



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Parámetros fenotípicos y genéticos de caracteres de la mazorca asociados al rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) cv NB-6, en postrera, Managua 2014

Autores:

Br. Jefry Sadin Cabrera

Br. Darwin de Jesús Cruz Sáenz

Asesores:

Ing. MSc. Vidal Marín Fernández

PhD. Cristóbal Roldan Corrales Briseño

Managua, Nicaragua

Agosto, 2016



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Parámetros fenotípicos y genéticos de caracteres de la mazorca asociados al rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) cv NB-6, en postrera, Managua 2014

Autores:

Br. Jefry Sadin Cabrera

Br. Darwin de Jesús Cruz Sáenz

Asesores:

Ing. MSc. Vidal Marín Fernández

PhD. Cristóbal Roldan Corrales Briseño

Presentado a la consideración del honorable tribunal examinador como requisito parcial para optar al grado de ingeniero Agrónomo

Managua, Nicaragua

Agosto, 2016

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCION	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE ANEXOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3.1 Ubicación y fecha del estudio	4
3.2 Clima.....	4
3.3 Diseño metodológico	4
3.4 Manejo del ensayo	5
3.5 Material biológico	7
3.6 Variables a evaluar y formas de medición	7
3.7 Colecta, organización y codificación de datos	8
3.8 Análisis de datos.....	8
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
4.1 Medias de variables asociadas al rendimiento, por NHMm	11
4.2 Coeficientes de variación de las variables asociadas al rendimiento, por NHMm	13
4.3 Correlación fenotípica entre variables de las progenies	14
4.4 Correlación fenotípica entre variables progenie por progenitor	17
4.5 Análisis de varianza y regresión de las progenies sobre las madres e índices de herencia	18
V. CONCLUSIONES	20
VI. RECOMENDACIONES.....	21
VII. LITERATURA CITADA	22
VIII. ANEXOS	25

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza y sabiduría para continuar y vencer todos los obstáculos que en el camino se presentaron; por ello con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

A mi madre: ROSA MARINA CABRERA, quien ha sido el eje fundamental de mi formación e impulsadora para alcanzar todas mis metas; este presente simboliza mi gratitud por toda la responsabilidad e invaluable ayuda que siempre me ha proporcionado.

A mi hijo: Donald Francisco Cabrera Flores, que desde que llegó a este mundo y mi vida; ha sido ese motor por el cual me levanto cada día a seguirme esforzando e intentar ser mejor.

A mis hermanos: Ana Vanessa Figueroa Cabrera y Carlos Alberto Figueroa Cabrera; ya que sin su ayuda, el cumplir mis sueños no hubiese sido posible.

Y a todas aquellas personas que comparten conmigo este triunfo.

Con amor, admiración y respeto.

Br. Jefry Sadin Cabrera

DEDICATORIA

A Dios nuestro padre, quien me ha guiado y dado inteligencia para poder pasar por cada una de las pruebas que he pasado durante mi carrera.

A mis padres: MARIA HAYDEE SAENZ LOPEZ y ORLANDO CRUZ TIGERINO y mi hermano y segundo padre EMIR AEXANDER CRUZ SAENZ, quienes han sido los ejes fundamentales de mi formación e impulsador para alcanzar, todas mis metas, es por ello que este trabajo es dedicado a su confianza, gratitud y esfuerzo por darme todo su apoyo durante esta etapa importante en mi vida.

A mi hijo: Fernando Miguel Cruz Pérez, quien es uno de mi más grande inspiración para seguir luchando cada día más.

Y sin duda a todas aquellas personas que de alguna o de otra manera intervinieron de forma positiva para llegar hasta estas instancias.

Br. Darwin de Jesús Cruz Sáenz

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer primeramente a Dios por brindarnos su dirección sabiduría, entendimiento y por cuidarnos en cada etapa de nuestra vida y hacer posible la culminación de nuestra carrera Universitaria.

A nuestra familia: padres, hermanos, primos e hijos, que siempre estuvieron ahí para apoyarnos en lo económico, moral y espiritual para lograr las metas y ser mejores cada día, como persona y como profesionales.

A nuestra alma mater la Universidad Nacional Agraria (UNA), por ayudarnos en nuestra formación profesional para poder tener un mejor futuro.

A nuestros asesores: El Ing. Msc. Vidal Marín Fernández, y PhD. Cristóbal Roldan Corrales Briseño, por confiar en nosotros y brindarnos la oportunidad de llevar a cabo este trabajo investigativo, por su tiempo y dedicación que nos obsequiaron durante todo el desarrollo de este trabajo de investigación, a través del cual veremos realizado nuestro mayor anhelo, que es coronar con éxito nuestra carrera universitaria.

Al PhD. Oscar Gómez por su ayuda incondicional, por sus consejos y disposición en ayudarnos durante nuestra investigación por su tiempo que nos dedicó.

De manera especial a la secretaria Carolina Padilla Ramírez por siempre brindarnos el espacio donde trabajar y analizar constantemente nuestros datos de tesis durante todo este tiempo.

Br. Jefry Sadin Cabrera

Br. Darwin de Jesús Cruz Sáenz

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Características morfológicas y agronómicas del cv NB-6.	7
2. Medias de variables de mazorca asociadas al rendimiento de acuerdo al número de hileras en los progenitores maternos involucrados en el estudio.	11
3. Coeficiente de variación de variables de mazorca asociadas al rendimiento de acuerdo al número de hileras en los progenitores maternos involucrados en el estudio.	13
4. Correlación fenotípica entre variables de la mazorca asociadas al rendimiento en maíz cv NB-6 de las progenies derivadas de 20 progenitores.	15
5. Correlación fenotípica entre variables de la mazorca asociadas al rendimiento en maíz cv NB-6 de las progenies por progenitor derivadas de 20 progenitores.	17
6. Análisis de varianza y regresión de las progenies sobre las madres e índices de herencia.	19

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1.Plano de campo establecimiento del cultivo de maíz Finca Santa roza	25
2. Hoja de toma de datos del cultivo de maíz Finca Santa Rosa, Managua 2014	26
3. Medias de variables de mazorca asociadas al rendimiento de acuerdo al número de hileras en los progenitores maternos involucrados en el estudio.	27

RESUMEN

Con el propósito de evaluar la influencia del número de hileras en la mazorca de progenitores maternos (10, 12, 14, 16, 18, 20) sobre variables asociadas al rendimiento, estimar grados de asociación fenotípica entre rasgos y su variabilidad genética, se estableció un experimento de campo en bloques completos al azar (BCA) con cuatro réplicas, en la Finca Santa Rosa propiedad de la UNA, en época de postrera del 2014. Las variables analizadas fueron: Longitud de la mazorca (LM), diámetro de la mazorca (DM), número de granos por hilera (NGH), peso de 100 granos (P100G), número de hileras por mazorca (NHM), peso de la mazorca (PM), peso en grano por mazorca (PGM), mediante los procedimientos de SAS, con estadísticos descriptivos, correlaciones de Pearson y análisis de varianza con regresión de los caracteres maternos sobre los de progenie. Los tratamientos que presentaron promedios más altos para LMp, DMp, NHMp, PMp, PGMp fueron los de 14 y 18 hileras. El tratamiento con 16 hileras mostró la más alta variación fenotípica (CV). Las correlaciones fenotípicas de progenies más destacadas fueron: PMp con PGMp y DMp; PMp con NGHp; DMp con PGMp; PMp con NGHp; NGHp con PGMp; y LMp con PMp, todas ellas positivas y altamente significativas. Las correlaciones fenotípicas entre variables de la progenie con progenitor materno más notorias fueron LM, con NHM y P100G. Del análisis de varianza, el factor NHMm fue altamente significativo para LMp y NHMp y en menor grado para DMp y P100Gp. Se estimaron niveles de variabilidad genética importante en rasgos como LMp, NHMp y NGHp, con valores de heredabilidad entre 0.36 y 0.46, los cuales son muy promisorios para programas de mejoramiento genético participativo.

Palabras claves: Rasgo, variación fenotípica, correlación fenotípica, heredabilidad.

ABSTRACT

The aims of this investigation were to evaluate the influence of number of rows in the ear of maternal progenitors as treatments (10, 12, 14, 16, 18, and 20) on associated variables to performance as well as to estimate phenotypic associations between traits and its genetic variability. For this purpose, it established a randomized complete block experiment (BCA) with four repetitions at the Rosa Santa farm owned by National Agrarian University (UNA), in the rein season, in 2014. The studied variables were Ear length (LM), Ear diameter (DM), number of kernels per row (NGH), 100 seeds weight (P100G), number of rows per ear (NHM), cob weight (PM) and weight in grains per ear (PGM). By using the statistics Analysis System (SAS) procedures, the analysis were: descriptive statistics, Pearson linear correlations and ANOVA combined with linear regressions of maternal characteristics on progenies traits. The treatments with the highest average values for LMp, DMp, NHMp, PMp, and PGMp were 14 and 18 rows. Treatment with 16 rows showed the highest phenotypic variation (CV). Phenotypic correlations of the most outstanding variables were PMP with PGMp and DMp; PMp NGHp; DMp with PGMp; PMp with NGHp; NGHp with PGMp; and PMp with PMp, all positive and very significant. The most notorious phenotypic correlations among progeny and maternal parent traits were LM, NHM and P100G. From ANOVA, the effect of NHMm was highly significant for LMp and NHMp and to a lesser degree for DMp and P100Gp. Heredability estimated values for LMp, NHMp and NGHp, ranged between 0.36 and 0.46, wich are promosory for participatory breeding programs.

Key words: Trait, rows, phenotypic variation, phenotypic correlation, heritability.

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 (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género (Palliwal *et al.*, 2001).

Según la FAO (2007), en Nicaragua el maíz tiene importancia especial, dado que este cereal constituye la base de la alimentación de la población en general, es el segundo cultivo del mundo por su producción después del trigo. El maíz se utiliza para consumo humano y animal. El consumo humano es básicamente el grano transformado en tortillas u otros alimentos que utilizan harina de maíz o masa húmeda como materia prima, y el consumo per cápita es de 95 kg/año (MAGFOR, 2009).

En Nicaragua, la producción de maíz para el periodo 2013-2014 registró 9,007.5 miles de quintales, y de estos, 2,259.1 miles de quintales más respecto al ciclo anterior 2012/13 lo que representó un crecimiento de 33.5 por ciento (BCN 2014). El cultivo esta diseminado en todo el territorio nacional, y se concentra el 67 por ciento en los departamentos de Jinotega, Matagalpa, Boaco, Chontales y la RAAS. En esa área se cosecha el 68 por ciento de la producción nacional.

La planta de maíz se auto-mejora por selección natural, pero lentamente; con la intervención del hombre la evolución se acelera (Reyes, 1990, citado por Coyac, 2011), y así a través de siglos y milenios, en ambientes diversos, ha dado lugar a una amplia variabilidad genética (García *et al.*, 2002, citado por Coyac, 2011).

El mejoramiento por selección es efectivo si existe variabilidad genética en la población original, principalmente aditiva; aunque después de un periodo de selección, la variabilidad disminuirá y los avances serán más lentos y más difíciles de detectar (Briggs y Knowles, 1967, citado por Coyac, 2011); de lo contrario, el mejoramiento adecuado es por hibridación (Sprague, 1966, citado por Coyac, 2011).

La heredabilidad es un parámetro importante para la selección y expresa la proporción de la varianza total debido a las diferencias en el valor mejorado, y en caracteres métricos, se destaca por su función predictiva, ya que es el grado fiable del valor fenotípico, en su valor mejorante, y solo puede predecirse a partir del conocimiento de la correspondencia entre dichos valores (Falconer y Mackay, 1996).

Son muchas las variables que contribuyen con el rendimiento en grano, sean directos, o fenológicos, anatómicos y morfológicos (Márquez, 1991), y cada una se correlaciona fenotípicamente con las otras, pero en diferentes grados y sentidos, pero su asociación genotípica, es necesaria para discriminar las menos importantes.

El carácter mediante el que se escogieron las madres para este estudio fue el número de hileras de grano en la mazorca de maíz que según Serrano y Govea (s.f) depende de los genes en tres loci, 1, 2 y 3, con los alelos dominantes A_1 , A_2 y A_3 , y sus respectivos alelos recesivos a_1 , a_2 y a_3 . Cada alelo dominante (A_1) agrega dos hileras a la mazorca, desde ocho hileras ($a_1a_1a_2a_2a_3a_3$) hasta veinte hileras $A_1A_1A_2A_2A_3A_3$.

En Nicaragua, los estudios realizados en maíz NB-6, se han enfocado mayormente en el manejo agronómico (fertilización, densidades y arreglos de siembra, control de malezas, plagas y enfermedades, y rotación de cultivos). Sin embargo estudios sobre mejoramiento de los componentes de rendimiento y la calidad genética de la semilla son escasos, y básicamente se han dirigido a descripciones varietales de germoplasmas introducidos de centros internacionales (CIAT, CIMMYT) y posterior liberación para uso comercial.

El rendimiento del cultivo de maíz depende en gran medida del manejo agronómico y la contribución del potencial genético de los componentes de rendimiento. Por lo que, estudios tendientes al conocimiento de la variabilidad genética de caracteres asociados al rendimiento, sus correlaciones fenotípicas e índices de herencia, son importantes para el establecimiento de criterios prácticos que mejoren la efectividad de la selección en un programa de mejoramiento participativo.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

1. Evaluar caracteres de la mazorca asociados al rendimiento en grano del maíz cultivar NB-6 bajo condiciones de la finca Santa Rosa de la UNA, postrera del 2014.

2.2 Objetivos específicos

1. Evaluar la influencia del número de hileras en la mazorca en progenitor materno sobre el rendimiento de las progenies.
2. Estimar correlaciones fenotípicas de caracteres de la mazorca asociados al rendimiento en grano.
3. Estimar la Heredabilidad de caracteres de la mazorca (longitud, diámetro, número de granos por hilera, peso de 100 granos, peso de la mazorca, peso en grano por mazorca y número de hileras).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación y fecha del estudio

El estudio se desarrolló en el periodo del 04 de julio al 23 de octubre del año 2014 en la Finca Santa Rosa, unidad de producción propiedad de la Universidad Nacional Agraria (UNA), ubicada en la comarca Sábana Grande, contiguo al costado sur del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino, Managua. La finca está localizada geográficamente en las coordenadas 12° 08' 15" de latitud norte y 86° 09' 36" de longitud oeste, a una altitud de 56 msnm.

3.2 Clima

La zona presenta una época lluviosa bien definida durante los meses de mayo a octubre, la precipitación media anual es de 1,132 mm. La temperatura media anual es de 27.08 °C con una humedad relativa anual de 73.2% (INETER, 2006).

3.3 Diseño metodológico

La idea básica de este ensayo inicio en el 2008, cuando la Sra. Rosa Nydia Rodríguez Arias observó que las mazorcas de maíz blanco de la variedad Nutrinta tenían diferentes números de hileras por mazorca, entre 8 y 20, y además, a mayor número de hileras mayor peso de la misma. Estas observaciones se realizaron en la Finca La Majada, localizada en la comunidad de Abangasca Sur, departamento de León. Posteriormente, se adquirió maíz de la variedad NB-6 certificada, y se realizó la primera siembra en postrera del año 2011. De esa cosecha, se inicio el proceso de selección individual con el criterio único de número de hileras por mazorca, del cual se obtuvieron hileras de 8 a 20 en dicho ciclo, en 2012, se obtuvieron hileras de 10 a 20, de igual forma sucedió en 2013. Se realizaron mediciones,

pero en la selección en el último ciclo se enfatizó en el número de hileras, longitud y peso total de mazorca sin tuza.

El experimento con la semilla del último ciclo de selección masal, del cual se tomaron 20 mazorcas que representan a cada uno de los 20 progenitores maternos con número de hileras de 10 a 20, se estableció en un diseño en bloques completos al azar (BCA) con cuatro réplicas. Las parcelas fueron de cuatro surcos y de 10 plantas por surco, cada una atendiendo al número de hileras en el progenitor materno que fue considerada como tratamiento. Fueron excepción el tratamiento de 14 hileras que se sembraron tres surcos y el tratamiento de 20 hileras que solo se sembró un surco, respectivamente, para un total de 20 madres (Anexo 1).

3.4 Manejo del ensayo

La preparación del terreno consistió en un pase de grada seguido de un surcador para establecer las hileras de siembra a una distancia de 0.80 m entre surco y a 10 cm entre planta. Fue necesario establecer un sistema de riego por aspersión para mantener la humedad en el suelo y asegurar una buena germinación. En la fertilización, se aplicó una fórmula completa de N-P-K (15-15-15) al momento de la siembra con una dosis de 130 kg ha⁻¹.

Posteriormente, quince días después de la siembra, el control de malezas manual y el aporque. El control se realizó cada quince días por periodo de dos meses. A los 22 y 42 días post siembra se fertilizó con urea 46%, a razón de 130 kg ha⁻¹. La cosecha se realizó manualmente a los 110 días después de la siembra en mayas rotuladas con su réplica, tratamiento, número de planta madre y número de planta hija.

Las herramientas y materiales utilizados en la etapa de campo, toma y procesamiento de datos del experimento fueron: machete, hacha, azadones, martillos, postes, alambre, grapas y cinta métrica. En el manejo sanitario, control químico de malezas y nutricional del cultivo se utilizó bombas de mochila para asperjar, pantallas para asperjar herbicidas Glifosato (Round up®) y proteger el cultivo, y recipiente de plástico. Para empacar el material cosechado (mazorcas) se utilizó sacos y maya. Las herramientas de medición fueron un vernier, balanza digital, una cinta métrica y reglas de metal.

3.5 Material biológico

El cultivar NB-6 es una variedad sintética y de ciclo intermedio. Presenta excelentes características fenotípicas y buenos rendimientos. Se adapta a una diversidad de ambientes lo que ha permitido una amplia adopción de la variedad.

Cuadro 1. Características morfológicas y agronómicas del cv NB-6

Características morfológicas	
Altura de planta	230 - 235 cm
Altura de mazorca	110 - 115 cm
Longitud de mazorca	16 - 20 cm
Cobertura de mazorca	Buena
Forma de la mazorca	Cónico-cilíndrica
Textura de grano	Semi-cristalina
Tipo de grano	Semi-dentado
Color del grano	Blanco
Disposición de hileras de grano	Recta
Diámetro de la mazorca	5 - 6 cm
Características agronómicas	
Días a floración femenina	54-56
Días a cosecha	110-115
Madurez relativa	Intermedia
Rendimiento	60-70 qq/mz

(INTA, 2013)

3.6 Variables a evaluar y formas de medición

La metodología descrita a continuación fue definida por Muñoz *et al.*, (1993), y las variables fueron las siguientes:

Longitud de la mazorca (cm): medición realizada desde la base de su inserción en el pedúnculo hasta su ápice, con una regla metálica en cada una de las mazorcas.

Diámetro de la mazorca (cm): se toma la mazorca por la mitad para determinar su diámetro, desde la corona de un grano hasta la corona del grano diametralmente opuesto, para esto se utilizó un vernier digital el cual nos mostraba la medida de cada mazorca.

Número de hileras por mazorca: las hileras fueron contadas en la parte central de la mazorca, hasta llegar al lado opuesto de la misma, siempre habrá un número par de ellas.

Número de granos por hilera: se selecciona una hilera de la mazorca y se empieza a contar desde la base hasta el ápice de la mazorca.

Peso de 100 granos (g): Se toman 100 granos comerciales al azar de la mazorca y se pesaron en una balanza digital.

Peso total de la mazorca (g): se pesó la mazorca entera (granos y raquis) sin brácteas.

Peso en grano de la mazorca (g): se desgrano la mazorca y los todos los granos en ella encontrada se introdujeron a una tasa de plástico para luego ser pesados en la balanza digital.

3.7 Colecta, organización y codificación de datos

La recolección de los datos se inició en campo donde las mazorcas fueron cortadas y almacenadas en mallas con su respectiva identificación. Luego, estas se guardaron en sacos y se procesaron las mediciones manualmente en hojas de toma de datos (Anexo 2). Posterior a las anotaciones manuales, los datos se introdujeron en hoja electrónicas de Excel organizados como archivos exportables.

3.8 Análisis de datos

Todos los datos se analizaron con el sistema de análisis estadístico (Statistical Analysis System, SAS) del Instituto SAS de New York, V.9.1.

Las asociaciones entre las variables en estudio se estimaron mediante la correlación de Pearson, previa a una evaluación gráfica de tendencia de las variables.

El coeficiente de correlación son medidas que indican la situación relativa de los mismos sucesos respecto a las dos variables, es decir, son la expresión numérica que nos indica el grado de relación existente entre las 2 variables y en qué medida se relacionan. Su rango oscila entre 1 y -1.

A fin de establecer la influencia del número de hileras del progenitor materno (tratamiento) sobre las variables asociadas al rendimiento de la progenie, se hizo un análisis de varianza con regresión de los valores maternos sobre los valores de la progenie de cada variable de interés, con un modelo aditivo lineal del tipo fijo (M.A.L.F). A continuación la descripción del modelo:

$$Y_{ijk} = \bar{\mu} + T_i + B_j + B_i(X_{1.} - \bar{X}_{..}) + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Cualquier observación de una variable componente del rendimiento.

$\bar{\mu}$: Es el verdadero efecto medio.

T_i : Es el efecto del i-ésimo tratamiento.

B_j : Efecto del j-ésimo bloque.

$B_i(X_{1.} - \bar{X}_{..})$: Parámetro de regresión de Y sobre X.

E_{ijk} : Es el efecto de la j-ésima unidad experimental sujeta al i-ésimo tratamiento (o error experimental).

Los estimadores de regresión lineal se utilizaron para determinar la heredabilidad de cada rasgo asociado al rendimiento, según el procedimiento propuesto por Simmonds (1979). Del análisis de varianza con regresión, la heredabilidad se estimó como dos veces el coeficiente de regresión de la variable de las progenies sobre el progenitor materno.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Medias de variables asociadas al rendimiento, por NHMm

El rendimiento está determinado por muchos factores ambientales y genéticos. El potencial del rendimiento puede definirse como el rendimiento de una variedad en ambientes a los que se ha adaptado, donde no hay limitaciones en cuanto a agua y nutrientes y donde las plagas, enfermedades, malas hierbas, el acame y otros factores negativos se controlan con eficacia (CIMMYT, 1986). Según White (1985), los componentes del rendimiento pueden ser definidos de varias formas, pero todos se basan en una serie de factores que multiplicados en conjunto equivalen al rendimiento.

Las promedios más altos para LMp, DMp, NHMp, PMp, PGMp se encontraron entre el tratamiento de 14 y 18 hileras del progenitor materno. Sin embargo, P100Gp resulto mayor en el tratamiento de 10 hileras, lo cual es lógico ya que su correlación con NHMp es negativa, a menor número de hileras por mazorca el grano es más grande y por ende este es más pesado. De similar forma NGHp se presenta con valores más altos cuando la madre corresponde al tratamiento de 12 hileras (Cuadro 2).

Cuadro 2. Promedios de variables de mazorca asociadas al rendimiento de acuerdo al número de hileras en los progenitores maternos involucrados en el estudio

Variable	Número de hileras del progenitor materno					
	10	12	14	16	18	20
LMp	16.92	16.43	17.05	16.19	15.87	15.06
DMp	4.57	4.68	4.75	4.73	4.74	4.60
NHMp	12.58	13.98	13.95	14.57	14.8	14.5
NGHp	33.63	33.91	33.68	33.23	33.58	32.77
P100Gp	38.25	35.51	36.46	33.02	32.47	33.17
PMp	176.82	173.99	185.54	178.22	179.13	164.27
PGMp	141.73	141.51	144.19	138.51	141.21	126.34

LMp: Longitud de la mazorca de la progenie; DMp: Diámetro de la mazorca de la progenie; NHMp: Número de hileras por mazorca de la progenie; NGHp: Número de granos por hilera de la progenie; P100Gp: Peso de 100 granos de la progenie; PMp: Peso de la mazorca de la progenie; PGMp: Peso en granos de la mazorca de la progenie.

Una descripción cualitativa de estos valores (Anexo 3).

La mayoría de los caracteres de importancia en el maíz son de naturaleza cuantitativa y están controlados por un gran número de genes (Jugenheimer, 1990). Tapia (1980), sugiere que las plantas en óptimas condiciones expresarán su máximo potencial hasta donde es posible hacerlo, y no pueden sobre pasar el límite que genéticamente tienen.

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

Loáisiga, (1990), menciona que el peso de la mazorca es de suma importancia ya que está directamente relacionada al rendimiento de la cosecha. Por otra parte Bolaños *et al.*, (1993) aseguran que las altas densidades de siembra reducen el peso promedio de la mazorca.

4.2 Coeficientes de variación de las variables asociadas al rendimiento, por NHMm

Los coeficientes de variación más altos se encontraron en madres con el NHMm 16. De acuerdo con Pimentel, (1985, citado por Mendoza y Buitrago 2015), normalmente en los ensayos agrícolas de campo los CV son bajos, cuando son inferiores a 10%; medios de 10 a 20%, altos cuando van de 20 a 30% y muy altos cuando son superiores a 30%. Los resultados encontrados (cuadro 3) coinciden con esta clasificación. Sin embargo, debe explorarse qué proporción de esta variación es de naturaleza genética aditiva, importante para el cambio de las media de los rasgos de generación a generación por selección (Cuadro 3)

Cuadro 3. Coeficiente de variación de variables de mazorca asociadas al rendimiento de acuerdo al número de hileras en los progenitores maternos involucrados en el estudio

Variable	Número de hileras del progenitor materno					
	10	12	14	16	18	20
LMp	12.60	12.39	12.08	15.13	13.33	12.69
DMp	7.73	8.07	7.78	10.26	9.27	7.16
NHMp	11.14	10.82	13.08	13.38	12.47	10.40
NGHp	15.70	17.01	18.07	20.15	16.05	18.43
P100Gp	15.73	18.34	14.66	18.78	17.62	13.90
PMp	23.98	23.90	24.84	30.71	26.48	25.87
PGMp	25.79	26.93	28.05	34.70	28.86	28.94

LMp: Longitud de la mazorca de la progenie; DMp: Diámetro de la mazorca de la progenie; NHMp: Número de hileras por mazorca de la progenie; NGHp: Número de granos por hilera de la progenie; P100Gp: Peso de 100 granos de la progenie; PMp: Peso de la mazorca de la progenie; PGMp: Peso en granos de la mazorca de la progenie.

4.3 Correlación fenotípica entre variables de las progenies

La correlación fenotípica entre las variables de las progenies resultó positiva y significativa ($p < 0.0001$) entre LMp y PMp, DMp, NGHp, PGMp, P100Gp. Así un aumento de la longitud de la mazorca también incrementa los valores de las variables en mención, oscilando entre valores de 0.30 a 0.67. Se observa que PMp, presentó correlaciones con DMp, NHMp, NGHp, PGMp y P100Gp positivas y significativas ($p < 0.0001$), el rango de valores de 0.21 a 0.97, este último valor corresponde a la correlación entre PMp y PGMp, lo que implica que si aumenta el peso de la mazorca el rendimiento en grano será mayor, y es extremadamente alta en términos fenotípicos. De igual forma, DMp resultó con correlaciones positivas y significativas con NHMp, NGHp, PGMp y P100Gp, en un rango de 0.35 a 0.68. El NHMp y el NGHp resultaron positivas y significativas para PGMp. P100Gp resultó positivo y significativo para NGHp, sin embargo con NHMp resulta altamente significativa, pero en sentido negativo, sugiriendo claramente que al aumentar el NHMp, los granos son más pequeños y livianos. PGMp es altamente significativa con el P100Gp, quiere decir que si aumentamos el P100Gp aumenta el PGMp (Cuadro 4).

Cuadro 4. Correlación fenotípica entre variables de la mazorca asociadas al rendimiento en maíz cv NB-6 de las progenies derivadas de 20 progenitores

	LMp	PMp	DMp	NHMp	NGHp	PGMp	P100Gp
LMp	1	0.66778 <.0001 437	0.30134 <.0001 461	-0.01857 0.6908 461	0.6348 <.0001 461	0.61357 <.0001 461	0.37592 <.0001 461
PMp		1	0.73508 <.0001 437	0.21248 <.0001 437	0.68479 <.0001 437	0.97166 <.0001 437	0.5486 <.0001 437
DMp			1	0.39123 <.0001 461	0.35289 <.0001 461	0.68478 <.0001 461	0.45286 <.0001 46
NHMp				1	-0.04025 0.3885 461	0.15341 0.001 461	-0.30705 <.0001 461
NGHp					1	0.67741 <.0001 461	0.15202 0.0011 461
PGMp						1	0.544 <.0001 461
P100Gp							1

LMp: Longitud de la mazorca de la progenie; DMp: Diámetro de la mazorca de la progenie; NHMp: Número de hileras por mazorca de la progenie; NGHp: Número de granos por hilera de la progenie; P100Gp: Peso de 100 granos de la progenie; PMp: Peso de la mazorca de la progenie; PGMp: Peso en granos de la mazorca de la progenie.

Los resultados obtenidos coinciden con Reyes (1990), y afirma que la longitud de la mazorca es un carácter de gran importancia por ser un elemento correlativo con el rendimiento del grano y que estos caracteres se ven sumamente afectados por las condiciones ambientales. Por otro lado Saldaña y Calero (1991), afirman que el DMp es un carácter relacionado con la longitud de la mazorca y está determinado por factores genéticos, edáficos, nutricionales y ambientales; si estos factores son adversos en la fase reproductiva de la planta repercutirá en el rendimiento.

Estudios sobre densidad de poblaciones indican que el número de hileras por mazorca tiene una relación negativa con el número de granos por hilera y positiva con el rendimiento en grano y peso del grano (Cervantes et al. 2014). Por otro lado, el número de granos por hileras además de estar determinado por la variedad está influenciado por cambios ambientales y condiciones del cultivo, entre otros (Jugenheimer, 1990).

Según Arteaga (2004), el peso de la mazorca y peso en granos tienen una alta correlación fenotípica con el rendimiento, con valores de 0.98 y 0.71, respectivamente, lo cual concuerda con los resultados encontrados.

4.4 Correlación fenotípica entre variables progenie por progenitor

La correlación entre las variables similares de las progenies y sus progenitores maternos solamente resultaron altamente significativa y positiva (<.0001) la variable número de hileras de la mazorca y peso de 100 granos, lo que indica que al seleccionar progenitores con valores altos para estos caracteres tenga efecto positivo sobre las descendencias.

Cuadro 5. Correlación fenotípica entre variables de la mazorca asociadas al rendimiento en maíz cv NB-6 de las progenies por progenitor derivadas de 20 progenitores

	LMm	PMm	DMm	NHMm	NGHm	PGMm	P100Gm
LMp	0.11948 0.0102 461	-0.02661 0.5688 461	-0.06309 0.1763 461	-0.16526 0.0004 461	0.06161 0.1867 461	-0.07679 0.0996 461	0.11135 0.0168 461
PMp		-0.02194 0.6474 437	0.00844 0.8603 437	0.0088 0.8544 437	0.04452 0.3532 437	0.01412 0.7685 437	-0.03557 0.4583 437
DMp			0.05454 0.2425 461	0.09698 0.0374 461	0.04785 0.3052 461	0.04396 0.3473 461	-0.14561 0.0017 461
NHMp				0.33013 <.0001 461	0.08214 0.0781 461	0.10404 0.0255 461	-0.35563 <.0001 461
NGHp					0.06386 0.1711 461	0.00114 0.9806 461	-0.01244 0.7899 461
PGMp						-0.0123 0.7922 461	-0.00401 0.9316 461
P100Gp							0.2959 <.0001 461

LMm: Longitud de la mazorca de la madre; PMm: Peso de la mazorca de la madre; DMm: Diámetro de la mazorca de la madre; NHMm: Número de hileras de la por mazorca de la madre; NGHm: Número de granos por hilera de la madre; PGMm: Peso en granos de la mazorca de la madre; P100Gm: Peso de 100 granos de la madre

4.5 Análisis de varianza y regresión de las progenies sobre las madres e índices de herencia

La influencia del número de hilera de la mazorca materna sobre los demás caracteres asociados al rendimiento del cultivo de maíz resultó significativa para NHMp, al igual que para LMp, DMp y P100Gp, aunque con menor significancia. Por otro lado, la influencia de este factor sobre NGHp, PGMp, y PMp, fue no significativo. Longitud de la mazorca podría ser de utilidad para selección fenotípica, sin embargo, guarda una correlación negativa y significativa con NHMm, lo cual sugiere que al mejorar el primero, podría reducir los valores en el segundo.

De acuerdo con lo propuesto por Stanfield (1971), sobre los grados de heredabilidad considera que es alta cuando es mayor que 0,50, media entre 0,20 y 0,50, y baja si es menor que 0,20. Los estimados de heredabilidad obtenidos se acercan a esta clasificación, especialmente para LMp como alta, seguido de NHMp y NGHp considerada como media; los demás estimados resultaron bajos e incluso negativos.

Los caracteres LMp, NHMp y NHMp muestran estimados de herabilidad media de acuerdo a la clasificación mencionada anteriormente y la más alta fue longitud de la mazorca y número de hileras por mazorcas. Esto sugiere que estos caracteres son promisorios para programas de selección genética. Sin embargo, estos rasgos guardan correlaciones fenotípicas negativas con algunos de los caracteres asociados al rendimiento. Lo anterior indica que deben estimarse correlaciones genéticas entre esos rasgos, con el propósito de elegir los rasgos apropiados y evitar distorsiones en las respuestas directas y correlacionadas a la selección, y así obtener las tendencias deseadas. Rasgos en esta posible situación son NHMp con P100Gm, con $r = -0.35$ y significativa, así como NHMm con LMp, con $r = -0.16$ y significativa.

Cuadro 6. Análisis de varianza y regresión de las progenies sobre las madres e índices de herencia

Variables	R	NHMm	$\alpha \pm e\alpha$	$\beta \pm e\beta$	Prob t 	h^2
LMp	0.06	0.001	11.75 \pm 1.62	0.23 \pm 0.10	.02	0.46
PMp	0.02	0.68	162 \pm 27.03	-0.001 \pm 0.12	.098	-0.002
DMp	0.02	0.08	40.82 \pm 5.23	0.11 \pm 0.10	.30	0.22
NGHp	0.01	0.87	26.98 \pm 3.81	0.18 \pm 0.10	.07	0.36
P100Gp	0.11	0.08	28.83 \pm 5.14	0.13 \pm 0.14	.36	0.26
NHMP	0.11	0.0001	10.89 \pm 0.44	0.21 \pm 0.02	.0001	0.42
PGMp	0.02	0.79	126.61 \pm 26.60	0.04 \pm 0.11	.732	0.08

LMp: Longitud de la mazorca de la progenie; DMp: Diámetro de la mazorca de la progenie; NHMp: Número de hileras por mazorca de la progenie; NGHp: Número de granos por hilera de la progenie; P100Gp: Peso de 100 granos de la progenie; PMp: Peso de la mazorca de la progenie; PGMp: Peso en granos de la mazorca de la progenie.

Los componentes correlativos con el rendimiento en grano (longitud, número de hileras, peso del grano y número de mazorcas por planta), son atributos con baja heredabilidad, es decir que son altamente afectados por el ambiente (Reyes, 1985).

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo investigativo se puede concluir lo siguiente:

- ❖ Se puede afirmar que si existe influencia de número de hileras en la mazorca en progenitor materno sobre el rendimiento de las progenies de los caracteres LMp y NHMp. De igual forma, para DMp y P100Gp, existe, solo que con menor predominio. Por otro lado, para PMp, NGHp y PGMp, los tratamientos no ejercieron influencia importante.
- ❖ Existe correlación fenotípica de caracteres de la mazorca asociadas al rendimiento entre variables de progenie por progenie siendo las más destacadas: PMp con PGp y DMp; PMp con NGHp; DMp con PGp; PMp con NGHp; NGHp con PGMp; y LMp con PMp. Las correlaciones entre variables de progenies y progenitores maternos, más relevantes las mostraron LM, NHM y P100G.
- ❖ Los estimados de heredabilidad, para LMp, NHMp y NGHp, indican la existencia de suficiente variabilidad genética promisorio para programas de selección. Sin embargo, debe tomarse con reserva por la existencia de correlaciones fenotípicas antagónicas de estos rasgos con otros asociados al rendimiento.

VI. RECOMENDACIONES

- ❖ Continuar el estudio con un mayor número de progenitores y progenies por progenitor, considerando el conocimiento del padre, para hacer más confiable los resultados, así como en diferentes ambientes (localidades, características edáficas y climáticas) y extraer más eficientemente los efectos ambientales y posible correlación genotipo por ambiente.
- ❖ Implementar el estudio con un diseño que permita derivar correlaciones genéticas entre rasgos asociados al rendimiento, y estructurar un posible índice de selección de utilidad práctica para productores.
- ❖ Para realizar nuevos estudios, seleccionar la mazorca fenotípicamente por el NHMm para la producción de semilla, de plantaciones distanciadas para evitar en lo posible, efectos de endogamia inicial.
- ❖ Incorporar rasgos fenológicos para estimar posible relaciones con los caracteres del rendimiento y otros usos del cultivo del maíz, como alimentación para animales.

VII. LITERATURA CITADA

- BCN (Banco Central de Nicaragua). 2014. Indicadores de volúmenes: productos seleccionados. División económica. (En línea). Consultado 05 de abril 2016. Disponible en:
http://www.bcn.gob.ni/publicaciones/periodicidad/mensual/prod_seleccionados/prod_seleccionados.pdf
- Bolaños, J. 1997. Síntesis de resultados experimentales PRM 1993-1995. Vol. 5. CIMMYT-PRM, Guatemala.
- Cervantes Ortiz, F; Gasca Ortiz, MT; Andrio Enríquez, E; Mendoza Elos, M; Guevara Acevedo, L; Vázquez Moreno, F; Rodríguez Herrera, S. 2014. Densidad de población y correlaciones fenotípicas en caracteres agronómicos y de rendimiento en genotipos de maíz. Ciencia y Tecnología Agropecuaria México. 2(1): 9-16.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1986. El desarrollo futuro del maíz y el trigo en tercer mundo. Oportunidades de aumentar el potencial del rendimiento de trigo. División Industrial Vegetal. Canberra, AU.
- Coyac Rodríguez, JL. 2011. Parámetros genéticos y respuestas a la selección en la población de maíz ZAC. Postgrado en recursos genéticos y productividad genética. México, MX. 84 P.
- Falconer, DS; Mackay C, TF. 1996. Introducción a la genética cuantitativa. Trad. Pearson Education Limited. 4 ed. Zaragoza, ES. Acribia, S.A. 163-186 p.
- FAO. 2007. Breve informe sobre la situación mundial de la oferta y la demanda de cereales (en línea). (s.l.). Consultado 9 de oct. 2014. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/010/ah873s/ah873s04.htm>
- Gordon Mendoza, R; Camargo Buitrago, I. 2015. Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. San José, CR. Agronomía Mesoamericana. 26(1): 55-63.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). 2006. Datos de la estación Meteorológica SAINSA. Managua. NI.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2013. Proyecto “Apoyo a la producción de semilla de granos básicos para la seguridad alimentaria de Nicaragua (PAPSSAN). Catálogo de semilla de granos básicos variedades de arroz, frijol, maíz y sorgo liberados por el INTA. Managua, NI. 75 p
- Jugenheimer WR. 1990. Variedades mejoradas métodos de cultivo y producción de semilla. 4ta impresión, Editorial Limusa S.A. Mexico. D.F, Mexico. 834 p.

- Loáisiga CH. 1990. Caracterización y evaluación de treinta cultivares de maíz (*Zea mays* L.). ISCA. Tesis Ing. Agr. Managua, NI, Universidad Nacional Agraria.
- MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal NI); Gobierno de Nicaragua. 2009. Fortalecimiento al sistema nacional de semilla. Evaluación Social de Territorios Proyecto Ampliación PTA II. (En línea). Managua, NI. Consultado 16 de Marzo 2016. Disponible en <http://www.magfor.gob.ni/programas/pea/salva/Evaluacion%20Social%20de%20Territorios%20Ampliacion%20PTA%20II.pdf>
- Martínez Mayorga, M; Pérez Medina, M. 2004. Efecto de tres densidades de siembra y cuatro niveles de fertilización sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) híbrido H-INTA-991, Masatepe, Masaya. Tesis Ing. Agr. Managua, NI, Universidad Nacional Agraria. 41 p.
- Márquez Sánchez, F. 1991. Genotecnia Vegetal, tomo III. México DF, MX. 500 pág.
- Muñoz, G; Giraldo, G; Fernández de Soto, J. 1993. Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz, sorgo. Cali, CO. Centro Internacional de Agricultura Tropical 174 p. (publicación CIAT; 177)
- Stanfield, W.D. 1971. Genética. Teoría y 440 problemas resueltos. Segunda ed. Serie Schaum, McGraw-Hill, México. 405 pp.
- Palliwal, RL.; Granados, G.; Lafitte, H.R.; Violic, A. 2001. El maíz en los trópicos mejoramiento y producción. Roma, IT. 376 p.
- Reyes, CP. 1990. El maíz y su cultivo 3^{ra} edición. AGT editor. México, D.F, MX. 460 p.
- Reyes, P. 1985. Fitogenotecnia Básica y Aplicada. AGT EDITOR S.A. México. México. 460 p.
- Rodriguez, T. 1997. Producción de maíz (*Zea mays* L.) bajo dos sistemas de labranza y tres métodos de control de maleza, efecto sobre la dinámica de las malezas y el crecimiento y rendimiento del cultivo. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria, Managua, NI. 49 pp.
- Saldaña, F. Calero, M. 1991. Efecto de rotación de cultivo y control de maleza sobre la cenosis de la maleza en los cultivos de maíz (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench) y pepino (*Cucumis sativus* L.). Tesis Ing. Agr. UNA, Managua, NI. 27 p.
- Serrano Vargas, L; Govea Villaseñor, R. (s.f). Biología II. Bases Genéticas de la Evolución. Guerrero, MX. 68 p.

- Simmonds, NW. 1979. Principios de la mejora de cultivos. Singapore, SG.
- Tapia, H. 1980. Tópicos importantes de uso común para la impartición de asistencia técnica en granos básicos. División de semillas PROAGRO. Managua, NI.
- Viera Arteaga, L.2004. Caracterización y evaluación de seis híbrido y seis variedades de polinización libre de maíz (*zea mays*. L) en el viejo, Chinandega. Tesis Ing. Agro. Managua, NI, Universidad Nacional Agraria. 43 p.
- White, JW. 1985. Conceptos básicos de Fisiología de frijol. Frijol, investigación y producción. CIAT. Editorial XYZ. Cali, Colombia. 16-20 p.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Plano de campo establecimiento del cultivo de maíz Finca Santa Rosa



G U A N A C A S T E	N° SURCO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	M A R A N G O	
	REPLICA I																						
	TRAT	10 Hileras				18 Hileras				14 Hileras			12 Hileras				16 Hileras				20		
		46	52	45	47	75	89	95	96	82	84	83	19	35	132	64	8	9	7	2	1		
	REPLICA II																						
	TRAT	10 Hileras				14 Hileras			16 Hileras				18 Hileras				12 Hileras				20		
		46	52	45	47	82	84	83	8	9	7	2	75	89	95	96	19	35	132	64	1		
	REPLICA III																						
	TRAT	12 Hileras				10 Hileras				16 Hileras				18 Hileras				14 Hileras					20
		19	35	132	64	46	52	45	47	8	9	7	2	75	89	95	96	82	84	83	1		
	REPLICA IV																						
	TRAT	16 Hileras				12 Hileras				18 Hileras				10 Hileras				14 Hileras					20
		8	9	7	2	19	35	132	64	75	89	95	96	46	52	45	47	82	84	83	1		

Aeropuerto Internacional A. C. Sandino

Anexo 2. Hoja de toma de datos cultivo maíz Finca Santa Rosa Managua 2014

Hoja de toma de datos										
Replica	Tratamiento	surco	planta	LM	PM	DM	NHM	NGH	PGM	P100G

LM: Longitud de la mazorca; PM: Peso de la mazorca; DM: Diámetro de la mazorca; NHM: Número de hileras por mazorca; NGH: Número de granos por hilera de la progenie; PGM: Peso en granos de la mazorca; P100G: peso de 100 granos.

Anexo 3. Medias de variables de mazorca asociadas al rendimiento de acuerdo al número de hileras en los progenitores maternos involucrados en el estudio

