de todo el ensayo. Las precipitaciones previas a la floración y llenado de grano, así como las temperaturas adecuadas (Figura 1 y 2) contribuyeron en gran manera a obtener buenos rendimientos.

La variedad que expresó el mayor potencial de rendimiento en ambas localidades (Campos Azules y Quilalí) fue la variedad S03TLWQ-AB04, con rendimientos de 10.60 y 9.71 t ha⁻¹, respectivamente; sin embargo solamente en Quilalí, superó significativamente a los testigos.

Localidad Jucuapa (Matagalpa)

Los resultados en este ambiente al igual que en Santa Rosa fueron uno de los más bajos, lo que puede asociarse a las continuas variaciones en cuanto a precipitaciones y temperatura a lo largo del ciclo del cultivo (Figuras 1 y 2), que contribuyeron a una mayor incidencia de pudrición de mazorca (Cuadro 3A) que afectó la expresión final del rendimiento.

La variedad que obtuvo el mayor rendimiento, fue la variedad S99TLWBNSEQ RE con 3.58 t ha^{-1} , la que no superó significativamente a los testigos utilizados.

Localidad Melchorita (Río San Juan)

Los rendimientos obtenidos en esta localidad se encuentran en la escala intermedia de los ensayos. Las precipitaciones y temperaturas presentadas a lo largo del ciclo del cultivo (Figuras 1 y 2), indican que ambos factores tuvieron efecto significativo en la expresión final del rendimiento en este ambiente.

El rendimiento más alto (5.82 t ha^{-1}) sin superar al mejor testigo, lo presentó la variedad S03TLWQ-AB01, sin embargo al igual que esta variedad, las variedades V8, V10, V11 y 14 superaron únicamente al testigo NB-NUTRINTA.

La respuesta diferencial presentada por las variedades en cada localidad de prueba puede atribuirse a la variabilidad ambiental influenciada por factores bióticos y abióticos (Espinoza *et al.*, 2002) y al hecho de que cada individuo interactúa de forma diferente con el ambiente (Marini *et al.*, 1993); por lo tanto es razonable observar (Cuadro 4) las divergentes posiciones jerárquicas presentadas por los materiales evaluados.

5.2 Análisis combinado y Análisis AMMI

El resultado del análisis combinado reflejó una interacción Genotipo-Ambiente significativa, lo que indica que las variedades estuvieron influenciadas de diferente manera por el efecto ambiental., lo cual se ve reflejado en los rendimientos de los genotipos evaluados (Cuadro 4) y en la alta significancia de las fuentes de variación (Cuadro 5).

En el análisis AMMI realizado a través de las cinco localidades (Cuadro 5), el Componente Principal PCA-1 explicó el 48.9 % de la Suma de los Cuadrados de la Interacción Genotipo-Ambiente, con el 30 % de los grados de Libertad, este es el componente que más explica la interacción genético-ambiental, la cual constituye un problema universal (Kang, 1998) y biológico de gran interés para agrónomos y mejoradores cuando se trata de identificar variedades estables a través del tiempo y del espacio y con buenos rendimientos (Lin y Binns, 1994).

Cuadro 5. Análisis de Varianza Combinado y descomposición del efecto de interacción mediante el análisis AMMI.

Fuente de Variación	GL	SC	CM
Ambiente	4	1341.86	335.46 * *
Genotipos	15	34.10	2.27 * *
Genotipo- Ambiente	60	46.55	0.73 *
PCA-1	18	22.77	1.26 *
PCA-2	16	12.53	0.78 *
Residuo	26	11.25	0.28 ^{N.S}
Error	105	74.99	0.39

^{N.S} = No significativo

* = Significativo al 5 %

** = Altamente significativo al 1 %

5.3 Análisis de estabilidad

El análisis de estabilidad se efectúa entre materiales de diferente constitución genética para determinar el comportamiento de los genotipos en distintos ambientes, no sólo con el propósito de identificar la o las variedades de más alto rendimiento sino también de considerar características agronómicas de interés para los agricultores, lo que coincide con lo expuesto por Quemé y Fuentes (1992), quienes sostienen que el análisis de estabilidad es un buen instrumento en la identificación de germoplasma de gran potencial.

En la Figura 3, se puede apreciar que tanto las variedades como las localidades presentan diferente grado de interacción en función del rendimiento. Las variedades de maíz que presentaron mejor estabilidad a través de los diferentes ambientes con valores cercanos a cero fueron: ACROS0043, S00TLWQ-B, y S00SEQTLW, sin embargo sus rendimientos no superaron significativamente al mejor testigo (Tlayolly) ni al promedio global de las variedades. Las variedades S00TLWQ-B y S00SEQTLW son de alta calidad de proteína, siendo esta característica favorable para las áreas donde el maíz constituye parte de la ingesta diaria.

Ceretta *et al.* (1998) señala que un cultivar cuando es evaluado en distintas condiciones ambientales puede presentar dos tipos de adaptación, general o específica. Un cultivar tiene adaptación general cuando muestra tener mejor comportamiento relativo en la mayoría de los ambientes en los que es evaluado, por el contrario un cultivar presenta adaptación específica cuando muestra tener mejor comportamiento relativo en un determinado ambiente en donde fue evaluado lo que concuerda con el presente estudio, donde las variedades S03TLW-SCB, y S03TLWQ-AB04, con rendimiento de 5 t ha⁻¹ o más, fueron clasificados por AMMI como genotipos con adaptación específica para ambientes favorables o de alta producción.

Las localidades de Melchorita y Santa Rosa, que presentaron bajos valores para PCA-1 (Cuadro 6), sugiere que estos ambientes contribuyeron menos a la interacción, lo que se refleja en función de los menores valores AMMI (cerca de cero) obtenidos en la evaluación. Lo contrario puede decirse de las localidades de Campos Azules y Quilalí, con los mayores valores para PCA-1. Dichas localidades presentaron un mayor potencial de producción principalmente debido a una adecuada distribución de las precipitaciones y pocas variaciones en la temperatura.

Cuadro 6. Puntuaciones AMMI para las Variedades y Localidades evaluadas en el ensayo de 16 Variedades mejoradas de Maíz en cinco ambientes de Nicaragua.

Código	Rend (t ha ⁻¹)	Puntuaciones AMMI	Loc.	Ambientes	Rend (t ha ⁻¹)	Puntuaciones AMMI
V1	5.10	-0.26	1	Santa Rosa	2.40	0.44
V10	5.10	-0.04	2	C. Azules	8.46	-1.02
V11	4.70	0.52	3	Jucuapa	3.17	1.07
V12	4.66	0.27	4	Quilalí	7.40	-0.60
V13	5.63	-0.41	5	Melchorita	4.48	0.11
V14	5.25	-0.40				
V15	5.59	0.17				
V16	4.38	1.10				
V2	5.05	0.03				
V3	4.73	0.29				
V4	5.41	-0.20				
V5	5.45	-0.33				
V6	5.63	-0.68				
V7	5.40	-0.10				
V8	5.53	-0.17				
V9	5.29	0.21				

Loc: Número de localidades.

La localidad de Jucuapa que presentó el mayor valor AMMI (1.07) de todo el ensayo, a pesar de haber contribuido con la interacción presentó bajos rendimientos, lo que pudo estar influenciado en gran manera por las variaciones en cuanto a precipitaciones y temperaturas (Figuras 1 y 2) presentadas a lo largo del ciclo del cultivo, que contribuyeron a que dicha localidad presentara el mayor porcentaje de pudrición de mazorca de todo el estudio.

Debido al comportamiento diferenciado de los tratamientos en las Localidades de Campos Azules y Quilalí, es recomendable identificar aquellos mejores genotipos en cada una de ellas y explotar la adaptación específica de las variedades a dichos ambientes.

En la Figura 3 se aprecia, que la variedad NB-NUTRINTA se adapta satisfactoriamente a la localidad de Jucuapa y la S03TLWQ-AB04 a Campos Azules y Quilalí, mientras la variedad nacional TLAYOLLI usada como testigo, continúa manteniendo su alto potencial de rendimiento y buena estabilidad, características importantes que lo aproximan al cultivar deseable. Esto sugiere que dicho material puede producir adecuadamente tanto en ambientes favorables como desfavorables y puede ser una opción en ambientes más y menos favorecidos.

Cabe mencionar que algunas variedades como la variedad S03TLWQ-AB04, y variedad S03TLW-SCB interactuaron más cercanamente con las localidades donde se manejó más eficientemente el cultivo y mostraron cierta estabilidad agronómica a medida que los ambientes mejoraban. La variedad V6 es de alta calidad de proteína y puede ser una opción para aliviar el hambre y la desnutrición de muchas familias nicaragüenses. La distribución de las localidades y materiales reflejada en la gráfica 3, demuestra que los materiales evaluados poseen características similares, razón por la cual se distribuyen en su mayoría de forma conjunta (al centro de la gráfica) mientras que las localidades se distribuyeron de forma dispersa demostrando así que la interacción estuvo influenciada mayoritariamente por la fuente de variación ambiente.

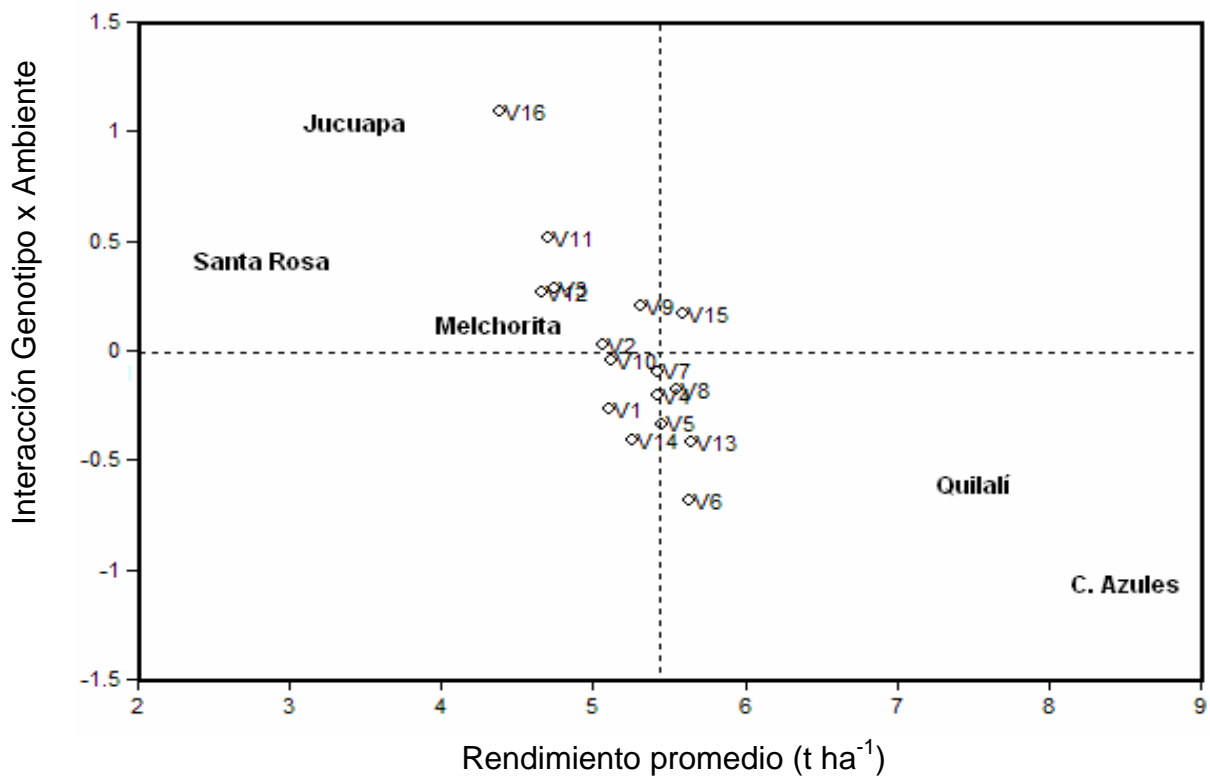


Figura 3. Medias del rendimiento y puntuaciones del primer eje del componente principal de 16 variedades de maíz evaluadas en cinco ambientes.

VI. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación, se exponen las siguientes conclusiones:

Las variedades evaluadas no superaron significativamente al mejor testigo (TLAYOLLI) en cuanto a rendimiento de grano.

Las variedades mejoradas de alta calidad de proteína que sobresalieron por su buen rendimiento de grano fueron S03TLWQ-AB04 (5.63 t ha⁻¹), S03TLWQ-AB04 (5.45 t ha⁻¹) S03TLWQ-AB01 (5.41 t ha⁻¹) y S03TLWQ-AB01 (5.40 t ha⁻¹), las que superaron en 26, 24 y 23 % a NB-NUTRINTA (4.38 t ha⁻¹).

La interacción Genotipo-Ambiente en este estudio fue significativa, lo que indica que las variedades estuvieron influenciadas de diferente manera por el ambiente.

La variedad nacional TLAYOLLI mostró consistencia en cuanto al rendimiento en ambientes favorables y desfavorables, mientras que las variedades V6 y V13 expresaron su mayor potencial en ambientes favorables y la variedad V16 en ambientes desfavorables, dichas variedades presentaron adaptación específica.

VII. RECOMENDACIONES

Considerando la importancia del estudio realizado, cuyo efecto tiene aplicación práctica se establecen las siguientes recomendaciones.

Incrementar semilla de las variedades S03TLWQ-AB04 y S03TLW-SCB para establecer parcelas de validación en fincas de agricultores.

Seguir utilizando la variedad TLAYOLLY, mientras surge un cultivar que la supere.

Aprovechar la interacción G - A para recomendar la mejor o mejores variedades en rendimiento y/o adaptación específica por localidad.

Realizar este estudio en otras localidades a fin de concretizar los resultados obtenidos.

VIII. LITERATURA CITADA.

- Alfaro, N.; Solórzano, R. 2002. Evaluación del rendimiento y análisis económico de seis cultivares de maíz (*Zea mays* L.) en el municipio de Pueblo Nuevo Estelí. Tesis. FAGRO-UNA, Managua, Nicaragua.43p.
- Brizuela, L. 1997. Evaluación de Híbridos de Maíz (*Zea mays* L.) de Grano Blanco y Amarillo en Ambientes de Centroamérica , Panamá y El Caribe. *En: Síntesis de Resultados Experimentales del PRM 1993-1995*.pp 84-91.
- Calderón, C., Pixley, L., Jiménez, K y Salas, C.1992.Evaluación de Nueve variedades Sintéticas bajo Mejoramiento para Pudrición de Mazorca en Once Localidades de Centro América. *Síntesis de Resultados Experimentales del PRM (1992)*. Vol. 4. Pág 89-92.
- Castellanos, S.; Córdova, H., 2000. Investigación y Desarrollo de Maíz de alta calidad de proteína. El mejoramiento y promoción de maíz de alta calidad de proteínas en países en desarrollo seleccionados
- Ceretta, S, Abadie T; Ozerami H y M. Arbelbide.1998. El uso de redes de experimentos para estudiar la adaptación de los cultivos. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. CIRAD. Paysandú. Uruguay. Pág 9-13.
- Córdova, H.1991.Respuesta Diferenciales para Rendimiento de Híbridos de Maíz evaluados en ambientes contrastantes de Latinoamérica, PCCMCA 1990. *En XXXII Reunión Anual del PCCMCA, República de Panamá*. Pág 137-164.
- Crossa, J.; Gauch, H.G.; y R. W.Zobel. 1988. Estimación Estadística Predictiva de Rendimiento en Ensayos de variedades. *En Simposio "Modelos de Estabilidad" para Evaluar la Adaptación de Cultivares*. XXXIV Reunión Anual del PCCMCA. San José, Costa Rica.
- Espinoza, A.; Urbina, R.; Ortega, D; Mendoza, M. 1999. Informe técnico anual 1999-2000. Programa Granos Básicos. Managua, Nicaragua. 172 p.
- Espinoza, A.; Ortega, D.; Palafox,A.; Córdova, H.; Vergara, N.; Vivek, B. 2004. Nuevos Sintéticos de Maíz de Grano Blanco de Alta Calidad Proteica (QPM) para Mesoamérica. *En Resumen Reunión Anual del PCCMCA 2004*. El Salvador. Pág 140.
- Espinoza, A.; Urbina, R.; Ortega, D; y R.Urbina.2002. Evaluación de Híbridos de maíz (*Zea mays* L.) de Grano Blanco y Amarillo en Ambientes Contrastantes de Nicaragua. *En síntesis de Resultados Experimentales del PRM*. Volumen 6. 172 p.

- Fuentes, M. 2000. Informe Ensayo Regional de Maíz PCCMCA 1999. ICTA-PRM.50 p.
- Gardner, E. J. 1998. Maíz con alto contenido de Lisina. Principios de Genética. 1. ed. Limusa. México. 444 p.
- INETER. 2004. Resumen Meteorológico Diario del 2004. Dirección General de Meteorología. Managua, Nicaragua.
- INTA, 1995. Cultivo de maíz. Guía Tecnológica. Managua, Nicaragua.
- INTA, 2000. Evaluación de variedades mejoradas de polinización libre. Informe Técnico anual 1999-2000, CNIA. Programa granos básicos.
- Kang, M. S. 1998. Using genotype –by- environment interaction for crop cultivars development. *In*: D. L. Sparks (ed). Advances in agronomy. Vol. 62. Academia Press, USA. Pág 199-252.
- Lin, C.S. and Binns M.R, 1994. Concepts and methods for analyzing regional trial data for cultivar and location selection. *In*: J. Janick (ed). Plant breeding reviews. Vol 12. John Wiley and Sons, Inc. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore. Pág 271-295.
- López, P. 2003. Evaluación de Variedades e Híbridos de Maíz (*Zea mays* L) en Diferentes Ambientes de la Zona del Pacífico Norte. En síntesis de Resultados FUNICA 2004. Pág 3.
- Maya, N, C. 1995. Evaluación de siete genotipos de maíz (*Zea mays* L) en cuatro localidades de Nicaragua .Tesis. FAGRO-UNA .Managua, Nicaragua. 48 p.
- Márquez, S. 1976. El Problema de la interacción Genético Ambiental en Genotecnia Vegetal. Ed. PATENA, A. C. Universidad Autónoma, Chapingo, México. 113p.
- Marini, D.; Vega, I.; Maggioni, L. 1993. Genética Agraria. FAGRO. Managua, Nicaragua. 346 p.
- Morán, J y Perezardón, A. 2000. Tesis. FAGRO-UNA. Managua, Nicaragua .46 p.
- Ortega, D. 2001. Determinación de Aptitud Combinatoria de Ocho líneas de Maíz (*Zea mays* L.) Derivadas de la población 76 C₂ (Tropical Intermedia Blanco (Cristalino)). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 46 p.
- Ortega, D.; Espinoza , A.; López, P y Cuadra, S. 2004. Comportamiento de la Variedad de Grano Blanco TLAYOLLY en Fincas de Agricultores. Resumen del primer congreso nacional de innovación tecnológica Agropecuaria y Forestal. FUNICA-UNA. Pág. 3.

- Palma, S. 2000. Evaluación del impacto de los cambios climáticos sobre el rendimiento potencial del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en el Pacífico de Nicaragua. Tesis FAGRO-UNA. Managua, Nicaragua. 59 p.
- Quemé, J.L y M.R. Fuentes 1992. Evaluación de híbridos de maíz (*Zea mays* L) de grano blanco y amarillo, en diferentes ambientes de México, Centro América, El Caribe y Venezuela. Guatemala. 61 p.
- Quemé, J. 1996. Respuesta a densidad de siembra y niveles de nitrógeno de tres cultivares de maíz evaluados en tres localidades de Guatemala. *En: Síntesis de resultados experimentales del PRM, 1993* Pág. 95-100.
- Somarriba, C. 1997. Granos básicos. Managua, Nicaragua. 197 p.
- Urbina, A. R. 1993. Evaluación de Híbridos de maíz (*Zea mays* L) de grano blanco y amarillo en ambientes de Centro América, México y el Caribe. Informe ensayo Regional de maíz PCCMCA 1992. PRN-CNGB. Managua, Nicaragua. 60 p.
- Urbina, A y Bird, N. 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.
- Vallejo, F.A y E.I. Estrada. 2002. Mejoramiento Genético de Plantas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. 402 p.

IX. ANEXOS

Cuadro 1A. Características agronómicas de dieciséis variedades de maíz evaluadas en cinco ambientes de Nicaragua. Santa Rosa, Managua. Primera, 2004.

Genotipo	DFM	DFF	AIPI	AIMz	% AcRa	% AcTa	% PIAch	% MzPo	t ha ⁻¹
S200TLWQ-A1	56	53	199.1	86.0	1.3	0.5	55.2	20.4	2.7
S00TLWQ-B	57	55	201.8	110.4	1.3	1.0	63.5	18.3	3.0
S99TLWQH"AB"	55	54	203.3	91.5	1.4	1.5	73.9	21.2	2.1
S03TLWQ-AB01	56	54	183.3	93.5	1.3	2.1	82	10.2	2.1
S03TLWQ-AB02	57	55	208.8	102.1	1.1	2.4	50.6	12.1	3.2
S03TLWQ-AB04	58	57	205.1	104.8	1.1	3.0	70.0	23.6	2.6
S00SEQTLW MÉXICO	55	54	199.8	109.5	1.2	3.5	59.5	17.3	2.6
S97TLWGH "A Y B" (2)	57	55	198.2	103.6	1.2	4.1	61.5	13.6	2.8
S99TLWBNSEQ (1) RE	55	55	205.2	106.4	1.2	4.4	72.3	7.3	3.1
ACROS0043	56	55	200.8	103.7	1.3	5.0	68.1	15.6	2.3
S00TLW-FAW	55	53	187.0	85.3	1.4	5.8	76.5	25.4	1.6
S00TLW-SCB	53	52	203.0	107.1	1.2	5.9	65.8	20	2.3
S03TLW-SCB	56	55	204.7	101.0	1.2	6.4	54.7	14.7	3.0
S03TLW-MR/STRESS	55	54	194.5	93.0	1.3	7.2	65.8	19.4	2.4
TLAYOLLI (T1)	55	54	199.0	99.7	1.3	7.6	53.2	13.5	3.0
NB-NUTRINTA (T2)	52	51	206.9	106.2	1.2	7.8	58.3	22.7	2.4
DMS	1	1	18.3	16.2	0.3	0.5	13	7.1	0.8
CV (%)	1	1	5.0	10.0	15.0	7.0	14	12.0	19.0
Media	56	55	200.0	100.3	1.3	4.3	64.4	17.2	2.6
DFM =	Días a flor masculina		% AcTa =	Porcentaje de acame de tallo					
DFF =	Días a flor femenina		% PIAch =	Porcentaje de plantas achaparradas					
AIPI =	Altura de planta (cm)		% MzPo =	Porcentaje de mazorcas podridas					
AIMz =	Altura de mazorca (cm)		t ha ⁻¹ =	Rendimiento de grano al 15 % de humedad					
% AcRa =	Porcentaje de acame de raíz								

Cuadro 2A. Características agronómicas de dieciséis variedades de maíz evaluadas en cinco ambientes de Nicaragua. Campos Azules, Masaya. Primera, 2004.

Genotipo	DFM	DFF	API	AIMz	% AcRa	% AcTa	% PIAch	% MzPo	t ha ⁻¹
S200TLWQ-A1	58	59	214.6	120.5	1.3	0.5	1.3	15.4	9.2
S00TLWQ-B	60	59	237.7	133.6	1.1	0.8	1.3	13.5	9.0
S99TLWQHG"AB"	59	59	235.3	113.5	1.0	1.3	1.4	14.5	8.4
S03TLWQ-AB01	60	59	225.0	109.4	1.0	1.8	1.3	8.3	10.2
S03TLWQ-AB02	60	60	242.0	127.4	1.1	2.1	1.1	9.3	10.2
S03TLWQ-AB04	60	60	222.8	112.6	1.2	2.7	1.1	7.1	10.6
S00SEQTLW MÉXICO	61	60	235.1	124.2	1.0	3.0	1.2	7.9	10.0
S97TLWGH "A Y B" (2)	60	60	228.0	123.3	1.0	3.5	1.2	23.2	10.4
S99TLWBNSEQ (1) RE	60	59	238.5	114.1	1.1	3.8	1.2	13.7	9.7
ACROS0043	61	60	243.0	128.7	1.1	4.1	1.3	12.8	9.0
S00TLW-FAW	58	58	231.9	120.5	1.1	4.8	1.4	14.4	8.7
S00TLW-SCB	58	58	228.0	119.2	1.0	5.3	1.2	7.6	9.0
S03TLW-SCB	60	59	230.9	120.8	1.2	5.6	1.2	8.8	9.9
S03TLW-MR/STRESS	58	58	231.8	124.1	1.1	6.0	1.3	5.7	10.0
TLAYOLLI (T1)	61	61	233.9	225.3	1.0	6.5	1.3	10.3	10.4
NB-NUTRINTA (T2)	59	59	217.2	115.8	1.2	7.4	1.2	14.4	6.8
DMS	2	2	22.2	18.5	0.3	0.4	0.3	1.0	1.6
CV (%)	2	2	6.0	9.0	14.0	7.0	15.0	9.0	10.0
Media	60	60	231.0	120.8	1.1	3.7	1.3	11.7	9.5

DFM = Días a flor masculina

DFF = Días a flor femenina

API = Altura de planta (cm)

AIMz = Altura de mazorca (cm)

% AcRa = Porcentaje de acame de raíz

% AcTa = Porcentaje de acame de tallo

% PIAch = Porcentaje de plantas achaparradas

% MzPo = Porcentaje de mazorcas podridas

t ha⁻¹ = Rendimiento de grano al 15 % de humedad

Cuadro 3A. Características agronómicas de dieciséis variedades de maíz evaluadas en cinco ambientes de Nicaragua. Jucuapa, Matagalpa. Primera, 2004.

Genotipo	DFM	DFF	API	AIMz	% AcRa	% AcTa	% PIAch	% MzPo	t ha ⁻¹
S200TLWQ-A1	62	67	205.1	94.7	1.3	0.5	1.0	30.2	2.5
S00TLWQ-B	64	69	197.1	105.8	1.2	1.1	1.1	19.9	2.7
S99TLWQHG"AB"	66	71	192.3	96.2	1.4	1.6	1.1	32.3	3.0
S03TLWQ-AB01	66	71	203.0	102.0	1.2	1.8	1.0	19.7	3.3
S03TLWQ-AB02	64	69	236.0	102.3	1.2	2.3	1.0	37.1	2.9
S03TLWQ-AB04	64	69	227.2	95.4	1.1	2.7	1.0	18.8	3.1
S00SEQTLW MÉXICO	66	71	181.0	97.9	1.5	4.0	1.1	29.5	3.3
S97TLWGH "A Y B" (2)	62	67	208.4	111.9	1.2	3.9	1.0	43.4	3.3
S99TLWBNSEQ (1) RE	66	71	219.3	120.2	1.1	4.1	1.0	21.0	3.6
ACROS0043	64	69	214.3	109.8	1.2	4.8	1.1	20.2	3.0
S00TLW-FAW	62	67	184.5	99.7	1.3	6.1	1.1	25.1	3.4
S00TLW-SCB	62	67	201.6	106.0	1.2	6.0	1.0	24.6	3.2
S03TLW-SCB	66	71	201.8	112.4	1.2	6.6	1.1	25.1	3.4
S03TLW-MR/STRESS	59	64	204.6	109.4	1.2	6.8	1.0	18.2	2.8
TLAYOLLI (T1)	57	61	200.6	95.8	1.3	7.5	1.2	13.7	4.2
NB-NUTRINTA (T2)	56	61	202.7	100.1	1.2	8.0	1.0	18.5	3.4
DMS	1	0	44.3	17.6	0.5	0.9	0.3	2.0	0.9
CV (%)	1	0	13.0	10.0	25.0	12.0	17.0	7.3	17.0
Media	63	68	205.0	103.7	1.2	4.2	1.0	25.0	3.2

DFM = Días a flor masculina

DFF = Días a flor femenina

API = Altura de planta (cm)

AIMz = Altura de mazorca (cm)

% AcRa = Porcentaje de acame de raíz

% AcTa = Porcentaje de acame de tallo

% PIAch = Porcentaje de plantas achaparradas

% MzPo = Porcentaje de mazorcas podridas

t ha⁻¹ = Rendimiento de grano al 15 % de humedad

Cuadro 4A. Características agronómicas de dieciséis variedades de maíz evaluadas en cinco ambientes de Nicaragua. Quilalí, Nueva Segovia. Primera, 2004.

Genotipo	DFM	DFF	AIPI	AIMz	% AcRa	% AcTa	% PIAch	% MzPo	t ha ⁻¹
S200TLWQ-A1	57	59	230.3	102.9	1.0	0.4	1.3	6.6	8.4
S00TLWQ-B	58	60	235.3	125.9	1.1	0.9	1.2	3.7	8.6
S99TLWQHG"AB"	54	56	244.2	118.2	1.1	1.2	1.4	6.2	7.5
S03TLWQ-AB01	57	59	234.6	109.5	1.0	1.7	1.2	5.3	8.3
S03TLWQ-AB02	56	57	242.1	116.4	1.0	2.2	1.2	6.8	8.7
S03TLWQ-AB04	57	59	243.2	118.8	1.0	2.5	1.1	4.8	9.7
S00SEQTLW MÉXICO	57	59	238.9	108.7	1.1	2.9	1.5	2.9	8.7
S97TLWGH "A Y B" (2)	58	60	253.0	129.5	1.0	3.2	1.2	5.6	8.7
S99TLWBNSEQ (1) RE	57	59	247.7	121.4	1.0	3.7	1.1	5.5	7.8
ACROS0043	55	57	249.4	122.4	1.1	4.0	1.2	7.7	8.6
S00TLW-FAW	59	61	229.8	111.4	1.1	4.8	1.3	2.1	7.1
S00TLW-SCB	56	58	240.5	109.8	1.0	5.0	1.2	3.1	6.8
S03TLW-SCB	56	57	247.2	119.6	1.1	5.2	1.2	4.0	9.4
S03TLW-MR/STRESS	57	59	245.2	120.0	1.0	5.7	1.2	3.7	8.7
TLAYOLLI (T1)	56	58	230.8	114.1	1.2	6.5	1.3	3.3	8.2
NB-NUTRINTA (T2)	55	58	248.8	111.0	1.0	6.5	1.2	9.3	7.3
DMS	2	2	16.6	12.2	0.3	0.3	0.5	1.0	1.3
CV (%)	2	2	4.0	6.0	17.0	4.0	25.0	13.0	9.0
Media	57	59	241.3	116.2	1.0	3.5	1.2	5.0	8.3

DFM = Días a flor masculina

DFF = Días a flor femenina

AIPI = Altura de planta (cm)

AIMz = Altura de mazorca (cm)

% AcRa = Porcentaje de acame de raíz

% AcTa = Porcentaje de acame de tallo

% PIAch = Porcentaje de plantas achaparradas

% MzPo = Porcentaje de mazorcas podridas

t ha⁻¹ = Rendimiento de grano al 15 % de humedad

Cuadro 5A. Características agronómicas de dieciséis variedades de maíz evaluadas en cinco ambientes de Nicaragua. Melchorita, Río San Juan. Primera, 2004.

Genotipo	DFM	DFF	AIPI	AIMz	% AcRa	% AcTa	% PIAch	% MzPo	t ha ⁻¹
S200TLWQ-A1	50	52	228.5	96.6	1.0	0.4	1.2	22.8	5.2
S00TLWQ-B	51	52	223.9	93.0	1.0	0.9	1.0	22.0	4.8
S99TLWQHG"AB"	49	51	221.1	97.9	1.2	1.4	1.1	27.0	4.6
S03TLWQ-AB01	49	51	224.0	94.1	1.1	1.8	1.1	11.7	5.8
S03TLWQ-AB02	51	54	225.5	89.9	1.1	2.2	1.1	24.0	5.1
S03TLWQ-AB04	50	52	230.9	101.0	1.1	2.6	1.1	36.4	5.2
S00SEQTLW MÉXICO	49	52	224.8	96.5	1.1	3.1	1.1	20.6	5.1
S97TLWGH "A Y B" (2)	49	50	220.1	91.5	1.2	3.6	1.1	34.8	5.6
S99TLWBNSEQ (1) RE	53	51	221.4	106.3	1.1	4.0	1.1	34.1	5.0
ACROS0043	52	54	237.3	98.6	1.1	4.2	1.1	23.4	5.4
S00TLW-FAW	51	52	232.4	101.2	1.1	4.8	1.1	24.1	5.3
S00TLW-SCB	49	49	223.5	89.8	1.1	5.4	1.1	27.8	3.9
S03TLW-SCB	51	52	218.3	100.7	1.1	6.0	1.1	25.7	5.1
S03TLW-MR/STRESS	48	51	228.3	107.4	1.1	6.2	1.1	18.2	5.4
TLAYOLLI (T1)	50	51	231.4	116.9	1.1	6.5	1.1	25.0	4.7
NB-NUTRINTA (T2)	51	51	220.0	90.3	1.2	7.3	1.2	20.8	3.9
DMS	3	2	20.2	18.2	0.3	0.5	0.3	1.8	1.3
CV (%)	4	2	5.0	11.0	15.0	8.0	15.0	5.0	15.0
Media	51	52	225.7	98.2	1.1	3.8	1.1	25.0	5.0

DFM = Días a flor masculina

DFF = Días a flor femenina

AIPI = Altura de planta (cm)

AIMz = Altura de mazorca (cm)

% AcRa = Porcentaje de acame de raíz

% AcTa = Porcentaje de acame de tallo

% PIAch = Porcentaje de plantas achaparradas

% MzPo = Porcentaje de mazorcas podridas

t ha⁻¹ = Rendimiento de grano al 15 % de humedad

Cuadro 6A. Rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$) de las mejores variedades evaluadas en cinco ambientes. 2004.

Código	Rend ($t\ ha^{-1}$)	% ST ₁	%ST ₂
V6	5.63	1%	26%
V13	5.63	1%	26%
V8	5.53		26%
V5	5.45		24%
V4	5.41		23%
V7	5.40		23%
V15	5.59	100%	
V16	4.38		100%

% ST₁ : porcentaje sobre testigo 1

% ST₂ : porcentaje sobre testigo 2