



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
Departamento de Producción Vegetal

Trabajo de Graduación

Comportamiento agronómico y adaptabilidad de cuatro cultivares de maíz (*Zea mays* L.) en nueve localidades de los municipios de Darío, San Ramón y San Dionisio, departamento de Matagalpa, postrera 2013.

Autores

Br. Deyvin Johan Obregón Moreno

Br. Junior Josué Reyes Cáceres

Asesor

Dr. Oscar José Gómez Gutiérrez

M.Sc. Marvin Fornos Reyes

Managua, Nicaragua

Abril, 2016



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
Departamento de Producción Vegetal

Trabajo de Graduación

Comportamiento agronómico y adaptabilidad de cuatro cultivares de maíz (*Zea mays* L.) en nueve localidades de los municipios de Darío, San Ramón y San Dionisio, departamento de Matagalpa, postrera 2013.

Autores

Br. Deyvin Johan Obregón Moreno
Br. Junior Josué Reyes Cáceres

Asesor

Dr. Oscar José Gómez Gutiérrez
M.Sc. Marvin Fornos Reyes

Presentado a la consideración del Honorable Tribunal Examinador como
requisito parcial para optar al grado de INGENIERO AGRÓNOMO

Managua, Nicaragua
Abril, 2016

INDICE DE CONTENIDO

Sección	Página
DEDICATORIA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE DE CUADROS.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	v
INDICE DE ANEXOS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
III. METODOLOGIA.....	4
3.1 Ubicación del área de estudio.....	4
3.2 Diseño metodológico.....	8
3.3 Material Vegetal.....	8
3.4 Tamaño de las unidades experimentales.....	9
3.5 Manejo del ensayo.....	9
3.5.1 Preparación del suelo.....	10
3.5.2 Siembra.....	10
3.5.3 Control de Arvenses.....	10
3.5.4 Control de plagas y enfermedades.....	10
3.5.5 Cosecha.....	10
3.6 Variables a evaluadas.....	11
3.7 Análisis de datos.....	13
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	14
4.1 Análisis general de las condiciones agroclimáticas y de manejo agronómico de los ensayos.....	14
4.2 Análisis de variables cuantitativas de los cuatro cultivares de maíz evaluadas en las 16 fincas de los municipio de San Ramón, San Dionisio y Darío.....	17
4.3 Análisis de Adaptabilidad.....	21

4.4 Adaptabilidad de los cultivares y localidades en estudios	25
V. CONCLUSION	28
VI. RECOMENDACIONES	29
VII. LITERATURA CITADA	30
VIII. ANEXOS	32

DEDICATORIA

A ese ser supremo **DIOS NUESTRO CREADOR** que me ha dado las fuerzas y la voluntad para la culminación de este trabajo de investigación, el cual en los momentos difíciles me ha dado la fortaleza para afrontarlos y salir hacia adelante, ese ser que nunca me ha desamparado y que estoy seguro que gracias a su incondicional amor he podido alcanzar esta gran meta.

De manera muy especial a mis padres **Juan Andrés Obregón Meza e Irma de Jesús Espinoza Moreno** por su apoyo incondicional, sin el cual no se hubiera alcanzado este trabajo, gracias por toda la ayuda económica que me han dado, por sus consejos y por sus constantes oraciones para que se lograra esta meta y para que siempre estuviera libre de cualquier peligro.

A mis hermanos **Junior Andrés Obregón Espinoza y Naydelin Fernanda Obregón Espinoza**, por estar siempre pendientes de mí y siempre estar a mi lado en las buenas y en las malas.

A la memoria de mis abuelos **Inés Antonio Obregón Rodríguez y Adriana del Carmen Meza Silva**, que aunque no pudieron en vida verme alcanzar esta meta sé que desde el cielo lo están haciendo.

A mi abuelita **Eusebia Obregón Mendoza** y demás miembros de mi familia.

A mi comunidad de origen **Las Sidras** el lugar que me vio nacer, crecer y el cual me llena de mucho orgullo mencionar y poner en alto.

A mis amigos de la universidad los que nos auto llamábamos “**LOS MISMOS**” (Junior Josué Reyes Cáceres, Douglas Andrades Chavarría, Raúl Iván Blandón Herrera, Everth Martín Aguirre, Maycol José Suárez, Freddy Loáisiga y Oswaldo Urbina).

Br. Deyvin Jehan Obregón Moreno

DEDICATORIA

Antes de todo, la realización de este trabajo se la dedico a **Dios** por haberme dado la vida, porque siempre me dio la fuerza y sabiduría para seguir adelante en este largo proceso de formación de mi vida.

De manera muy especial: A mis padres **Darwin Manuel Reyes Rodríguez y Telma del Carmen Cáceres Rugama** por ser los seres a quienes más amo en esta tierra y por ese apoyo incondicional que me han brindado, ya que con sus trabajos he logrado cumplir mis sueños.

A mis abuelos **Antonio Cáceres Valle y Yolanda del Socorro Rugama Meza**, quienes me apoyaron día a día para que culminara con éxito mis estudios.

A mi hijo **Janier Alonso Reyes Martínez**, quien es el regalo más maravilloso que DIOS me ha regalado y quien ha sido el motivo por quien lucho cada día.

A mi esposa **Wendy Leonor Martínez**, por su amor y fidelidad entregada y por estar a mi lado en los malos y buenos momentos durante el transcurso de mis estudios.

A mis amigos **Deyvin Obregón, Maycol Suarez, Everth Aguirre, Freddy Loáisiga, Douglas Andrades, Raúl Blandón y Oswaldo Urbina**, con quienes compartí los buenos y malos momentos durante estos arduos años de estudio.

Br. Junior Josué Reyes Cáceres

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios nuestro padre celestial por guiarnos en este arduo trabajo, por darnos la sabiduría para culminar este trabajo y por mantenernos fuera de todo peligro en estos cinco años de estudio.

A nuestros padres porque siempre estuvieron a nuestro lado apoyándonos y aconsejándonos para poder lograr este sueño.

A la Universidad Nacional Agraria por habernos acogido y formado profesionalmente convirtiéndose en nuestra alma mater; gracias por habernos becado durante cinco años y medios.

A nuestros asesores Ing. M.Sc. Marvin Fornos Reyes y el Dr. Oscar José Gómez Gutiérrez, por su apoyo, tiempo, dedicación y grato esfuerzos al transmitirnos sus conocimientos para la elaboración de nuestra tesis.

A SWISSAID y al Programa Campesino a Campesino (PCaC) por el apoyo económico que nos brindó y el acompañamiento de parte de sus técnicos Antonio Mejía y Santos Alarcón, que nos brindaron su apoyo en la etapa de campo de nuestro estudio.

A los productores por abrirnos las puertas de sus fincas, por haber sido parte de esta investigación, por la amabilidad, esfuerzo, compromiso y dedicación para la elaboración de este trabajo.

A la Ing. Irma Velásquez Córdoba por el apoyo que nos brindó en los análisis que realizamos en el laboratorio de semilla de la UNA.

Br. Deyvin Johan Obregón Moreno

Br. Junior Josué Reyes Cáceres

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Características físicas y geográficas de las nueve localidades donde se establecieron los dieciséis ensayos de maíz (<i>Zea mays</i>) en postrera 2013	4
2	Ubicación de cada localidad por municipio, distribución de los cultivares en estudio por localidad y número de fincas por localidad en el ciclo agrícola postrera 2013	9
3	Comportamiento del rendimiento por localidades en estudio en el ciclo de postrera 2013	15
4	Estadísticas descriptivas para variables de campo, de grano y de rendimiento de cuatro cultivares de maíz evaluados preliminarmente en nueve localidades en los municipios de San Dionisio, San Ramón y Darío del departamento de Matagalpa, postrera 2013	18
5	Estadísticas descriptivas de tres cultivares fenológicas de cuatro cultivares de maíz sometidos a estudio en nueve localidades en los municipios de San Dionisio, San Ramón y Darío del departamento de Matagalpa, postrera 2013	20
6	Significancia estadística del análisis de regresión lineal o análisis de varianza e regresión conjunta	21
7	Análisis de variancia y estabilidad de las regresiones para los cuatro cultivares	22
8	Medias de rendimiento en kilogramos ha ⁻¹ de los cultivares H-INTA 991, Olote Rojo, Tuza Morada y H-5 de las 16 fincas en estudio en el ciclo postrera 2013	26

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Distribución de las precipitaciones (mm) en pentadas registradas durante todo el ciclo del cultivo, durante el ensayo en las localidades Piedra Colorada (A), Guadalupe (B), Samulalí (C), Los Limones (D), Susulí (E), El Corozo (F), Dulce Nombre de Jesús (G), El Pital (H), La Pita (I) en los Municipio de San Dionisio (SD), San Ramón (SR) y Ciudad Darío CD), departamento de Matagalpa, Postrera 2013	5
2	Comportamiento de temperaturas máximas y mínimas registradas durante todo el ciclo del cultivo en la época de postrera del año 2013, durante el ensayo en todas las localidades en estudio de los municipios: San Ramón(A), Ciudad Darío (B) y San Dionisio (C)	7
3	Representación gráfica del comportamiento de los cuatro cultivares en estudio contrastando el rendimiento en kilogramos ha ⁻¹ versus el índice ambiental, en el ciclo de postrera, 2013	25

INDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Plano de campo por cultivar	32
2	Forma de determinar la longitud y diámetro de la mazorca	33
3	Medición de las dimensiones del grano de maíz	34
4	Fichas Agro morfológicas de cada cultivar	35

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en nueve localidades de los municipios de Ciudad Darío, San Ramón y San Dionisio, departamento de Matagalpa en la época de postrema 2013. Con el objetivo de evaluar y determinar la adaptabilidad de dos cultivares de maíz locales (Tuza Morada y Olote Rojo) y dos cultivares mejorados (H-INTA 991 y H-5). La decisión de los materiales a estudiar estuvo totalmente a cargo de los propios productores en cada comunidad y finca. El diseño en campo consistió en una sola repetición por variedad en cada una de las 16 fincas con dimensiones de 4.50 m de ancho por 10 m de largo para un área total de 45.0 m². La parcela útil fue los 4 surcos centrales de 3.0 m de ancho por 5.0 m de largo para una superficie de 15.0 m². La siembra se realizó al espeque depositando dos semillas por golpe. Para la evaluación se analizaron 14 variables cuantitativas mediante estadística descriptiva (medias, varianzas, desviación estándar, coeficiente de variación, valores máximos y mínimos). El análisis de adaptabilidad se hizo por medio de regresión lineal. Entre los resultados se destaca que los cultivares estudiados demostraron una gran variabilidad fenotípica al presentar coeficientes de variación alto (mayor de 20), siendo el cultivar H-5 el que obtuvo la menor variabilidad fenotípica. Aunque no fue posible tener todos los cultivares en las localidades y finca dentro de las localidades cada uno mostro resultado de variabilidad fenotípica en mayor a menor por los altos coeficientes de variación obtenidos que reflejan variabilidad fenotípica. Los cultivares locales se destacaron, sobresaliendo el cultivar Olote Rojo el que según el análisis de regresión lineal resultó como el más estable y, el cultivar Tuza Morada con un rendimiento promedio de 2295.5 kg ha⁻¹ fue el que resultó ser el más adaptable y el que logró el mayor potencial de rendimiento. El cultivar mejorado H-INTA 991 (con un rendimiento promedio de 1581.16 kg ha⁻¹) respondió muy bien ocupando el segundo lugar en cuanto al potencial de rendimiento y adaptabilidad.

Palabras Clave: Maíz, Adaptabilidad, Estabilidad, Sitios.

ABSTRACT

The present work was established in nine locations in the municipalities of Dario, San Ramon and San Dionisio, Matagalpa at the time postera 2013, in order to assess and determine the suitability of four cultivars of maize, two local (Tuza Residence Cob and Red) and two improved (H-INTA 991 and H-5). Field design consisted of a single repetition range on each farm with dimensions of 4.50 m wide by 10 m long for a total area of 45.0 m², on the useful plot the 4 central rows of 3.0 m wide and 5.0 m long for an area of 15.0 m². Sowing was done to spar depositing two seeds per hole. For evaluating 14 variables were analyzed using measures of trends (mean, variance, standard deviation, coefficient of variation, maximum and minimum values). Adaptability analysis was done using linear regression the results highlighted that cultivars studied showed a large phenotypic variability in presenting high variation coefficients (greater than 20). As the growing H-5 which presented the lowest phenotypic variability. They highlighted local cultivars being grown under Red Cob linear regression analysis the most stable and growing Tuza Residence with an average yield of 2295.5 kg ha⁻¹, was the one that presented the greatest adaptability and yield potential. It is noteworthy that the improved cultivar H-INTA 991 (with an average yield of 1581.16 kg ha⁻¹) responded well in second place in terms of yield potential and adaptability.

Keywords: Corn, Adaptability, Stability, Places.

I. INTRODUCCION

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las Poáceas, tribu Maydeas y es la única especie cultivada de este género. Es clasificado como una especie del nuevo mundo porque su centro de origen está en América (Paliwal, 2011). México es el centro del origen y diversidad del maíz. Según la evidencia arqueológica, su cultivo en Mesoamérica es de aproximadamente 6,000 años, pero los datos genéticos indican cerca de 9,000 (Bellon y Hellin, 2007). Este hecho, junto con la proximidad de Teosintles silvestres, avala a México como el área geográfica en la que tuvo lugar su domesticación (Ruiz, 1995).

La difusión del maíz a partir de su centro de origen en México a varias partes del mundo ha sido tan notable y rápida como su evolución a planta cultivada y productora de alimentos. Los habitantes de varias tribus indígenas de América Central y México llevaron esta planta a otras regiones de América Latina, al Caribe y después a Estados Unidos de América y Canadá. Los exploradores europeos llevaron el maíz a Europa y posteriormente los comerciantes lo llevaron a Asia y África (Paliwal, 2011). De acuerdo al mismo autor, hoy día el maíz es el segundo cultivo más importante del mundo por su producción, después del trigo. Es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea y es el segundo, después del trigo, en producción total.

En Nicaragua la producción de maíz la realizan los pequeños y medianos productores y está destinada principalmente al consumo familiar, para el comercio o consumo interno. Este cultivo también es utilizado como materia prima en la elaboración de una gran variedad de productos alimenticios procesados (rosquillas, reposterías, dulces, bebidas) y para la elaboración de concentrados o alimentos para aves y cerdos (INTA, 2000).

El Ministerio Agropecuario y Forestal en su informe de producción agropecuaria al cierre del ciclo agrícola 2012-2013, registra un área sembrada de maíz de 347,084.75 hectáreas con una producción total de 465,181,885 kg; con un rendimiento de 1,340.25 kg ha⁻¹ (MAGFOR, 2013), producción que se hace principalmente con variedades criollas.

Al respecto, Semillas de Identidad (2002) afirma que los maíces criollos siguen siendo importantes para la seguridad alimentaria de muchas familias del campo. Los cultivares criollos están adaptados a un sistema tradicional de manejo con cultivos asociados y las condiciones del medio ambiente, mientras que las variedades mejoradas exigen condiciones óptimas y ser sembradas en monocultivo.

En Nicaragua existen diversos entes u organismos que trabajan o aglutinan a redes de productores como la Fundación Suiza de Cooperación al Desarrollo (SWISSAID) y el Programa Campesino a Campesino (PCaC), quienes manejan una amplia colección de semillas criollas (SIMAS *et al.*, 2012). Según el mismo autor, las semillas criollas han logrado existir por siglos y han contribuido a la seguridad alimentaria de los agricultores. Igualmente las variedades mejoradas bajo ciertas condiciones ambientales y de manejo pueden ser una buena alternativa para los agricultores de recursos limitados.

Sin embargo, a pesar que una gran parte de la producción nacional se hace a partir de este tipo de cultivares, existe poca información referente al comportamiento agronómico y la adaptabilidad de estos materiales. Considerando esta situación se planteó la presente investigación para obtener información preliminar respecto a la adaptabilidad y la estabilidad de los rendimientos de algunos de estos materiales, incluyendo dos cultivares mejorados. La evaluación preliminar en el cultivo del maíz se refiere al registro de caracteres con valor agronómico que son deseables según el consenso de los usuarios de este cultivo (CIMMYT, 1991).

Los resultados que se obtengan de esta investigación permitirán determinar cuál de los cultivares en estudio muestran mayor potencial productivo en los diferentes ambientes sometidos en las localidades de Dulce Nombre de Jesús, La Pita, El Pital, Samulalí, Guadalupe, Piedra Colorada, El Corozo, Susulí y Los Limones, en los tres municipios en estudio del departamento de Matagalpa.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Generar información de dos cultivares criollos y dos mejorados de maíz, que permita la mejor utilización de los mismos por los agricultores de nueve localidades de los municipios de Darío, San Ramón y San Dionisio en el ciclo agrícola postrera 2013.

2.2. Objetivos específicos

1. Determinar la variabilidad fenotípica de dos cultivares criollos y dos mejorados de maíz en dieciséis fincas de los municipios de Darío, San Ramón y San Dionisio en el ciclo agrícola postrera 2013.
2. Determinar la adaptabilidad y estabilidad de dos cultivares criollos y dos mejorados de maíz en las condiciones ambientales y el manejo prevalecientes de 16 fincas en nueve comunidades de los municipios de Darío, San Ramón y San Dionisio en el ciclo agrícola postrera 2013.
3. Describir las características agroclimáticas de las comunidades y sitios de los ensayos.

III. METODOLOGIA

3.1. Ubicación del área de estudio

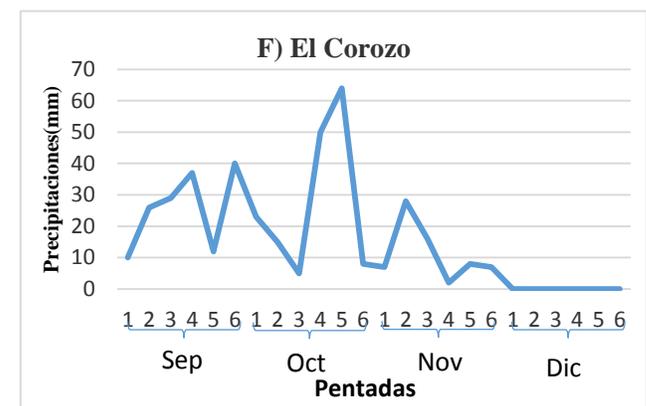
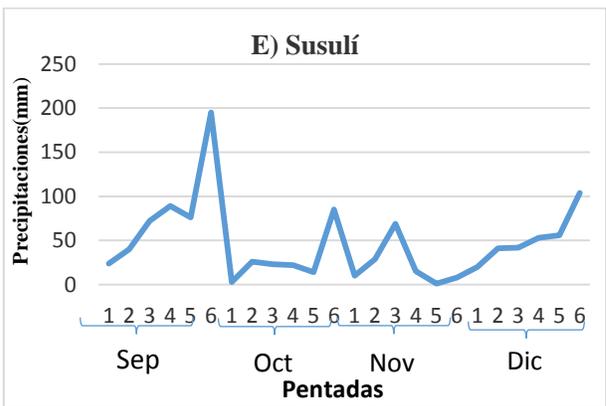
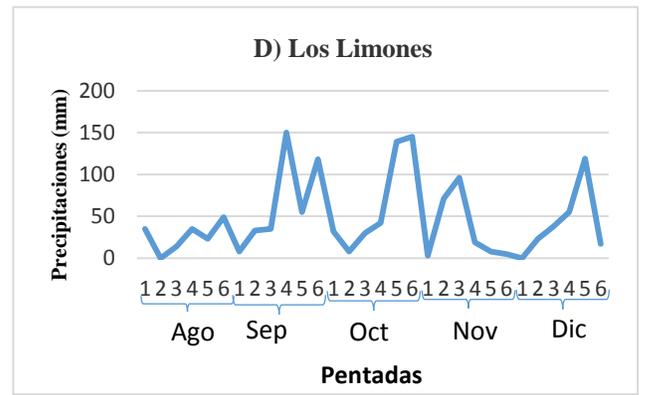
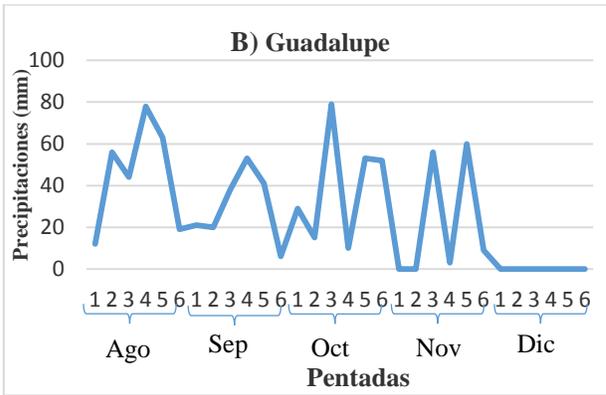
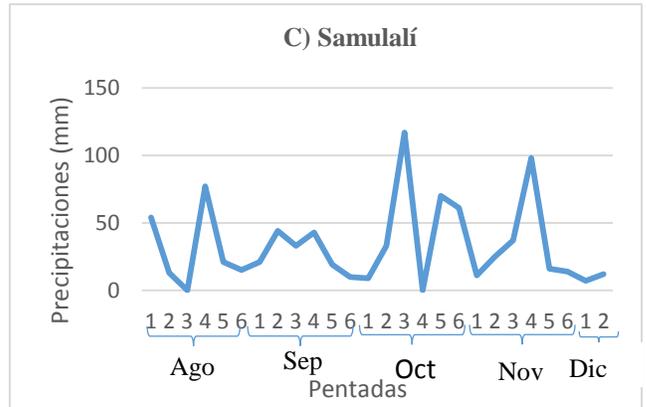
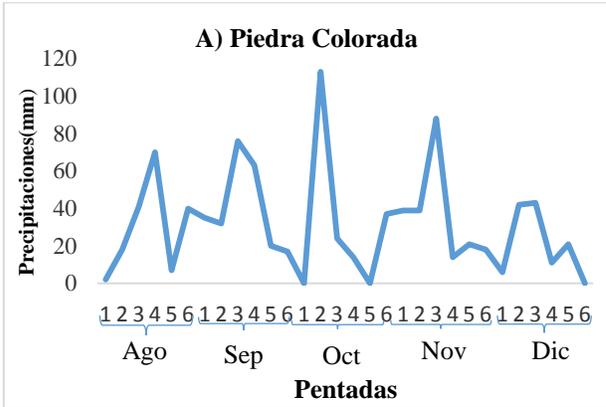
El ensayo se estableció en la época de postrera del año 2013 en el periodo comprendido entre Agosto y Diciembre en los municipios de Ciudad Darío, San Ramón y San Dionisio, departamento de Matagalpa, la investigación se realizó en nueve localidades con un total de 16 fincas en estudio y en cada una se estableció un ensayo. Las localidades evaluadas fueron Dulce Nombre de Jesús, La Pita, El Pital, Samulalí, Guadalupe, Piedra colorada, El Corozo, Susulí y Los Limones.

Cuadro 1. Características físicas y geográficas de las nueve localidades donde se establecieron los dieciséis ensayos de maíz (*Zea mays*) en postrera 2013

Localidades	Municipio	Longitud Oeste	Latitud Norte	Altitud (msnm)	Temperatura Min-Max (°C)	Precipitación (mm)	Drenaje
Samulalí	San Ramón	85°50´	12°55´	640	22.18-34.40	695	-
Guadalupe	San Ramón	85°51´ 24.1´´	12°52´22.4´´	683	22.54-32.70	564	Bueno
P. Colorada	San Ramón	14°16'676"	06°22'693"	757	22.56-33.52	813	-
El Corozo	San Dionisio	14°13'376"	06°22'370"	490	-	273	Moderado
Susulí	San Dionisio	14°14'939"	06°26'681"	750	20.72-31.33	816	Bueno
Los Limones	San Dionisio	14°12'279"	06°30'326"	429	22.54-23.64	1298	-
DNJ	Darío	85°56´ 5,22"	12°34´6.07´´	740	20.99-30.65	246	Bueno
La Pita	Darío	85°55´ 29,1"	12°34´ 27,9"	640	21.52-29.98	534	Bueno
El Pital	Darío	85°57´ 22,9"	12°33´ 56,7"	570	20.77-30.69	426	Moderado

En las localidades predomina un clima de sabana tropical, predominando suelos franco arcilloso (Ficha Municipal, 2012). Las precipitaciones durante el ensayo fueron registradas por los productores. La Figura 1, detalla las precipitaciones por localidad. Piedra Colorada, Guadalupe y Samulalí del municipio de San Ramón los datos de precipitación se tomaron en el periodo comprendido entre Agosto y Diciembre, mientras que en las localidades Los Limones, Susulí y El Corozo del municipio de San Dionisio fueron anotadas en el periodo comprendido entre Septiembre y Diciembre.

En el municipio de Darío las precipitaciones se midieron en diferentes periodos: en Dulce Nombre de Jesús estas fueron descritas de Octubre a Diciembre, en la localidad El Pital del 14 de agosto hasta el 10 de Noviembre y en la localidad La Pita entre el 25 de Agosto y 31 de Noviembre. En la Figura 2 se refleja el comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas a excepción de la localidad El Corozo del municipio de San Ramón.



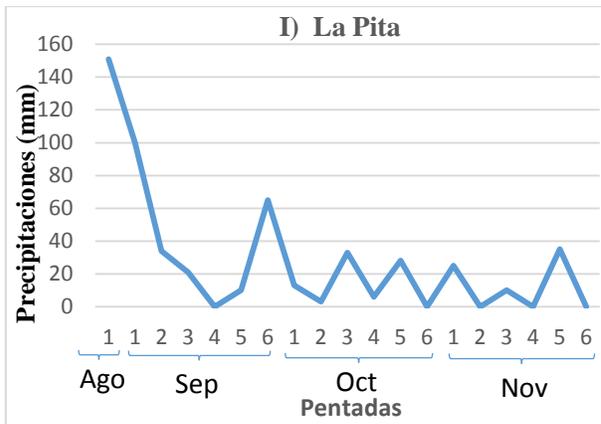
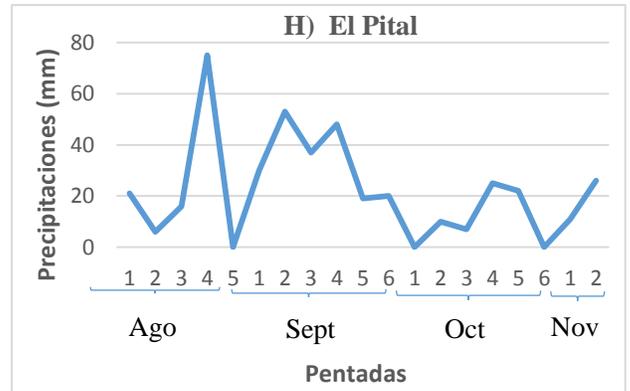
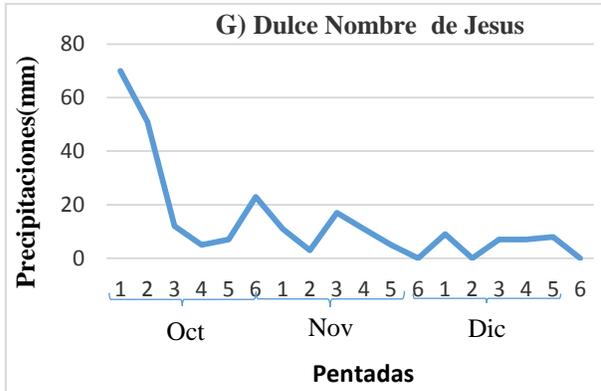
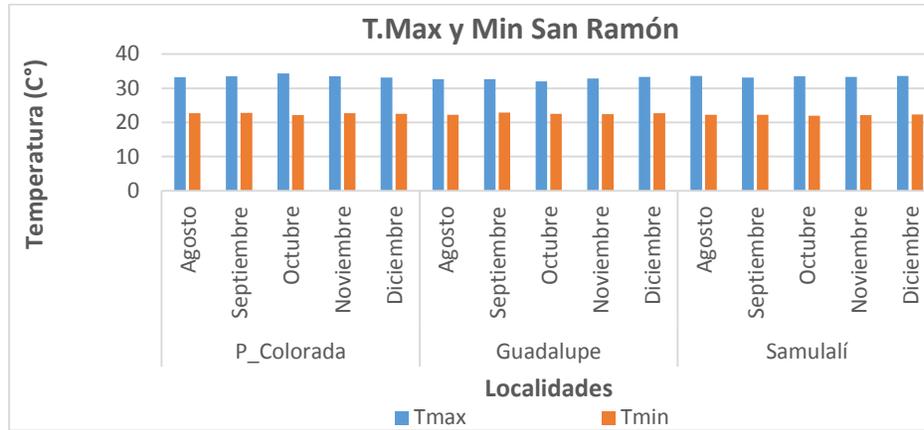
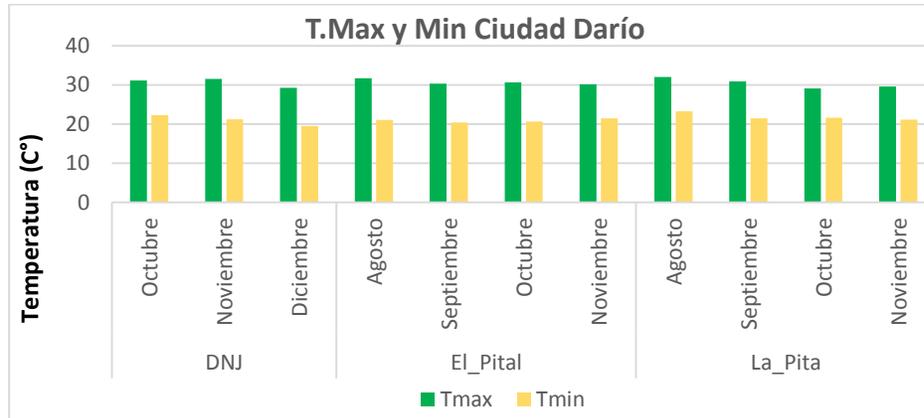


Figura 1. Distribución de las precipitaciones (mm) en pentadas registradas durante todo el ciclo del cultivo, durante el ensayo en las localidades Piedra Colorada (A), Guadalupe (B), Samulalí (C), Los Limones (D), Susulí (E), El Corozo (F), Dulce Nombre de Jesús (G), El Pital (H), La Pita (I) en los Municipios de San Ramón, San Dionisio y Ciudad Darío, departamento de Matagalpa, postrera 2013

A)



B)



C)

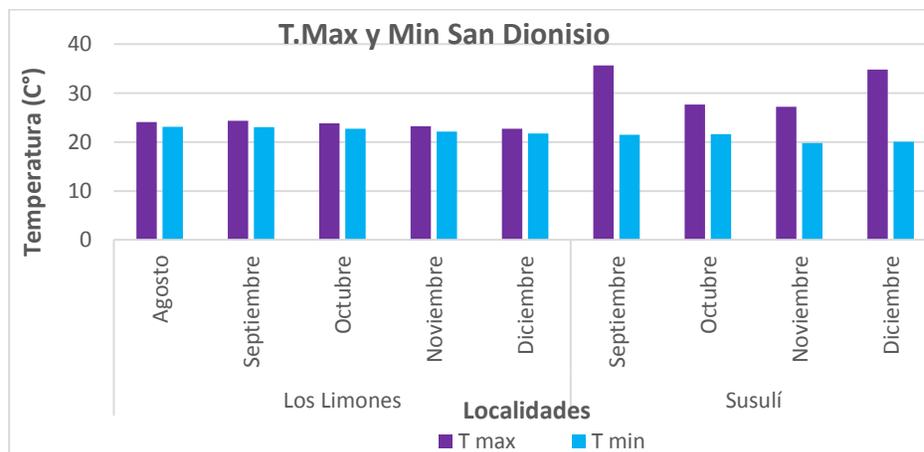


Figura 2. Comportamiento de temperaturas máximas y mínimas registradas durante todo el ciclo del cultivo en la época de postrera del año 2013, durante el ensayo en todas las localidades en estudio de los municipios: San Ramón (A), Ciudad Darío (B) y San Dionisio (C).

3.2. Diseño metodológico

El presente estudio se realizó de manera participativa con 16 agricultores, cada productor se encargó del levantamiento de los datos y del manejo agronómico del cultivo. Estos se encuentran organizados en el Programa Campesino a Campesino (PCaC/UNAG) y reciben apoyo técnico y financiero de la Fundación Suiza de Cooperación al Desarrollo (SWISSAID) quienes definieron la región en estudio, municipios y localidades; consideradas como maiceras del departamento de Matagalpa y los productores que están afiliados al programa; siendo estos criterio lo que definió el número de localidades y de productores participes en este estudio, seleccionando las localidades que se caracterizan por su alta producción de maíz y que tienen diversidad en cultivares criollos.

El diseño de campo consistió en establecer una parcela experimental por cada cultivar en cada una de las 16 fincas donde se sembraron los cultivares y cada finca fue considerada una repetición.

3.3. Material vegetal

El material vegetal que se utilizó consistió en cuatro cultivares de maíz, dos criollos (Orote Rojo y Tuza Morada) y dos mejorados (H - INTA 991 y H-5).

Sin embargo, debido a la disponibilidad del material vegetal en las localidades y de la semilla disponible por parte del programa campesino a campesino, no todos los cultivares fueron evaluados en todas las localidades y municipios, ya que estos fueron definidos bajo la consideración de los productores y técnicos del programa (PCaC/UNAG) definiendo los cultivares que se sembraron en las distintas localidades, considerando como testigo el cultivar orote rojo.

De esta manera en los municipios de San Dionisio y Ciudad Darío se utilizaron tres cultivares, mientras que en el municipio de San Ramón solo se utilizaron dos cultivares. En el cuadro 2 se describe la distribución de cada cultivar por localidad y municipio.

Cuadro 2. Ubicación de cada localidad por municipio, distribución de los cultivares en estudio por localidad y número de fincas por localidad en el ciclo agrícola postrera 2013

Municipio	Localidades	Fincas	Cultivares/localidad
San Ramón	Samulalí	1	Olote rojo, H-INTA 991
	Guadalupe	1	Olote rojo, H-INTA 991
	Piedra Colorada	1	Olote rojo, H-INTA 991
San Dionisio	El Corozo	3	Olote rojo, H-INTA 991, H-5
	Susulí	3	Olote rojo, H-INTA 991, H-5
	Los Limones	1	Olote rojo, H-INTA 991, H-5
Ciudad Darío	Dulce Nombre de Jesús	2	Olote rojo, H-INTA 99, Tuza morada
	La Pita	2	Olote rojo, H-INTA 99, Tuza morada
	El Pital	2	Olote rojo, H-INTA 991, Tuza morada

3.4. Tamaño de las parcelas experimentales

Las parcelas experimentales tuvieron dimensiones de 4.50 m de ancho por 10 m de largo para un área total de 45.0 m², cada una conformada por seis surcos separados a 0.75 m entre surco y 0.60 m entre cada postura de siembra. Por cada golpe se depositaron dos semillas, para un total de 200 plantas por parcela experimental, con una densidad poblacional de 44,444 plantas por ha⁻¹.

La parcela útil estuvo formada por los 4 surcos centrales, de esta manera las dimensiones de la parcela útil fueron 5 m de largo por 3 de ancho, para una superficie de 15.0 m². De modo que, en aquellas fincas donde se sembraron tres cultivares el ensayo tuvo un área total de 135 m², contra 90 m² en aquellas donde solamente se sembraron dos cultivares, Anexo 1.

3.5. Manejo del ensayo

En el manejo del ensayo participaron agricultores de las 9 localidades participantes, personal técnico de PCaC/UNAG, SWISSAID, docentes y estudiantes de la Universidad Nacional Agraria (UNA). El manejo agroecológico del cultivo se realizó atendiendo las orientaciones de SWISSAID, donde se trabajó con labranza cero, control manual de arvenses; sin ningún tipo de fertilización, control de plagas y enfermedades.

Cabe mencionar que el manejo agronómico antes descrito no es el manejo tradicional utilizado por los productores, ya que estos utilizan algunos herbicidas en pre y post emergencia tales como Paraquat y Glifosato, además estos fertilizan sus parcelas a dosis relativamente bajas de Urea. Las labores de manejo del ensayo estuvieron bajo la responsabilidad de los agricultores, el registro de la información se realizó con la participación de todos los actores involucrados y la asistencia técnica de los profesionales participantes.

3.5.1. Preparación del suelo

Consistió en la chapia o roza de la vegetación. No se realizó ningún tipo de laboreo previo a la siembra.

3.5.2. Siembra

La siembra se realizó en la época postrera (entre los días comprendidos entre el 28 de agosto al 04 de septiembre del año 2013) de forma manual utilizando el espeque, estableciendo surcos aproximadamente a 0.75 m y distancias entre cada postura (golpe) de siembra 0.60 m depositando dos semillas por postura.

3.5.3. Control de Arvenses

El control de arvenses fue de forma manual utilizando machetes y azadones, además de deshierbe manual. Esta labor se realizó durante los primeros 30 días después de la siembra.

3.5.4. Control de plagas y enfermedades

Durante el ensayo no se realizó ninguna aplicación de parasiticidas para el control de estas.

3.5.5. Cosecha

Para esta actividad fueron cosechados los cuatro surcos que conformaron la parcela útil de cada una de las variedades sometidas a estudio. Finalmente, para calcular el rendimiento, se ajustó el peso al 13 % de contenido de humedad del grano.

3.6. Variables evaluadas

En el presente estudio fueron evaluados 14 caracteres cuantitativos. El tamaño de las muestras para las variables de rendimiento fue de 20 plantas escogidas al azar en la parcela útil. Las variables evaluadas fueron las siguientes:

Antes de la floración

Emergencia: Se registró a los 8 días después de la siembra contabilizándose la cantidad de plantas emergidas por parcela experimental.

A la floración

Días a floración masculina: Se verificó la fecha en el momento en que inicio la emisión de polen en el 50 % de las plantas de la parcela útil.

Días a floración femenina: Se documentó la fecha con la cual se determinó el número de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta el momento en que fueron visibles los estilos de las mazorcas en el 50 % de las plantas de la parcela útil.

De madurez fisiológica a cosecha

Senescencia de la hoja de la mazorca: También se le conoce como días a madurez fisiológica. Se contaron los días transcurridos desde la siembra hasta que se secó la hoja de la mazorca aproximadamente en el 50% de las plantas dentro de la parcela útil.

Número de plantas cosechadas: Se contó el número total de plantas cosechadas dentro de la parcela útil.

Número de mazorcas por planta: Se dividió el número total de mazorcas con granos entre el número total de al menos 20 plantas (CIAT, 1993)

Longitud de la mazorca: Se tomaron 20 mazorcas al azar y se midió con una regla milimetrada la longitud de cada una desde la base de su inserción en el pedúnculo hasta su ápice o punta de la mazorca.

Diámetro de la mazorca: En las mismas 20 mazorcas que se midió la longitud de la mazorca se determinó con un vernier el diámetro en corte transversal medio desde la corona de un grano hasta la corona del grano diametralmente opuesto.

Número de hileras de granos: Las hileras se contaron en la parte central de la mazorca principal de 20 mazorcas una vez realizada la cosecha de la parcela útil.

Longitud del grano: Esta medición se realizó con vernier desde el ápice del grano hasta la corona del mismo.

Ancho del grano: Se midió en mm la parte más ancha de los costados del grano.

Grosor del grano: Es la distancia en mm comprendida entre la cara del grano donde se encuentra el germen y la cara opuesta de este (CIAT, 1993).

Peso de 100 granos: Se determinó en el laboratorio de Semilla de la Universidad Nacional Agraria donde se pesaron 4 repeticiones de 100 semillas cada una de cada cultivar y se obtuvo el peso promedio. El peso final se ajustó al 13 % de contenido de humedad por la fórmula propuesta por el CIAT (1991). Se usó una balanza electrónica de cuatro decimales.

Rendimiento de la parcela útil: Al momento de la cosecha se tomó el peso de la semilla por parcela útil por cultivar en cada una de las localidades. Se utilizó una balanza electrónica de dos decimales (gramos). Posteriormente se ajustó el rendimiento al 13 % de contenido de humedad para luego convertir a kilogramos por hectárea. El ajuste del rendimiento se realizó con la fórmula propuesta por el CIAT (1991).

Fórmula propuesta por el CIAT (1991) para determinar el rendimiento de la parcela útil

$$R = (Pi) \frac{(100 - \%H)}{87}$$

R = Rendimiento del grano de maíz

Pi = Peso inicial de la muestra con la humedad de la cosecha

%H = Porcentaje de humedad de cosecha

87 = Resultado de restarle el contenido de humedad de la semilla deseado (100-17=83) al 100%.

3.7. Análisis de datos

El análisis de la información recolectada se analizó mediante estadísticas descriptivas entre ellas las siguientes. Para los datos cuantitativos se utilizó media, desviación estándar, coeficiente de variación y valores máximos y mínimos.

Media: Es la suma de todos los valores de la variable dividida entre el número total de elementos, la cual se representa por la fórmula siguiente:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Desviación estándar: es la raíz cuadrada positiva de la varianza de la muestra, la cual mide cuanto se separan los datos y se representa por la fórmula:

$$S = \sqrt{S^2}$$

Coefficiente de variación: es la relación entre la desviación estándar de una muestra y su media el cual se expresa en porcentaje.

$$C.V. = \frac{S}{\bar{X}} * 100$$

El análisis de adaptabilidad de los cultivares se realizó mediante el análisis de regresión lineal. En el método del análisis de regresión los efectos de la interacción genotipo por el ambiente pueden ser expresados de la siguiente forma:

Modelo de regresión lineal propuesto por Cubero, J. y Flores, F. (1994)

$$(ge)_{ij} = \beta_i e_j + d_{ij}$$

Donde:

$(ge)_{ij}$ = Efectos de la interacción genotipo por el ambiente.

$\beta_i e_j$ = Coeficiente de la regresión lineal para el genotipo i.

d_{ij} = Residuo

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Análisis general de las condiciones agroclimáticas y de manejo agronómico de los ensayos

Al analizar la información descrita en el Cuadro 1 y en las Figuras 1 y 2 se observa que las localidades se encuentran a una altitud que oscila entre los 429 a 757 msnm, con suelos franco arcillosos y un drenaje de bueno a moderado, las temperaturas oscilaron entre los 20 a 34 °C y las precipitaciones acumuladas durante el ensayo fueron de 249 a 1,298 mm.

Estas características físicas y climáticas de las localidades donde se establecieron los ensayos presentan un rango amplio, al comparar esta información con lo descrito por INTA (2010) donde define rangos óptimos tales como altitud de 200 a 800 msnm, suelos con drenaje bueno, precipitaciones acumuladas de 500 a 800 mm bien distribuidos durante todo el ciclo del cultivo y lo mencionado por Parsons (2001) que indica que el maíz crece rápido y tiene buenos rendimientos con una temperatura óptima de 20 a 30 °C.

La mayoría de las localidades se acercan a estos rangos óptimos, exceptuando las localidades El Corozo, donde se registraron precipitaciones inferiores a los 300 mm y Dulce Nombre de Jesús 1298 mm, por lo que se consideran como inadecuadas de acorde a lo propuesto por Parsons (2001) quien afirma que la cantidad de agua durante la temporada de crecimiento no debe ser menor de 300 mm ni mayor a 1200 mm.

Según el MAGFOR (2013), el rendimiento promedio del maíz en Nicaragua es de 1,340.25 kg ha⁻¹, mientras Paliwal (2011) afirma que el rendimiento medio del maíz en la región tropical es de 1,800 kg ha⁻¹.

En el presente estudio los rendimientos por localidad, en la mayoría de los casos, superaron la media nacional como el caso de las localidades de Guadalupe, Samulalí, La Pita, Dulce Nombre de Jesús y El Pital (Cuadro 3). En las localidades antes mencionadas se observó una buena densidad poblacional (44, 444 plantas ha⁻¹). Este rendimiento en la mayoría de las localidades se logró debido a las condiciones agroclimáticas de las fincas las que ofrecen las condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo.

Cuadro 3. Comportamiento del rendimiento por localidades y por cultivares en estudio en el ciclo de postrera 2013

Municipio	Localidad	Cultivar	Rendimiento Cultivar por localidad	Rendimiento promedio por localidad
Darío	El Pital	H-INTA 991	3713.61	
Darío	El Pital	Olote rojo	3278.89	3009.78
Darío	El Pital	Tuza Morada	2143.89	
Darío	Dulce Nombre de Jesús	H-INTA 991	2711.39	
Darío	Dulce Nombre de Jesús	Olote rojo	1639.45	2291.02
Darío	Dulce Nombre de Jesús	Tuza Morada	2522.23	
Darío	La Pita	H-INTA 991	2143.89	
Darío	La Pita	Olote rojo	1261.12	1849.63
Darío	La Pita	Tuza Morada	2143.89	
San Ramón	Samulalí	Olote Rojo	1838.89	1802.23
San Ramón	Samulalí	H-INTA991	1765.56	
San Ramón	Guadalupe	Olote Rojo	1816.67	1713.89
San Ramón	Guadalupe	H-INTA991	1611.11	
San Ramón	Piedra Colorada	Olote Rojo	1008.89	1071.95
San Ramón	Piedra Colorada	H-INTA991	1135	
San Dionisio	El Corozo	H_5	473.86	
San Dionisio	El Corozo	H-INTA991	753.87	595.91
San Dionisio	El Corozo	Olote Rojo	560.02	
San Dionisio	Susulí	H_5	473.86	
San Dionisio	Susulí	H-INTA991	753.87	531.29
San Dionisio	Susulí	Olote Rojo	560.02	
San Dionisio	Los Limones	H_5	387.7	
San Dionisio	Los Limones	H-INTA991	387.7	430.78
San Dionisio	Los Limones	Olote Rojo	516.94	

Por el contrario en todas las localidades del municipio de San Dionisio (Cuadro 3) el rendimiento promedio de grano fue menor al promedio nacional mencionado por el MAGFOR (2013) y al rendimiento medio de maíz descrito por Paliwal (2011).

Los bajos rendimientos en la localidad El Corozo se atribuyeron a las bajas precipitaciones, las cuales fueron de 273 mm, las que no llegan a la cantidad mínima necesaria de 300 mm durante el ciclo del cultivo de acuerdo a Parsons (2001). Respecto a esto Deras (2014) también describe que el maíz es muy sensible al estrés hídrico y el rendimiento del grano puede ser seriamente afectado si hay deficiencias hídricas en periodos próximos a la floración.

Además, Paliwal (2011) explica que precipitaciones insuficientes pueden disminuir el número de granos por mazorca a causa de dificultades en la polinización o por que los óvulos fecundados detienen su crecimiento y puede afectar el desarrollo óptimo del grano teniendo un llenado parcial, lo que ocasionará pérdidas en el potencial de rendimiento.

En la localidad Los Limones ocurrió todo lo contrario a lo observado en El corozo; las precipitaciones fueron (Figura 1) superiores a 1200 mm, las que pudieron incidir negativamente en el rendimiento del grano. Según el INTA (2000) precipitaciones superiores a los 1,000 mm, no son adecuadas para el cultivo del maíz.

Al analizar el comportamiento del rendimiento de los cuatro cultivares por localidad, se evidencia que en la localidad el Pital del municipio de Darío fue donde se obtuvieron los mejores rendimientos de los cultivares Olote rojo, Tuza Morad y H-Inta 991. También a nivel general en las localidades del municipio de San Ramón todos los cultivares mostraron un rendimiento bajo siendo muy inferior al rendimiento promedio nacional.

4.2. Análisis de variables cuantitativas de los cuatro cultivares de maíz evaluados en las 16 fincas de los municipios de San Ramón, San Dionisio y Ciudad Darío

Desde el punto de vista de mejoramiento de plantas se sugiere prestar atención a aquellas variables relacionadas con el rendimiento (Rodríguez y Martínez, 2012). En el Cuadro 4 se reflejan los resultados obtenidos los cuales evidencian un coeficiente de variación mayor de veinte en las variables número de plantas a la cosecha, ancho del grano, grosor del grano en las diferentes localidades y en la mayoría de los cultivares a excepción del cultivar H-5, cuyos coeficientes de variación fueron menores de diez; este cultivar presentó poca variabilidad fenotípica.

Por el contrario las variables mazorcas por planta, longitud de mazorca, número de hileras por mazorca, diámetro de la mazorca y longitud del grano resultaron ser homogéneas mostrando poca afectación al efecto ambiental.

CYMMYT (1991) hace referencia a la posibilidad de encontrar en caracteres cuantitativos coeficientes de variación bajos como en el caso del carácter diámetro de la mazorca y coeficiente de variación alto como es el caso del carácter número de plantas a la cosecha e indica que los caracteres con bajo coeficiente de variación serán más útiles o confiables para definir la uniformidad de un cultivar.

Según lo mencionado por Di Rienzo *et al.*, (2008) un coeficiente de variación mayor al 20% en experimentos agronómicos se considera alto y por otro lado también afirma que entre mayor sea el coeficiente de variación habrá mayor variabilidad. Ivanov (1985) argumenta que variables con un alto coeficiente de variación son más susceptibles a cambios bajo la influencia de factores externos.

Al analizar el comportamiento de los cultivares de acuerdo a su coeficiente de variación se comprobó que el cultivar menos variable es el H-5. Martínez (2005) hace referencia a que aquellos cultivares con un coeficiente de variación pequeño son más confiables y Di Rienzo *et al.*, (2008) define que aquellos datos que tengan un coeficiente de variación bajo serán más homogéneos y menos variables.

Cuadro 4. Estadísticas descriptivas para variables de campo, de grano y de rendimiento de cuatro cultivares de maíz evaluado preliminarmente en nueve localidades en los municipios de San Dionisio, San Ramón y Darío del departamento de Matagalpa, postrera 2013

Variable	Estadísticas	Variedades			
		Olote rojo	H-INTA991	Tuza morada	H_5
Número de plantas a la cosecha	Media	65.06	71.19	66.80	67.00
	SD	16.82	21.12	8.70	3.61
	C.V	25.85	29.67	13.02	5.38
	Min	38.00	43.00	58.00	61.00
	Max	98.00	115.00	81.00	73.00
Mazorcas por planta	Media	1.04	1.01	1.15	1
	SD	0.09	0.02	0.16	0
	C.V	8.64	1.75	13.75	0
	Min	1.00	1.00	1.00	1
	Max	1.30	1.05	1.40	1
Longitud de mazorca (cm)	Media	14.38	14.00	15.06	13.0
	SD	1.68	1.64	2.21	0.9
	C.V	11.70	11.68	14.67	6.6
	Min	12.10	11.42	11.70	11.8
	Max	17.80	16.94	16.90	14.2
Diámetro de mazorca (cm)	Media	4.25	4.038	4.42	4.46
	SD	0.24	0.223	0.17	0.18
	C.V	5.76	5.516	3.89	3.95
	Min	3.90	3.447	4.20	4.20
	Max	4.80	4.465	4.70	4.70
Numero de hileras por mazorcas	Media	13	13	13	13
	SD	0.89	0.67	1.16	0.38
	C.V	6.80	5.23	9.20	2.80
	Min	12	12	12	12
	Max	14	14	14	14
Longitud de grano (cm)	Media	1.10	1.10	1.22	1.04
	SD	0.18	0.12	0.04	0.02
	Varianza	0.03	0.01	0.00	0.00
	C.V	16.87	10.74	3.44	1.92
	Min	0.92	0.98	1.17	1.01
Ancho de grano (cm)	Max	1.69	1.40	1.27	1.06
	Media	0.77	0.78	0.72	0.83
	SD	0.22	0.32	0.35	0.07
	C.V	29.24	40.90	49.12	8.56
	Min	0.31	0.32	0.36	0.70
Grosor de grano (cm)	Max	0.98	1.66	1.21	0.91
	Media	0.39	0.36	0.44	0.45
	SD	0.10	0.07	0.18	0.02
	Varianza	0.01	0.01	0.03	0.00
	C.V	24.59	19.86	40.25	3.97
Peso de 100 grano (gramos)	Min	0.24	0.25	0.25	0.42
	Max	0.60	0.50	0.72	0.47
	Media	33.49	32.18	30.96	34.53
	SD	4.53	4.65	8.68	0.60
	C.V	13.52	14.45	28.04	1.75

Variable	Estadísticas	Variedades			
		Olote rojo	H-INTA991	Tuza morada	H_5
Rendimiento (kg ha^{-1})	Min	25.00	24.00	19.40	33.40
	Max	45.70	39.50	38.10	35.40
	Media	1286.08	1588.48	2295.22	433.86
	SD	1228.80	1311.42	491.67	127.69
	C.V	95.55	82.56	21.42	29.43
	Min	387.7	387.7	1765.56	323.09
	Max	2270	4960	3026.67	710.79

C.V: Coeficiente de variación Min: Mínimo; Max: Máximo; SD: Desviación estándar

El hecho de que el cultivar H-5 haya sido menos variable, se justifica por ser un cultivar mejorado, contrario a los cultivares criollos Tuza Morada y Olote Rojo, los que se caracterizan por ser variables con características que se traslapan entre sí (Hellin y Bellon, 2007); además estos tienen una amplia base genética y no todas las plantas del mismo cultivar son iguales (Pol, 2008).

El Cuadro 5 se muestran los resultados obtenidos para las variables fenológicas estudiadas, estas mostraron variaciones muy baja entre los cultivares evaluados en los distintos ambientes, observándose que la diferencia de días entre la floración masculina y la floración femenina no supero los cinco días que es el óptimo.

Además entre cada cultivar las variaciones en la floración masculina y floración femenina fue mínima. Lo coeficientes de variación que oscilaron entre 0.57 y 15.62 que al contrastarlo por lo mencionado por Di Rienzo *et al.*, (2008) e Ivanov (1977) reflejan que existe poca variabilidad y una buena homogeneidad en las variables antes mencionadas.

Cuadro 5. Estadísticas descriptivas de tres variables fenológicas de cuatro cultivares de maíz sometidos a estudio en nueve localidades en los municipios de San Dionisio, San Ramón y Darío del departamento de Matagalpa, postrera 2013.

Variable	Estadísticas	Variedades				Promedio	Rango
		Olote rojo	H-INTA 991	Tuza morada	H_5		
Días a floración Masculina	Media	58.13	55.67	54.8	57.57	56.54	54.8-58.13
	SD	3.72	4.64	2.95	2.15		
	C.V	6.40	8.34	5.38	3.73		
	Min	48	52	54	53		
	Max	63	63	59	59		
Días a Floración Femenina	Media	64.13	60.33	62.6	65.71	63.19	60.33-65.71
	SD	4.79	5.61	5.55	1.11		
	C.V	7.47	9.30	8.87	1.69		
	Min	52	57	58	65		
	Max	69	67	72	68		
Días a la senescencia de hoja de mazorca	Media	103.94	105.13	111.20	93.57	103.46	93.57- 111.2
	SD	13.78	16.42	13.99	0.53		
	C.V	13.26	15.62	12.58	0.57		
	Min	92.00	88.00	94.00	93.00		
	Max	130.00	138.00	123.00	94.00		

C.V: Coeficiente de variación Min: Mínimo; Max: Máximo; SD: Desviación estándar

En este trabajo de investigación se planteó como hipótesis nula; La variabilidad fenotípica presente en los cuatro cultivares en estudio es similar y como hipótesis alternativa que la variabilidad fenotípica presente en los cuatro cultivares en estudio es diferente.

Basadas en ellas y a los resultados antes descritos, se evidenció variabilidad fenotípica entre los cultivares; siendo el cultivar H5 el que mostró menor variabilidad y mayor homogeneidad. Por el contrario, en los cultivares Olote rojo, Tuza morada y H-INTA 991 mostraron variabilidad fenotípica con coeficientes de variación que oscilaron entre 13.02 y 95.55; los que indican una baja homogeneidad ya que superan el 20 %, lo que refleja que esta variable es altamente heterogénea y variable especialmente en las variables de rendimiento.

4.3. Análisis de Adaptabilidad

Para determinar la adaptabilidad de los cultivares en estudio se utilizó el método de análisis de regresión lineal conocido como análisis de varianza y regresión conjunta. Según Córdova (1991) la interacción genotipo-ambiente encontrada en estudios de evaluación de cultivares en varios ambientes justifica la integración del rendimiento y la estabilidad del comportamiento de estos. En los cuadros 6 y 7 se reflejan los resultados del análisis de regresión lineal realizado en las dieciséis fincas con los cuatro cultivares:

Cuadro 6. Significancia estadística del análisis de regresión lineal o análisis de varianza e regresión conjunta

Análisis de varianza para la variable Rendimiento Kg/Ha					
Fuente de variación	GL	SC	CM	Ft	Fc
Cultivar	3	0.105049	350162		
Sitios	15	0.402255	0.268170		
Regresiones de ambientes	8	0.515856	0.515856		
Desviaciones	14	0.113600	811431		
Tratamientos X ambientes	25	0.936044	374418		
Trat X ambientes REG	3	0.437364	0.145788	6.907	0.002
Desviaciones	22	0.498681	226673		
TOTAL		0.608017			

G.L.: Grados de libertad, **S.C.:** Suma de cuadrados, **C.M.:** Cuadrado medio, **Ft:** F tabulada, **Fc:** F Calculada

En el Cuadro anterior, se refleja la significancia estadística de la heterogeneidad de los coeficientes de regresión ($F_C = 0.002$) que resulto significativa, es decir que se puede asumir que existe una interacción en la regresión genotipo ambiente ya que f_c es inferior a 0.005 Cubero (1994).

En el Cuadro 7 se observa que los cultivares H-INTA 991 y Tuza Morada mostraron diferencias significativas en cuanto a la pendiente. Cubero (1994) explica que si las pendientes son idénticas estas se comportan como Chi cuadrado y si estas son diferentes significativamente existen heterogeneidad en las regresiones por lo que tienen diferentes coeficientes de regresión (pendiente) y por consiguiente diferente estabilidad.

Cuadro 7. Análisis de varianza y estabilidad de las regresiones para los cuatro cultivares

Regresión del rendimiento para cada cultivar sobre las medias en cada ambiente							
Cultivar	Media	Pendiente	SE	MS-TXL	MS-REG	MS-DEV	R**2(%)
HI	0.158E+04	1.21 *	0.065	112087.66	674361.94	71925.21	40
OR	0.129E+04	1.08	0.115	214511.02	72191.85	224676.66	2
TM	0.116E+04	0.199 *	0.218	1096244.88	3608957.00	258674.19	22
H5	0.127E+04	0.608	0.324	12747.43	18125.03	11671.91	24

HI: H-INTA 991 **OR:** Olote Rojo **TM:** Tuza Morad *= Indica pendientes significativamente diferentes a la pendiente de la regresión en general que es de 1.02

Como se observa en el Cuadro 7 existe diferencias en cuanto a la estabilidad de los cultivares ya que el cultivares H-INTA 991 muestran mayor pendientes por lo tanto menor estabilidad, caso contrario al cultivar Olote Rojo que presenta la pendiente más cercana a 1.02 que es el valor de la pendiente de la regresión en general (Cubero, 1994).

Damba (2008) cita el concepto de estabilidad propuesto por León (1985) donde explica que la estabilidad agronómica es aquella que muestra la menor desviación de su respuesta a los ambientes; respecto a esto Gómez *et al.*, (2008) definen la estabilidad de un fenotipo como la habilidad de comportarse de forma consistente a través de una amplia gama de ambientes.

Cubero (1994) define parámetros para medir la estabilidad fenotípica y cita lo propuesto por Finlay y Wilkinson (1963), quienes afirman que una simple comparación de pendientes no es suficiente para determinar la estabilidad si no que la media total de cada cultivar debe entrar al estudio.

Damba (2008) hace referencia a que la forma más frecuente de caracterizar la estabilidad fenotípica a través de los ambientes es mediante el coeficiente de regresión de cada genotipo; Cubero refuerza lo mencionado por Damba (2008) y agrega como complemento al coeficiente de regresión el cuadrado medio residual de la desviación de la regresión.

Por lo tanto, para obtener resultados más idóneos acerca de la estabilidad de los cultivares en estudios se utilizaron como parámetros el coeficiente de regresión y la desviación de la regresión. Córdova (1991) cita la interpretación de Carballo y Márquez (1970), los que clasifican un cultivar estable cuando el coeficiente de regresión (β_1) es igual a 1 y cuando el valor del cuadrado medio residual de la desviación de la regresión es igual o se acerca a cero.

Cubero (1994) considera como genotipos estables a aquellos con una pendiente (coeficiente de regresión) cercana a uno y con altos rendimientos. Este mismo autor resalta que para la ordenación de los cultivares será más estable aquel que muestre el valor de la desviación de la regresión más cercano a cero.

Para Damba (2008) un genotipo estable es aquel para el cual se obtiene un coeficiente de regresión igual a la unidad ($\beta_1=1$) y una mínima desviación de la línea de la regresión ($S^2_{di}=0$).

En el Cuadro 7 según lo descrito anteriormente se observa que respecto a la pendiente (coeficiente de regresión) el cultivar más estable es el Olote Rojo con una pendiente de 1.08, siendo el que más se acerca a uno.

Cubero (1994) hace diferencias en la interpretación del coeficiente de regresión y de la desviación de la regresión; explicando que el coeficiente de regresión caracteriza la repuesta específica de los cultivares al efecto ambiental considerándose como un parámetro de repuesta; por lo tanto al interpretar los resultados con respecto al coeficiente de regresión estos nos indican que el cultivar Olote Rojo fue el que respondió mejor al efecto ambiental y por el contrario el cultivar Tuza morada manifestó la menor repuesta.

Este mismo autor define la interpretación de la desviación de la regresión como complemento al coeficiente de regresión y define que está fuertemente relacionada con la parte impredecible de la variabilidad de un cultivar. Como se observa en el Cuadro 9, el cultivar H-5 es el que presenta el menor valor del cuadrado medio residual de la desviación de la regresión (11,671.91), siendo el que más se acerca a cero.

Este valor nos indica que el cultivar H-5 es el que manifiesta la menor variabilidad fenotípica; es el cultivar más predecible ya que como menciona Cubero la desviación de la regresión relaciona que tan impredecible es un cultivar en diferentes ambientes. Además (Hellin y Bellon, 2007) aseguran q los cultivares mejorados son pocos variables y con características más homogéneas, lo que justifica el comportamiento de este cultivar en este estudio. De acuerdo a lo mencionado por Cubero (1994), Damba (2008) y Córdova (1991) el cultivar más estable es Olote Rojo, con una pendiente de 1.08 y una media de rendimiento en todas las localidades aceptable de 1294 kg ha⁻¹.

Los resultados anteriormente descritos brindan evidencias para rechazar la hipótesis nula de que todos los cultivares sometidas a estudio presentan estabilidad similar bajo las condiciones ambientales y de manejo en las unidades productivas participantes, aceptando la hipótesis alternativa; ya que el cultivar Olote Rojo mostró mayor estabilidad en comparación con el resto de cultivares en estudio.

4.4. Adaptabilidad de los cultivares y localidades en estudio

En la figura 3 se muestran los valores promedio del rendimiento del grano en kilogramo por ha^{-1} de los cuatro cultivares en estudio versus el índice ambiental. En esta figura en el eje de las abscisas (X) se indica el índice ambiental el cual agrupa la media total de todos los cultivares en cada uno de los ambientes de este estudio y en el eje de las ordenadas (Y) se muestra el rendimiento en kilogramos por hectárea de cada cultivar, el cual reflejará el potencial de rendimiento y la adaptabilidad de estos cultivares.

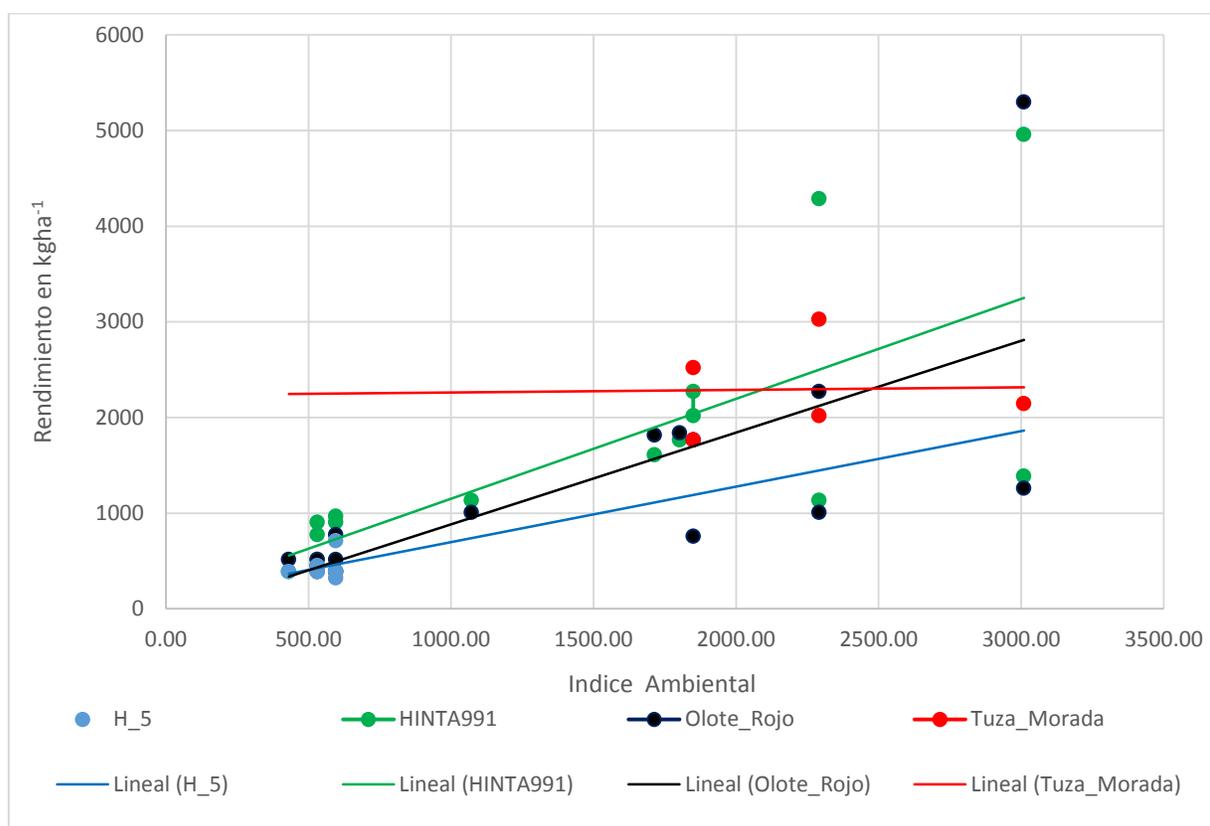


Figura 3. Representación gráfica del comportamiento de los cuatro cultivares en estudio contrastando el rendimiento en kilogramos ha^{-1} versus el índice ambiental, en el ciclo de postrera, 2013

La Figura 3 muestra la distribución del rendimiento en kg ha^{-1} de cada cultivar versus el índice ambiental, la cual refleja que el cultivar Tuza Morada se comportó de forma más uniforme con menos variaciones mostrando los datos que más se ajustan a la línea de regresión.

También se observa que el cultivar que presenta el mayor rendimiento es el Olote Rojo con 5296.67 kg ha⁻¹ pero este fue en una sola finca y a su vez este cultivar presentó rendimiento con mayor dispersión, por lo que la línea de tendencia que este proyectó no mostró un buen ajuste a la línea de regresión.

Cuadro 8. Medias de rendimiento en kilogramos ha⁻¹ de los cultivares H-INTA 991, Olote Rojo, Tuza Morada y H-5 de las 16 fincas en estudio en el ciclo postrera 2013

Cultivar	Rendimiento (kg ha⁻¹)
Tuza Morada	2295.5
H-INTA 991	1581.16
Olote Rojo	1294.16
H-5	433.97
Rendimiento medio de los cuatro cultivares	1375.44

La adaptabilidad de los cultivares en estudio según Gómez *et al.*, (2008) es la capacidad de los cultivares de aprovechar ventajosamente los estímulos del ambiente. Es decir, esta es medida con la capacidad de rendimiento de cada cultivar, la que se puede apreciar en el Cuadro 8 y la Figura 3.

La mayoría de los cultivares mostraron una buena adaptabilidad siendo el cultivar Tuza Morada (cultivar local) el que obtuvo el mayor rendimiento promedio, manifestando la mayor adaptabilidad y el mejor potencial de rendimiento, superando el promedio nacional de 1,340.25 kg ha⁻¹(MAGFOR, 2013), también los cultivares H-INTA 991 y Olote Rojo mostraron una buena adaptabilidad; caso contrario ocurrió en el cultivar H-5 (cultivar mejorado) que tuvo la menor adaptabilidad, demostrando que los cultivares mejorados tienen menor capacidad de adaptación ya que estos son más uniformes y están diseñados para mostraran su máximo potencial de rendimiento en condiciones óptimas parecidas en las que fueron mejorados.

Pool (2008) explica que los cultivares mejorados tienen poca diversidad y solo van a funcionar si se mantienen en condiciones óptimas, pero si este ambiente cambia colapsaría el potencial de rendimiento de este cultivar es decir su alto potencial se vería seriamente afectado en condiciones s adversas.

Los cultivares locales se destacaron superando a los cultivares mejorados siendo el cultivar Tuza Morada el que presentó la mayor adaptabilidad pero a su vez el más inestable con una pendiente de ($p=0.19$) y el cultivar local Olote rojo comportándose como el más estable ($p=1.08$) y con un rendimiento promedio aceptable $1294.16 \text{ kg ha}^{-1}$.

En este estudio como se refleja en el cuadro 3 las localidades que presentaron condiciones ambientales más favorables (mayor índice ambiental o rendimiento medio por localidad) fueron las localidades del municipio de Darío destacándose la localidad El Pital con un promedio de $3009.78 \text{ kg ha}^{-1}$, seguida por la localidad Dulce Nombre de Jesús ($2291.02 \text{ kg ha}^{-1}$), La Pita ($1849.63 \text{ kg ha}^{-1}$) y las localidades del municipio de San Ramón donde la localidad Samulalí obtuvo un buen índice ambiental con un rendimiento de $1802.23 \text{ kg ha}^{-1}$ junto con Guadalupe con 1713 kg ha^{-1} ; todas estas localidades superaron el rendimiento medio nacional teniendo un buen potencial de rendimiento y por ende una buena adaptabilidad.

En cambio las localidades del municipio de San Dionisio no presentaron condiciones favorables (menor índice ambiental) ya que el mayor índice ambiental obtenido en todas las localidades de este municipio fue de $595.91 \text{ kg ha}^{-1}$ en la localidad El Corozo y el mínimo $430.78 \text{ kg ha}^{-1}$ en la localidad Los Limones siendo inferiores a la media nacional y por tanto todas las localidades del municipio de San Dionisio mostraron una pobre adaptabilidad.

En base a los resultados anteriormente descritos los cuales brindan suficientes evidencia para aceptar las hipótesis alternativas de que al menos uno de los cultivares sometidos a estudio presenta diferencias significativas en cuanto al potencial de rendimiento y adaptabilidad, siendo el cultivar Tuza Morada el que evidenció la mejor adaptabilidad con un excelente rendimiento.

V. CONCLUSIONES

En base a los resultados previamente descritos y a los objetivos e hipótesis planteados; se obtuvieron las siguientes conclusiones.

- ✓ Se evidencio la variabilidad genotípica entre los cultivares, principalmente en las variables de rendimiento; siendo el cultivar Olote rojo y Tuza morada los más variables y heterogéneos debido a los altos coeficientes de variación obtenidos. Caso contrario el cultivar H-5, presentando la menor variabilidad.
- ✓ El cultivar que presentó la mejor adaptabilidad fue el Tuza Morada teniendo este los mayores rendimientos.
- ✓ El cultivar más estable fue el Olote Rojo, siendo el que mejor responde al efecto ambiental y además presentó un rendimiento aceptable.
- ✓ Las características agroclimáticas de las comunidades y sitios en estudio, son semejantes a los rangos óptimos para el desarrollo del cultivo del maíz.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar la siembra de cultivares locales, ya que estos presentaron un alto potencial de rendimiento y adaptabilidad a los diferentes ambientes; así como variabilidad genética, lo que les permite mayor adaptación a los diferentes ambientes.

Dar seguimiento y continuidad a este estudio en diferentes ciclos agrícolas y épocas de siembra tomando en cuenta los mismos cultivares y localidades.

Estudiar a fondo el cultivar Olote Rojo, ya que es el cultivar más estable y con una media de rendimiento aceptable.

Mejorar aspectos del manejo agronómico del cultivo del maíz, tales como una fertilización adecuada, un control de arvenses más riguroso y un manejo adecuado de plagas y enfermedades.

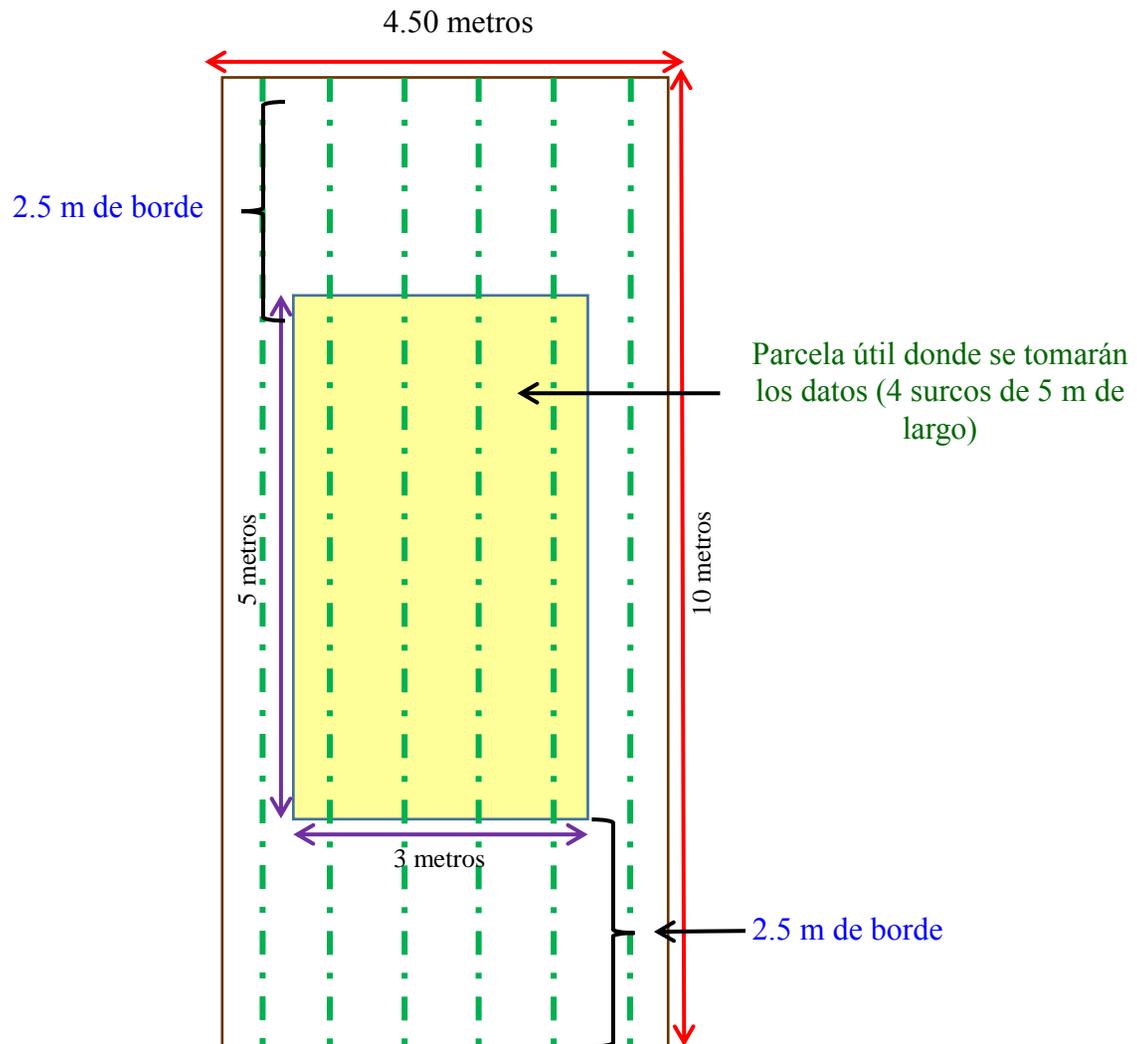
VII. LITERATURA CITADA

- Bellon, M; Hellin, J. 2007. Manejo de semillas y diversidad del maíz. LEISA revista agroecológica. Chiapas, MX. 3 P.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1991. Frijol: investigación y producción. Eds. F Fernández; AV Schoonhoven. Cali, CO. 419
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1993. Descriptores varietales: arroz, maíz, frijol y sorgo). Cali, CO. 174 P.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y del Trigo). 1991. Descriptores para Maíz. Roma, IT. 88 P.
- Cubero, J; Flores, F. 1994. Métodos estadísticos para el estudio de la estabilidad varietal en ensayos agrícolas. Junta de Andalucía Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla, ES. 179 p
- Córdova, H. 1991. Estimación de parámetros de estabilidad para determinar la respuesta de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) a ambientes contrastantes de centro américa, panamá y México. (en línea). Agronomía mesoamericana. (1) 1-3. Consulta 29 May. 2015. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_mesov21n01_011.pdf
- Damba, GP. 2008. EVALUACIÓN DE MÉTODOS PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EN DIFERENTES AMBIENTES EN GENOTIPOS DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz). Tesis M.Sc. Palmira, CO. Universidad Nacional De Colombia. 94 p
- Deras, H. 2014. Guía técnica: El cultivo del maíz (en línea). San Salvador, SV. CENTA. Consultado: 14 May. 2015. Disponible en: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/GuiaTecnica%20Maiz%202014.pdf>
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Gonzales, L.A.; Tablada, E.M.; Díaz, M.P.; Robledo, C.W.; Balzarini, M.G. 2008. Estadística para las ciencias agropecuarias. Córdoba, AR. 356 p.
- Ficha municipal. 2012. Ficha municipal: Ciudad Darío. (en línea). Managua, NI. Consultado: 20 Dic. 2014. Disponible en: http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/MATAGALPA/ciudad_dario.pdf
- Ficha municipal. 2012. Ficha municipal: San Dionisio. (en línea). Managua, NI. Consultado: 20 Dic. 2014. Disponible en: http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/MATAGALPA/san_dionisio.pdf
- Ficha municipal. 2012. Ficha municipal: San Ramón. (en línea). Managua, NI. Consultado: 20 Dic. 2014. Disponible en: http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/MATAGALPA/san_ramon.pdf
- Gómez, OJ; Orozco, PJ; Centeno, BE. 2008. ADAPTABILIDAD Y ESTABILIDAD DE NARANJILLA (*Solanum quitoense* LAM var. Septentrionale) Y COCONA (*Solanum sessiliflorum* DUNAL var. Sessiliflorum) EN FINCAS DE PEQUEÑOS AGRICULTORES DE GRANOS BÁSICOS EN JINOTEGA. 48-56 p

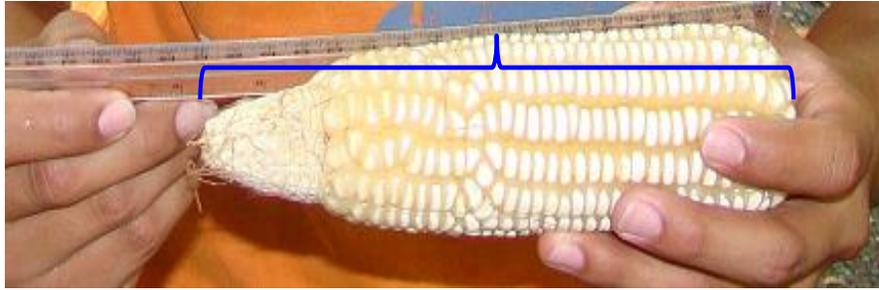
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, NI). 2000. Manejo integrado del cultivo del maíz. Managua, NI. 34 P.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, NI). 2010. Guía tecnológica del cultivo del maíz: cultivar H-INTA 991. 2da.ed. Managua, NI. 8 P.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, NI). 2013. Guía metodológica de fitomejoramiento participativo en los cultivos de: maíz, frijol, arroz y sorgo (en línea). Managua, NI. Proyecto "Apoyo a la Producción de Semillas de Granos Básicos para la Seguridad Alimentaria de Nicaragua". 1(1):2-15. Consulta 19 Oct. 2014. Disponible en: <http://intapapsan.info/wpcontent/uploads/2013/07/Gu%C3%ADaFitomejoramientoParticipativo2013.pdf>
- Ivanov, Z. 1985. La experimentación Agrícola. La Habana, CU. 332 p.
- MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal, NI). 2013. Producción de granos básicos ciclo agrícola 2012-13 (en línea). Managua, NI. Consultado 19 Oct. 2014. Disponible en: <http://www.vicepresidencia.gob.ni/files/news/1371496398.pdf>
- Martínez Téllez, PL; Rodríguez Jarquín, PS. 2013. Caracterización, evaluación preliminar y adaptabilidad de cuatro variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) evaluadas en cinco localidades de Ciudad Darío, Matagalpa; postrera. 2012. Tesis Ing. Agr. Managua, NI. Universidad Nacional Agraria. Consultado 10 May. 2015. Disponible en: (en línea). Consultado 19 Oct. 2014. Disponible en: <http://amurnicaragua.org/sites/default/files/Importancia%20Semillas%20Criollas,%20%20Foro%20Agroeco.%20As.Nac.%2026-3-14-luisa.pdf>
- Paliwal, R.L. 2011. El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. Coord. J P, Marathée. Roma, IT. FAO.383 P.
- Parsons, D. 2001. Manual para educación agropecuaria: Maíz. ed. Trillas. Ciudad de México, México. 56 P.
- Pol Salom, A. 2008. Semillas criollas: nuestra herencia y futuro (en línea). *SIMAS*, 1(1), 4-30. Consultado 19 Oct. 2014. Disponible en: <http://www.simas.org.ni/files/publicacion/Guacal%20005%20web.pdf>
- Ruiz, J.I.; Alvarez, A. 1995. Variedades Locales de Maíz de Gipuzkoa: Evaluación y Clasificación. Zaragoza, ES. 77 P.
- Semillas de identidad. 2002. Los maíces criollos: Historia y Diversidad en la Región Caribe Colombiana. Costa Atlántica, CO. 16 P.
- SIMAS/UNAG (Servicio de Información Mesoamericano sobre Agricultura Sostenible, NI) / (Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos). 2012. Banco comunitario de semilla: Siembra y comida (en línea). Consultado: 04 feb 2013. Disponible: http://www.simas.org.ni/files/publicacion/1339431618_Web%20Banco%20semillas%20revista.pdf
- Walpolt, R; Myers, R; Myers, S. 1999. Probabilidad y estadísticas para ingenieros. Sexta edición. México, MX. 752p.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Plano de campo por cultivar



Anexo 2. Forma de determinar la longitud y diámetro de la mazorca

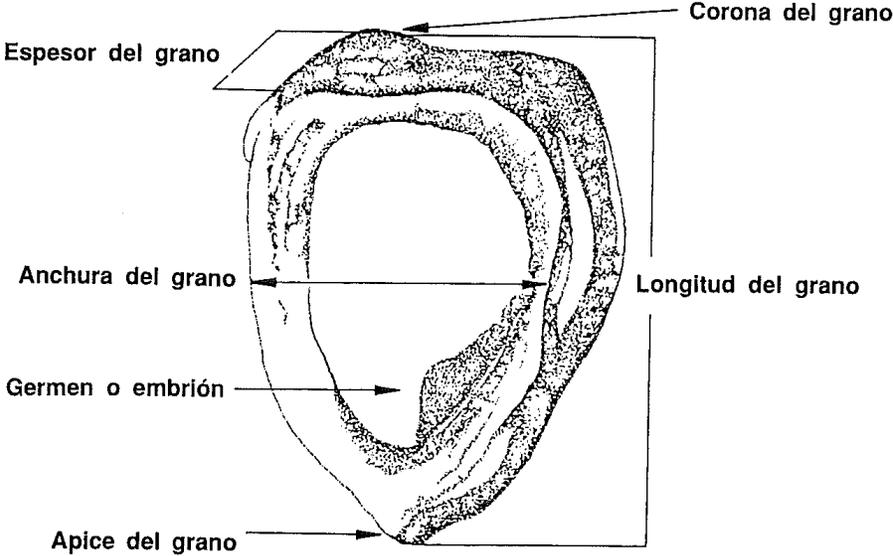


Longitud de la mazorca



Diámetro de la mazorca

Anexo 3. Medición de las dimensiones del grano de maíz



Anexo 4. Fichas Agromorfológicas de cada cultivar

Olote ojo	
Plantas a la cosecha	43,333 ptas/ha
Mazorcas por planta	1
Días a la floración masculina	58 días
Días a la floración femenina	64 días
Días a la senescencia de la hoja de mazorca	103 días
Rendimiento	1294.16 kg/ha

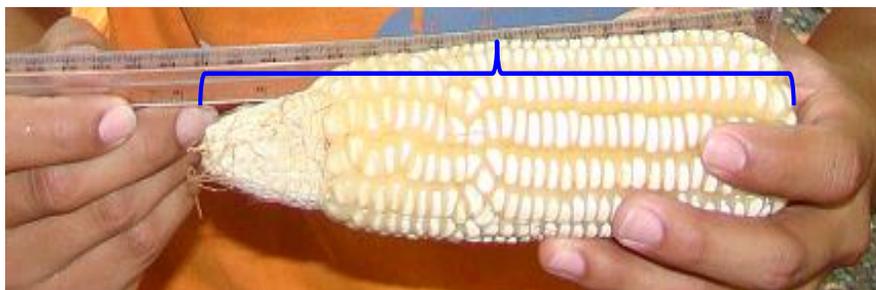
H-INTA 991	
Plantas a la cosecha	47,333ptas/ha
Mazorcas por planta	1
Días a la floración masculina	55 días
Días a la floración femenina	60 días
Días a la senescencia de la hoja de mazorca	105 días
Rendimiento	1,581.16 kg/ha

Tuza morada	
Plantas a la cosecha	44,000 ptas/ha
Mazorcas por planta	1
Días a la floración masculina	54 días
Días a la floración femenina	62 días
Días a la senescencia de la hoja de mazorca	111 días
Rendimiento	2,295.5 kg/ha

H-5	
Plantas a la cosecha	44,666 ptas/ha
Mazorcas por planta	1
Días a la floración masculina	57 días
Días a la floración femenina	65 días
Días a la senescencia de la hoja de mazorca	93 días
Rendimiento	433.97 kg/ha

Comunidades	Fecha de siembra
Samulalí	28/08/2013
Guadalupe	28/08/2013
P. Colorada	28/09/2013
El Corozo	28/08/2013
Susulí	28/08/2013
Los Limones	28/08/2013
DNJ	30/08/2013
La Pita	02/09/2013
El Pital	04/09/2013

Anexo 2. Forma de determinar la longitud y diámetro de la mazorca



Longitud de la mazorca



Diámetro de la mazorca