

Evaluación del rendimiento, sus componentes y la calidad de grano en híbridos simples de maíz amarillo

Evaluation of yield, its components and grain quality of F₁ hybrids of yellow maize

Yanely ALFARO ¹, Víctor SEGOVIA¹, Pedro MONASTERIO² y Rubén SILVA³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIA-CENIAP, Zona universitaria vía El Limón, edificio 8 del CENIAP. Maracay, 2101. Estado Aragua, Venezuela,

²INIA-Yaracuy, Carretera vía aeropuerto, Flores Boraure, Km. 3, San Felipe, estado Yaracuy e ³INIA-Guárico, Carretera Nacional Calabozo-San Fernando de Apure, Km. 28. Banco de San Pedro, Calabozo, estado Guarico.

E-mails: yalfaro@inia.gov.ve, yandyfaro@yahoo.com, vsegovia@inia.gov.ve, pmonasterio@inia.gov.ve y rjsilva@inia.gov.ve  Autor para correspondencia

Recibido: 26/03/2009

Primera revisión recibida: 02/09/2009

Fin de primer arbitraje: 28/07/2009

Aceptado: 04/09/2009

RESUMEN

La producción actual de maíz amarillo (*Zea mays* L.) en Venezuela no satisface la demanda nacional de los sectores industriales (alimentos balanceados y almidones) que utilizan este tipo de maíz. El mejoramiento genético en maíz amarillo ha estado enfocado hacia la producción de híbridos, con predominio de los híbridos dobles y trilineales y énfasis en el rendimiento de grano. Recientemente la orientación del mejoramiento es dirigida hacia los híbridos simples, considerando, además del rendimiento, los componentes de calidad del grano. El presente trabajo presenta los resultados de la evaluación de 16 híbridos simples en ensayos preliminares y regionales realizados en los años 2004, 2005 y 2006, considerando variables de rendimiento y calidad. El híbrido INIA 21 destacó por su mayor rendimiento y alto contenido de almidón y grasa cruda; el híbrido INIA 45 presentó altos porcentajes de nitrógeno y proteína cruda, mientras que el híbrido INIA 41 mostró mayor cantidad de fósforo y fibra cruda.

Palabras clave: *Zea mays* L., maíz amarillo, híbridos simples, rendimiento y calidad de grano.

ABSTRACT

Currently, the yellow-maize (*Zea mays* L.) production in Venezuela does not satisfy the national demand of those industrial sectors (balanced feed and starches) which use this type of maize. The focal point of yellow-maize breeding has been hybrid development, with predominance of double-cross and three-way hybrids, emphasizing on yield. More recently, the breeding aim has been directed toward single-cross hybrid development considering besides yield and yield components, grain quality in function of its chemical composition. In this work, 16 single-cross hybrids were evaluated in 2004, 2005, and 2006 for yield and grain quality. The hybrid INIA 21 seemed to be outstanding among official hybrids for yield, starch content and crude fat; the hybrid INIA 45 exhibited high percentage of nitrogen and crude protein; while the hybrid INIA 41 showed high content of phosphorus and crude fibre.

Key words: yellow maize, single-cross hybrid, grain quality, grain yield.

INTRODUCCIÓN

A inicios de la década actual, el maíz amarillo (*Zea mays* L.) en Venezuela sólo representaba el 10% de la producción nacional, con una adopción lenta y limitada del material mejorado de grano amarillo, debido básicamente a la política de precios y la baja competitividad del maíz nacional en relación al maíz importado (Alfaro *et al.*, 2004). Entre los años 2000 y 2001, Venezuela importó en promedio 1.107.346 t de maíz amarillo, lo cual representó una erogación de divisas de US \$ 123.296.500 (FEDEAGRO, 2007).

El Estado venezolano estableció reducir las importaciones a partir del incremento en la producción nacional, paralelamente a restricciones en el otorgamiento de licencias de importación. Durante el periodo de 2002 a 2005 Venezuela importó en promedio 403.818 t de maíz amarillo, con una reducción significativa en el año 2006, donde sólo se importaron 25.000 t (FEDEAGRO, 2007), como resultado de la política de reducción de importaciones. No obstante, la superficie cosechada de maíz amarillo en el año 2005 fue de aproximadamente 159.000 hectáreas, con rendimiento promedio nacional estimado en 3305 kg ha⁻¹ y una

producción de 525.495 toneladas. Si bien, hubo un incremento de la producción de maíz amarillo (24% del volumen nacional), sólo permitió cubrir aproximadamente 44% de la demanda de maíz amarillo, lo cual implica que la reducción de las importaciones se debió básicamente a las restricciones en el otorgamiento de licencias de importación. (Alfaro y Segovia, 2007).

Actualmente la producción no satisface la demanda nacional de los dos sectores industriales que utilizan maíz en el país: la industria de alimentos balanceados para animales que formula raciones utilizando el maíz amarillo como fuente energética y de sustancias como la vitamina "A", beta carotenos y xantofilas, y la industria de almidones que utiliza un esquema de molienda húmeda (Alfaro, 2002; Alfaro *et al.*, 2004). Esta última utiliza el maíz amarillo dentado tipo 2 importado de USA (USA N° 2), el cual contiene entre 61 y 78% de almidón (White y Pollak, 1995).

Para el año 2003, el precio del maíz amarillo importado fue de Bs. 190.672 la tonelada, mientras que la producción de maíz nacional tuvo un precio de Bs. 300.000 la tonelada (Alfaro y Segovia, 2008). La diferencia entre el precio nacional e internacional para ese año fue de Bs. 109.328 por tonelada, por efecto de los subsidios otorgados a la producción de maíz amarillo importado de USA. Una forma de compensar el diferencial de precios es producir a niveles altos de eficiencia (Alfaro *et al.*, 2004).

Para el año 2008, el precio promedio internacional del maíz amarillo se ubicó en Bs. 539.650 la tonelada, mientras que el precio del maíz nacional fue de Bs. 727.990 por tonelada (FEDEAGRO, 2009). Ello significó un incremento en la diferencia entre estos precios de Bs. 188.340 por tonelada, a pesar del aumento en los precios internacionales del maíz amarillo, debido a la creciente demanda de este grano para la producción de biocombustibles (ASERCA, 2007). La firme política del Estado para reducir las importaciones de maíz amarillo ha motivado a los agricultores a producir este tipo de maíz, lo que ha aumentado el interés por realizar el mejoramiento genético del maíz amarillo en el sector oficial, pero también un incremento en las importaciones de semilla de este rubro, para cubrir la demanda actual.

En el período de 1942 a 2004 fueron liberados en Venezuela únicamente cinco variedades

y 20 híbridos de maíz amarillo, provenientes de la investigación realizada por los sectores público y privado (SENASEM, 2004). De los materiales generados, sólo 13 cultivares son comercializados actualmente. Todo este trabajo de mejoramiento estuvo enfocado principalmente hacia el aumento del rendimiento de grano. A partir del año 2004 comienza a aumentar el número de genotipos de maíz amarillo evaluados en los ensayos regionales uniformes (ERUs) del SENASEM, llegando a sobrepasar al número de genotipos de maíz blanco evaluados en el año 2007 (SENASEM, 2007). Si bien ha habido una ligera tendencia de un mayor rendimiento de los híbridos amarillos respecto a los blancos, en promedio, el rendimiento experimental fue similar en los últimos 10 años, con 6.650 y 6.341 kg ha⁻¹ para maíz amarillo y blanco, respectivamente (Alfaro y Segovia, 2008). Sin embargo, el rendimiento promedio nacional es de aproximadamente 3.200 kg ha⁻¹, lo cual implica una baja utilización del potencial genético de los cultivares y por ende, la necesidad de mejorar la difusión para incrementar la tasa de adopción de la tecnología generada.

Al igual que en el maíz blanco, el mejoramiento genético en maíz amarillo se ha enfocado hacia la producción de híbridos, con predominio de los tipos dobles y de tres vías, de granos duros y semi dentados, los cuales se utilizan en la elaboración de alimentos balanceados, principalmente. En la presente década, el mejoramiento genético de maíz amarillo ha tenido como objeto la selección de materiales con características adecuadas para la molienda húmeda y elaboración de alimentos balanceados, con miras a disminuir las importaciones del rubro, así como una alternativa de producción para los pequeños agricultores con menores recursos a través del desarrollo de variedades, para su uso en zonas con mayores limitaciones agroecológicas para la producción de maíz (Alfaro y Segovia, 2007; 2008).

Con la firma de un proyecto convenio entre el INIA y la Industria del Maíz (INDELMA) a inicios de esta década, se da prioridad al mejoramiento genético de híbridos simples, donde se considera la calidad de los componentes químicos del grano, particularmente al contenido de almidón, como criterio de selección (Alfaro y Segovia, 2008). Con los mismos, se busca aprovechar la máxima expresión de heterosis (Bejarano, 2003), para tratar de compensar con mayor rendimiento el diferencial de precios entre el maíz nacional y el importado.

El objetivo de este trabajo fue evaluar híbridos simples de maíz amarillo en diferentes localidades y seleccionar los mejores por su alto rendimiento y calidad de grano, sobretodo en contenido de almidón.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con las líneas progenitoras de los mejores híbridos evaluados en el año 2002 y otras líneas éliticas con mayor grado de endogamia del Programa de Mejoramiento Genético de Maíz del INIA-CENIAP, se integró un experimento dialélico conformado por 13 líneas. En este último se hicieron todos los cruzamientos directos posibles durante el período seco del año 2003 y se obtuvieron 38 nuevos híbridos experimentales debido a fallas en las polinizaciones, los cuales fueron sometidos a una prueba preliminar de evaluación en el Campo Experimental del CENIAP, Maracay, estado Aragua, durante el período de lluvias del año 2003 con el fin de seleccionar los 15 mejores con base en las variables de interés agronómico evaluadas, principalmente rendimiento de grano y contenido de almidón.

Con estos 15 híbridos más un testigo comercial del sector oficial (FONAIAP 1) se integró un ensayo de rendimiento, el cual fue sembrado en la época de lluvias del año 2004 en los estados Aragua y Yaracuy. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El área de las parcelas de los experimentos estuvo integrada por dos hileras de 5 m de largo separadas a 80 cm, con una planta cada 20 cm en la hilera. El manejo agronómico aplicado fue el recomendado para cada zona.

Las variables evaluadas fueron: días al 50% de floración masculina y femenina, altura de la planta y de la mazorca, longitud y diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca, número de granos por hilera y dureza de grano utilizando una escala (1 para grano duro y 5 para harinoso). También se evaluó el número de mazorcas totales, peso de grano y contenido de humedad del grano, para determinar con ellas el rendimiento de grano en kg ha^{-1} ajustado al 12% de humedad. Los datos fueron analizados mediante el análisis de la varianza para probar la hipótesis nula de no existencia de variabilidad entre los tratamientos. Donde se encontró diferencia significativa se realizó la prueba de la Mínima Diferencia Significativa. Se utilizó el programa INFOSAT versión 1.0 (INFOSAT, 2002).

Adicionalmente, se tomó una muestra de granos por repetición de cada genotipo y se formó una muestra compuesta para cada tratamiento, las cuales fueron enviadas al laboratorio de Nutrición Animal del INIA-CENIAP para la determinación de la composición química del grano (humedad, grasa cruda, proteína cruda, fibra cruda, ceniza, material libre de nitrógeno, calcio, fósforo y almidón).

A los fines de evaluar la interacción genotipo por ambiente y la relación progenie-progenitor, que permite inferir sobre la contribución de los padres hacia el híbrido para los caracteres de interés, fue diseñado en el 2005 un experimento donde se incluyeron: los tres híbridos seleccionados de las evaluaciones realizadas desde el año 2001 al 2004 (INIA 41, INIA 45 e INIA 21) y sus líneas parentales (CML-451 x CML-287, CML-451 x CL-02450 y 80-Suwan 1 FHC 65-4-2-## x CML-287), respectivamente; el híbrido FONAIAP 1 como testigo del sector oficial y sus dos líneas parentales (80 Suwan 1FHC 65-4-2-## x 92 Pob 36 CV HC 144-2-2-B-##*4-1-#) y un híbrido testigo del sector privado (Sefloarca 03). El experimento fue establecido en dos localidades de los estados Aragua, Guárico, y Portuguesa y en una localidad del estado Yaracuy. El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con tres repeticiones. En estos experimentos, fueron evaluadas las características agronómicas comúnmente evaluadas en el cultivo, con especial interés en el 50% de días a floración masculina y femenina de los híbridos y sus respectivas líneas parentales. Adicionalmente, en las localidades de Aragua y Guárico fueron tomadas las muestras respectivas de grano para la determinación del contenido de almidón; en las otras localidades hubo problemas con la toma de muestras.

En los años 2005 y 2006, los híbridos INIA 41, INIA 45 e INIA 21 fueron sometidos al primer y segundo año de evaluación en los ensayos regionales uniformes (ERUs) del Servicio Nacional de Semillas (SENASEM), siguiendo los protocolos de siembra y evaluación establecidos para estos ensayos. En los ERUs del año 2005 conducidos en los estados Aragua, Guárico, Monagas, Portuguesa y Yaracuy se tomó una muestra de grano por repetición de estos híbridos y de dos híbridos testigos comerciales: Sefloarca 03 y PX140H (30F87) y se formó una muestra compuesta para determinar la composición química del grano, incluyendo el porcentaje de almidón, tal como se indicó anteriormente. El análisis de varianza de los datos obtenidos se realizó

considerando dos factores (genotipo y localidad) sin repeticiones. En las variables donde hubo diferencias significativas se realizó la prueba de medias de Tukey para cada factor. Posteriormente, con las MDS de cada factor se calculó una MDS ponderada para discriminar entre las medias de la interacción de ambos factores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los Cuadros 1 y 2 se presenta el análisis de varianza de las variables morfológicas y agronómicas evaluadas en los experimentos de híbridos simples establecidos en el año 2004 en los estados Aragua y Yaracuy, respectivamente. En los mismos se observa que hubo diferencias altamente significativas en todas las variables evaluadas en los dos experimentos, exceptuando en el estado Yaracuy las variables 50% de floración masculina y diámetro de mazorca que fueron significativas ($p \leq 0,05$), mientras que la longitud de mazorca, número de hileras y rendimiento de grano no fueron significativas.

Los valores promedios para las variables altura de planta y de mazorca y días al 50% de floración masculina y femenina se muestran en el Cuadro 3. La floración masculina varió entre 55 y 60

días, con un promedio de 57 y 58 días en los estados Yaracuy y Aragua, respectivamente. En la variable días a 50% de floración femenina el valor mínimo fue 56, el valor máximo fue 61 y el promedio 59 días. En general, cinco de los híbridos experimentales mostraron un comportamiento precoz en la floración, al igual que el híbrido testigo FONAIAP 1. Rengifo (2007) también encontró diferencias significativas para estas variables en un grupo de híbridos de maíz amarillo evaluados en la misma localidad del estado Aragua en tratamientos con diferentes fechas de siembra.

La altura de planta fluctuó entre 1,82 m y 2,48 m, con una media de 2,10 m. La altura de la mazorca fluctuó entre 0,59 y 1,20 m, con una media de 0,90 m. Dentro de esta variación se observaron algunos arquetipos con características favorables para tolerancia al volcamiento de plantas en función de una relación cercana a 0,5 entre altura de planta/altura de mazorca, como lo señalan Sierra *et al.* (2005) y Rengifo (2007).

Para los componentes de rendimiento (Cuadro 4), se observó que la longitud de la mazorca fluctuó entre 15,42 cm a 18,59; con una media de 16,63 cm y

Cuadro 1. Análisis de varianza de variables morfológicas y agronómicas evaluadas en 16 híbridos de maíz amarillo. Maracay, estado Aragua, año 2004.

Fuente de Variación	G.L.	Cuadrados medios								
		Floración masculina	Floración femenina	Altura de planta	Altura de mazorca	Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	Número de hileras	Número de granos por hilera	Rendimiento de grano
Repetición	3	29,700	24,6520	0,0382	0,0221	1,8500	0,0706	0,2661	5,5108	2437345
Genotipo	15	8,5220**	7,6924**	0,0402**	0,0193**	3,5811**	0,1195**	3,1425**	22,8344**	5765571**
Error	45	1,8089	1,1176	0,0094	0,0029	0,6584	0,0334	0,2262	2,6252	566397
Total	63									

G.L. = Grados de Libertad. ** Significativo al 0,01 de probabilidad de error.

Cuadro 2. Análisis de varianza de variables morfológicas y agronómicas evaluadas en 16 híbridos de maíz amarillo. Yaritagua, estado Yaracuy, año 2004.

Fuente de Variación	G.L.	Cuadrados medios								
		Floración masculina	Floración femenina	Altura de planta	Altura de mazorca	Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	Número de hileras	Número de granos por hilera	Rendimiento de grano
Repetición	3	2,1875	0,1875	0,0306	0,0168	0,4440	0,1579	9,1667	44,4323	1,900E+07
Genotipo	15	4,4292*	4,7292**	0,4810**	0,0188**	0,1416ns	0,2102*	1,4667ns	88,7490**	860471ns
Error	45	1,9208	1,6319	0,0048	0,0044	0,1679	0,1002	1,9222	25,9323	6,9053
Total	63									

G.L. = Grados de Libertad.

** Significativo al 0,01 de probabilidad de error. * Significativo al 0,05 de probabilidad de error. ns No Significativo.

Cuadro 3. Valores promedios de caracteres de la planta evaluados en 16 híbridos de maíz amarillo sembrados en los estados Aragua y Yaracuy en el año 2004. Venezuela.

Híbrido	Aragua				Yaracuy			
	Días al 50% floración		Altura (m)		Días al 50% floración		Altura (m)	
	♂	♀	Planta	Mazorca	♂	♀	Planta	Mazorca
INIA EXP. 65	57 b-e	59 bc	2,20 bc	1,11 ab	57 abc	59 abc	2,18 a	0,76 ab
INIA EXP. 67	59 ab	60 ab	2,24 b	1,12 ab	55 c	57 bc	2,10 ab	0,74 ab
INIA EXP. 69	60 a	61 a	2,30 def	1,17 bcd	56 bc	57 bc	2,07 abc	0,69 abc
INIA EXP. 71	59 ab	59 bc	2,16 a	1,10 a	56 bc	57 bc	2,06 a-d	0,70 abc
INIA EXP. 73	56 cde	57 cd	2,16 ef	1,16 ab	58 ab	59 ab	1,93 def	0,69 abc
INIA EXP. 21	58 abc	59 bc	2,32 b-f	1,14 ab	58 abc	58 abc	2,10 ab	0,76 ab
INIA EXP. 75	60 a	61 a	2,18 f	1,10 d	59 a	61 a	1,90 ef	0,59 c
INIA EXP. 77	59 ab	59 bc	2,10 ef	0,99 abc	56 bc	59 bc	1,83 f	0,61 c
INIA EXP. 79	57 b-e	57 bc	2,22 b-e	1,17 ab	57 abc	58 abc	1,94 c-f	0,71 abc
INIA EXP. 81	59 ab	60 ab	2,10 bcd	0,98 ab	57 abc	58 abc	1,82 f	0,59 c
INIA EXP. 83	59 ab	60 ab	2,30 ef	1,16 cd	58 abc	59 abc	1,90 ef	0,66 bc
INIA EXP. 85	56 cde	57 bc	2,26 f	1,18 cd	58 ab	59 ab	1,85 f	0,61 c
INIA EXP. 87	58 abc	58 bc	2,13 b-f	1,00 ab	56 bc	57 bc	2,00 b-e	0,67 abc
INIA EXP. 89	55 e	57 bc	2,48 c-f	1,20 bcd	58 ab	58 ab	1,89 ef	0,68 abc
INIA 45	57 b-e	58 bc	2,16 ef	1,09 ab	56 bc	58 bc	2,05 a-d	0,79 a
FONAIAP 1 (T)	56 cde	56 c	2,15 b-f	1,14 ab	55 bc	57 bc	2,03 b-e	0,74 ab
Media General	58	59	2,21	1,11	57	58	1,98	0,69
C. V. (%)	2,33	1,80	4,37	6,92	2,85	2,42	4,15	0,13

T = Testigo comercial del sector oficial.

Valores seguidos de la misma letra indican que no hay diferencia significativa al 5% de probabilidad de error.

Cuadro 4. Caracteres de la mazorca, rendimiento, dureza y contenido de almidón del grano de 16 híbridos de maíz amarillo, promedio de las dos localidades de evaluación (Aragua y Yaracuy) en el año 2004. Venezuela.

Híbrido	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)	Nº de hileras	Nº de granos hil ⁻¹	Rendimiento kg ha ⁻¹	Dureza del grano †	Almidón (%)
INIA EXP. 65	17,25 bcd	5,02 a	14 abc	35 cde	6.820 a	2,75	65,04
INIA EXP. 67	18,59 a	4,89 abc	14 abc	39 a	6.553 ab	3,25	73,04
INIA EXP. 69	15,70 fg	4,55 def	14 abc	30 h	6.439 ab	4,00	69,18
INIA EXP. 71	16,78 bcd	4,50 f	12 bc	33 efg	6.271 abc	2,50	71,80
INIA EXP. 73	15,68 fg	5,03 a	16 a	35 bcd	5.546 bcd	2,50	73,92
INIA EXP. 21	15,84 efg	4,80 a-d	14 abc	34 cef	5.209 cde	2,75	73,11
INIA EXP. 75	17,99 ab	4,59 def	14 abc	34 def	5.201 cde	3,75	64,00
INIA EXP. 77	16,78 c-f	4,79 a-e	16 a	34 cde	4.834 def	3,25	68,92
INIA EXP. 79	15,42 g	4,67 c-f	14 abc	31 gh	4.711 def	1,75	68,17
INIA EXP. 81	16,15 d-g	4,90 abc	16 a	33 e-h	4.664 def	1,75	69,08
INIA EXP. 83	17,38 bc	4,90 abc	16 a	32 fgh	4.491 def	2,25	73,95
INIA EXP. 85	16,98 bc	4,54 ef	14 abc	32 fgh	4.395 ef	2,48	75,66
INIA EXP. 87	17,35 bc	4,78 a-e	14 abc	36 bc	3.949 f	3,00	70,02
INIA EXP. 89	15,42 g	4,89 abc	14 abc	31 gh	3.944 f	1,00	75,00
INIA 45	16,16 d-g	4,55 ab	14 abc	37 ab	3.792 f	3,62	74,34
FONAIAP 1 (T)	16,33 c-g	4,95 b-f	16 a	32 fgh	2.288 g	2,62	72,69
Media General	16,63	4,78	14	34	4.944	2,70	71,12
C. V. (%)	4,88	3,83	3,22	4,84	15,22	23,73	4,91

T: Testigo comercial del sector oficial. † Dureza: 1 (duro), 2 (semi duro), 3 (semi dentado), 4 (dentado), 5 (harinoso)
Valores seguidos de la misma letra indican que no hay diferencia significativa al 5% de probabilidad de error.

el diámetro de la mazorca varió entre 4,50 y 5,03 cm, con promedio de 4,78 cm. Cabe señalar que ocho híbridos experimentales tuvieron mayor longitud de mazorca en relación al testigo. El híbrido INIA Exp. 67 sobresalió con la mayor longitud de mazorca, mientras que los híbridos INIA Exp. 65 e INIA Exp. 73 tuvieron mayor diámetro de mazorca, ambos casos fueron estadísticamente diferentes de los demás híbridos evaluados.

El número de hileras varió entre 12 y 16, con promedio de 14 y el número de granos por hilera fluctuó entre 31 a 39, con promedio de 34. El INIA Exp. 73 sobresalió por el mayor número de hileras por mazorca, y fue estadísticamente similar al testigo FONAIAP 1. Con relación a la dureza del grano, se observaron materiales con categoría de grano duro hasta dentado.

En el Cuadro 4 también se aprecia que el rendimiento promedio de los híbridos varió entre 2.288 y 6.820 kg ha⁻¹, con cinco nuevos híbridos rindiendo por encima del mejor híbrido seleccionado en las evaluaciones anteriores (INIA Exp. 21), lo que indica que ha habido avance en la selección durante el proceso de mejoramiento, estos valores de rendimiento fueron bajos, con relación a lo esperado, debido a problemas en el establecimiento de la población (número de plantas emergidas y número de plantas a cosecha), aunque no hubo diferencias entre

las poblaciones de los híbridos que ameritara ajustes por covarianza.

Con relación al análisis químico del grano (cuadro 5), se observó variación importante en el contenido de almidón, pues ésta fue entre 68,41% y 80,85% en muestras del estado Aragua y entre 59,58% y 71,65% en las procedentes del estado Yaracuy. El promedio de las dos localidades, en el contenido de almidón fue de 64,00 y 75,66% (Cuadro 4), similar a lo reportado por White y Pollack (1995) para los maíces amarillos dentado tipo 2 de USA.

Méndez *et al.* (2005), encontraron variación en el contenido de almidón en híbridos y variedades de maíz de México, desde 69,1 hasta 86%, en tanto que Robutti *et al.* (2000) reportaron contenidos de almidón entre 66,2 y 75,6% en razas de maíz amarillo de Argentina. Estos últimos autores también obtuvieron una correlación negativa entre contenido de almidón y la dureza de grano. En el presente trabajo no se observó una tendencia clara de la asociación entre estas dos variables, no obstante que se ha indicado que los maíces de grano dentado tienen mayor rendimiento de almidón en el proceso de molienda húmeda (Alfaro *et al.*, 2004).

Del análisis de estos resultados se deduce que hubo variación en el contenido de almidón entre localidades para los mismos materiales genéticos, lo

Cuadro 5. Valores promedios del análisis químico del grano de 16 híbridos de maíz amarillo, evaluados en los estados Aragua y Yaracuy. Venezuela, año 2004.

Híbrido	Humedad (%)		Grasa Cruda (%)		Proteína Cruda (%)		Nitrógeno (%)		Almidón (%)	
	Aragua	Yaracuy	Aragua	Yaracuy	Aragua	Yaracuy	Aragua	Yaracuy	Aragua	Yaracuy
INIA EXP. 65	7,63	6,52	4,38	7,73	9,98	9,04	1,60	1,45	68,41	61,68
INIA EXP. 67	6,91	6,25	6,79	7,32	9,34	8,91	1,49	1,43	79,05	67,04
INIA EXP. 69	6,73	6,97	7,61	7,83	9,84	9,03	1,57	1,44	68,89	69,46
INIA EXP. 71	6,79	6,46	7,11	8,33	10,49	8,81	1,68	1,41	73,60	70,00
INIA EXP. 73	6,11	6,35	9,59	8,73	10,92	10,79	1,75	1,73	78,78	69,06
INIA EXP. 21	6,83	6,56	8,02	8,16	9,80	9,49	1,57	1,52	76,71	69,51
INIA EXP. 75	6,43	6,08	8,23	9,62	11,04	9,98	1,77	1,60	68,43	59,58
INIA EXP. 77	7,04	6,03	7,21	8,20	10,58	9,34	1,69	1,49	69,45	68,38
INIA EXP. 79	6,99	6,42	9,30	8,25	11,09	10,29	1,77	1,65	67,38	68,96
INIA EXP. 81	6,56	6,18	7,30	7,48	10,64	9,89	1,70	1,58	67,82	70,35
INIA EXP. 83	6,46	6,47	8,52	8,32	10,13	9,96	1,62	1,59	77,74	70,15
INIA EXP. 85	6,35	6,24	11,28	8,07	11,63	9,14	1,86	1,46	80,85	70,46
INIA EXP. 87	8,62	6,34	8,79	9,47	10,01	9,12	1,60	1,46	68,40	71,65
INIA EXP. 89	7,34	6,25	9,72	9,18	11,34	9,34	1,81	1,49	79,81	70,20
INIA 45	7,31	6,38	8,25	7,29	10,32	8,88	1,65	1,42	77,47	71,20
FONAIAP 1 (T)	7,58	6,12	7,76	7,65	10,53	8,42	1,68	1,35	77,78	67,60

T : Testigo comercial del sector oficial.

que podría estar indicando que las condiciones agroecológicas y de manejo pudieran estar influenciando estos resultados. Yang *et al.* (2000) indicaron que las diferencias encontradas en el rendimiento de almidón en cinco híbridos evaluados en 14 localidades del cinturón maicero de los Estados Unidos fueron dependientes del ambiente de evaluación y del material genético.

En el cuadro 5 también se observa que en las muestras de maíz procedentes del estado Aragua, los contenidos de proteína cruda variaron entre 9,34% y 11,63%, mientras que en Yaracuy, los contenidos variaron entre 8,42% y 10,79%. Por otro lado, para grasa cruda se obtuvieron valores entre 1,49 y 1,86 en las muestras procedentes del estado Aragua y entre 1,41 y 1,73 en aquellas procedentes del estado Yaracuy. Méndez (2006) encontró efecto altamente significativo en la interacción localidad por tratamiento para todas las variables evaluadas de la composición química del grano en líneas e híbridos de maíz amarillo. El mismo autor indica que el comportamiento diferencial de los genotipos permite hacer inferencia sobre las recomendaciones de

siembra para una localidad en particular, dependiendo del carácter de interés. Liu *et al.* (2008) indicaron que en maíces sembrados en suelos con bajas concentraciones de nitrógeno se puede inducir un incremento en la concentración de almidón en el grano, pero los niveles de proteína disminuyen.

Relación progenie-progenitor

Los resultados obtenidos para las variables de 50% floración masculina y femenina de los híbridos INIA 21, INIA 41, INIA 45, FONAIAP 1 y de sus líneas parentales se presentan en el Cuadro 6, donde se observa que la asincronía floral entre las líneas hembra y macho del híbrido INIA 21 varió entre 5 y 6 días, observándose 7 días de diferencia en la localidad 2 de Aragua, correspondiente a una siembra tardía. En el estado Portuguesa se registra sincronía floral perfecta entre las dos líneas, lo cual pudo deberse a errores en la toma de datos, ya que está demostrado que genéticamente existe variación en los ciclos de desarrollo de las dos líneas parentales que conforman este híbrido (Jiménez y Silva, 2008).

Cuadro 6. Valores promedios de floración masculina y femenina de cuatro híbridos de maíz amarillo, sus líneas parentales y dos testigos comerciales, evaluados en cinco localidades. Venezuela, año 2005.

Genotipo	Flora- ción	Días al 50% de floración masculina y femenina					Pro- medio
		Aragua		Yaracuy	Portuguesa	Guárico	
		Loc 1	Loc 2	Loc 3	Loc 4	Loc 5	
80 Suwan 1FHC 65-4-2-#-#	♂	58	60	50	54	48	54
	+	59	62	51	56	50	55
92 Pob 36 CV HC 144-2-2-B-#*4-1-#	♂	59	63	50	58	46	55
	+	61	64	52	59	47	56
Líneas CML 451	♂	63	65	57	56	55	59
	+	66	66	58	57	59	61
CML 287	♂	64	70	56	56	56	60
	+	68	74	56	57	59	63
CML 02450	♂	67	66	57	58	58	61
	+	68	67	58	59	59	62
FONAIAP 1 (T1)	♂	54	57	50	54	46	52
	+	55	58	51	57	48	53
INIA 21	♂	55	58	51	55	49	54
	+	57	60	51	56	54	55
Híbridos INIA 41	♂	58	60	51	56	47	54
	+	60	62	51	57	55	57
INIA 45	♂	60	60	52	54	47	54
	+	61	63	53	54	55	57
Sefloarca 03 (T2)	♂	58	57	50	53	48	53
	+	59	59	52	53	53	55

T1 = Testigo comercial del sector oficial y T2 = Testigo comercial del sector privado.

Para el caso de las líneas parentales del híbrido INIA 41, la asincronía floral entre las mismas varió de 1 a 5 días de diferencia, correspondiendo este último valor a la siembra tardía realizada en Aragua. Con relación a las líneas parentales del híbrido INIA 45, el comportamiento fue uniforme en todas las localidades, con diferencia de un día entre la floración de la línea hembra y macho. Sin considerar la siembra tardía realizada en Aragua, la mayor asincronía floral se observó en las localidades de Guárico y Yaracuy, donde los materiales se comportaron más precoces; esta misma tendencia fue observada en los híbridos evaluados. Jiménez y Silva (2008) también encontraron mejor sincronía floral entre las líneas parentales del híbrido INIA 45, en evaluaciones realizadas en cinco fechas de siembra. Estos autores destacan la importancia de la evaluación de las líneas parentales de los híbridos en diferentes fechas y localidades para establecer la época más adecuada para la producción de semilla. En general, los híbridos tuvieron buena sincronía floral, excepto en el estado Guárico, donde hubo diferencias de hasta ocho días entre la floración masculina y femenina para los híbridos INIA 41, INIA 45 y el testigo comercial (T2), siendo afectados por problemas de sequía ocurridos en esta región previo a la floración. El testigo oficial FONAIAP 1 (T1) mostró buena sincronía floral, al igual que entre sus líneas progenitoras para todas las localidades.

En el Cuadro 7 se muestra los resultados del contenido de almidón del grano de los híbridos INIA 21, INIA 41, INIA 45, FONAIAP 1 y de sus líneas parentales, así como de un testigo comercial (T2), en

muestras procedentes de las dos localidades de Aragua y la localidad de Guárico. El contenido de almidón de las líneas fue más alto en las muestras tomadas en los ensayos conducidos en el estado Aragua, en comparación con las del estado Guárico, con excepción de la línea CL-02450. Un comportamiento similar se observó para los híbridos, exceptuando a FONAIAP 1, así como del testigo comercial T2.

La amplitud de variación en el contenido de almidón en los granos de las líneas e híbridos fue mayor en las muestras procedentes del estado Guárico. Considerando el promedio de las tres localidades, se observa que el contenido de almidón en el híbrido INIA 45 (75,86%) fue superior al del mejor progenitor (72,62% en la línea padre CL-02450), mientras que la línea madre CML-451 tuvo 70,62 por ciento. Esta misma tendencia fue observada con el híbrido INIA 41 con 74,05%, respecto a sus líneas progenitoras (70,62% en la línea madre CML-451 y 69,74% en la línea padre CML-287).

En el caso del híbrido INIA 21, el contenido de almidón (73,97%) fue similar al promedio de los dos padres (72,93%), presentando la línea madre 80 Suwan 1 FHC 65-4-2-#-# un contenido de almidón de 76,12% y la línea padre CML-287 un contenido de almidón de 69,74% en sus granos. En los híbridos donde intervino la línea CML-451 el contenido de almidón fue superior al del mejor progenitor. Singh *et al.* (2001) reportaron heterosis positiva para el contenido de almidón y aceite en híbridos provenientes del cruce de maíces exóticos con líneas

Cuadro 7. Valores promedios del contenido de almidón en el grano de maíz en cuatro híbridos de maíz amarillo, sus líneas parentales y dos testigos comerciales, evaluados en los estados Aragua y Guárico. Venezuela, año 2005.

Genotipo	Descripción	Contenido de almidón en el grano de muestras de maíz (%)			
		Aragua		Guárico	Promedio
		Loc. 1	Loc. 2	Loc. 5	
Líneas	80 Suwan 1FHC 65-4-2-#-#	78,01	78,47	71,87	76,12
	92 Pob 36 CV HC 144-2-2-B-#*4-1-#	68,53	79,12	59,56	69,07
	CML 451	73,81	70,35	67,70	70,62
	CML 287	67,76	81,65	59,81	69,74
	CML 02450	68,16	69,92	79,77	72,62
Híbridos	FONAIAP 1 (T1)	65,3	-	89,2	77,25
	INIA 21	71,65	79,72	70,50	73,97
	INIA 41	81,05	75,53	65,57	74,05
	INIA 45	82,6	78,39	66,6	75,86
	Sefloarca 03 (T2)	64,7	-	72,9	68,80

T1 = Testigo comercial del sector oficial y T2 = Testigo comercial del sector privado.

mejoradas de grano dentado del cinturón maicero de USA. Méndez (2006) encontró heterosis y heterobeltiosis positiva para porcentaje de almidón y de grasa en líneas e híbridos de maíz amarillo y señaló que el mejoramiento genético de las líneas parentales redundaría en un incremento en los valores de estos caracteres en la generación F₁. Mangen *et al.* (2005) encontró para el contenido de proteína en granos de maíz, como promedio de las localidades de evaluación, que la concentración fue mayor en las muestras provenientes del padre polinizador que en aquellas provenientes del progenitor hembra. Los resultados obtenidos en el presente trabajo reflejan la importancia de determinar si para el contenido de almidón la contribución de las líneas parentales en el híbrido varía dependiendo de su intervención como madre o como polinizador.

Comportamiento de los híbridos INIA 21, INIA 41 e INIA 45 en los Ensayos Regionales Uniformes (ERUs) del SENSASEM

En función de las evaluaciones realizadas durante los años 2001-2004, los híbridos INIA 41,

INIA 45 e INIA 21 fueron incluidos en el año 2005 en los ERUs del SENASEM. Los resultados de estos ensayos se presentan en el Cuadro 8. De acuerdo con estos resultados, el híbrido INIA 21 presentó un rendimiento máximo de 8.197 kg ha⁻¹ en la localidad de Camilero, estado Guárico y un rendimiento mínimo de 3.555 kg ha⁻¹ en la localidad de Las Guacamayas del mismo estado, el rendimiento promedio para las 12 localidades fue de 6.050 kg ha⁻¹.

El híbrido INIA 41 tuvo un rendimiento máximo de 7.998 kg ha⁻¹ en la localidad de Agua Blanca, estado Portuguesa, mientras que el rendimiento mínimo fue de 2.931 kg ha⁻¹ en la localidad de Santa Bárbara, estado Monagas, mostrando un rendimiento promedio de 5.668 kg ha⁻¹ en las 12 localidades. Por otra parte, el híbrido INIA 45 presentó un rendimiento máximo de 7.862 kg ha⁻¹ en la localidad de Sabana del Medio, estado Portuguesa y un rendimiento mínimo de 2.846 kg ha⁻¹ en la localidad de Santa Bárbara, estado Monagas, el rendimiento promedio de las 12 localidades resultó en 5.689 kg ha⁻¹.

Cuadro 8. Evaluación del rendimiento de grano (kg ha⁻¹) de híbridos de maíz amarillo evaluados en los Ensayos Regionales Uniformes (ERUs) del Servicio Nacional de Semillas (SENASEM). Venezuela, año 2005.

Material Experimental	Aragua		Guárico		Portuguesa			Barinas		Yaracuy		Monagas	Promedio	Relación respecto promedio
	CENIAP C2	CENIAP D2	Camilero	Las Guacamayas	Agua Blanca	Colonia Turen	Sabana Medio	Veguitas	Punta Gorda	Yaritagua	Mayurupí	Santa Barbara		
INIA-21	6501	4986	8197	3555	8086	5538	8223	6725	6411	4128	6565	3684	6050	101
INIA-41	7063	5346	6815	3790	7998	5472	6288	5964	5699	4508	6147	2931	5668	94
INIA-45	6766	5556	7716	3545	7131	5978	7862	4943	4076	4354	7493	2846	5689	95
HIMECA-4005	5820	5126	6637	4029	7024	5154	7234	5058	4967	5510	4912	3112	5382	89
SEMINA-797C	6631	5294	7499	3558	8028	5537	6938	5601	6140	4537	5542	3594	5742	95
SEFLOARCA-03	6884	6816	7723	4792	8745	6732	10022	6753	5672	4567	6506	4047	6605	110
SEFLOARCA-05	6165	6872	7238	4204	8436	6559	8038	7604	6779	4976	7717	3618	6517	108
TOCORON-212	6280	5139	8472	3253	8375	6207	8524	7018	6684	3538	4943	3247	5973	99
TOCORON-191	6652	5429	6526	3526	8181	5280	7394	5503	6468	5067	6531	2345	5742	95
PROSEVENCA-454E	5574	5243	7050	3659	8061	6167	7986	5946	6040	4581	5696	3502	5792	96
SK-247	5996	5337	8571	3204	8759	6326	7486	7594	5780	5372	6976	3091	6208	103
SK-421	5519	5386	8026	3521	8130	6187	7640	5762	5557	5290	6056	2752	5819	97
SK-820	6590	5280	7435	3712	6996	5699	6266	5662	5368	4710	5976	3523	5601	93
ECB-3381	5430	3552	6150	3747	7787	4926	7066	4255	4638	3618	5422	3460	5004	83
DKB-466	7366	6919	7917	3676	9803	6303	11008	7398	7579	4611	7919	3446	6995	116
BB-9703	8841	7171	9007	3873	9837	7256	10844	6705	7680	4689	5581	4438	7160	119
BA-9504	6193	6256	8427	2730	9458	6198	9567	5367	7046	4779	6869	4013	6409	107
BB8801	6815	6141	8211	3829	8820	6222	9795	6343	6476	4939	6764	3330	6474	108
HR-960	5843	4461	6553	3109	7652	5262	8329	4476	5541	4396	5988	3088	5392	90
HR-940	6008	4128	7519	2612	7840	4021	8050	4810	4981	5103	4435	3084	5216	87
P-30K75	5732	3980	8298	4127	7624	5429	8676	6554	6033	5522	5970	3048	5916	98
P-X1401H (30F87)	7010	4922	7618	3068	8357	5286	9334	6265	6203	4898	5799	2772	5961	99
P-30P70	6478	4917	8978	4262	9734	5566	9591	6000	6812	6113	6803	3046	6525	108
NB-7212	5326	4908	9446	3527	9286	5265	10144	7283	7198	4432	6592	2677	6340	105
NB-7390	5158	5434	7665	3980	8723	8268	8933	7184	6774	4626	6289	3107	6345	105
NB-7328	5861	4585	7543	2893	8952	5879	8273	6009	6642	4657	5786	3998	5923	98
Media	6327	5353	6125	6107	7740	3607	8378	5874	8443	3300	4751	6303	6017	100
CV (%)	13,98	10,51	11,05	14,72	7,91	17,13	5,91	18,73	11,97	18,14	15,63	12,75	12	
LSD	1452	924	1113	1466	1005	1014	813	1651	1676	982	957	1297	343	

Fuente: SENASEM. 2006. Ensayos Regionales Uniformes de maíz amarillo.

La media general de todos los ensayos fue de 6.017 kg ha⁻¹, el coeficiente de variación de 12,33% y la mínima diferencia significativa de 343. La localidad de Santa Bárbara, en el estado Monagas, es atípica para la producción y evaluación de genotipos de maíz, tendencia que se ha venido observando en los ERUs durante varios años, por lo que debería considerarse su exclusión como localidad de evaluación para estos ensayos. Los resultados obtenidos indican que los citados híbridos aprobaron el primer año de evaluación en los ensayos de SENASEM.

En el Cuadro 9 se presenta los resultados de los ERUs para el año 2006. En este segundo año de evaluación, el híbrido INIA 21 tuvo un rendimiento máximo de 9.398,8 kg ha⁻¹ en la localidad de Agua Blanca y un rendimiento mínimo de 4.524 kg ha⁻¹ en la localidad de Yaritagua. Cabe señalar que en general, los rendimientos en esta última localidad fueron más bajos, asociados a problemas con el establecimiento del ensayo en fecha tardía. El rendimiento promedio del híbrido INIA 21 en las siete localidades de evaluación consideradas en el

análisis fue de 6.655 kg ha⁻¹, lo cual implica que este híbrido aprueba el segundo año de evaluación en los ERUs, por lo que se considera elegible a certificación.

En estos ensayos, los híbridos INIA 41 e INIA 45 tuvieron un rendimiento promedio de 6.407 y 6.441 kg ha⁻¹, respectivamente, lo cual los coloca a un 9% y 8% por debajo del promedio en cada caso. Debido a ello, éstos serán nuevamente evaluados en los ERUs del SENASEM, a pesar que podrían ser elegibles, considerando el valor agregado que los mismos tienen en la composición química del grano, tal como es contemplado en el protocolo de estos ensayos.

En el Cuadro 10, se muestra el ANAVAR de las variables correspondientes a la composición química del grano y rendimiento por hectárea en los híbridos evaluados en los ensayos regionales conducidos en los estados Guárico, Monagas, Portuguesa, Yaracuy y Aragua durante el año 2005. Entre localidades hubo diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) para porcentaje de humedad, grasa cruda, fibra detergente neutra y rendimiento de

Cuadro 9. Rendimiento Experimental (kg ha⁻¹) de grano, corregido a 12% de humedad en los Ensayos Regionales Uniformes (ERUs) de híbridos de maíz de granos amarillos en cinco estados de Venezuela, año 2006.

Híbrido	Aragua	Barinas	Guárico	Portuguesa		Yaracuy	Prome- dio	Relación al Promedio	
	CENIAP	Veguitas	El Socorro	Agua Blanca	Colonia Turen	Sabana del Medio			Yaritagua
INIA-21	7299	7137	4518	9398,8	6826	6881	4524	6655	95
INIA-41	7145	5983	3648	8580,4	7026	7196	5273	6407	91
INIA-45	6664	5468	4025	9045,4	6927	6813	6145	6441	92
SEMINA-797-C	6710	6210	5030	9124,1	7044	7151	4909	6597	94
SK-817	6737	6182	4450	8233,7	7341	7322	4959	6461	92
ECB-43827	5404	5184	4723	9175,8	6121	6049	3805	5780	82
ECB-43828	4938	5821	4830	8410,2	6831	7075	5102	6144	87
BB-9703	9114	8136	5272	10143	10089	10080	6785	8517	121
BA-9504	7664	6703	3941	9258	7887	7878	5033	6909	98
BD-9708	7643	8335	5103	10456	8384	8439	6764	7875	112
P-30F90	8754	6261	5145	10550	8241	8432	6755	7734	110
P-30F35	7181	8773	4981	11548	9224	9026	5418	8022	114
P-30K73	7522	8681	5139	9662,6	8385	8292	5353	7576	108
P-30R32	8506	7597	5276	9553,6	8116	8013	5581	7520	107
NB-7212	7270	7407	5162	9647,5	9063	9065	5681	7614	108
NB-7390	4334	3672	3594	6949,3	5645	5679	4419	4899	70
NB-7361 (SOMA)	7111	7506	4481	8889,8	7477	7427	5325	6888	98
HEA-4837	6961	7307	5219	8798,6	7407	7398	6039	7019	100
DOW-8480	7912	8388	4283	8556,8	10260	10188	5000	7798	111
DOW-2B710	8350	5548	5152	9818,9	9584	9470	5943	7695	110
Media	7161	6815	4699	9290	7894	7894	5441	7028	100
CV (%)	10,13	13,42	11,84	6,38	8,74	14,37	15,28	11,02	
LSD (5%)	1028	1295	788	839	977	1210	1177	391	

Fuente: SENSASEM, 2007. Ensayos Regionales Uniformes de maíz amarillo.

grano y significativas ($p < 0,05$) para porcentaje de cenizas, proteína cruda y nitrógeno. Entre genotipos solo se observó diferencia altamente significativa para grasa cruda. Debido a que no fue posible calcular la interacción localidad por genotipo en el ANAVAR anterior, en el Cuadro 11 se presentan las medias de los factores cruzados en las variables que resultaron significativas en el análisis individual de cada factor, discriminando las diferencias estadísticas entre las medias utilizando la media ponderada entre las MDS individuales para cada variable. Los valores más bajos de porcentaje de humedad del grano se observaron en el híbrido experimental INIA 21 en los estados Portuguesa y Yaracuy y en los testigos 1 y 2 en los estados Monagas y Portuguesa, respectivamente. En el porcentaje de cenizas las diferencias estadísticas se observaron en los híbridos INIA 21, INIA 45 y Testigo 2 en los estados Guárico y Monagas

En general, se observaron diferencias estadísticamente significativas en los porcentajes de proteína cruda, nitrógeno y fósforo en las muestras procedentes de los estados Monagas y Portuguesa. Los híbridos INIA 41 e INIA 45 tuvieron el porcentaje de proteína más alto (estado Monagas), seguidos por el INIA 21 (estado Portuguesa). Por otro lado, la variable donde se observó variación significativa entre genotipos en todas las localidades fue porcentaje de grasa cruda, los valores más bajos se obtuvieron en los híbridos INIA 41 e INIA 45 (estado Monagas), mientras que el porcentaje más alto se observó en el Testigo 1, seguido por el INIA 21.

Las diferencias significativas observadas en el rendimiento de granos (Cuadro 12) se debieron a las variaciones encontradas en los estados Monagas y Portuguesa. En el estado Monagas el testigo 2 tuvo el

rendimiento más alto (4.047 kg ha^{-1}) diferenciándose estadísticamente de los otros híbridos, mientras que en el estado Portuguesa el rendimiento más bajo se observó en el híbrido INIA 45 (7.131 kg ha^{-1}) diferenciándose estadísticamente de los otros híbridos. En general, en el estado Monagas se obtuvieron los rendimientos más bajos y en Portuguesa los rendimientos más altos.

Aunque no se encontraron diferencias significativas en el ANAVAR para el porcentaje de almidón, las diferencias observadas entre los genotipos son de importancia económica en el proceso de extracción del almidón en la molienda húmeda, debido a ello, se presenta a continuación un análisis descriptivo de estos resultados por genotipo y en relación con el rendimiento de grano por localidad: El porcentaje de almidón para el híbrido INIA 21 osciló entre 79,50 y 84,76%, con un valor promedio de 82,67 por ciento. En el INIA 41 el contenido de almidón del grano fluctuó entre 66,07 y 84,11%, con un valor promedio de 78,30 por ciento. Asimismo, en el híbrido INIA 45 el porcentaje de almidón estuvo entre 57,80 y 87,02%, el valor promedio fue de 74,42%. En el híbrido Testigo 1, el contenido de almidón varió entre 65,61 y 77,86%, con un valor promedio de 73,12%, mientras que en el Testigo 2, el porcentaje de almidón estuvo entre 58,34 y 78,56%, con valor promedio de 65,68% (Cuadro 11).

La mayor fluctuación en contenido de almidón en el grano fue observada en el híbrido INIA 45 y la menor en el híbrido INIA 21. Este último presentó, en promedio, el mayor porcentaje de almidón (82,67%) mientras que el promedio más bajo lo tuvo el testigo 2 (65,68%). En general, para los tres híbridos del sector oficial el contenido promedio de almidón en el grano estuvo por encima de 72%, valor

Cuadro 10. Análisis de varianza de variables relacionadas con la composición química del grano, evaluadas en cinco híbridos de maíz amarillo. Año 2005.

Fuente de Variación	G.L.	Cuadrados Medios									
		Humedad	Ceniza	Proteína cruda	Nitrógeno	Fósforo	Grasa cruda	Fibra cruda	Fibra detergente neutra	Almidón	Rendimiento
Modelo	8	0,54	0,07	1,05	0,03	0,007	2,27	0,42	200,05	110,82	10808870
Localidad	4	0,84**	0,11*	1,77*	0,04*	0,013**	1,95**	0,52ns	395,53**	66,81ns	21264866**
Genotipos	4	0,25ns	0,02ns	0,33ns	0,01ns	0,001ns	2,58**	0,31ns	4,58ns	154,83ns	332874ns
Error	14	0,12	0,03	0,43	0,01	0,002	0,14	0,27	44,11	70,26	206516
Total	22										

G. L. = Grados de Libertad

** , * Significativo al 0,01 y 0,05 de probabilidad de error, respectivamente. ns: no significativo ($p > 0,05$)

Cuadro 11. Valores promedios del análisis químico del grano de los híbridos de maíz amarillo INIA 21, INIA 41 e INIA 45 y dos testigos comerciales, procedentes de cinco localidades de evaluación de los Ensayos Regionales Uniformes del SENASEM. Venezuela, año 2005.

Variable	Genotipo	Localidad				
		Guárico	Monagas	Portuguesa	Yaracuy	Aragua
Humedad (H) (%)	INIA 21	11,76	10,50 a	11,09 b	10,09 b	11,10
	INIA 41	11,35	10,57 a	11,90 a	10,59 a	11,09
	INIA 45	11,56	11,02 a	11,96 a	10,99 a	11,09
	PX140H(30F87) (T1)	10,52	10,12 b	11,34 a	10,76 a	ND
	SEFLOARCA 03 (T2)	11,64	10,72 a	11,00 b	10,61 a	ND
Ceniza (C) (%)	INIA 21	1,42 b	1,80 a	1,44	1,70	1,75
	INIA 41	1,89 a	1,62 a	1,38	1,92	1,72
	INIA 45	1,67 a	1,27 b	1,54	1,79	1,72
	PX140H(30F87) (T1)	1,92 a	1,62 a	1,46	1,97	ND
	SEFLOARCA 03 (T2)	1,51 b	1,34 b	1,60	1,92	ND
Proteína cruda (PC) (%)	INIA 21	9,91	11,82 ab	11,90 b	10,22	10,03
	INIA 41	10,26	12,61 a	10,32 a	9,97	10,82
	INIA 45	10,78	12,88 a	10,53 a	10,42	10,82
	PX140H(30F87) (T1)	10,36	11,19 bc	10,45 a	10,20	ND
	SEFLOARCA 03 (T2)	10,79	10,29 c	10,42 a	10,37	ND
Nitrógeno (N) (%)	INIA 21	1,59	1,90 a	1,90 a	1,64	1,61
	INIA 41	1,64	2,02 a	1,65 b	1,60	1,73
	INIA 45	1,72	2,06 a	1,69 ab	1,67	1,73
	PX140H(30F87) (T1)	1,66	1,79 b	1,67 b	1,63	ND
	SEFLOARCA 03 (T2)	1,73	1,64 b	1,68 ab	1,66	ND
Fósforo (F) (%)	INIA 21	0,34	0,42 a	0,30 b	0,46 a	0,42
	INIA 41	0,39	0,37 a	0,30 b	0,50 a	0,44
	INIA 45	0,37	0,29 b	0,38 a	0,39 b	0,46
	PX140H(30F87) (T1)	0,37	0,39 a	0,35 a	0,49 a	ND
	SEFLOARCA 03 (T2)	0,34	0,34 a	0,40 a	0,49 a	ND
Grasa cruda (GC) (%)	INIA 21	6,09 b	6,12 a	6,92	5,72 bc	7,53 a
	INIA 41	5,68 b	4,63 b	6,07	5,40 bc	6,33 b
	INIA 45	6,09 b	4,42 b	6,34	5,12 c	6,33 b
	PX140H(30F87) (T1)	7,33 a	6,02 a	8,22	7,73 a	ND
	SEFLOARCA 03 (T2)	5,70 b	4,92 b	6,67	6,13 b	ND
Fibra cruda (FC) (%)	INIA 21	2,99	3,22	3,43	3,67	3,25
	INIA 41	2,84	5,46	3,37	3,76	3,62
	INIA 45	2,95	3,19	3,24	3,90	3,62
	PX140H(30F87) (T1)	3,40	3,73	3,80	4,36	ND
	SEFLOARCA 03 (T2)	3,21	2,96	3,17	3,98	ND
Fibra detergente neutral (FDN) (%)	INIA 21	55,17 a	48,56	35,50	16,85 b	24,74
	INIA 41	44,24 a	49,02	28,42	23,21 a	34,08
	INIA 45	42,29 a	46,43	41,23	22,40 a	24,74
	PX140H(30F87) (T1)	35,52 b	47,26	28,63	30,44 a	ND
	SEFLOARCA 03 (T2)	36,49 b	41,50	35,25	33,48 a	ND
Almidón (A) (%)	INIA 21	83,17	84,76	83,41	79,50	82,52
	INIA 41	79,23	84,11	66,07	83,67	78,44
	INIA 45	65,65	57,80	79,13	87,02	82,52
	PX140H(30F87) (T1)	77,86	72,09	76,92	65,61	ND
	SEFLOARCA 03 (T2)	61,77	58,34	64,04	78,56	ND

MDS Ponderada (0,05): H = 0,7142; C = 0,3422; PC = 1,3518; N = 0,2160; F = 0,0868; GC = 0,7814; FC = No significativa en el ANAVAR; FDN = 13,7312 y A = No significativa en el ANAVAR.

T1 y T2 = Testigos comerciales del sector privado. ND= información no disponible.

Valores seguidos de la misma letra indican que no hay diferencia significativa al 5% de probabilidad de error.

Cuadro 12. Valores promedios del rendimiento de grano de los híbridos de maíz amarillo INIA 21, INIA 41 e INIA 45 y dos testigos comerciales, procedentes de cinco localidades de evaluación de los Ensayos Regionales Uniformes del SENASEM. Venezuela, año 2005.

Variable	Genotipo	Localidad				
		Guárico	Monagas	Portuguesa	Yaracuy	Aragua
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	INIA 21	8197	3684 b	8086 a	4128	6501
	INIA 41	6815	2931 b	7998 a	4508	7063
	INIA 45	7716	2846 b	7131 b	4354	6766
	PX140H(30F87) (T1)	7618	2772 b	8357 a	4898	ND
	SEFLOARCA 03 (T2)	7723	4047 a	8745 a	4567	ND

MDS Ponderada (0,05) = 939,5515

T1 y T2 = Testigos comerciales del sector privado. ND= información no disponible.

Valores seguidos de la misma letra indican que no hay diferencia significativa al 5% de probabilidad de error.

mínimo requerido para la molienda húmeda (Alfaro *et al.*, 2004). Méndez (2006) obtuvo como resultado para estos mismos híbridos contenidos de almidón de 71,81% (INIA 21), 80,88% (INIA 41) y 81,83% (INIA 45).

En el análisis simultáneo del rendimiento de grano y el contenido de almidón por localidad se encontró que el máximo rendimiento para el INIA 21 coincidió con valores altos en el porcentaje de almidón en el estado Guárico (Cuadros 11 y 12). Para el híbrido INIA 41, la localidad con el segundo rendimiento más alto (7.063 kg ha⁻¹ en el estado Aragua) coincidió con un alto contenido de almidón. De igual forma, para el híbrido INIA 45 el máximo rendimiento observado coincidió con valores altos en el porcentaje de almidón. Muhammad *et al.* (2008) encontraron una correlación positiva aunque no significativa entre contenido de almidón y rendimiento de grano por planta en maíz, tanto a nivel fenotípico como genotípico e infirieron que un incremento del almidón en el grano podría corresponder con un incremento positivo en el rendimiento de grano por planta. Resultados similares fueron reportados por Mittelman *et al.* (2003) para contenido de proteína y aceite y rendimiento de grano en maíz, lo cual sugiere la posibilidad de realizar selección simultánea para caracteres de calidad y rendimiento de grano en maíz.

Considerando el promedio de todas las localidades de evaluación, el híbrido INIA 45 tuvo los valores más altos de proteína cruda y nitrógeno, el INIA 41 lo tuvo en fósforo y el INIA 21 en almidón. Por otro lado, el Testigo 1 tuvo los valores más altos en porcentaje de ceniza, grasa cruda y fibra cruda; por el contrario, el Testigo 2 presentó los valores más

bajos en porcentaje de ceniza, proteína cruda, nitrógeno y almidón. Considerando el lugar de procedencia de las muestras analizadas, la mayor variación en las variables evaluadas fue observada en el estado Monagas, con valores más bajos en porcentaje de ceniza, grasa cruda, fósforo y almidón y valores más altos en porcentaje de proteína cruda, nitrógeno y fibra cruda. En el estado Guárico, se observaron los valores más bajos de proteína cruda, nitrógeno y fibra cruda y en el estado Yaracuy se obtuvieron los valores más altos para contenido de ceniza, fósforo y almidón. En general, la localidad más estable para el comportamiento de estas variables de calidad de grano fue la del estado Portuguesa.

CONCLUSIONES

1. Se observó variabilidad fenotípica para los caracteres componentes del rendimiento y calidad de grano en los híbridos evaluados en los distintos experimentos.
2. El híbrido INIA Exp. 65, con un rendimiento de 6.820 kg ha⁻¹, dureza de 2,75 y contenido de almidón de 65,04% podría ser un híbrido apropiado para la formulación de alimentos balanceados. Entre tanto, el híbrido INIA Exp. 67, con 6.533 kg ha⁻¹, dureza de grano de 3,25 y 73,04% de almidón podría ser un híbrido apropiado para utilizarlo en la molienda húmeda para la obtención de almidones. El híbrido INIA Exp. 21, con rendimiento de 5.209 kg ha⁻¹, con dureza de grano de 2,75 y contenidos de almidón de 73,11% podría ser utilizado tanto para producción de alimentos concentrados como en la molienda húmeda.

3. El híbrido INIA 45 destacó por su contenido de nitrógeno y proteína cruda, el INIA 41 por el contenido de fósforo y fibra cruda y el INIA 21 por el contenido de almidón y grasa cruda, además del rendimiento de grano. Este último híbrido aprobó los dos años de evaluación en los ERUs del SENASEM, por lo que fue solicitada la elegibilidad para la comercialización de semilla certificada.

LITERATURA CITADA

- Alfaro, Y. y V. Segovia. 2007. Mejoramiento de maíces amarillos. Memorias del XIII Curso de Producción de Maíz. ASOPORTUGUESA (Ed.). Acarigua, estado Portuguesa. Venezuela.
- Alfaro, Y. y V. Segovia. 2008. Mejoramiento de maíces amarillos. Memorias del XIV Curso de Producción de Maíz. Cabrera S. (Ed.). Acarigua, estado Portuguesa. Venezuela.
- Alfaro, Y.; V. Segovia, M. Mireles, P. Monasterios, G. Alejos y M. Pérez. 2004. El maíz amarillo para la molienda húmeda. CENIAP HOY. N° 6. Septiembre-Diciembre. Disponible en: http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n6/arti/alfaro_y/arti/alfaro_y.htm. Fecha de acceso: 18 de marzo de 2009.
- Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA). 2007. Reporte diario de precios a futuro de maíz (CBOT) en diversos mercados internacionales. Disponible en: http://www.infoaserca.gob.mx/futuros/mz_fch.asp. Fecha de acceso: 23 de julio 2007.
- Bejarano, A. 2003. Descripción y prueba del híbrido simple de maíz amarillo FONAIAP 1. *Agronomía Trop.* 53 (4): 501-506.
- Confederación Nacional de Asociaciones de Productores Agropecuarios (FEDEAGRO). 2007. Precios internacionales de productos agrícolas. Casos: maíz blanco y amarillo. Disponible en: <http://www.fedeagro.org/preciointer/default.asp>. Fecha de acceso: 16 de julio de 2007.
- Confederación Nacional de Asociaciones de Productores Agropecuarios (FEDEAGRO). 2009. Precios internacionales de productos agrícolas. Casos: maíz blanco y amarillo. Disponible en: <http://www.fedeagro.org/preciointer/default.asp>. Fecha de acceso: 18 de marzo de 2009.
- INFOSTAT. 2002. InfoStat, Version 1.1. Manual del usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición. Editorial Bruyas. Argentina. 266 p.
- Jiménez, R. y W. Silva. 2008. Evaluación de las características morfológicas, agronómicas y fenológicas de cinco líneas de maíz (*Zea mays* L.) amarillo en cinco fechas de siembra. Tesis de pregrado, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 100 p.
- Liu, Z. H.; H. L. Xie, G. W. Tian, S. J. Chen, C. L. Wang, Y. M. Hu and J. H. Tang. 2008. QTL mapping of nutrient components in maize kernels under low nitrogen conditions. *Plant Breeding* 127 (3): 279-285.
- Mangen, T. F.; P. R. Thomison and S. D. Strachan. 2005. Early-season defoliation effects on top cross high-oil corn production. *Agron. J.* 97: 823-831.
- Méndez C., D. E. 2006. Evaluación de la calidad del grano de doce (12) genotipos de maíz amarillo (*Zea mays* L.). Tesis de pregrado, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 99p.
- Méndez, G.; F. Solorza, M. Velásquez, N. Gómez, O. Paredes and L. Bello. 2005. Chemical composition and calorimetric characterization of hybrids and varieties of maize cultivated in Mexico. *Agrociencia* 39 (3): 267-274.
- Mittelman, A.; J. B. de Miranda Filho, G. J. M. Monteiro de Lima, C. Hara Klein and R. T. Tanaka. 2003. Potential of the ESA23B maize population for protein and oil content improvement. *Sci. Agric.* 60 (2). Abs.
- Muhammad, S.; A. Muhammad, A. Muhammad and A. Majeed. 2008. Comparative evaluation and correlation estimates for grain yield and quality attributes in maize. *Pak. J. Bot.* 40 (6): 2361-2367.
- Rengifo B., J. 2007. Evaluación de los componentes de rendimiento en 48 híbridos de maíz amarillo del INIA-CENIAP. Tesis de pregrado, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 77p.

- Robutti, J.; F. Borrás, M. Ferrer, M. Percibaldi and K. Clarence. 2000. Evaluation of quality factors in Argentine maize races. *Cereal Chem.* 77 (1): 24-26.
- Servicio Nacional de Semillas (SENASA). 2004. Cultivares de maíz amarillo comercializados en Venezuela. Período 1942-2004. Mimeografiado, sin notas editoriales.
- Servicio Nacional de Semillas (SENASA). 2005. Resultados de los ensayos regionales uniformes de maíz amarillo. Mimeografiado, sin notas editoriales.
- Servicio Nacional de Semillas (SENASA). 2006. Resultados de los ensayos regionales uniformes de maíz amarillo. Mimeografiado, sin notas editoriales.
- Servicio Nacional de Semillas (SENASA). 2007. Resultados de los ensayos regionales uniformes de maíz blanco y amarillo. Mimeografiado, sin notas editoriales.
- Sierra M.; A. Palafox, A. Espinoza, F. Caballero, F. Rodríguez, S. Barrón y R. Valdivia. 2005. Adaptabilidad de híbridos triples de maíz y de sus progenitores para la región tropical del sur este de México. *Agron. Mesoam.* 16: 13-18.
- Singh, S. K.; L. A. Johnson, L. M. Pollak and C. R. Hurburgh. 2001. Heterosis in compositional, physical, and wet-milling properties of adapted x exotic corn crosses. *Cereal Chem.* 78 (3): 336-341.
- White, P, and L. Pollak. 1995. Corn as a food source in the Unites States: Part II. Processes, products, composition, and nutritive values. *American Association of Cereal Chemists* 40 (10): 756-762.
- Yang, P.; R. J. Shunk, A. E. Haken, Y. X. Niu, S. H. Zou, P. Buriak, S. R. Eckhoff and M. E. Tumbleson. 2000. Yield, protein content, and viscosity of starch from wet-milled corn hybrids as influence by environmentally induced changes in test weight. *Cereal Chem.* 77 (1): 44-97.