



Comportamiento agronómico de poblaciones de maíz amarillo *Zea mays* L. en la región andina del departamento de Nariño

Agronomic performance of yellow corn populations *Zea mays* L. material in the
andean region of the department of Nariño

**Tulio César Lagos B.¹; Francisco Javier Torres M.²;
Carlos Andrés Benavides C.³**

-
- 1 Profesor Asociado. I.A. Ph.D. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. tclagosb@udenar.edu.co
2 Profesor Asociado. I.A. Ph.D. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. franjatm@hotmail.com
3 Profesor hora cátedra. I.A. M.Sc. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. carlosabenavidesc@gmail.com

Fecha de recepción: Enero 29 de 2015

Fecha de aceptación: Abril 10 de 2015

RESUMEN

El trabajo se realizó en las localidades de Buesaco, Tangua, San Bernardo y Matituy del departamento de Nariño, con el propósito de evaluar el comportamiento agronómico de cuatro poblaciones de maíz amarillo UDENAR ALBA, TL2007A-1807-23x24 y INIAP180-9MS1 y puntilla 2M-S1, pertenecientes a la colección de trabajo de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño y una variedad comercial ICA V-305. En el análisis se pudo observar que las variables días a cosecha (DAC), mazorcas por planta (MPP), peso de 100 semillas (P100) y rendimiento (RTO) evidenciaron diferencias estadísticas para la interacción genotipo por ambiente. Matituy se comportó como la localidad precoz con 190,78 días a cosecha DAC, Buesaco por su parte mostró un índice de prolificidad de 1,36 MPP diferenciándose estadísticamente con la demás localidades, además de presentar diferencias estadísticas con respecto a las variables P100 y RTO. En el análisis de adaptabilidad y estabilidad con el modelo AMMI, los tratamientos más estables fueron ICA V305, TL2007A-1807-23x24 y UDENAR ALBA, mientras que INIAP 1809MSI y Puntilla 12M-S1 resultaron ser los de mayor variación en su comportamiento y por lo tanto, mayor interacción con los diferentes ambientes.

Palabras clave: Genotipos, adaptabilidad, estabilidad, comportamiento agronómico.

ABSTRACT

This work was conducted at the localities of Buesaco, Tangua, San Bernardo, and Matituy of the department of Nariño, with the aim of evaluating the agronomic behavior of four populations of yellow maize: UDENAR ALBA, TL2007A-1807-23 x 24 and INIAP180-9MS1, and *puntilla* 2M-S1, belonging to the work collection of the Faculty of Agricultural Sciences at the University of Nariño, as well as a commercial variety ICA V-305. The analysis showed that the variables days to harvest (DAC), cobs per plant (MPP), weight of 100 seeds (P100), and yield (RTO) were statistically different for the genotype x environment interaction. Matituy behaved as a premature locality with 190.78 days to harvest (DAC), while Buesaco showed a prolificacy index of 1.36 MPP, differing statistically from the other localities, in addition to presenting statistical differences in regards to the P100 and RTO variables. The adaptability and stability analysis using the AMMI model showed that the most stable treatments were ICA V305, TL2007A-1807-23x24, and UDENAR ALBA, while INIAP1809MSI and *Puntilla* 12M-S1 were the most variable in their behavior, thus, exhibiting the greatest interaction with the different environments.

Keywords: Genotypes, adaptability, stability, agronomic behavior.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con estadísticas, la producción mundial de maíz en el año 2010, fue de 844,405,181 toneladas, siendo Estados Unidos el primer productor acumulando el 37,44% de la producción mundial (FAOSTAT, 2010). Otros productores importantes son: China (21,02%), Brasil (6,63%), México (2,75%), Argentina (2,68%) e Indonesia (2,17%). En conjunto, la Unión Europea representa un 6,84% de la producción mundial (FAO, 2010).

En Colombia según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR, 2013), de una producción en el 2010 de 948 mil toneladas, se pasó, tanto en maíz blanco como amarillo, a un millón 560 mil toneladas en el 2013, reduciendo la dependencia del país a las importaciones del cereal; Incrementando también durante el mismo periodo el área sembrada y rendimiento promedio, valores que evolucionaron de 198

mil a 300 mil hectáreas y de 4,8 a 5,2 t/ha, respectivamente.

También se agrupa el cultivo según el grado de tecnificación, siendo el cultivo tradicional el que predomina ligeramente con el 50,5% del área sembrada, caracterizado por ser cultivado en pequeñas extensiones, utilización de semilla no certificada, bajo consumo de agroquímicos y en especial de fertilizantes, rendimiento promedio nacional de 1,57 toneladas por hectárea y buena parte de su producción destinada al autoconsumo (DANE, 2006).

El cultivo de maíz hace parte importante de la cultura de los agricultores del departamento de Nariño y es el eje fundamental de su dieta alimentaria y de sus ingresos (SIPSA, 2009). El nivel tecnológico del cultivo de maíz en el departamento de Nariño es mínimo. Para el año 2013 se sembraron aproximadamente 16000 ha de cultivo entre maíz blanco y amarillo, bajo sistemas tradicional y tecnificado con un rendimiento

promedio de 1,1 t/ha y 3,3 t/ha, respectivamente. Estos bajos rendimientos en comparación con los promedios nacionales dependen principalmente de los ambientes fluctuantes y de los recursos limitados (AGRONET, 2013).

Una de las opciones más importantes que poseen los agricultores para incrementar los rendimientos, es la adopción de variedades mejoradas adaptadas a la región. La interacción de genotipo-ambiente puede modificar la magnitud del comportamiento de un cultivar a través de localidades; los agricultores demandan nuevas variedades de maíz que respondan consistentemente a todos los ambientes de producción (Harris, 1999).

Las metodologías que apuntan hacia el desarrollo y evaluación de variedades regionales, permiten una mejor recomendación de los materiales seleccionados y en consecuencia, la obtención de variedades mejoradas de maíz, se constituye en una invaluable contribución, encaminada hacia el desarrollo de este cultivo en la región andina del departamento de Nariño, que permitirá por una parte, ampliar la base genética del cultivo dándole la sostenibilidad necesaria a su sistema productivo y por otra, mejorar la seguridad alimentaria especialmente de los pequeños agricultores que predominan en el departamento (Ortega y Ortega, 2009.).

Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo, fue evaluar el comportamiento agronómico de diferentes poblaciones de maíz amarillo en diferentes ambientes de clima frío moderado en la región natural andina del departamento de Nariño.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo, se realizó en la Región Natural Andina, Sub región Nudo de los Pastos en las localidades de clima frío-moderado de los municipios de Buesaco, ubicado a 1° 23' LN y 77° 8' LO, a 2000 msnm con una temperatura promedio de 18°C; Yacuanquer, a una altura de 2670 msnm y una temperatura promedio de 13°C; La Florida 1° 18' LN y de 17° 24' LO, y una altitud de 2077 msnm con una temperatura promedio de 17°C y San Bernardo, ubicado a una altitud de 2100 msnm con una temperatura promedio de 18°C (Gobernación de Nariño, 2011).

Material vegetal evaluado. Los cultivares sometidos a la prueba de evaluación agronómica, provienen de un proceso de selección masal al realizado en campos de polinización cruzada con poblaciones provenientes de las colecciones de trabajo de CIMMYT e INIAP. Para la selección, se tuvo en cuenta la adaptabilidad y estabilidad de los cultivares en diferentes condiciones edafoclimáticas en cuatro municipios productores de la zona andina de Nariño. La genealogía de los cuatro materiales genéticos sometidos a la evaluación de comportamiento agronómico correspondieron a:

- **UDENAR ALBA, Población 19.** BA96-2118-A#Pool9B-CI-99AM-200B(100M)-2001B(100M Ø)-2002B50M-2003(100M01 Ø)-2004B50M-2005100M Ø-200650M-2007(2 Ø50M)-2008B50M-2009B25M.
- **TL2007A-1807-23X24.** [(P88 C5 F6-6-1-2-1-2-1-B x S. MORADO TARDIO TL93A 5-B-1TL-1-1-1-B)-B-14TL-1-1 x CLM-461] x [(P88 C3 F31-1-1-1 x P88 C4 F58-9-5-1) BA92 31-1-7TL-1 x A.T.R.L.M. BA91 32-3-2-1]-3-1-3-2-B-B-B-B

- **INIAP1809MS1.** (I-07)M100-2000BM100 - 2001BM100 - 2002Ø50M - 2003 Ø25M - 2004M100(03 Ø)-2005M100(04M) - 2006B Ø25M - 2007BM100(04 Ø)-2008(04M) - 2009BØ9M.
- **PUNTILLA 12M S1.** 2007A100M-2007-B50M Ø-2008B25M-2009 Ø9M.

Diseño experimental. El diseño experimental que se utilizó en cada una de las cuatro localidades fue Bloques Completos al Azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos son las variedades mejoradas UDE-NAR ALBA y las poblaciones experimentales TL2007A-1807-23X24, INIAP180-9MS1 y Puntilla 12M-S1. Se utilizó como testigo comercial la variedad ICA V-305.

Área experimental. La parcela experimental estuvo formada por seis surcos de 5 m de longitud. Se utilizó una densidad de siembra de 50000 plantas por hectárea a una distancia de siembra entre surcos de 0,8 m y entre plantas de 0,25m, de tal forma, que el área de la parcela experimental fue de 25 m². Con el fin de eliminar el efecto de bordes, se eliminaron los surcos laterales y la primera y última planta de cada surco. La parcela útil tuvo un área de 14,72 m², correspondiente a los cuatro surcos centrales, dejando 5 m evaluar las plantas ubicadas a 0,20 m en cada una de las cabeceras. El área de cada uno de los cuatro ensayos fue de 1081m² (47 x 23 m).

Variables evaluadas. Las variables evaluadas se midieron acorde con la metodología propuesta por el Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT (Muñoz *et al.*, 1993). Los descriptores varietales de los que se utilizaron para este trabajo, son las siguientes:

Días a floración masculina (DFM). Se determinó el número de días entre la siembra y la fecha, en que más del 50% de las plantas alcanzaron su estado de inflorescencia masculina.

Días a floración femenina (DFF). Se determinó el número de días entre la siembra y la fecha, en que más del 50% de las plantas alcanzaron su estado de inflorescencia femenina.

Altura de mazorca (AM). En cinco plantas seleccionadas al azar de la parcela útil, se tomó la AM desde la superficie del suelo hasta la inserción de la primera mazorca.

Altura de planta (AP). Cuando las plantas alcanzaron la madurez de cosecha, se registró la AP en cinco plantas tomadas al azar de la parcela útil, midiendo desde el punto de la unión de la raíz y el tallo hasta la base de la inflorescencia masculina.

Acame de tallo (AT). Se considera como AT, cuando la planta se quiebra arriba de los 50 cm de la planta. Esta variable se midió en porcentaje, de plantas tomadas al azar de la parcela útil.

Acame de raíz (AR). El AR se da cuando la planta se quiebra en el punto de unión raíz-tallo. Esta variable se tomó en porcentaje, con base a la parcela útil.

Mazorca por planta (MPP). Al momento de la cosecha se contaron todas las mazorcas obtenidas dentro de cada parcela útil. Este dato se dividió sobre el número de plantas de la misma parcela, para así obtener el número de MPP.

Relación grano-mazorca (GM). Una vez realizada la cosecha, se pesó el 10% de las

mazorcas cosechadas, se desgranaron y se pesó nuevamente el grano producido para establecer la relación grano/mazorca.

Peso de cien granos (P100). Una vez los granos estuvieron secos, de cada parcela cosechada, se tomaron 100 granos al azar y se pesaron, registrando este valor con base al 14% de humedad.

Rendimiento (RTO). Se calculó con base en la cosecha de la parcela útil. Se determinó el contenido de humedad del grano, con un medidor marca MOTOMCO, para ajustar el rendimiento de maíz por hectárea (14%).

Análisis estadístico. Los resultados de las variables se sometieron a un Análisis de Varianza Combinado y Prueba de Comparación de Promedios Tukey. Para el caso de la variable de rendimiento se analizó la interacción genotipo ambiente, utilizando el modelo de efectos

principales aditivos e interacción multiplicativa, AMMI (Zobel *et al.* 1988).

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Días a floración masculina (DFM). Se presentaron diferencias altamente significativas entre localidades y significativas entre tratamientos. La interacción de genotipo por ambiente no fue significativa (Tabla. 1). Se destacó por su precocidad Puntilla 12M S1 con 80,5 DFM. UDENAR ALBA también puede considerarse entre las precoces con 84,6 DFM sin presentar diferencias estadísticas con el testigo ICA V305 (84,68 DFM). Las poblaciones más tardías fueron en su orden masal INIAP180-9M31 y TL2007A-1807-23x24 con 96,1 y 91,5 DFM, respectivamente (Tabla. 2). Por otra parte, se observó que la localidad donde se presentó el menor valor fue Matituy con 81,1 DFM seguida de Tangua, San Bernardo y Buesaco que presentaron 85, 87 y 95 DFM, en su orden (Tabla. 3).

Tabla 1. Cuadrados Medios del ANDEVA combinado para días a floración masculina (DFM), días a floración femenina (DFF), mazorcas por planta (MPP), relación grano mazorca (GM), peso de 100 Semillas (P100), altura de la planta (AP), altura a primera mazorca (AMZ), longitud mazorca (LM) y rendimiento (RTO).

Fuente de Variación	GL	DFM	DFF	MPP	GM	P100	AP	AMZ	LM	RTO
Localidad	3	744,21**	721,25*	0,31*	0,003*	14,27ns	20116,78*	6884,99**	23,30 **	6871786,87**
Bloque	12	15,75ns	20,09ns	0,23ns	0,002ns	51,97ns	1190,16ns	163,22 ns	5,51 ns	734695,68 ns
Genotipo	4	623,11*	650,83*	0,11*	0,005*	575,03*	2687,03*	507,59 ns	13,96 **	3578294,08*
Loc x trat.	12	21,72ns	26,8ns	0,09*	0,001ns	65,59*	527,85ns	99,83 ns	3,851 ns	3278279,87 **
Error	48	20,78	21,06	0,05	0,001	38,22	784,7	220,4	3,564	
C.V. (%)		5,21	5,09	18,54	5,11	19,94	21,39	23,2	13,44	

*2 diferencias significativas; cv coeficiente de variación.

Tabla 2. Comparación de medias de los genotipos evaluados a través de las cuatro localidades de días a floración masculina (DFM), días a floración femenina (DFF), mazorcas por planta (MPP), relación grano mazorca (GM), peso de 100 semillas (P100), altura de la planta (AP), altura a primera mazorca (AMZ), longitud mazorca (LM) y rendimiento (RTO).

MATERIAL GENETICO	DFM	DFF	MPP	GM	P100	AP	AMZ	LM	RTO
UDENAR ALBA	84,625 C	87,313 C	1,27375 A	0,78688 B	38,25 A	149,934 A	67,104 A	13,82B	3117,5 A
ICA V 305	84,688 C	87,375 C	1,23375 A B	0,77938 B	28,625 B	125,066 C	48,749 B	13,994 B	3676,3 A B
INIAP1809MSI	96,188 A	98,75 A	1,28813 A	0,77063 B	23,375 C	136,676 A	57,783 A B	13,167 B	4776,1 A
TL2007A - 1807 - 23X24	91,5 B	94,313 B	1,15313 AB	0,81625 A	35,813 A	127,192 C	53,679 A B	18,434 A	3940,5 A B
PUNTILLA 12M S1	80,563 D	82,688 D	1,095 B	0,7775 B	28,938 B	115,789 C	51,329B	13,486 B	3025 B
TUKEY	4,5674	4,598	0,2245	0,0402	6,1945	28,069	19,203	5,1109	1284,1

* Medias con distinta letra indican diferencias significativas al nivel de 0,05

Tabla 3. Comparación de Medias de las variables; días a floración masculina (DFM), días a floración femenina (DFF), días a cosecha (DAC), mazorcas por planta (MPP), relación grano mazorca (GM), peso de 100 semillas (P100), altura de la planta (AP), altura a primera mazorca (AMZ), longitud mazorca (LM), diámetro (DM), número de hileras por mazorca (NHM) y rendimiento (RTO), a través de las localidades.

LOCALIDAD	DFM	DFF	MPP	GM	AP	AMZ	RTO
BUESACO	95,7 A	98,15 A	1,377A	0,77 B	109,3 B	37,32 C	4728 AB
SAN BERNARDO	87,6 B	90,1 B	1,215B	0,785 AB	124,9 B	56,48 B	46190 AB
TANGUA	85,65 B	88,35 B	1,081B	0,796 AB	112,1 B	48,71 BC	3298 B
MATITUY	81,1 C	83,75 C	1,162B	0,794 A	177,4 A	80,41 A	5475 A

* Medias con distinta letra indican diferencias significativas al nivel de 0,05

Días a floración femenina (DFF). El ANDEVA mostró diferencias significativas entre localidades y tratamientos. De la misma manera que en DFM, no hubo significancia en la interacción genotipo por ambiente (Tabla 1). Puntilla 12M S1 presentó el menor valor con respecto a DFF, con 82,68, seguido por la UDENAR ALBA con 87,13 DFF que no presentó diferencias con respecto al testigo ICA V305, que tuvo 87,37 DFF. TL2007A-1807-23x24 e Masal INIAP-180-9MSI con 94,31 y 98,75, respectivamente, fueron los tratamientos

más tardíos (Tabla 2). En el comportamiento de la variable DFF fue similar al de DFM (Tabla 3). Criollo *et al.* (2002), encontraron que la aplicación de diferentes formas de fertilización influyó en la floración, comportándose como los más precoces aquellos cultivares comerciales y los más tardíos, los testigos regionales. Los valores obtenidos en éste trabajo concuerdan con aquellos por cuanto los periodos a inicio de floración masculina y femenina oscilaron entre 81 y 94 días, respectivamente, demostrando

que los cultivares introducidos se han adaptado positivamente en cuanto al cumplimiento de sus ciclos fenológicos.

Mazorcas por planta (MPP). En la Tabla 1, se observan diferencias significativas entre localidades, tratamientos e interacción genotipo por ambiente. Para MPP INIAP-180-9MSI, presentó el mayor valor con 1,28 MPP, aunque no exhibió diferencias significativas con el genotipo UDENAR ALBA (1,27MPP), ICA V305 (1,23 MPP) y TL2007A-1807-23x24 (1,15 MPP), por su parte Puntilla 12MSI (1,08 MPP) mostró diferencias significativas con los demás tratamientos (Tabla 2). En la localidad de San Bernardo, se presentaron diferencias significativas para todos los genotipos a excepción de UDENAR ALBA que presentó el mayor valor con 1,3MPP y TL2007A-1807-23x24 que mostró un valor de 1,175MPP, el valor inferior fue el de Puntilla 12M S1 con 1,085 MPP (Tabla 4).

Tabla 4. Mazorcas por planta de las poblaciones de maíz amarillo evaluados en cada una de las localidades.

MATERIAL GENETICO	SAN BERNARDO	
UDENAR ALBA	1,3	A
ICA V305	1,2325	B
INIAP 180-9MSI	1,2825	D
TL2007A 1807 23X24	1,175	A
PUNTILLA 12M S1	1,085	C

* Medias con distinta letra indican diferencias significativas al nivel de 0,05.

Relación grano mazorca (GM). El ANDEVA, mostró diferencias significativas entre localidades y tratamientos (Tabla 1). El tratamiento

TL2007A- 1807-23x24 con 0,81 GM presentó diferencias con respecto a los demás tratamientos, mientras que los tratamientos población 19 (0,78 GM), ICA V305 (0,77 GM), INIAP 180-9MSI (0,77 GM) y Puntilla 12MS1 (0,77 GM) no fueron diferentes estadísticamente (Tabla 2). En las localidades de Buesaco y Matituy también se observó diferencias significativas en cuanto a la relación grano mazorca, presentando el mayor valor Matituy que obtuvo 0,79 GM (Tabla 3).

En la evaluación realizada por Ortega *et al.* (2010), se pudo observar que los tratamientos ICA V 305 y UDENAR ALBA (Poblacion 19) en los municipios de Sandoná, Nariño y La Unión presentaron entre 0,88 y 0,91 GM, respectivamente evidenciando diferencias estadísticas entre localidades, siendo Nariño la que presentó el mayor valor 0,91. En La Unión ICA V-305 superó estadísticamente a los demás tratamientos.

Criollo *et al.* (2002) por su parte, no identificaron diferencias estadísticas con respecto a esta variable cuando sometieron diferentes poblaciones de maíz a diferentes niveles de fertilización, atribuyendo este comportamiento a que los cultivares de maíz incluidos los regionales, se han sometido a un proceso de selección con el fin de obtener tusas delgadas y granos grandes, situación que puede explicar el comportamiento de las poblaciones evaluadas en este trabajo.

Peso de 100 semillas (P100). En p100 se encontró significancia estadística en diferencias entre tratamientos y en la interacción genotipo por ambiente (Tabla 1). UDENAR ALBA (28,25 g) superó al testigo ICA V305 (28,62 g) pero no presentó diferencias significativas con TL2007A-1807-23x24 (35,81 g) fue superior a los demás tratamientos (Tabla 2).

En las localidades de Tangua y Matituy, la interacción genotipo por ambiente no fue significativa. En Buesaco, UDENAR ALBA (41,25 g) diferente respecto a INIAP 180-MSI y Puntilla 12MS1. En San Bernardo también obtuvo el valor más alto, mostrando similitud únicamente con TL2007A- 1807-23x24. En general, para esta variable a través de todas las localidades, se destacó UDENAR ALBA (Tabla 5). El P100 es una variable de importancia dentro del comportamiento agronómico de la especie, por cuanto en ella, se refleja gran parte del rendimiento y los volúmenes de las unidades de comercialización.

Tabla 5. Comparación de Medias para peso de 100 semillas entre los genotipos evaluados en cada una de las localidades.

MATERIAL GENETICO	BUESACO	SAN BERNARDO
UDENAR ALBA	41,25 A	39 A
ICA V305	34AB	29,75 BC
INIAP 180	17,25 C	24,25 BC
TL2007A-1807-23X24	38 A	36,75 AB
PUNTILLA 12M S1	23,5 B C	29,75 BC

* Medias con distinta letra indican diferencias significativas al nivel de 0,05.

Altura de la planta (AP). Según la Tabla 1, se presentaron diferencias significativas para localidad y tratamiento (149,33 cm) por su parte, mostró los valores más altos de AP, con diferencias significativas respecto al testigo ICA V305 (12,06 cm), TL2007A-1807-23x24 (127,192 cm) y Puntilla 12MS1 (115,80 cm). Por otro lado, se presentaron diferencias significativas entre Matituy (177,4 cm) y las demás localidades (Tabla 3). La AP, es un factor importante para los agricultores de zonas de clima frío moderado de la zona an-

dina de Nariño, por cuanto se asocia con la aparición de más mazorcas en la planta.

Altura de mazorca. En el ANDEVA combinado (Tabla 1), se observa que para AM, existen diferencias altamente significativas entre localidades. UDENAR ALBA, presentó un AM de 67,104 cm mostrando diferencias significativas con respecto al testigo ICA V305 (48,74 cm) y Puntilla 12MS1 (51,32 cm) (Tabla 2). Como consecuencia e igual que en AP, se puede observar que para esta variable la localidad de Matituy con 80,41 cm difiere también significativamente de las otras localidades quienes presentaron valores comprendidos entre 37,32 y 56,48 cm (Tabla 3).

En ensayos preliminares y bajo condiciones de Botana (2750 msnm), poblaciones introducidas presentaron una altura promedio de 0,87 m, indicando que esta variable está influenciada por el ambiente. Es decir, que los cultivares exhiben un mayor desarrollo vegetativo expresado en la AP, en climas menos fríos (Lagos *et al.*, 2000).

Longitud de la mazorca (LM). En LM se encontraron diferencias altamente significativas para localidades y tratamientos pero no para la interacción genotipo por ambiente (Tabla 1). Es pertinente entonces analizar los efectos simples. Se destaca, como se muestra en la Tabla 2, TL2007A - 1807 23x24 con 18,43 cm que sobresale frente de los demás tratamientos que presentaron valores cercanos a 13 cm. Mientras que entre localidades no se observó diferencia.

Vargas *et al.* (2010) reportaron promedios de LM que oscilaron entre 20 y 40 cm en regiones

con diferentes altitudes diferenciándose entre localidades y no en los tratamientos evaluados en cada región, evidenciando junto con los resultados del presente trabajo, que variables como LM se ven influenciadas por las características particulares de la zona de evaluación.

Rendimiento (RTO). Se encontraron significancias en las diferencias entre localidades, poblaciones y en la interacción genotipo por ambiente (Tabla 1). En Buesaco, el mayor rendimiento se observó en UDENAR ALBA y TL2007A-1807-23x24 con 5,79 y 4,26 t.ha⁻¹ en su orden presentando diferencias significativas con respecto a ICA V305, INIAP 180-9MSI (1,67 t.ha⁻¹) y Puntilla 12MS1 (3,15 t.ha⁻¹).

En San Bernardo UDENAR ALBA, ICA V305 y TL2007A-1807-23x24 no presentaron diferencias significativas entre sí y mostraron RTO entre 4,28 y 4,41 t.ha⁻¹. En Tangua por su parte existen diferencias solo entre TL2007A 1807 23x24 (2,5 t.ha⁻¹) e ICA V305 (3,66 t.ha⁻¹); UDENAR ALBA, INIAP 180-9MSI y Puntilla 12MS1 no presentaron diferencias entre sí, encontrándose en ellos, el mayor valor en RTO para esta localidad con 3,66

t.ha⁻¹. Finalmente, en Matituy no se encontraron diferencias significativas entre poblaciones cuyo RTO fluctuó entre 2,72 y 3,2 t.ha⁻¹ (Tabla 6).

Se puede deducir, que UDENAR ALBA fue la de mejor rendimiento en las localidades, superando el promedio nacional para maíz tradicional reportado en 1,1 t/ha⁻¹ en sistemas asociados en zonas de clima frío moderado (AGRONET, 2013). Al respecto Ortega *et al.* (2010) encontraron que la Población 19, material genético experimental que dió origen a la variedad mejorada UDENAR ALBA, alcanzaba los mejores RTOs con valores de 2006,53 Kg/ha para la localidad de Sandoná, 1936,40 Kg/ha en Nariño y 1886,79 Kg/ha en La Unión. Los mismos autores, concluyeron que la Población 19 expresa al máximo su potencial productivo en condiciones de clima medio y frío moderado.

Análisis de estabilidad fenotípica. El primer componente representó el 85,087% de la varianza total y el segundo eje representó el 12,984%. En total, los dos primeros componentes explican el 98,072% de la variabilidad total.

Tabla 6. Comparación de Medias para el rendimiento (kg/ha) entre los cultivares de maíz amarillo evaluados en cuatro localidades.

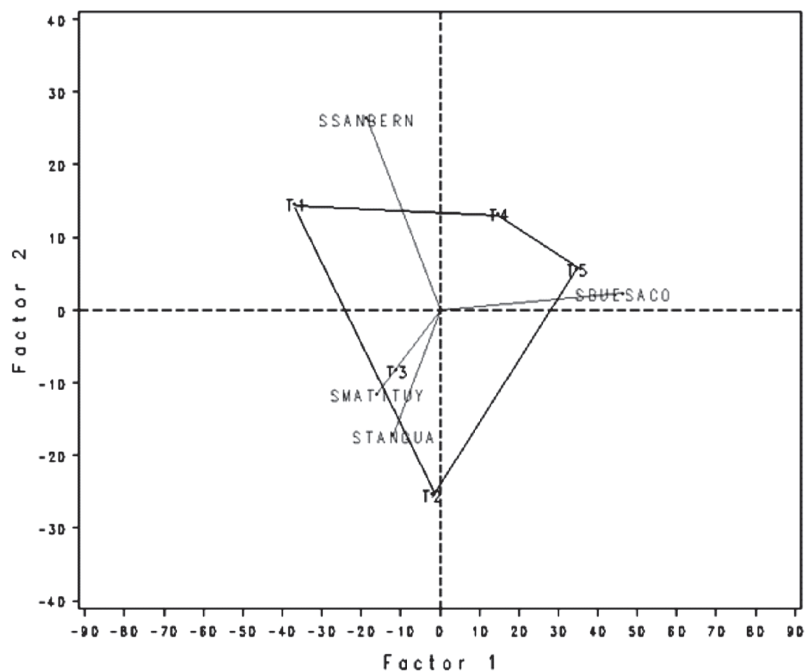
MATERIAL GENETICO	BUESACO	MATITUY	SAN BERNARDO	TANGUA
UDENAR ALBA	5798,9 A	2893 A	4399,03B	3268 AB
ICA V305	3156,3 BC	3168,5 A	4414,75 B	3667 A
INIAP 180-9MSI	1671,6 C	3205,7A	5104,07 A	2998 AB
TL2007A-1807-23X24	4265 A B	2725,6 A	4285,12 B	2500 B
PUNTILLA 12MS1	2748,7 BC	2788,1A	2941,18C	2726 AB

* Medias con distinta letra indican diferencias significativas al nivel de 0,05

En la Figura 1, se observan las líneas correspondientes a los ambientes y en los vértices del polígono, se ubican los genotipos con mayor interacción, por lo tanto de mayor adaptación específica a los ambientes representada por su cercanía a las líneas correspondientes a estos. Así, en el sector superior se ubican los ambientes de evaluación San Bernardo y Buesaco, en donde se destaca INIAP-180-9MSI como el genotipo más adaptado para San Bernardo y TL2007A80723x24 y UDENAR ALBA para la localidad de Buesaco; en la parte inferior de la gráfica, se muestran las localidades de Matituy con ICA V305 adaptado a estas condiciones y Tangua con Puntilla 2MSI, respectivamente. Por otra parte, los tratamientos más estables son los que se encuentran más cercanos al origen y en cuanto más se aleja su comportamiento se considera más variable.

Los cultivares más estables fueron ICA V305, TL2007A-1807-23x24 y UDENAR ALBA, mientras que INIAP-180-9MSI y Puntilla 12MSI fueron los de mayor variación en su comportamiento y por lo tanto, mayor interacción con los diferentes ambientes. Los resultados se podrían explicar, debido a que el testigo se encuentra establecido hace varios años en la zona de estudio, demostrando por ende su adaptación. Cabe destacar que UDENAR ALBA se adapta mejor Buesaco, sin embargo, es estable a través de los ambientes, presenta un rendimiento superior a las demás poblaciones evaluadas.

El comportamiento general de los cultivares para el rendimiento demostró un comportamiento disperso con respecto a su concentración hacia el eje principal del Biplot; al respecto Becker (1981), distingue dos tipos de estabilidad.



T1= INIAP180-9MSI; T2=Puntilla 12MSI= T3= ICA V305; T4=TL2007A-1807-23X24;T5=UDENAR ALBA

Figura 1. Representación de tratamientos y ambientes respecto a los dos primeros ejes de componentes principales del análisis AMMI para el rendimiento.

Por una parte, la estabilidad biológica con un sentido homeostático, mediante el cual un genotipo mantiene un rendimiento constante en diferentes ambientes. Este tipo de estabilidad no es deseable en la agricultura moderna, donde los genotipos deberían responder a las condiciones del medio. En el presente trabajo, se puede observar una situación contraria con este concepto debido a la variabilidad exhibida en los cultivares evaluados según Fan *et al.* (2007), la adaptabilidad fenotípica evalúa el comportamiento de los genotipos en localidades diferentes. Los estudios de adaptabilidad y estabilidad fenotípica, para fines de mejoramiento, se refieren a la evaluación de la respuesta diferencial de los genotipos a la variación de las condiciones del ambiente. La evaluación de los cultivares se debe realizar en localidades representativas de la región y en varios años, para que se tenga seguridad en una recomendación. Las poblaciones de maíz amarillo muestran rendimientos diferenciales a través de los ambientes, situación que permitiría a futuro avanzar en los programas de mejoramiento de maíz amarillo para el departamento de Nariño.

La estabilidad agronómica, al cual se pueden ajustar los resultados obtenidos en el presente trabajo, implica, que un genotipo es considerado estable si rinde relativamente bien respecto al potencial de los ambientes evaluados, mostrando una baja interacción con ambientes específicos (Becker, 1981).

CONCLUSIONES

La interacción genotipo por ambiente fue significativo para mazorcas por planta (MPP), peso de 100 semillas (P100) y rendimiento (RTO). Interacción PUNTILLA 12MS1, ICA V305, TL2007A-

1807-23X24 y UDENAR ALBA resultaron ser los cultivares más adaptables. Los tres primeros evidenciaron una estabilidad específica para la Tangua, San Bernardo y Matituy.

UDENAR ALBA fue la de mejor comportamiento y se recomienda para los sistemas productivos de maíz amarillo de San Bernardo, Matituy y Buesaco correspondientes a la zona alto andina del Departamento de Nariño.

REFERENCIAS

- AGRONET. 2013. Sistemas de Estadísticas Agropecuarias - SEA. En: http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/ReportesAjax/parametros/reporte14_2011.aspx?cod=14; consulta: noviembre, 2014.
- BECKER, H. 1981. Correlation among some statistical measure of phenotypic stability. *Euphytica*. 30:835 - 840.
- CRIOLLO, H., LAGOS, T., PAREDES, R. y BENAVIDES, A. 2002. Comportamiento de materiales mejorados de maíz bajo diferentes niveles de boro y fósforo. *Revista de Ciencias Agrícolas*. 19(1- 2):168 - 177.
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE). 2006. Secretaria Técnica Comercio Exterior. 2006. En: http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/ena/maiz_tecnificado.pdf; consulta: septiembre, 2014.
- FAN, X.M., M.S. KANG, H. CHEN, Y. ZHANG, J. TAN AND C. XU. 2007. Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China. *Agronomy Journal*. 99:220 - 228.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). 2010. En: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#anchor>; Consulta: diciembre, 2014.

- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). 2010. Estadísticas. En: <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=567&lang=es#ancor>. © FAO Dirección de Estadística; consulta: septiembre, 2014.
- GOBERNACIÓN DE NARIÑO. 2011. Nuestro departamento, municipios nariñenses. En: <http://www.narino.gov.co/index.php/nuestro-departamento/municipios>, consulta: marzo, 2015.
- HARRIS, L. 1999. Possible role of trichothecene mycotoxins in virulence of *Fusarium graminearum* on maize: in plant disease. En: <http://APS.journals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/Pdis.1999.83.10954>; consulta: octubre, 2014.
- LAGOS, T., CRIOLLO, H. y CHECA, O. 2000. Evaluación de 19 materiales de maíz de clima frío en la zona del altiplano de Pasto. Departamento de Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas. 17(2):9 - 20.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (MADR). 2013. Noticias En: <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/En-m%C3%A1s-de-600-mil-toneladas-se-increment%C3%B3-la-producci%C3%B3n-de-ma%C3%ADz-en-Colombia.aspx>; consulta: diciembre, 2014.
- MUÑOZ, G., GIRALDO, G. y FERNANDEZ DE SOTO, J. 1993. Descriptores Varietales Arroz, frijol, maíz, frijol. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT. 85 - 108 p.
- ORTEGA, C. y ORTEGA, F. 2009. Comportamiento agronómico de 7 genotipos de maíz *zea mays* L. en tres localidades de clima medio en el departamento de Nariño. Tesis de grado (I. Agrónomo). Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto. Colombia. 20 p.
- ORTEGA, C., ORTEGA, F., TORRES, F. y LAGOS, T. 2010. Comportamiento agronómico de siete genotipos de maíz *zea mays* L. en tres localidades de clima medio en el departamento de Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas. XXVII (1):18 - 26.
- SEMICOL S.A. 2009. Portafolio de productos y servicios edición 2008/9. Bogotá- Colombia, 15p
- SIPSA. 2009. Sistema de Información de Precios e Insumos y Factores Asociados a la Producción. 2009. Anuario estadístico de frutas y hortalizas 2004 - 2008 y sus calendarios de siembra y cosechas. En: <http://www.agronet.gov.co/>; consulta: septiembre, 2014.
- VARGAS, E., VANEGAS, H., MOLINA, G. y LEMOS, G. 2010. Nuevo híbrido de maíz amarillo para la región Caribe húmedo FNC 115 - Galileo 33. Revista de divulgación El cerealista. FENALCE. 22 - 27 p.
- ZOBEL, R., WRIGHT, M. y GAUCH, H. 1988. Statistical analysis of a yield trial. Agronomy Journal. 80 (3):388 - 393.