

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMIA



TRABAJO DE DIPLOMA

**EVALUACIÓN DE VEINTE HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN CINCO
LOCALIDADES DE NICARAGUA**

AUTOR:

Br. Anabell Salazar Quiroz

ASESORES:

Ing. MSc. Alberto Espinoza

Ing. MSc. Vidal Marín

Managua, Marzo del 2006

DEDICATORIA

A Dios por ser el creador de todo lo que poseemos y por darme la energía necesaria para alcanzar lo que me propongo.

A mi padre Felícito Salazar por enseñarme a enfrentar la vida con optimismo y a emprender las metas con solidez.

A mi madre Vilma Quiroz quien me encaminó por el sendero del saber.

Br. Anabell Salazar Quiroz

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. MSc. Alberto Espinoza, mi asesor del INTA, por compartir conmigo parte de sus conocimientos y por brindarme su ayuda durante todo el período de esta investigación.

Al Ing. MSc. Vidal Marín, mi asesor de la UNA, por su valiosa colaboración durante el desarrollo del presente trabajo.

Al Dr. Oscar Gómez por su imprescindible ayuda en el análisis estadístico e interpretación del mismo.

Al Ing. Estanislao Salazar, mi hermano y amigo, por su apoyo incondicional y por sus oportunos consejos.

A mis padres, quienes depositaron en mí su confianza y unieron fuerzas para brindarme su apoyo en búsqueda de hacerme triunfar.

Br. Anabell Salazar Quiroz

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE ANEXOS (CUADROS)	iv
ÍNDICE DE ANEXOS (FIGURAS)	v
RESUMEN	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Situación actual del cultivo	3
2.2 Híbridos	3
2.3 Factores bióticos y abióticos.	4
2.4 Interacción genotipo ambiente	4
2.5 Rendimiento y estabilidad	5
2.6 Modelo AMMI	6
2.7 Maíz de alta calidad de proteína	6
III. MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1 Ubicación de los ensayos	8
3.2 Diseño Experimental	8
3.3 Material Genético	9
3.4 Establecimiento de los ensayos y Manejo agronómico	10
3.5 Variables Medidas	11
3.6 Análisis Estadístico	13
3.6.1 Análisis de varianza por localidad y combinado	13
3.6.2 Análisis AMMI	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
4.1 Análisis de varianza por localidad	15
4.2 Análisis de varianza combinado y análisis AMMI	17
V. CONCLUSIONES	22
VI. RECOMENDACIONES	23
VII. LITERATURA CITADA	24
VIII. ANEXOS	26

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Características edafoclimáticas y ubicación geográficas de las localidades donde se establecieron los ensayos de híbridos de maíz. Primera, 2004.	8
2. Híbridos de maíz de alta calidad de proteína y normales evaluados en diferentes ambientes de Nicaragua	9
3. Análisis de varianza por localidad para la variable rendimiento de grano de veinte híbridos de maíz evaluados en cinco localidades. Nicaragua, 2004	15
4. Rendimiento promedio ($t\ ha^{-1}$) de veinte híbridos de maíz evaluados en cinco localidades de Nicaragua.	16
5. Análisis de varianza combinado para la variable rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$) y descomposición del efecto de interacción genotipo-ambiente.	18
6. Rendimiento promedio ($t\ ha^{-1}$) y puntuaciones AMMI de los híbridos y localidades evaluadas. Nicaragua, 2004	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Medias de rendimiento y puntuaciones del primer componente de la interacción de veinte híbridos de maíz y cinco ambientes. Primera, 2004.	21

ÍNDICE DE ANEXOS (CUADROS)

Cuadro		Página
1A.	Características agronómicas de veinte híbridos de maíz evaluados en cinco localidades de Nicaragua. Santa Rosa, Managua. Primera, 2004.	27
2A.	Características agronómicas de veinte híbridos de maíz evaluados en cinco localidades de Nicaragua. Campos Azules, Masaya. Primera, 2004.	28
3A.	Características agronómicas de veinte híbridos de maíz evaluados en cinco localidades de Nicaragua. Jucuapa, Matagalpa. Primera, 2004.	29
4A.	Características agronómicas de veinte híbridos de maíz evaluados en cinco localidades de Nicaragua. Quilalí, Nueva Segovia. Primera, 2004.	30
5A.	Características agronómicas de veinte híbridos de maíz evaluados en cinco localidades de Nicaragua. Melchorita, Río San Juan. Primera, 2004.	31

ÍNDICE DE ANEXOS (FIGURAS)

Figura		Página
1A.	Promedios de precipitación y temperatura en Santa Rosa, Managua. INETER, 2004.	32
2A.	Promedios de precipitación y temperatura en Campos Azules, Masaya. INETER, 2004.	32
3A.	Promedios de precipitación y temperatura en Jucuapa, Matagalpa. INETER, 2004.	33
4A.	Promedios de precipitación y temperatura en Quilalí, Nueva Segovia. INETER, 2004.	33
5A.	Promedios de precipitación y temperatura en Melchorita, Río San Juan. INETER, 2004.	34

RESUMEN

Con el objetivo de identificar híbridos de maíz con alto rendimiento y buena estabilidad en diferentes ambientes, se evaluaron 20 genotipos de grano blanco en 5 localidades de Nicaragua. El diseño utilizado fue un Látice rectangular 5 x 4 con 3 repeticiones. Cada unidad experimental estuvo constituida por 2 hileras de 5 metros de longitud, con un espaciamiento de 0.20 y 0.80 metros entre plantas e hileras respectivamente, para una densidad poblacional de aproximadamente 62,500 plantas por hectárea. La parcela útil la constituyeron las dos hileras que conformaron cada unidad experimental. Se realizó análisis de varianza para el rendimiento de grano por localidad y a través de localidades. La interacción genotipo x ambiente se determinó mediante el análisis de efectos principales aditivos e interacciones multiplicativas (modelo AMMI). Los híbridos H10 y H13 mostraron los mayores rendimientos promedios a través de todas las localidades, superando al mejor testigo H19 (H-INTA 991) en 13 y 14 % respectivamente, no obstante, expresaron su mayor potencial en ambientes favorables. Los híbridos H11, H15 y H17 superaron en rendimiento a la media general y fueron identificados por AMMI como estables, por presentar puntuaciones cercanas a cero (0.11, 0.17 y 0.16, respectivamente). En este estudio se identificó como ambientes favorables a Quilalí y Campos Azules y como menos favorable a la localidad de Melchorita.

II. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es una planta originaria de América, donde se menciona como uno de los alimentos de mayor consumo popular y ocupa el tercer lugar entre los cereales, cultivándose en muchos países más que cualquier otro cultivo (Reyes, 1990). En Nicaragua el consumo per cápita es de 74 kg por año, representando una de las principales fuentes alimenticias y parte importante de la ingesta de calorías y proteínas para las familias nicaragüenses; no obstante la proteína del grano de maíz común por lo general es de baja calidad debido al bajo contenido de los aminoácidos lisina (35 mg/g Nitrógeno) y triptófano (77 mg/g Nitrógeno) que posee, lo que hace relevante el hecho de introducir y adaptar al país nuevos híbridos que además de presentar un alto potencial de rendimiento posean elevado contenido de lisina y triptófano en su proteína.

Cada año se siembran en Nicaragua unas 262,269 hectáreas de maíz, para una producción de 393,403 toneladas de grano, con un rendimiento promedio por unidad de área de aproximadamente 1.5 toneladas por hectárea ($t\ ha^{-1}$), considerándose muy por debajo del potencial agroecológico de las zonas donde se desarrolla este rubro (MAG-FOR, citado por Urbina y Bird, 2002). El 66 % del área se siembra con semilla de variedades criollas y acriolladas, el 30 % con semilla de variedades mejoradas y solo el 4 % con semilla híbrida, lo que aunado al efecto de factores bióticos y abióticos que afectan el cultivo es la principal causa de los bajos rendimientos (INTA, 2005).

Según Bolaños (1993) los híbridos poseen mayor potencial de rendimiento que las variedades de polinización libre, llegando a producir de 1.0 a 1.5 toneladas por hectárea más que éstas. Por ello, es importante la generación de nuevos híbridos con buena adaptación, altos rendimientos y características agronómicas aceptables por los agricultores.

Del mismo modo, la producción de cultivares de maíz de alta calidad de proteínas constituye una buena opción para mejorar la nutrición de familias pobres que no consumen proteína de origen animal por su alto costo y para solventar el problema de pequeños y medianos productores, en cuyas manos (INTA, 2000) se encuentra cerca del 75 % de la producción porcina y avícola. Conciente de esto, el programa nacional de maíz coordinó el establecimiento de cinco ensayos uniformes ubicados en las principales zonas maiceras de Nicaragua, donde se evaluaron veinte híbridos de tres líneas, entre estos, ocho de alta calidad de proteína y doce de calidad común. Para este estudio se tomaron en cuenta los siguientes objetivos:

Objetivo general

Contribuir al incremento de la productividad y calidad de proteínas del cultivo de maíz mediante la evaluación de veinte híbridos en diferentes ambientes de Nicaragua.

Objetivos específicos

Estudiar la interacción genotipo-ambiente para la variable rendimiento de grano de veinte híbridos de maíz en cinco localidades del país.

Identificar híbridos superiores a los testigos en cuanto a rendimiento de grano y adaptación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Situación actual del cultivo

El rendimiento promedio por unidad de área del cultivo de maíz en Nicaragua, es considerablemente bajo, siendo aproximadamente de 1.5 t ha⁻¹. Esto se debe en parte a que el cultivo se desarrolla en una gran diversidad de ambientes, donde la producción se ve afectada por factores bióticos y abióticos (MAG-FOR, citado por Urbina y Bird, 2002). Debido a esta situación los agricultores demandan nuevos cultivares que respondan consistentemente a las condiciones ambientales de sus fincas. A la fecha se han evaluado y seleccionado líneas y cruzas dialélicas introducidas por programas nacionales, las que por su rendimiento, sanidad, adaptación y aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) han constituido la base genética para la formación de híbridos nacionales de estructura simple, trilineales y dobles que han mostrado rendimientos de grano superior a los que se obtienen con híbridos distribuidos por casas comerciales en el país (Espinoza *et al.*, 2002).

2.2 Híbridos

La hibridación del maíz es considerada un método genotécnico que tiene como objetivo principal el aprovechamiento de la generación F₁ (híbrido F₁) que es el resultado de la cruce de dos progenitores con cualquier estructura genética, estos pueden ser variedades de polinización libre, variedades sintéticas, familias y líneas parcial y totalmente endogámicas (Quemé y Fuentes, 1992). Un híbrido de tres líneas se forma cruzando un híbrido simple con una línea pura, los que por sus características de producción y adaptación ocupan un lugar intermedio entre un híbrido simple y un doble, ello conduce a aprovechar mejor la complementación de genes aditivos que se manifiestan en la heterosis, lo que permite generar cultivares con estabilidad de rendimiento y que amortigüen mejor los efectos negativos ocasionados por el ambiente (Espinoza *et al.*, 2002).

La selección de plantas con características agronómicas adecuadas en poblaciones de polinización libre, la autofecundación de plantas durante varias generaciones para desarrollar líneas homocigóticas y el cruzamiento de líneas seleccionadas son algunos criterios de importancia en la producción de semilla híbrida de maíz (Bolaños, 1993). El mismo autor determinó las bases fisiológicas del progreso genético de los cultivares de maíz y encontró que los híbridos rindieron consistentemente de 1.0 a 1.5 t ha⁻¹ más que las variedades de polinización libre a través de todos los ambientes evaluados, lo que se atribuye a una mayor eficiencia en el llenado de grano, mejor índice de cosecha, mayor peso promedio de mazorcas y mejor aprovechamiento de la radiación solar.

2.3 Factores bióticos y abióticos.

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). Urbina (1991) señala que los factores bióticos y abióticos que influyen en el rendimiento son incontrolables, por ello es importante realizar pruebas de campo en ambientes contrastantes para determinar la consistencia y estabilidad de su comportamiento y la interacción genotipo-ambiente.

El mejoramiento para resistencia a factores bióticos y abióticos adversos ha dado como resultado el desarrollo de híbridos más estables, adaptados a la mayoría de condiciones de producción.

2.4 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. Con frecuencia los fitomejoradores enfrentan un problema de gran magnitud cuando seleccionan en presencia del fenómeno de

interacción genotipo ambiente. Para evitar esta interferencia se han diseñado modelos de estabilidad que contribuyen a disminuir el riesgo de realizar estimaciones empíricas imperfectas (Urbina, 1993).

Espinoza *et al.* (2002) explican que la variabilidad ambiental acentuada por diferentes factores bióticos y abióticos (clima, humedad, tipo de suelo, vientos, manejo agronómico del cultivo) es la razón principal para utilizar metodologías de evaluación que permitan determinar el grado de la interacción genotipo ambiente y conocer la respuesta diferencial de los cultivares a través de los ambientes de prueba.

2.5 Rendimiento y estabilidad

El principal objetivo en el mejoramiento del maíz es la estabilidad del rendimiento o la respuesta consistente a condiciones óptimas y subóptimas, por lo que una evaluación real del comportamiento de cultivares adaptados a ambientes favorables y desfavorables, debe involucrar localidades cuya magnitud de la incidencia de factores bióticos y abióticos contribuya a reducir la producción. La aplicación de modelos donde se estiman parámetros de estabilidad que identifican el comportamiento de los cultivares a través de diversos ambientes, contribuyen a la selección apropiada de los genotipos, Córdova (1991).

Un genotipo es considerado estable si presenta buenos rendimientos en comparación con el potencial existente en cada ambiente del ensayo (Crossa *et al.*, 1988). Estos mismos autores indican que si la estabilidad es demostrada para un amplio rango de ambientes se dice que el genotipo tiene una adaptación amplia y por el contrario, si la estabilidad se manifiesta frente a un limitado rango de ambientes, se dice que el genotipo tiene adaptación específica.

2.6 Modelo AMMI

Un modelo para analizar la interacción genotipo-ambiente es el modelo AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interactions) lo que traducido al español sería Efectos Principales Aditivos e Interacción Multiplicativa. Este integra algunos modelos estadísticos comúnmente aplicados a series de ensayos de rendimiento; incluye el análisis de varianza (ANOVA), cuyo modelo es aditivo y el análisis de componentes principales (PCA), el cual es multiplicativo.

Córdova (1991) 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 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 y 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.

2.7 Maíz de alta calidad de proteína

Estudios realizados a inicios del siglo pasado encontraron que el grano de maíz es deficiente en lisina y triptófano, aminoácidos esenciales para el crecimiento y desarrollo del hombre y de animales monogástricos, así como de isoleusina, un aminoácido menor. También se encontró que contiene cantidades excesivas de leusina, que reduce la calidad de la proteína.

En 1966 se descubrió en el grano de maíz de endospermo harinoso la existencia de los genes Opaco-2 y Harinoso-2 que dan al grano la característica de mayor

contenido de lisina, avanzando así en la obtención de maíces de mejor calidad proteica (Loáisiga, 2002). Los primeros resultados demostraron que las variedades e híbridos derivados de los parentales con el gen Opaco-2 eran mucho más susceptibles a las enfermedades foliares y a la pudrición de mazorca, el grano más atacado por insectos de almacenamiento y rendían hasta en un 15 a 20 % menos que los cultivares de maíz normal. Fue por esta razón que la mayoría de los programas de investigación abandonaron por algún tiempo sus proyectos de conversión a maíz de alta calidad proteica. En 1998 el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo reinició diferentes actividades dirigidas a la investigación y el mejoramiento de maíces con alto contenido de proteína, logrando convertir líneas élites de endospermo normal a maíz de alta calidad proteica (Castellanos *et al.*, 2003).

Un uso potencial de los maíces de alta calidad de proteína es en la elaboración de raciones para animales, lo que vendrá a solventar el problema de pequeños y medianos productores, en cuyas manos se encuentra cerca del 75 % de la producción porcina y avícola (INTA, 2002). Del mismo modo, los cultivares de maíz de alta calidad de proteína ofrecen una buena alternativa para aliviar el hambre y la desnutrición que prevalece en las familias de pequeños productores que siembran maíz en ambientes marginales (Espinoza *et al.*, 2004).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación de los ensayos

Los ensayos de evaluación se establecieron en época de primera del 2004, en cinco localidades de las principales zonas maiceras de Nicaragua. En el Cuadro 1 se resumen las características edafoclimáticas y ubicación geográfica de estas localidades. Los promedios mensuales de precipitación y temperatura se presentan en anexos (Figuras 1A a 5A).

Cuadro 1. Características edafoclimáticas y ubicación geográficas de las localidades donde se establecieron los ensayos de híbridos de maíz. Primera, 2004.

Código	Localidad	Textura del suelo	pH	Precipitación (mm/año)	Altitud (msnm)	Temperatura (° C)	Latitud Norte	Longitud Oeste
L1	Quilalí	Franco arenoso	6.4	576 a 1127	680	23 a 27	13°41'	86°09'
L2	Jucuapa	Franco arenoso	6.3	1310 a 1678	900	23 a 27	12°50'	85°58'
L3	Santa Rosa	Franco arcilloso	6.8	819 a 1230	54	26 a 30	12°67'	86°11'
L4	Campos Azules	Franco arcilloso	6.2	1326 a 2149	470	23 a 26	11°55'	86°08'
L1	Melchorita	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.

3.2 Diseño Experimental

Para la evaluación de los híbridos se utilizó un diseño en Láttice rectangular 5 x 4 con 3 repeticiones. Cada unidad experimental estuvo constituida por 2 hileras de 5 metros de longitud, con un espaciamiento de 0.20 y 0.80 metros entre plantas e hileras respectivamente, para una densidad poblacional de aproximadamente 62,500

plantas por hectárea. La parcela útil la constituyeron las dos hileras que conformaron cada unidad experimental.

3.3 Material genético

El material genético utilizado (Cuadro 2) fueron veinte híbridos trilineales de maíz, entre estos, ocho de alta calidad de proteína y doce de calidad común. Ambos grupos provienen de líneas desarrolladas en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y el Programa de mejoramiento de Maíz del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Cuadro 2. Híbridos de maíz de alta calidad de proteína y normales evaluados en diferentes ambientes de Nicaragua.

Híbrido	Genealogía	Origen
H1	(CML-492 x CML-150) x CML-491	AF04A-267-236 x 241
H2	(CML-492 x CML-150) x CML-264Q*	AF04A-266-367 x 373
H3	(CML-492 x CML-146) x CLQRCWQ50*	AF03A-257-3 x 32
H4	(CML-144 x CML-159) x CML-491	AF04A-267-240 x 241
H5	(CML-144 x CML-147) x CML-491	AF04A-267-234 x 241
H6	(CML-144 x CML-147) x CML-264Q*	AF04A-266-365 x 373
H7	(CML-264Q x CML-150) x CML-491*	AF04A-267-231 x 241
H8	(CML-264Q x CML-492) x CML-491*	AF03B5300-3 x 7
H9	(CML-264Q x CML-491) x CML-492*	AF03B5300-1 x 5
H10	(CML-264Q x CML-159) x CML-491*	AF04A-267-230 x 241
H11	(CML-398 x CML-269) x CLRCW42	AF04A-432-1 x 2
H12	(CML-449 x CML-448) x PWSD05	AF04A-432-35 x 36
H13	(CML-449 x CML-448) x CLPWSD03	AF04A-432-7 x 8
H14	(CML-449 x CML-448) x CML-450	AFO4A-432-39 x 40
H15	(CML-448 x CML-449) x CLRCW36	AF04A-432-5 x 6
H16	(CML-448 x CML-476) x CML-449	AF04A-432-37 x 38
H17	(CL-02181 x CML-269) x CL-RCW42	AF04A-432-3 x 4
H18	(CML-247 x CML-254) x R ₁	TL02A-1519-61 x 62
H19	H-INTA 991 (Testigo 1)	INTA
H20	HQ-INTA 993 (Testigo 2)*	INTA

* Híbridos con alta calidad de proteína

3.4 Establecimiento de los ensayos y manejo agronómico

La preparación de suelo se realizó según las técnicas que se utilizan en las siembras convencionales de maíz: una chapoda 15 días antes del pase de arado, un pase de arado con tractor, seguido de un pase de grada 5 días antes de la siembra y otro gradeo en el momento de la siembra para nivelar el terreno y conformar los surcos.

La siembra se realizó manualmente, depositando 2 semillas por golpe a una distancia de 0.20 y 0.80 m entre plantas e hileras respectivamente. A los 15 días después de la siembra se realizó raleo, dejando una planta útil por golpe para lograr una densidad de aproximadamente 62,500 plantas por hectárea.

Al momento de la siembra se fertilizó adicionando al suelo la fórmula completa 12-30-10 a razón de 134 kg ha⁻¹, la cual se mezcló con Terbufos (Counter 10 % G[®]) en dosis de 6.5 kg ha⁻¹ para controlar plagas que atacan la semilla. A los 15 días después de la siembra se realizó una fertilización nitrogenada con urea 46 % a razón de 91 kg ha⁻¹ con el objetivo de favorecer el crecimiento y desarrollo de la planta

El control de malas hierbas se realizó manualmente, utilizando azadón a los 15 días después de la siembra y machete a los 25 y 45 días después de la siembra. Para el control de plagas de follaje, específicamente gusano cogollero [*Spodóptera frugiperda* (J. E. Smith)] se aplicó Lorsban 4.8 EC (Clorpirifos 48 EC[®]) con dosis de 1.5 l ha⁻¹. Posteriormente se preparó una mezcla de 45.5 kg de arena colada + 0.3 L de Lorsban 4.8 % EC y se aplicó al cogollo de la planta cada vez que el gusano cogollero presentó alta incidencia.

3.5 Variables Medidas

Días a floración masculina y femenina (DFM y DFF), son los días transcurridos desde la siembra hasta que el 50 % de las flores masculinas liberaron polen y el 50 % de las plantas presentaron estigmas receptivos.

Altura de planta (AIPi), medida en centímetros desde la superficie del suelo hasta el inicio de la hoja bandera. Se tomaron como muestra 3 plantas de la parcela útil a los 30 días después de la antesis.

Altura de mazorca (AIMz), medida en centímetros desde la superficie del suelo al nudo de inserción de la mazorca principal. Se determinó en una muestra de 3 plantas de la parcela útil a los 30 días después de la antesis.

Acame de raíz (AcRa), número de plantas que presentaron 30° de inclinación o más a partir de la perpendicular en la base de la planta, donde comienza la zona radicular. Esta variable se determinó visualmente.

Acame de tallo (AcTa), número de plantas cuyos tallos presentaron 30° de inclinación o más a partir de la perpendicular debajo de la mazorca. Al igual que el acame de raíz, esta variable se determinó visualmente.

Plantas achaparradas (PIAch), es el número de plantas con síntomas de achaparramiento en la parcela útil.

Mazorcas podridas (MzPo), se contó el número de mazorcas podridas en cada parcela útil.

Cobertura de mazorca (CoMz), se registró el número de mazorcas de cada parcela útil que antes de la cosecha presentaron expuesto el ápice.

Plantas cosechadas (PICo): se realizó un conteo del número del número total de plantas por parcela útil antes de la cosecha.

Mazorcas cosechadas (MzCo), después de la cosecha se contó el número total de mazorcas por parcela útil.

Peso de campo (PeCa), luego de cosechar todas las plantas de cada parcela útil, se registró el peso total de mazorcas expresado en kg por parcela útil, considerando un decimal.

Humedad del grano, se tomó una muestra representativa de 5 a 10 mazorcas de cada parcela útil y se eliminaron los granos de ambos extremos. La parte central de las mazorcas se empleó para determinar la humedad del grano utilizando un probador portátil de humedad marca Dickey-John.

Rendimiento por hectárea, se determinó a través del peso total de todas las mazorcas cosechadas por parcela útil, ajustando la humedad del grano al 15 %. Para determinar el rendimiento se empleó la fórmula utilizada por Ortega (2001):

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

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 0.80

AU = Área de parcela útil

HC = Humedad de campo o cosecha

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

3.6 Análisis Estadístico

3.6.1 Análisis de varianza por localidad y combinado

Se realizó análisis de varianza para el rendimiento de grano por localidad y a través de localidades. Se utilizó el diseño de Látice rectangular 5 x 4 y modelo de efectos fijos. El análisis se realizó en versión SAS 8.2 utilizando el modelo descrito por Castillo y citado por Quemé y Fuentes (1992). Se calculó la Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5 % de probabilidad.

El modelo utilizado fue el siguiente:

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

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

ρ_i : Efecto de la i-ésima repetición

ϵ_{ijk} : Efecto del error en la unidad experimental

3.6.2 Análisis AMMI

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 y utilizado fue 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 de PCA retenidos en el modelo
- λ_n : Es el valor singular para el PCA
- γ_{gn} : Son los valores de vectores de los genotipos para cada PCA
- δ_{en} : Son los valores de los vectores para cada ambiente (PCA)
- ρ_{ge} : Es el residual

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de varianza por localidad

El análisis de varianza por localidad para la variable rendimiento de grano (Cuadro 3) reflejó diferencias altamente significativas entre los genotipos en las localidades de Melchorita, Quilalí, Santa Rosa y Campos Azules, lo cual significa que por lo menos un genotipo superó a los demás en cada uno de esos ambientes; mientras que en la localidad de Jucuapa no se detectó diferencia significativa. En general, los ensayos mostraron bajos Coeficientes de Variación (7 a 26 %), indicando buen manejo de los ensayos y por tanto que los datos son confiables.

Cuadro 3. Análisis de varianza por localidad para la variable rendimiento de grano de veinte híbridos de maíz evaluados en cinco localidades. Nicaragua, 2004.

Código	Departamento	Localidad	CMTrat	Media (kg ha ⁻¹)	CV (%)
L1	Managua	Santa Rosa	6117690**	4116	11.1
L2	Masaya	Campos Azules	3145380**	9534	11.0
L3	Matagalpa	Jucuapa	1863870 ^{NS}	3385	26.0
L4	Nueva Segovia	Quilalí	121970**	8340	7.0
L5	Río San Juan	Melchorita	1513940**	3023	19.0

NS = No significativo

** = Altamente significativo

En el Cuadro 4 se presenta el rendimiento promedio expresado por los genotipos en cada localidad. El menor rendimiento promedio se obtuvo en Melchorita (Río San Juan) con 3.02 t ha⁻¹ y el mayor se registró en Campos Azules (Masaya), donde se obtuvo un rendimiento de 9.53 t ha⁻¹, indicando que los genotipos se comportaron de forma diferente en los distintos ambientes donde se realizó el estudio, lo que coincide con Córdova (1991) quien señala que la variabilidad ambiental se presenta tanto de un ciclo a otro como entre localidades en una misma época o año, cambiando la magnitud del comportamiento de los genotipos a través de diferentes localidades de prueba.

La expresión distinta de los genotipos en las localidades de evaluación, permite identificar cultivares superiores en ambientes específicos. Marini *et al.* (1993) señalan la necesidad de desarrollar genotipos que respondan de manera adecuada en los lugares a establecerse.

Cuadro 4. Rendimiento promedio (t ha⁻¹) de veinte híbridos de maíz evaluados en cinco localidades de Nicaragua.

Híbrido	Localidades				
	L1	L2	L3	L4	L5
H1	3.99	10.13	3.39	8.56	3.19
H2	3.62	8.54	2.22	8.59	2.66
H3	3.94	10.32	3.62	8.19	2.54
H4	3.34	9.11	3.14	7.55	2.03
H5	2.89	9.25	3.89	8.38	2.16
H6	2.61	10.03	3.52	8.74	3.05
H7	5.39	9.59	3.51	8.49	2.89
H8	4.05	7.28	1.77	8.54	3.60
H9	1.61	9.64	4.36	8.31	2.62
H10	5.06	9.20	2.43	8.87	3.71
H11	4.82	11.34	4.10	8.92	3.23
H12	2.69	9.79	3.95	7.56	3.58
H13	5.77	9.82	3.15	9.52	3.34
H14	2.79	10.18	4.34	8.97	3.58
H15	4.78	9.54	4.09	7.69	3.22
H16	4.56	9.72	2.89	8.38	3.53
H17	4.75	10.79	3.35	7.92	2.85
H18	6.54	9.14	2.93	7.12	4.34
H19	5.73	9.28	3.14	8.17	2.48
H20	3.36	7.98	3.88	8.32	1.86
DMS (5 %)	0.77	1.72	1.48	1.01	0.95
CV (%)	11	11	26	7	19
Media	4.11	9.53	3.38	8.34	3.02

Los híbridos H18 en Santa Rosa (L1) y Melchorita (L5), H11 en Campos Azules (L2) y H13 en Quilalí (L4) superaron de forma significativa a ambos testigos en cada una de esas localidades. En la localidad de Jucuapa (L3), los híbridos no mostraron diferencia estadística entre sí en cuanto al rendimiento de grano.

Es evidente que la posición jerárquica de los genotipos varió de un ambiente a otro; lo que puede atribuirse no solo a la variabilidad ambiental acentuada por factores bióticos y abióticos, sino también a la diferencia genética entre los híbridos.

4.2 Análisis de varianza combinado y análisis AMMI

El análisis de varianza combinado permite determinar el comportamiento de todos los genotipos en todas localidades de evaluación. En este estudio el análisis combinado indicó diferencias altamente significativas en las fuentes de variación genotipo, localidad e interacción genotipo x localidad. El coeficiente de variación fue de 18.79 % y el rendimiento promedio de 5.68 t ha.⁻¹

Aguiluz (1998) al evaluar 25 híbridos de maíz de grano blanco y 18 de grano amarillo en 17 localidades, encontró alta significancia para la interacción genotipo x ambiente. En estudios similares Quemé y Fuentes (2000) encontraron que la interacción entre los genotipos y el ambiente fue altamente significativa, lo que coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio.

El principal objetivo en el mejoramiento genético del maíz es el desarrollo de cultivares que respondan consistentemente en ambientes favorables y desfavorables. Un cultivar estable bajo estas condiciones se caracteriza por presentar una baja interacción genotipo-ambiente y un alto rendimiento (Córdova, 1991), por lo que se hace necesario determinar el grado de interacción entre el genotipo y el ambiente. El modelo AMMI permite determinar el grado de esta interacción (Crossa *et al.*, 1988).

El Cuadro 5 presenta el análisis de varianza combinado y la descomposición del efecto de interacción mediante al Análisis AMMI. El efecto principal que más contribuyó a la variabilidad total se debió al la localidad, lo que concuerda con Urbina y Bruno (1991) quienes al evaluar siete genotipos de maíz en nueve ambientes de

Nicaragua, encontraron que la expresión de varios caracteres para todos los genotipos varió en dependencia de la localidad.

Cuadro 5. Análisis de varianza combinado para la variable rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$) y descomposición del efecto de interacción genotipo-ambiente.

Fuente de Variación	GL	S de C	% de interacción	CM	Pr > F
Localidad	4	2220.43		555.11**	0.001
Genotipos	19	45.89		2.42**	0.005
Genotipo × localidad	76	155.24	100	2.04**	0.001
PCA 1	22	93.07	60	4.23**	0.001
PCA 2	20	29.98	18	1.49*	0.011
Residuo	34	32.17	22	1.88 ^{NS}	1.470
Error	145	227.86		1.14	
Total		2804.64			
Rendimiento promedio				5.68	

^{NS} = No significativo

* = Significativo al 5 %

** = Altamente significativo

Los dos primeros componentes principales explicaron el 78 % de la variación debida a la interacción genotipo-ambiente. El componente principal IPCA 1 reflejó el 60 % de esta variación con el 22 % de los grados de libertad, indicando la importancia de la interacción en la estimación de las puntuaciones AMMI, tanto para los genotipos como para los ambientes; de igual manera estos resultados confirman que el IPCA 1 tiene valores predictivos.

Los rendimientos promedios y puntuaciones AMMI para los genotipos y localidades en evaluación se presentan en el Cuadro 6. Los híbridos H10 y H13 superaron de forma significativa a ambos testigos a través de las cinco localidades, superando al mejor testigo H19 (H-INTA 991) en 13 y 14 % respectivamente, no obstante, expresaron su mayor potencial en ambientes favorables. Los híbridos H11, H15 y H17 superaron en rendimiento a la media general y fueron identificados por AMMI como estables, por presentar puntuaciones cercanas a cero (0.11, 0.17 y 0.16, respectivamente). Según Córdova (1991) los genotipos con estas características pueden ser promovidos como cultivares de adaptación amplia.

La localidad de Melchorita (L5) presentó puntuaciones AMMI cercanos a cero; no obstante en este sitio, al igual que en Santa Rosa (L1) y Jucuapa (L3) los materiales genéticos mostraron rendimientos por debajo de la media general, lo que los identifica como ambientes desfavorables. Las localidades de Campos Azules (L2) y Quilalí (L4) se comportaron como ambientes favorables, alcanzando rendimientos superiores a la media (9.56 y 8.34 t ha⁻¹ respectivamente).

Cuadro 6. Rendimiento promedio (t ha⁻¹) y puntuaciones AMMI de los híbridos y localidades evaluadas. Nicaragua, 2004.

Híbrido	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Puntuación AMMI	Localidades	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Puntuación AMMI
H13	6.43	0.52	L1	4.11	1.96
H10	6.39	0.35	L2	9.56	-0.50
H11	6.04	0.11	L3	3.36	-1.09
H14	5.97	-0.76	L4	8.34	-0.47
H7	5.96	0.16	L5	3.03	0.11
H1	5.89	0.12			
H15	5.88	0.17			
H17	5.80	0.16			
H3	5.75	-0.14			
H16	5.69	0.25			
H18	5.67	1.15			
H6	5.65	-0.66			
H12	5.64	-0.54			
H19	5.63	0.62			
H2	5.39	0.03			
H20	5.29	-0.31			
H8	5.23	0.45			
H9	5.14	-1.14			
H5	5.04	-0.42			
H4	5.02	-0.13			
DMS (5 %)	1.05				
Media general	5.67			5.67	

En la Figura 1 se muestra gráficamente el comportamiento de los ambientes y genotipos, tomando en cuenta el primer eje de componentes principales (IPCA 1) y el rendimiento promedio.

El modelo AMMI caracteriza las localidades en base al comportamiento de los cultivares, es decir los cultivares como indicadores biológicos tipifican los ambientes en favorables y desfavorables (Urbina y Bruno, 1991). Las localidades de Santa Rosa (L1) y Jucuapa (L3) presentaron altas puntuaciones para el primer componente principal de la interacción, indicando que estos sitios interactuaron fuertemente con los materiales genéticos en estudio. Las bajas puntuaciones IPCA 1 que presentaron las localidades de Campos Azules (L2), Quilalí (L4) y Melchorita (L5) sugieren que estas localidades interactuaron débilmente con los genotipos.

Con relación al rendimiento promedio, en la Figura 1 se localizan los ambientes más productivos, correspondientes a las localidades de Campos Azules (L2) y Quilalí (L4), lo que pudo deberse a la buena distribución de la precipitación (Figuras 2A y 4A, en Anexos) a lo largo del ciclo del cultivo; sin embargo, el comportamiento de los genotipos no puede atribuirse a un solo factor. Ortega (2001) señala que los factores bióticos y abióticos (precipitación, tipo de suelo, incidencia de plagas, manejo agronómico, luminosidad, humedad relativa, vientos, entre otros) influyen sobre el comportamiento biológico del cultivo.

Las localidades de Santa Rosa, Jucuapa y Melchorita se identificaron como ambientes desfavorables; al parecer, las altas temperaturas e irregulares precipitaciones (figuras 1A, 3A y 5A, en Anexos) dieron lugar a una mayor incidencia de enfermedades como achaparramiento del maíz y pudrición de mazorca, lo que posiblemente redujo el número de mazorcas cosechadas y por consiguiente el rendimiento promedio de los genotipos.

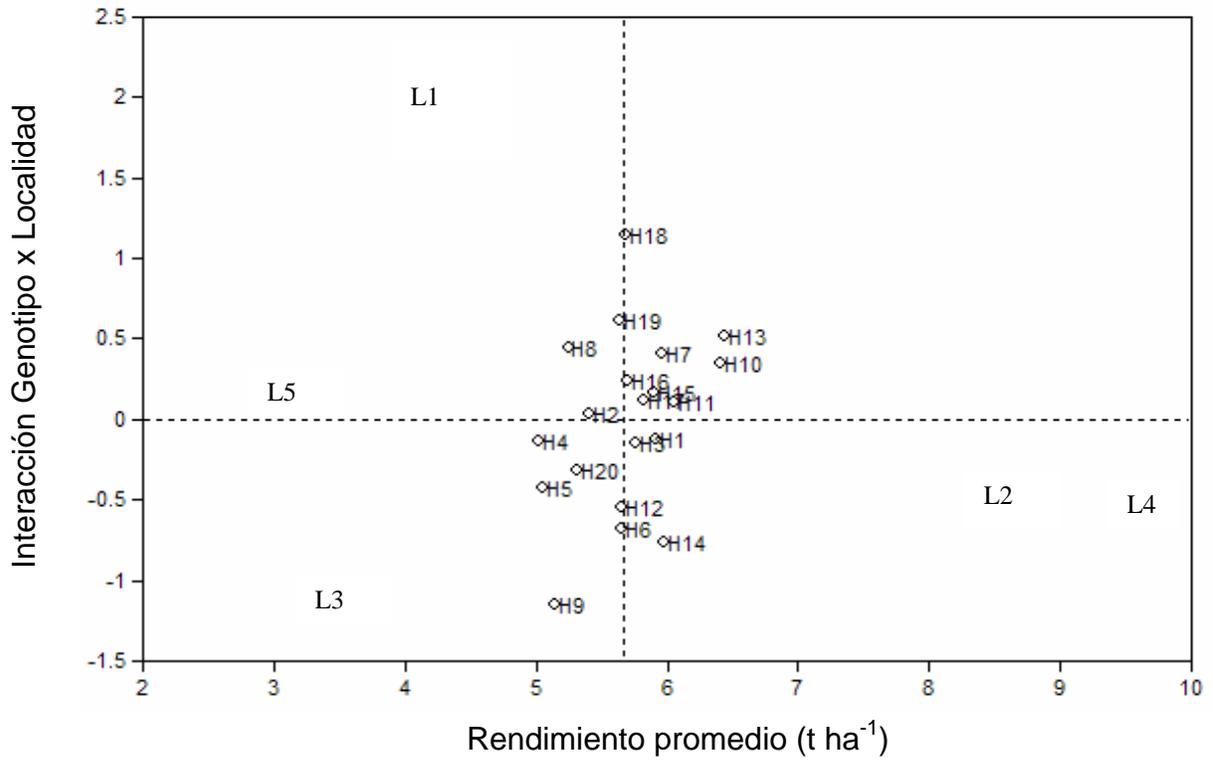


Figura 1. Medias de rendimiento y puntuaciones del primer eje del componente principal de veinte híbridos de maíz y cinco ambientes. Primera, 2004.

V. CONCLUSIONES

En base a los resultados se concluye:

1. Se logró determinar diferencias significativas entre los genotipos y sus interacciones, encontrándose interacciones positivas y negativas entre los materiales genéticos y las localidades, lo que permitió identificar genotipos superiores en cuanto al rendimiento de grano y adaptación.
2. Los híbridos H11, H15 y H17 presentaron consistencia en cuanto al rendimiento en ambientes favorables y desfavorables, mientras que los híbridos H10, que es de alta calidad de proteína y H13, mostraron el mayor rendimiento promedio, expresando su mayor potencial en ambientes favorables. Se observó que los híbridos H11 en Campos Azules, H13 en Quilalí y H18 en Santa Rosa y Melchorita mostraron adaptación específica en estas localidades.

VI. RECOMENDACIONES

Incrementar semilla de los híbridos H11, H15 y H17 para establecer parcelas de validación, tanto en ambientes favorables como desfavorables.

Incrementar semilla de los híbridos H10 y H13 a fin de establecer parcelas de validación en ambientes favorables.

Establecer parcelas de validación de los híbridos H18 en Santa Rosa y Melchorita y H11 en Campos Azules, por presentar adaptación específica en estos ambientes.

VII. LITERATURA CITADA

- Aguiluz, A. 1998. Evaluación de Híbridos de Maíz (*Zea mays* L.) de Grano Blanco y Amarillo en Ambientes de Centro América, Panamá y el Caribe en 1996. *En: Agronomía Mesoamericana*, 1998. Volumen 9.pp.28 - 37.
- Bolaños, J. 1993. Bases Fisiológicas del Progreso Genético en Cultivares del PRM. *En: Síntesis de Resultados Experimentales del PRM*, 1992. Volumen 4. 1993. pp. 27 -38.
- 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.*
- Cerreta, S., Abadie, H., Ozerami 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. Uruguay. Pág. 9-13.
- Córdova, H. S. 1991. Repuestas diferenciales para rendimientos de híbridos de maíz evaluados en ambientes contrastantes de Latinoamérica, PCCMCA 1990. *En: XXXII Reunión Anual del PCCMCA, República de Panamá. Pp.137-164.*
- Castellanos, J. S., Fuentes, M., Guerra, F., Cruz, O., Espinosa, A.; Hernández, J. y C. Gordón. 2003. Híbridos Desarrollados por el Programa Regional de Maíz y su Potencial en Regiones Maiceras de Centro América, 2002. *En: Resumen. XLIX Reunión Anual del PCCMCA 2003. La Ceiba, Honduras. p.98.*
- Espinoza, A., Ortega, D. y R. Urbina. 2002. Evaluación de Híbridos de Maíz (*Zea mays* L.) de Grano Blanco y Amarillo en Ambientes Contratantes de Nicaragua. *En: Síntesis de Resultados Experimentales del PRM. Volumen 6. Pp. 32-38.*
- Espinoza, A., Ortega, D. Palafox, A., Córdova, H., Vergara, N. y B. Vivek. 2004. Nuevos Sintéticos de Maíz de Grano Blanco de Alta Calidad Proteica (QPM) para Mesoamérica. *En: Resumen. L Reunión Anual del PCCMCA 2004. El Salvador. p.140.*
- Fuentes, M. R. y W. Quemé. 2000. Informe Ensayo Regional de Maíz PCCMCA 99. ICTA-PRM. 50 p.
- INETER. 2004. Resumen Meteorológico Diario del 2004. Dirección General de Meteorología. Managua, Nicaragua.
- INTA. 2000. Acto de entrega de tres nuevos cultivares de maíz: NB-NUTRINTA, H-INTA 991 y HQ-INTA 993. Managua, Nicaragua. 26 p.

- INTA. 2005. Informe técnico anual de maíz. Managua, Nicaragua. Pág. 4.
- Loáisiga, J. L. 2002. Granos básicos: Maíz (*Zea mays* L.) Facultad de Desarrollo Rural Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 65 p.
- Marini, D., Vega, I. y L. Maggioni. 1993. Genética agraria. FAGRO. Managua, Nicaragua. 346 p.
- Márquez, S. F. 1976. El problema de la interacción genético ambiental en genotecnia vegetal. Ed. PATENA, A.C. Universidad Autónoma, Chapingo, México. 113p.
- 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.
- 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, Centroamérica, El Caribe y Venezuela. *En: Informe del PCCMCA, 1991. PRM - ICTA, Guatemala, C. A.* p. 61.
- Reyes, C. P. 1990. El maíz y su cultivo. A. G. T. Editor S. A., México, D. F. 460 pp.
- Urbina, R. y Bruno, A. 1991. Estabilidad del rendimiento de cultivares de maíz en ambientes contrastantes de Nicaragua. CNIGB. Managua, Nicaragua. 19 pp.
- Urbina, R. 1993. Evaluación de Híbridos Maíz (*Zea mays* L.) de Grano Blanco y Amarillo en Ambientes de Centro América y México. *En: Síntesis de Resultados Experimentales del PRM 1992. Volumen 4. 1993. Pp. 27-38.*
- Urbina, A. y N. Bird. 2002. Promoción y difusión de cultivares de maíz. Resultados de parcelas demostrativas, Primera-Postretera 2001. Nicaragua. Proyecto de Mejoramiento de semilla, USAID/DAI, PROMESA. 43 pp.

VIII. ANEXOS

Cuadro 1A. Características agronómicas de veinte híbridos de maíz evaluados en cinco localidades de Nicaragua. Santa Rosa, Managua. Primera, 2004.

Híbrido	DFM	DFF	API	AIMz	% AcRa	% AcTa	% PIAch	% MzPo	t ha ⁻¹
H1	58.0	58.0	204.1	108.3	1.1	0.5	37.8	12.6	3.99
H2	57.0	55.0	199.8	88.1	1.4	1.0	42.9	35.1	3.62
H3	57.0	55.0	206.7	96.6	1.3	1.4	41.6	15.2	3.94
H4	59.0	58.0	209.6	110.1	1.3	1.8	33.4	16.2	3.34
H5	59.0	58.0	199.0	103.5	1.3	2.4	39.8	8.0	2.89
H6	59.0	57.0	202.2	91.8	1.0	2.9	53.7	38.3	2.60
H7	57.0	56.0	195.5	101.6	1.0	3.6	23.6	15.0	5.39
H8	58.0	57.0	205.1	94.9	1.2	3.9	43.8	21.8	4.05
H9	60.0	59.0	177.9	91.7	1.4	5.1	70.5	46.3	1.60
H10	58.0	56.0	208.4	101.7	1.1	4.7	40.9	8.7	5.05
H11	61.0	60.0	246.7	120.1	1.0	4.5	34.7	20.4	4.82
H12	58.0	56.0	210.7	108.1	1.1	5.7	57.3	17.8	2.68
H13	58.0	57.0	212.7	103.3	1.2	6.1	23.2	18.8	5.77
H14	58.0	57.0	196.5	99.9	1.4	7.1	56.2	29.4	2.79
H15	56.0	55.0	206.5	100.2	1.3	7.3	36.9	16.2	4.78
H16	56.0	55.0	194.7	101.8	1.3	8.1	45.1	25.1	4.56
H17	61.0	59.0	204.7	114.7	1.1	8.3	35.6	13.7	4.75
H18	56.0	54.0	210.2	109.8	1.7	8.6	4.70	7.1	6.53
H19	55.0	54.0	199.2	105.1	1.0	9.5	11.1	6.8	5.73
H20	60.0	58.0	193.1	101.1	1.4	10.4	40.2	17.8	3.36
DMS	2.1	2.0	21.5	16.2	0.0	0.6	3.5	6.2	0.77
CV (%)	2.0	2.0	6.0	9.0	0.0	7.0	7.0	10.0	11.00
Media	58.2	56.7	204.2	102.6	1.2	5.2	38.7	19.53	4.12

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 2A. Características agronómicas de veinte híbridos de maíz evaluados en cinco localidades de Nicaragua. Campos Azules, Masaya. Primera, 2004.

Híbrido	DFM	DFF	APII	AIMz	% AcRa	% AcTa	% PIAch	% MzPo	t ha ⁻¹
H1	63.0	60.0	222.8	116.3	0.8	0.3	1.1	2.9	10.10
H2	60.0	61.0	213.9	106.5	1.3	1.1	1.2	11.6	8.50
H3	62.0	60.0	242.9	123.5	0.5	0.9	1.3	14.0	10.30
H4	62.0	62.0	213.5	118.7	1.4	1.9	1.5	8.2	9.10
H5	63.0	61.0	232.4	111.1	1.0	2.2	1.3	11.6	9.25
H6	62.0	60.0	225.4	100.3	1.1	2.6	1.0	15.5	10.00
H7	63.0	64.0	208.1	109.2	1.1	3.2	1.0	10.9	9.50
H8	62.0	59.0	221.7	125.0	0.9	3.5	1.2	11.5	7.20
H9	61.0	59.0	208.9	122.4	1.3	4.2	1.3	2.9	9.60
H10	62.0	62.0	204.2	117.5	1.4	4.8	1.1	6.9	11.30
H11	63.0	67.0	181.7	121.4	1.4	6.3	1.0	9.9	9.20
H12	62.0	62.0	239.2	130.5	1.2	5.0	1.1	7.8	9.70
H13	64.0	62.0	231.3	120.4	0.8	5.6	1.2	10.8	9.80
H14	60.0	68.0	225.6	115.9	1.2	6.2	1.4	5.1	10.10
H15	63.0	62.0	214.6	118.3	1.1	6.9	1.3	8.9	9.50
H16	61.0	61.0	225.3	117.5	1.0	7.1	1.3	12.9	9.70
H17	63.0	62.0	240.8	137.2	1.1	7.1	1.1	9.1	10.70
H18	62.0	61.0	240.5	131.4	1.1	7.5	1.6	7.5	9.10
H19	61.0	61.0	234.3	126.0	1.0	8.2	1.0	11.5	9.20
H20	62.0	62.0	197.8	112.9	1.2	10.2	1.4	12.1	7.90
DMS	0.7	0.0	23.2	20.9	0.0	0.6	0.0	2.3	1.72
CV (%)	1.0	0.0	6.0	10.0	0.0	8.0	0.0	9.8	11.00
Media	62.1	61.1	221.2	119.1	1.2	4.8	1.2	9.6	9.53

DFM = Días a flor masculina

DFF = Días a flor femenina

APII = 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 veinte híbridos de maíz evaluados en cinco localidades de Nicaragua. Jucuapa, Matagalpa. Primera, 2004.

Híbrido	DFM	DFF	API	AIMz	% AcRa	% AcTa	% PI Ach	% MzPo	t ha ⁻¹
H1	64.0	69.0	195.4	101.3	1.1	0.7	0.9	23.9	3.30
H2	58.0	64.0	190.0	95.7	1.5	1.0	1.3	46.9	2.20
H3	59.0	64.0	195.0	106.0	0.9	1.4	0.5	25.1	3.60
H4	58.0	64.0	193.6	100.5	1.4	2.0	1.4	22.0	3.10
H5	58.0	63.0	202.4	105.7	1.0	2.4	1.0	15.7	3.80
H6	56.0	63.0	191.7	103.2	1.4	3.1	1.1	19.5	3.50
H7	56.0	61.0	197.4	99.5	1.3	3.6	1.1	26.6	3.50
H8	59.0	61.0	225.0	112.0	1.2	3.6	0.8	38.9	1.70
H9	57.0	64.0	206.0	126.8	1.1	4.3	1.3	28.9	4.30
H10	62.0	62.0	184.6	95.4	1.3	5.2	1.4	32.0	2.40
H11	56.0	67.0	206.8	108.6	1.4	5.2	1.4	19.4	4.10
H12	61.0	61.0	201.7	105.9	1.3	6.0	1.2	16.8	3.90
H13	60.0	63.0	201.1	105.0	1.1	6.4	0.8	34.9	3.10
H14	56.0	64.0	193.2	96.6	1.3	7.1	1.2	14.0	4.30
H15	57.0	61.0	180.1	80.3	1.3	9.1	1.1	37.1	4.00
H16	60.0	63.0	183.5	92.3	1.5	8.8	1.0	12.0	2.80
H17	63.0	65.0	196.9	95.4	0.9	9.3	1.1	30.2	3.30
H18	57.0	68.0	189.3	95.2	1.2	10.4	1.1	14.2	2.90
H19	58.0	63.0	204.8	103.1	1.2	9.2	1.0	20.7	3.10
H20	56.0	61.0	206.6	108.6	1.3	9.3	1.2	20.9	3.80
DMS	1.4	0.0	28.7	16.1	0.0	1.1	0.0	6.9	1.48
CV (%)	1.0	0.0	9.0	9.0	0.0	12.0	0.0	19.6	26.00
Media	58.6	63.5	197.3	101.9	1.3	5.5	1.2	25.0	3.38

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

% PI Ach = Porcentaje de plantas achaparradas

% MzPo = Porcentaje de mazorcas podridas

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

Cuadro 4A. Características agronómicas de veinte híbridos de maíz evaluados en cinco localidades de Nicaragua. Quilalí, Nueva Segovia. Primera, 2004.

Híbrido	DFM	DFF	API	AIMz	% AcRa	% AcTa	% PI Ach	% MzPo	t ha ⁻¹
H1	57.0	59.0	190.4	94.5	1.2	0.5	1.2	3.2	8.50
H2	55.0	62.0	210.0	111.2	1.1	0.9	1.5	3.3	8.50
H3	58.0	61.0	205.5	101.9	1.2	1.4	0.9	2.5	8.10
H4	56.0	58.0	214.7	99.1	1.2	1.9	1.4	2.0	7.50
H5	58.0	60.0	225.2	91.0	1.2	2.2	1.0	2.8	8.30
H6	59.0	61.0	212.7	107.4	1.1	2.7	1.2	3.0	8.70
H7	57.0	59.0	210.5	94.5	1.0	3.3	1.3	2.8	8.40
H8	58.0	60.0	209.8	97.4	1.3	3.8	1.2	3.6	8.50
H9	58.0	60.0	202.5	96.7	1.3	4.4	1.1	2.6	8.30
H10	59.0	60.0	205.6	91.9	1.1	4.8	1.3	3.7	8.80
H11	59.0	63.0	209.7	94.6	1.0	5.2	1.4	3.2	8.90
H12	58.0	60.0	211.7	104.3	1.3	5.7	1.3	3.5	7.50
H13	59.0	61.0	207.6	100.1	1.2	6.2	1.1	2.0	9.50
H14	57.0	59.0	201.1	94.6	1.1	6.9	1.3	3.5	8.90
H15	58.0	60.0	214.9	102.0	1.0	6.9	1.3	3.1	7.60
H16	57.0	59.0	207.7	94.4	1.3	7.7	1.5	3.5	8.30
H17	60.0	62.0	217.8	98.1	1.0	7.8	0.9	2.8	7.90
H18	59.0	63.0	191.8	91.4	1.4	9.7	1.2	4.3	7.10
H19	58.0	59.0	201.0	97.1	1.0	9.4	1.2	2.4	8.10
H20	59.0	61.0	204.6	95.6	1.2	9.7	1.3	1.8	8.30
DMS	2.1	2.5	25.3	20.1	0.0	1.0	0.0	0.9	1.01
CV (%)	2.0	3.0	7.0	12.0	0.0	12.0	0.0	18	7.00
Media	57.9	60.4	208.2	90.0	1.2	5.1	1.3	3.0	8.34

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

% PI Ach = Porcentaje de plantas achaparradas

% MzPo = Porcentaje de mazorcas podridas

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

Cuadro 5A. Características agronómicas de veinte híbridos de maíz evaluados en cinco localidades de Nicaragua. Melchorita, Río San Juan. Primera, 2004.

Híbrido	DFM	DFF	APII	AIMz	% AcRa	% AcTa	% PIAch	% MzPo	t ha ⁻¹
H1	56.0	58.0	204.0	92.0	1.3	0.4	1.5	38.0	3.10
H2	57.0	58.0	181.0	73.8	1.0	1.1	1.3	42.9	2.60
H3	57.0	59.0	169.0	86.0	1.7	1.8	0.5	40.5	2.50
H4	58.0	60.0	194.0	98.2	1.4	2.0	1.4	34.3	2.00
H5	57.0	59.0	190.0	85.9	1.3	2.6	1.0	39.7	2.20
H6	57.0	59.0	201.7	85.2	1.1	2.9	1.1	43.8	3.00
H7	56.0	58.0	194.3	91.7	1.0	3.5	1.1	24.2	2.80
H8	56.0	58.0	195.3	87.0	1.1	4.1	0.8	43.8	3.60
H9	57.0	59.0	183.0	80.3	1.2	4.9	1.3	50.5	2.60
H10	57.0	59.0	192.3	95.3	1.0	5.2	1.4	40.9	3.70
H11	58.0	60.0	203.0	90.3	1.1	5.4	1.4	34.7	3.20
H12	55.0	57.0	219.7	103.6	1.2	5.4	1.2	57.3	3.50
H13	56.0	58.0	205.3	103.4	1.0	6.3	0.9	23.2	3.30
H14	53.0	56.0	186.3	84.5	1.4	7.4	1.2	56.2	3.50
H15	56.0	58.0	206.0	98.0	1.1	7.3	1.1	36.9	3.20
H16	54.0	56.0	195.3	89.6	1.5	8.2	1.0	45.1	3.50
H17	57.0	59.0	216.0	105.0	1.2	7.9	1.1	35.6	2.80
H18	56.0	58.0	205.0	91.1	1.2	8.7	0.8	24.7	4.30
H19	56.0	58.0	197.7	99.7	1.3	9.5	1.0	31.1	2.40
H20	59.0	61.0	181.7	93.7	1.5	11.0	1.2	40.2	1.80
DMS	1.0	0.8	24.7	13.6	0.0	0.6	0.0	3.5	0.95
CV (%)	1.0	1.0	8.0	9.0	0.0	6.0	0.0	7.0	19.00
Media	56.4	58.3	196.0	91.8	1.3	5.3	1.2	38.7	3.02

DFM = Días a flor masculina

DFF = Días a flor femenina

APII = 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

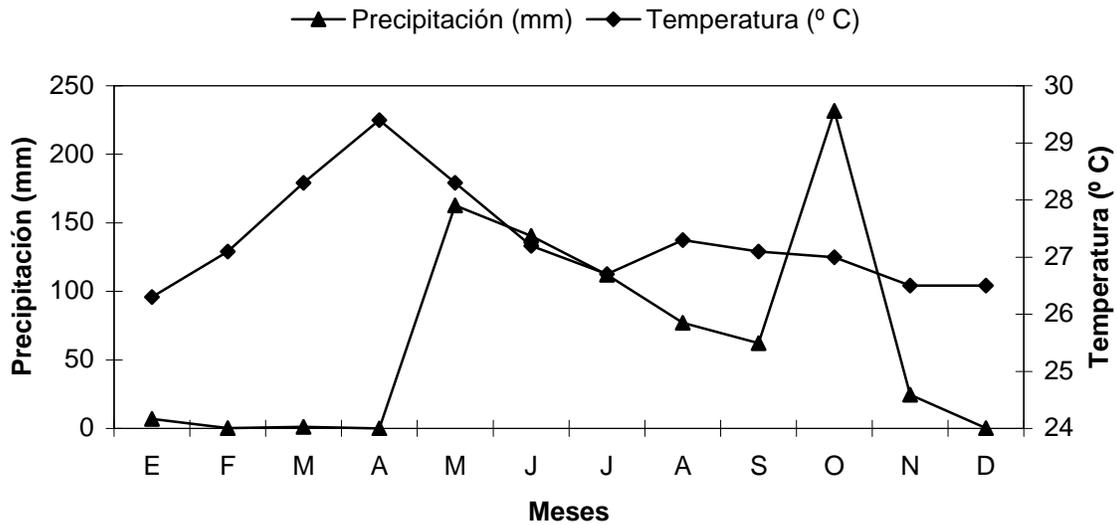


Figura 1A. Promedios de precipitación y temperatura en Santa Rosa, Managua. INETER, 2004.

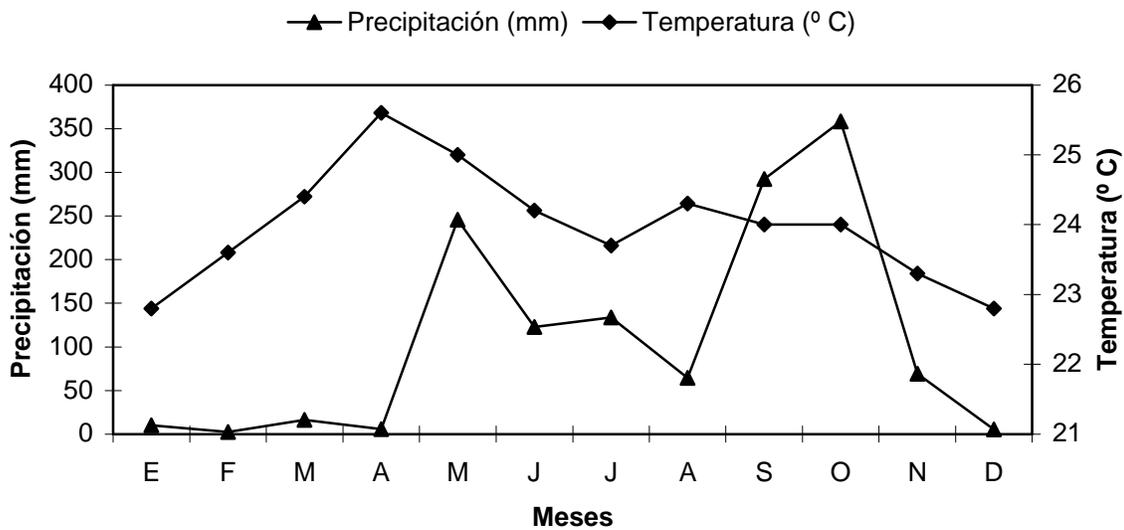


Figura 2A. Promedios de precipitación y temperatura en Campos Azules, Masaya. INETER, 2004.

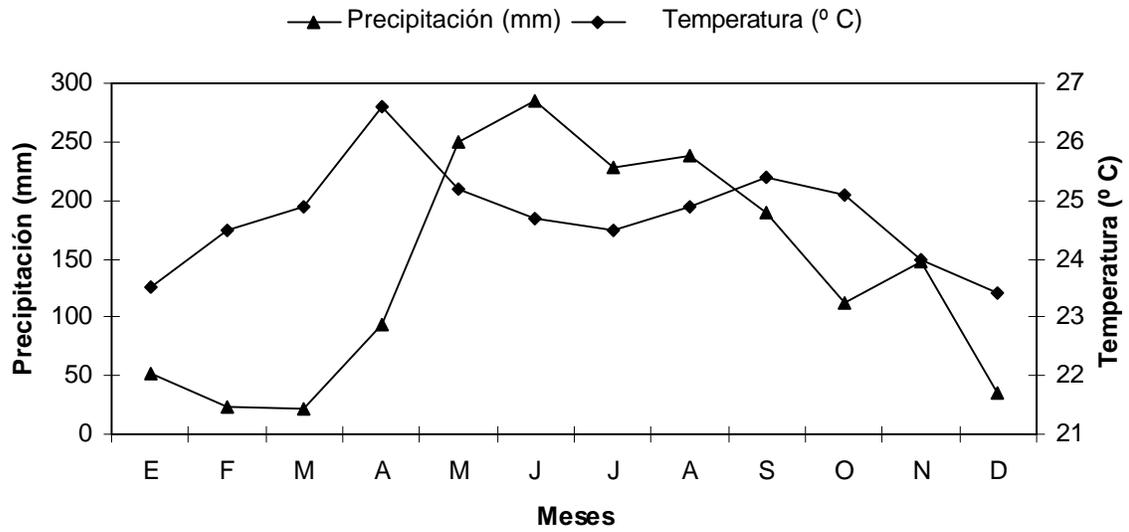


Figura 3A. Promedios de precipitación y temperatura en Jucuapa, Matagalpa. INETER, 2004.

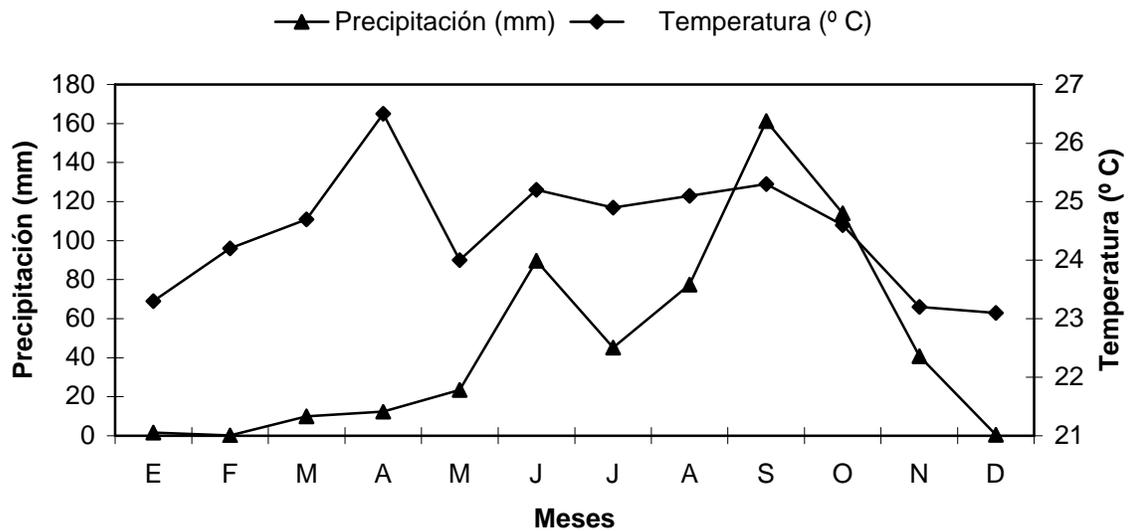


Figura 4A. Promedios de precipitación y temperatura en Quilalí, Nueva Segovia. INETER, 2004.

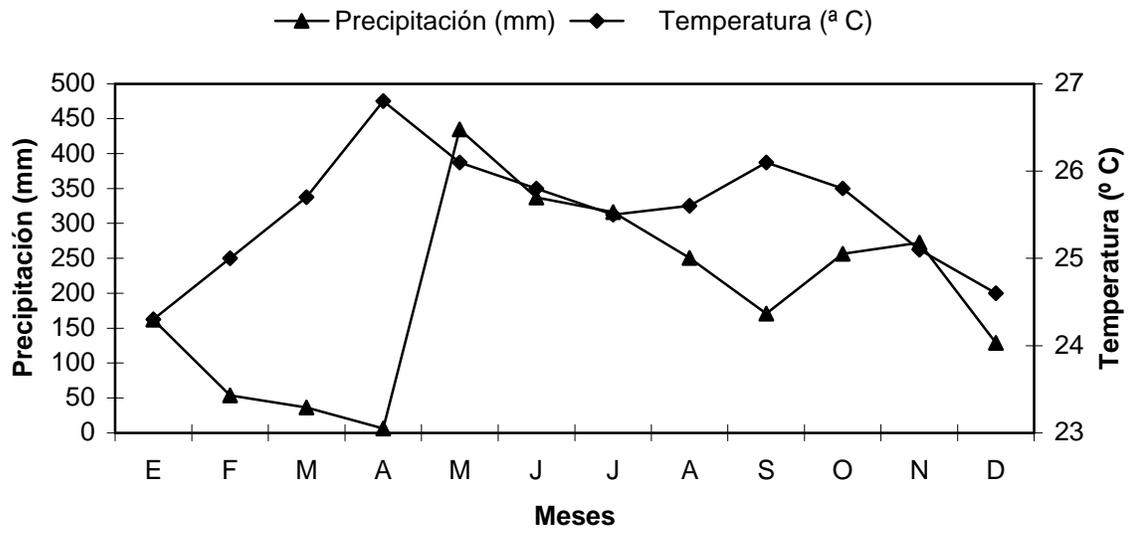


Figura 5A. Promedios de precipitación y temperatura en Melchorita, Río San Juan. INETER, 2004.