

Comportamiento agronómico de híbridos y variedades de maíz

José Ortiz¹, Ramón Celado¹, Jeovanni Medina¹, Juan Cedano¹ y Ruly Nin²

Abstract

Corn is the most consumed cereal in the Dominican Republic, with a high dependence on imports to meet the needs of concentrated food processing, especially in the poultry and pork industries. From the technological point of view, the use of hybrids of high productivity corn is an alternative to increase productivity and national production. The objective of this study was to characterize and evaluate the agronomic behavior, including productivity, of eleven yellow corn cultivars, seven simple hybrids and four open pollinated varieties, in the main corn production area in the San Juan Valley, The southwest of the country. A randomized complete block design was used where the cultivars were arranged in four replicates and under relatively advanced agronomic management. Analysis of variance showed highly significant differences ($p < 0.01$) for the variables studied, with the exception of the number of ears, number of non-commercial ears, and rots of ears. The results indicate that the hybrids on average yielded 48% more than the open-pollinated varieties used. In addition, corn plants of the varieties studied showed higher plant height and ear and worse plant appearance. Grain yield ranged from 5.06 to 9.73 t/ha with an overall average of 8.02 t/ha and all hybrids studied showed statistically equal grain yield. The earliest cultivar was the 'P-3523' hybrid with 54 days and the latest cultivars were the 'P-4082', 'P-30F35', 'P30F87' and 'P-30K73' hybrids and the 'Comalat' variety with 60 days to bloom.

Keywords: heterosis, yield, Dominican Republic.

Resumen

El maíz es el cereal de mayor consumo en la República Dominicana, con una alta dependencia de las importaciones para suplir las necesidades de elaboración de alimentos concentrados especialmente de las industrias avícola y porcina. Desde el punto de vista tecnológico, la utilización de híbridos de maíz de alta productividad es una alternativa para incrementar la productividad y la producción nacional. El objetivo de este estudio fue caracterizar y evaluar el comportamiento agronómico, incluyendo la productividad, de once cultivares amarillos de maíz, siete híbridos simples y 4 variedades de polinización abierta, en la principal zona de producción de maíz en el valle de San Juan, en el suroeste del país. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar donde los cultivares fueron dispuestos en cuatro repeticiones y bajo un manejo agronómico relativamente avanzado. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para las variables estudiadas, con excepción de las variables cantidad de mazorcas, cantidad de mazorcas no comerciales y pudrición de mazorcas. Los resultados indican que los híbridos en promedio rindieron un 48% más que las variedades de polinización abierta utilizadas. Adicionalmente, las plantas de maíz de las variedades estudiadas presentaron mayor altura de planta y de mazorca y peor aspecto de planta. El rendimiento de grano obtuvo un rango de 5.06 a 9.73 t/ha con un promedio general de 8.02 t/ha y todos los híbridos estudiados presentaron estadísticamente igual rendimiento de grano. El cultivar más precoz fue el híbrido 'P-3523' con 54 días y los cultivares más tardío fueron los híbridos 'P-4082', 'P-30F35', 'P30F87' y 'P-30K73' y la variedad 'Comalat' con 60 días para florecer.

Palabras clave: heterosis, rendimiento, República Dominicana.

INTRODUCCIÓN

La principal fuente de alimentos en los países en desarrollo son los cereales. Los cultivos de cereales de grano pertenecen a la familia botánica de las gramíneas y el hombre los produce por sus semillas comestibles que se caracterizan por su alto contenido de carbohidratos; en los países en desarrollo proveen más del 70% del consumo energético de la población, FAO (2002). El maíz es el cereal de mayor producción en el mundo con 1,037.8 millones de toneladas producidas en el año 2014, FAO (2015).

En la República Dominicana, el maíz es el cereal de mayor consumo con una alta dependencia de las importaciones para suplir las necesidades de elaboración de alimentos concentrados especialmente de las industrias avícola y porcina. En el año 2015, según estimaciones oficiales, el consumo aparente nacional de maíz en grano fue de 1,115,250 toneladas métricas (24,535,505 quintales), de los cuales se importó el 97% del consumo, 1,081,122.99 toneladas métricas (23,784,706 quintales) por un valor de US\$ 202,948,032.75, MA (2016a).

¹ Investigadores en cereales¹ y en suelos² del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). Calle Rafael Augusto Sánchez # 89, Evaristo Morales, Santo Domingo, DO. Correo electrónico: joserichardortiz@gmail.com.

La producción local representó el 3% del total de consumo, 34,127 t (750,799 quintales) de maíz en grano, MA (2016b).

En el año 2015, en la República Dominicana se plantaron 28,872 hectáreas (459,067 tareas) de maíz en diferentes zonas del país, con un rendimiento promedio de 1.45 t/ha (2.01 qq/ta), (MA 2016b, MA 2016c). Esta productividad promedio es inferior al potencial de los híbridos y las variedades mejoradas de maíz, si son aplicadas las recomendaciones técnicas para el manejo agronómico del cultivo, Ortiz (2003).

En el país prácticamente el 100% de la semilla utilizada para la siembra de maíz para grano proviene de variedades de polinización abierta. Se dispone de las variedades: 'Francés Largo' y sus variantes, 'Cesda'-88', 'Loyola-86', 'Unphu-301C' y 'Comalat', Ortiz (2003).

Desde el punto de vista tecnológico, la utilización de germoplasma de alta productividad es una alternativa para incrementar la productividad y la producción nacional de maíz. Los híbridos son cultivares que aprovechando la expresión de la heterosis de cruces específicos y con manejo agronómico adecuado responden con una relativamente alta productividad, Fehr (1987).

La heterosis o vigor híbrido es la superioridad en crecimiento, desarrollo y productividad de un descendiente híbrido con respecto a su(s) progenitores. En el caso de híbridos comerciales es cuando dos progenitores homocigotos, con probada buena habilidad combinatoria específica, expresan su superioridad en la descendencia (F1). Beal (1880) estudiando cruces de poblaciones diferentes de maíz, informó de la presencia de vigor híbrido, posteriormente, Shull (1908) llamó a este fenómeno "heterosis", destacando la superioridad de los descendientes con respecto a sus progenitores o padres.

El objetivo de este estudio fue caracterizar y evaluar el comportamiento agronómico, incluyendo la productividad, de once cultivares amarillos de maíz, siete híbridos simples y 4 variedades de polinización abierta, en la principal zona de producción de maíz de la República Dominicana, el valle de San Juan en el suroeste de la República Dominicana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El experimento se estableció en la Estación Experimental Arroyo Loro del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf) en San Juan de la Maguana, 200 kilómetros al suroeste de Santo Domingo. Arroyo Loro está localizada a una altitud de 419 msnm, a los 18° 19' latitud norte y 71° 14' longitud oeste. La precipitación media anual es de 930 mm, con temperatura media anual de 24.5 °C y una humedad

relativa media anual de 75%, según Holdridge (1947), la estación experimental se clasifica ecológicamente como bosque seco sub-tropical (bs-s), SEA (1995).

Diseño experimental

Para el estudio fueron utilizados once híbridos y variedades de maíz amarillos que fueron sembrados el 3 de mayo y cosechados el 30 de septiembre del 2013. Los cultivares bajo estudio fueron 7 híbridos simples tropicalizados de la empresa de semillas Dupont Pioneer Hi Bred International, Inc. y 4 variedades locales de polinización abierta, tres de las variedades fueron obtenidas por el desaparecido programa de mejoramiento genético en maíz del actual Ministerio de Agricultura y del Idiaf.

Los once cultivares comerciales y experimentales fueron evaluados en un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió en 4 surcos de 5 metros de largo sembrándose dos semillas por golpe para después de la nacencia ralea a una planta, separados a 0.20 m y entre surcos a 0,80 m con una densidad de siembra de 62,500 plantas por hectárea. Como área útil se utilizaron los dos surcos centrales.

Las variables evaluadas fueron rendimiento de grano ajustado al 15% de humedad (t/ha), altura de planta y mazorca (cm) (ambas medidas desde el suelo a la base de la inflorescencia y base de la mazorca, respectivamente), días a la floración, cantidad de mazorcas, cantidad de mazorcas no comerciales, pudrición de mazorcas y la variable aspecto planta, variable fenotípica tomada por el evaluador en escala de 1 a 5, donde 1 representa una planta comercialmente perfecta y 5 no deseable. El rendimiento de grano fue obtenido aplicando la siguiente fórmula, recomendada para evaluaciones agronómicas en maíz por el desaparecido Programa Regional de Maíz (PRM), auspiciado por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (Cimmyt).

$$\text{Rendimiento (t/ha)} = \text{Peso de campo (t/parcela)} * 10 / \text{área útil (m}^2\text{)} * (100 - \% \text{humedad de grano}) / \% \text{materia seca deseado (85\%)} * \text{Fracción de desgrane (0.8)}$$

Manejo agronómico

El manejo agronómico aplicado al cultivo fue uniforme, utilizando un paquete de manejo agronómico considerado alto si comparado con el manejo de la producción que hacen los productores de maíz en la zona de estudio. Los híbridos y variedades evaluadas expresan su potencial genético bajo buen manejo agronómico. Se siguió las recomendaciones del Cedaf (1998).

Tabla 1. Relación de híbridos y variedades de maíz evaluadas

Nombre comercial	Tipo cultivar	Color de grano	Productor/distribuidor
'30K73'	Híbrido simple	Amarillo	Pioneer/Texas, USA/ Agrocentro
'30F35'	Híbrido simple	Amarillo	Pioneer/Prosedoca
'3041'	Híbrido simple	Amarillo	Pioneer/Prosedoca
'30F87'	Híbrido simple	Amarillo	Pioneer/Prosedoca
'P-3523'	Híbrido simple	Amarillo	Pioneer/Prosedoca
'P-3862'	Híbrido simple	Amarillo	Pioneer/Prosedoca
'P4082W'	Híbrido simple	Blanco	Pioneer/Prosedoca
'CESDA-88'	Variedad mejorada	Amarillo	Idiaf
'Unphu-301C'	Variedad	Amarillo	Unphu
'Comalat'	Variedad	Amarillo	Idiaf
'Francés Largo' (Testigo)	Variedad	Amarillo	Prosedoca

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La preparación de terreno consistió en corte, cruce y surqueo. La siembra se realizó a mano. Después de la siembra, se aplicó riego y posteriormente se aplicó herbicida a base de glifosato (2 l/ha). El control de insectos se realizó a base de la utilización de Cipermetrina 25 ec a una dosis de 200cc/ha, a los 8 y 25 días después de la siembra (dds), dirigido principalmente al control del Gusano Cogollero, *Spodoptera frugiperda* Smith. El riego se realizó por gravedad, cuando se determinó la necesidad de requerimiento hídrico de la planta. Se fertilizó a razón de 100 kg de N/ha.

Análisis estadísticos

Previo al análisis de varianza (anova), los datos de cada variable fueron examinados para determinar si estos cumplían con los supuestos o asunciones del anova, especialmente si los errores de los datos tenían distribución normal y si las varianzas de los tratamientos eran homogéneas. Sólo después de hacer este análisis de suposiciones y que éstas se cumplan se puede expresar con confianza la validez los resultados estadísticos de las variables bajo estudio. Las pruebas utilizadas fueron un gráfico QQ plot para determinar si el error se distribuye normalmente y la homogeneidad de las varianzas de los tratamientos respecto a la variable dependiente con el estadístico de Levene de homogeneidad de varianzas, Dicoovski (2012). En las variables donde se encontró diferencias entre los tratamientos, se utilizó la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan para discriminar entre las medias de los tratamientos. Para los análisis, se utilizó el software Infostat (Di Rienzo *et al.* 2008).

Durante el estudio no se presentaron enfermedades importantes y las plagas, especialmente del Gusano cogollero del maíz que se presentó en la etapa de crecimiento y de desarrollo del cultivo, fueron controladas.

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para las características estudiadas, con excepción de las variables cantidad de mazorcas, cantidad de mazorcas no comerciales y pudrición de mazorcas.

Híbridos versus variedades

En las Tabla 3, se compara las respuestas agronómicas promedio de los híbridos contra las variedades de polinización abierta bajo estudio. En el estudio se esperaba y los resultados así lo expresan, la superioridad promedio de los híbridos, en las variables estudiadas, cuando son comparados con las variedades. En promedio, los híbridos estudiados rindieron un 48% más que el promedio de las variedades de polinización abierta. Adicionalmente, las plantas de maíz de las variedades estudiadas presentaron mayor altura de planta y de mazorca y peor aspecto de planta.

Resultados similares fueron obtenidos por Ortiz *et al.* (2003), evaluando 18 cruza simples de maíz provenientes del Programa de Mejoramiento Genético de Maíz del Cimmyt en Azua, San Cristóbal y Baní. En ese estudio, el rendimiento de grano de las cruza simples CMS 003012, CMS 933080, CMS 003020, CMS 003002, CMS 003010, CMS 003014, CMS 003022, CMS 003026, CMS 003008 y CMS 003024 fue de 3.89 a 3.16 t/ha superior a los testigos locales 'Cesda-88' y 'Unphu-301C', con rendimiento de 2.16 y 2.20 t/ha, respectivamente.

Tabla 3. Medias de las variables evaluadas de la comparación de los híbridos versus las variedades, evaluadas en la Estación Experimental Arroyo Loro del Idiaf en San Juan de la Maguana, República Dominicana. Septiembre 2013.

Cultivares	Rendimiento (t/ha)	Altura planta (cm)	Altura mazorca (cm)	Aspecto Planta (1 a 5)
Híbridos	9.10 a	2.91 b	1.31 b	2
Variedades	6.15 b	3.02 a	1.47 a	3

Los resultados indican que el potencial genético de los híbridos simples en estudio se expresó bajo el manejo agronómico que se administró en el experimento.

En la Tabla 4, se presentan las medias de rendimiento y de las características agronómicas evaluadas para cada uno de los híbridos y variedades de polinización abierta de maíz, donde se puede observar que el rendimiento de grano obtuvo un rango de 5.06 a 9.73 t/ha con un promedio general de 8.02 t/ha y un coeficiente de variación de 14.43%, comparativamente indica la confiabilidad en el manejo del experimento. Todos los híbridos estudiados presentaron estadísticamente igual rendimiento de grano.

Con respecto a los días a floración desde la siembra, se obtuvo un rango de 54 a 60 días. El cultivar más precoz fue el híbrido 'P-3523' con 54 días a floración y los cultivares más tardío fueron los híbridos 'P-4082', 'P-30F35', 'P-30F87' y 'P-30K73' y la variedad 'Comalat' con 60 días para florecer.

En cuanto a las variables altura de planta y mazorca, los rangos fueron de 2.79 a 3.13 m para altura de planta y de 1.19 a 1.58 m para altura de mazorca. En general,

los resultados del análisis de los datos indican que las variedades presentaron las mayores alturas para ambas características.

Los híbridos presentaron las mejores características de aspecto comercial de plantas, de acuerdo a la evaluación fenotípica realizada antes de la cosecha.

CONCLUSIONES

En este estudio se caracterizó el comportamiento de siete híbridos simples de maíz de la empresa Dupont Pioneer Hi Bred International, Inc. y se comparó a cuatro variedades mejoradas locales de polinización abierta disponibles en el mercado.

Los híbridos expresaron su potencial genético y mostraron un comportamiento agronómico superior a las variedades locales. El rendimiento de grano de los híbridos fue en promedio 48% superior al de las variedades de polinización abierta estudiadas.

Las plantas de las variedades de polinización abierta presentaron, en promedio los datos de mayor altura de planta y de mazorca y peor aspecto de planta.

Tabla 4. Medias de las variables en la evaluación de híbridos y variedades de maíz, Arroyo Loro, San Juan de la Maguana, República Dominicana. Septiembre 2013.

Híbrido/variedad	Rend (t/ha)	Rend (qq/ta)	Días a flor	Altura planta (m)	Altura mazorca (m)	Aspecto planta (1-5)
'P-4082W'	9.73 a	13.46	60	2.94 bcd	1.33 c	2.1
'P-3862'	9.69 a	13.41	58	2.98 abc	1.40 bc	1.6
'P-30F35'	9.52 a	13.17	60	2.92 bcd	1.31 cd	2.5
'P-3523'	9.48 a	13.12	54	3.03 ab	1.29 cd	3.0
'P30F87'	8.75 a	12.11	60	2.79 d	1.19 d	2.0
'P-30K73'	8.41 a	11.64	60	2.86 cd	1.34 c	1.9
'P-3041'	8.09 ab	11.19	57	2.82 d	1.34 c	1.9
'Unphu-301C'	6.65 bc	9.20	59	3.13 a	1.58 a	3.0
'Comalat'	6.50 bc	8.99	60	3.00 abc	1.52 ab	3.4
'Cesda-88'	6.37 bc	8.81	55	3.05 ab	1.42 bc	3.1
'Francés Largo' (T)	5.06 c	7.00	55	2.92 bcd	1.38 c	3.5

LITERATURA CITADA

- Beal, W. 1880. Indian corn. Mich. State Board Agr. Ann. Rpt., 19: 279-289.
- CEDAF (Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, DO). 1998. Cultivo de maíz. Guía técnica # 33, serie cultivos. CEDAF. Santo Domingo, DO. 51p. (En línea). Consultado el 10 de diciembre del 2015. Disponible en: <http://www.rediaf.net.do/publicaciones/guias/detalle.asp?Codigo=CU33>.
- Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; Balzarini, M.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C. 2008. Infostat, versión 2008. Grupo Infostat. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, AR.
- Dicovski, L. 2012. Estadística Básica para Ingenieros. Universidad Nacional de Ingeniería (Uni- Norte - Sede Regional). Esterí, NI. (En línea). Revisado el 10 de diciembre 2015. Disponible en: <https://luisdi.files.wordpress.com/2008/08/estadisticas-uni.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2002. Cereales, raíces feculentas y otros alimentos con alto contenido de carbohidratos In Nutrición humana en el mundo en desarrollo. Michael C. Latham, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, IT. (En línea). Revisado el 10 de diciembre 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0u.htm#bm30x>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2016. Faostat. (En línea). Revisado el 10 de diciembre 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Fehr, W. 1987. Principles of cultivar development. Theory and Technique. Macmillan Publishing Company. New York, NY. 536p.
- Holdridge, L. 1947. Determination of World Plant Formations from Simple Climatic Data. Science 105 (2727): 367-368.
- MA (Ministerio de Agricultura, DO). 2016a. Importación de los principales productos agropecuarios anual. Ministerio de Agricultura. Santo Domingo, DO. (En línea). Revisado el 10 de diciembre del 2015. Disponible en: <http://www.agricultura.gob.do/estadisticas/importaciones-agropecuarias/>
- MA (Ministerio de Agricultura, DO). 2016b. Superficie sembrada de cultivos agrícolas, 2002 - 2015. Ministerio de Agricultura. Santo Domingo, DO. (En línea). Revisado el 10 de diciembre del 2015. Disponible en: <http://www.agricultura.gob.do/estadisticas/siembra-cosecha-produccion-y-rendimientos/superficie-sembrada/>
- MA (Ministerio de Agricultura, DO). 2016c. Rendimientos promedios anuales por tareas de cultivos agrícolas, 2002 - 2015. Ministerio de Agricultura. Santo Domingo, DO. (En línea). Revisado el 10 de diciembre del 2015. Disponible en: <http://www.agricultura.gob.do/estadisticas/siembra-cosecha-produccion-y-rendimientos/rendimiento-de-la-produccion/>
- Ortiz, J. 2003. Resumen de talleres diagnósticos en los cultivos de maíz y sorgo en tres localidades de la República Dominicana. Publicación interna del Proyecto de Maíz y Sorgo. Centro Sur del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). Santo Domingo, DO.
- Ortiz, J.; Medina, J.; Celado, R.; Morla, J. 2003. Evaluación de híbridos tropicales amarillos. Memorias del Proyecto Maíz y Sorgo 2003. Publicación interna del Proyecto de Maíz y Sorgo. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). Mimeo-grafiado.
- SEA (Secretaría de Estado de Agricultura, DO). 1995. Unidades Regionales de Planificación y Economía (URPE) 1984-1995. Secretaría de Estado de Agricultura (Ministerio de Agricultura). Santo Domingo, DO. (En línea). Revisado el 10 de diciembre 2015. Disponible en: http://www.idiaf.gov.do/i_tecnologico/pdf/e56732_textocompleto.cias-sia.habichuela.24.pdf
- Shull, G. 1908. The composition of a field of Corn. Am. Breed. Assoc. Rep., 4: 296-301.

