

CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA Y MORFOLÓGICA DE MAÍCES NATIVOS DEL NOROCCIDENTE DE MÉXICO

AGRONOMIC AND MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF NATIVE MAIZES FROM NORTH-WESTERN MÉXICO

José G. Martín López¹, José Ron Parra^{1*}, José J. Sánchez González¹, Lino De la Cruz Larios¹, Moisés M. Morales Rivera¹, José A. Carrera Valtierra², Alejandro Ortega Corona³, Víctor A. Vidal Martínez⁴ y Manuel de J. Guerrero Herrera³

¹Instituto de Manejo y Aprovechamiento de Recursos Fitogenéticos (IMAREFI). Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Universidad de Guadalajara, Km. 15.5 Carretera Guadalajara-Nogales. Apartado Postal 129, 45110, Las Agujas, Nextipac, Mpio de Zapopan, Jalisco, México. Tel. y Fax: (33) 36 82 07 43. ²Centro Regional Universitario Centro Occidente. Universidad Autónoma Chapingo. 58170, Periférico Independencia Poniente No. 1000, Colonia Lomas del Valle, Morelia, Michoacán, México. ³Campo Experimental Valle del Yaqui, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Calle Norman E. Borlaug Km. 12 Cd. Obregón, Son. ⁴Campo Experimental Santiago Ixcuintla, INIFAP. Km. 6 Carretera Guadalajara-Nogales Entronque a Santiago Ixcuintla, Nayarit, México.

*Autor para correspondencia (jron@cucba.udg.mx)

RESUMEN

En este trabajo se evaluaron y caracterizaron maíces (*Zea mays* L.) criollos del noroccidente de México, colectados en los Estados de Jalisco, Nayarit, Michoacán y Sinaloa. Se evaluaron 90 materiales en tres localidades de Jalisco en 2005, bajo condiciones de temporal o seco, en cuanto a rendimiento de grano y otras variables agronómicas, mediante un diseño experimental de látice rectangular 10 x 9 con tres repeticiones. En adición, en una localidad se caracterizaron 129 materiales mediante 36 variables morfológicas y gráficas “biplot” y dendrogramas. Las mejores colectas para rendimiento y otras características de importancia fueron M05100 (Tabloncillo Perla) y M05021 (Tabloncillo), así como Tabloncillo RC₁, pero distaron mucho del grupo donde se ubicó la cruce entre razas representativas de la raza Tabloncillo (JAL43 x JAL263) y la mayoría de las colectas de la raza Tabloncillo Perla. Los grupos se definieron mayormente por la altitud del sitio de recolección, y el grupo más compacto y consistente fue el de los maíces pertenecientes a la raza Mushito colectados en altitudes generalmente superiores a 2000 m; este grupo destacó por su mayor espesor del grano y longitud de la rama principal de la espiga. Las colectas representativas de las razas Tabloncillo y Tabloncillo Perla formaron un grupo compacto que se distinguió por su precocidad y porte de planta bajo. Los maíces provenientes de generaciones avanzadas de híbridos comerciales se asociaron principalmente con colectas pertenecientes a las razas de Celaya y Tuxpeño. M05002, destinado al mercado de grano blanco para “pozole”, fue el mejor al resto de la raza Ancho y a los de las razas Elotes Occidentales, Elotero de Sinaloa y Bofo, utilizados también para “pozole” y “elote”.

Palabras clave: *Zea mays*, maíces nativos, recursos genéticos.

SUMMARY

In this study we evaluated and characterized maize (*Zea mays* L.) landraces collected in north-western México in the States of Jalisco, Nayarit, Michoacán and Sinaloa. A total of 90 materials were evaluated at three locations of Jalisco in 2005, under rainfed conditions, for grain yield and other agronomic traits, using a rectangular

lattice design 10 x 9 with three replications. Characterization was done in one location on 129 materials by means of 36 morphological traits and by using “biplot” and dendrogram graphs. The best accessions across environments for grain yield and some additional important traits were M05100 (Tabloncillo Perla), M05021 (Tabloncillo) and Tabloncillo BC₁, but they were far away of the group where the cross representative of the Tabloncillo (JAL43 x JAL263), and where most collections of Tabloncillo Perla races were located. Groups were defined mainly by altitude of the collection site; the best defined group was that of landraces classified as Mushito, collected at elevations generally higher than 2000 m; this group was distinguished by having higher values of kernel thickness and length of the main tassel branch. Accessions of races Tabloncillo y Tabloncillo Perla formed a group that was defined by their earliness and short plant height. The collections derived from hybrids advanced generations were related to collections of races Celaya and Tuxpeño. M05002 used as white grain to prepare specialty food (“pozole”) was the best to the other accession of the Ancho and others of Elotes Occidentales, Elotero de Sinaloa y Bofo, used as “corn on the cob” and “pozole”.

Index words: *Zea mays*, native varieties, genetic resources.

INTRODUCCIÓN

En diversos foros y obras culturales, técnicas y científicas se ha reconocido y destacado la diversidad de los maíces mexicanos y su importancia en los aspectos socioeconómicos y culinarios (Esteve y Marielle, 2003; González, 2006; Muñoz, 2003). Esta riqueza genética ha jugado un papel importante en México ya que se siembran variedades nativas de maíz (*Zea mays* L.) en regiones, áreas y nichos ecológicos donde las variedades mejoradas no expresan su potencial de rendimiento (Muñoz, 2003) o no cumplen con los niveles de calidad requeridos por los productores en la preparación de alimentos para humanos

y animales domésticos (Ron *et al.*, 2006). La diversidad total de maíces nativos de México podría representarse por 59 razas (Ron *et al.*, 2006).

En el centro-occidente de México con áreas y regiones de altitudes intermedias y bajas (0 a 1800 msnm) y ambientes favorables para la producción de cultivos, las variedades mejoradas han estado remplazando a los maíces nativos y éstos quedan relegados a superficies reducidas o áreas montañosas, en donde aun en condiciones desfavorables se siembran predominantemente para autoconsumo bajo la custodia principalmente de agricultores de edad avanzada.

La pérdida continua de la diversidad de los maíces nativos ha renovado el interés por su rescate, conservación y aprovechamiento, de tal forma que a partir de 2003 se han apoyado proyectos para recolectar, evaluar y caracterizar maíces nativos en diferentes regiones y estados de México con diversas fuentes de financiamiento (Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y empresas privadas). Como parte de esta estrategia, se han colectado poblaciones nativas en la región noroccidente de México, por el Instituto de Manejo y Aprovechamiento de Recursos Fitogenéticos (IMAREFI) del Centro Universitario en Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara, los centros regionales de Guadalajara y Morelia (CRUCO-Guadalajara y CRUCO-Morelia) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), y los campos experimentales de Ciudad Obregón, Son. y Santiago Ixcuintla, Nay. del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Estas colectas recientes se conservan en bancos de germoplasma para su aprovechamiento a futuro, pero requiere caracterizarlas para su uso óptimo. Los objetivos de este estudio fueron: 1) Evaluar el rendimiento de grano y otras características de importancia agronómica en 86 maíces nativos colectados recientemente en el noroccidente de México; 2) Conocer las interrelaciones de 127 maíces nativos, incluidos los anteriores, mediante características morfológicas de planta, espiga y mazorca, principalmente; y 3) Conocer la relación de estos maíces nativos con maíces mejorados y los típicos representativos o relacionados de la raza Tabloncillo predominante en la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material biológico consistió en 127 accesiones de maíz del noroccidente de México colectadas en los Estados

de Michoacán, Jalisco, Nayarit y Sinaloa; de éstas, 99 fueron colectadas por el IMAREFI y CRUCO-Morelia y se conservan en el banco de germoplasma del CUCBA (Ron *et al.*, 2006), y 28 por el INIFAP) y que se conservan en el Campo Experimental de Ciudad Obregón, Son.

En un experimento de 90 entradas se evaluaron 86 accesiones y cuatro testigos que fueron: una cruza simple experimental mejorada de la Universidad de Guadalajara (LUG03 x LUG14), una cruza entre dos colectas típicas de la raza Tabloncillo (JAL43 x JAL263) en F₁ y F₂, y la retrocruza de Tabloncillo x V530 (RC₁) proporcionada por el Dr. Fidel Márquez Sánchez de la UACH. El experimento se sembró en un diseño de látice rectangular 10 x 9 en parcelas de dos surcos con 40 plantas, a una densidad de 50 mil plantas por hectárea en tres localidades de Jalisco: Campo Experimental del CUCBA en Zapopan (1650 msnm), Las Garzas, Mpio. de Guachinango (800 msnm) y Campo Experimental Altos-Centro de Jalisco del INIFAP en Tepatitlán de Morelos (1900 msnm). Por falta de semilla, en Las Garzas se remplazaron tres colectas (INIFAP48, INIFAP50 e INIFAP57) por tres materiales mejorados (REMACO 38, REMACO 3A y SINTA x SINTCA) que se consideraron como testigos mejorados. Los experimentos se sembraron en condiciones de temporal o secano, con el manejo agronómico recomendado por el INIFAP en cada sitio.

Los datos registrados por parcela fueron: rendimiento (REND), floración masculina (FM), floración femenina (FF), altura de planta (PL), altura de mazorca (MZ), acame de raíz (RA), acame de tallo (TA), mazorcas dañadas (MD), mazorcas por planta (MXP), calificación de mazorca (CM), longitud de la mazorca (LMZ), diámetro de la mazorca (DMZ) y porcentaje de grano (G). En Tepatitlán no se midió altura de planta, acame de raíz, mazorcas dañadas y la calificación de mazorca. Con los datos de cada ambiente se hicieron análisis de varianza individuales por localidad y un análisis combinado con los tres ambientes.

La caracterización se hizo en las 127 accesiones, que incluyeron a las 86 en la evaluación originarias de áreas tropicales y subtropicales de Jalisco, Nayarit y Sinaloa, y 41 de partes altas de Michoacán colectadas generalmente arriba de 2000 msnm. Además se incluyeron la retrocruza de Tabloncillo (RC₁) y la cruza entre colectas representativas de la raza Tabloncillo en F₂. La siembra para la caracterización se hizo en el Campo Experimental CUCBA bajo condiciones de temporal, en parcelas de dos surcos con 40 plantas a una densidad de 50 mil plantas por hectárea.

Se consideraron 36 caracteres; 13 de planta que fueron: inicio de floración masculina (X1), inicio de floración femenina (X2), finalización de floración masculina (X3), finalización de floración femenina (X4), 50 % de floración masculina (X5), 50 % de floración femenina (X6), número de hojas (X7), longitud de la hoja de la mazorca principal (X12), ancho de la hoja de la mazorca principal (X13), altura de planta (X14), altura de mazorca (X15), área de la hoja de la mazorca principal (X31) y área foliar por planta (X32). Siete características de espiga; longitud total (X8), longitud del pedúnculo (X9), longitud de la parte ramificada (X10), número de ramas (X11), longitud de espiguilla (X29), ancho de espiguilla (X30) y longitud de la rama principal (X33); más 16 características de mazorca: número de brácteas de cubierta (“totomoxtle”) de la mazorca principal (X16), longitud del pedúnculo de la mazorca principal (X17), longitud de mazorca (X18), diámetro de mazorca (X19), número de hileras de la mazorca (X20), número de granos por hilera (X21), espesor de grano (X22), peso de la mazorca (X23), ancho del grano (X24), longitud del grano (X25), diámetro de olote (X26), peso de grano por mazorca (X27), volumen de grano por mazorca (X28), volumen de grano (X34), porcentaje de olote (X35) y densidad de grano (X36), de acuerdo con Carballo y Benítez (1997).

Con los datos de los 129 materiales y las 36 variables se realizó el análisis de componentes principales con base en Rawlings (1988) y Sánchez (1995), mediante gráficas “biplot”. Este tipo de gráficas se han utilizado para simplificar y relacionar en forma conjunta los elementos o grupos de elementos con las variables de estudio (Morales *et al.*, 2007). En esta ocasión los materiales se agruparon inicialmente en cuatro intervalos de altitud de los sitios de colecta, 0 a 1000, 1001 a 1800, 1801 a 2200, y arriba de 2200 m.

Para conocer la interrelación de los materiales se hizo análisis de agrupamiento de los 129 maíces con 36 variables, al utilizar como medida de similitud al coeficiente de correlación $r_{ij} = (\sum_k x_{ki} x_{kj}) / (\sum_k x_{ki}^2 \sum_k x_{kj}^2)^{1/2}$, donde i, j corresponden a las colectas i y j , y k a las variables bajo estudio. Los valores r_{ij} se calcularon después de estandarizar las variables (x_{ij}) con media cero y varianza 1. Con los valores r_{ij} se hizo el agrupamiento de las accesiones con el método Promedio de Grupo (UPGMA), mediante el paquete estadístico NTSYS versión 2.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación

Hubo diferencias significativas entre colectas en todas las variables analizadas en los tres ambientes de evaluación. En el análisis de varianza combinado hubo diferen-

cias significativas entre localidades, variedades e interacción localidad x variedad, en todas las variables, con excepción de mazorcas dañadas y calificación de mazorca, variables que sólo fueron medidas en el CUCBA y en Las Garzas.

En el CUCBA, que fue el mejor ambiente con una media de 3972 kg ha⁻¹, la entrada más rendidora fue LUG03 x LUG14 (Cuadro 1) con un rendimiento de grano de 6711 kg ha⁻¹ seguida de M05027 (Tuxpeño) con 6193 kg ha⁻¹. M05027 proviene de La Ciénega, Guachinango, Jal., donde es conocido como Criollo Tampiqueño, es de grano blanco dentado y se usa principalmente para elaborar tortillas (Ron *et al.*, 2006). M05021 (Tabloncillo) presentó un rendimiento de grano de 5794 kg ha⁻¹ con características agronómicas aceptables, como calidad de mazorca y de los más altos porcentajes de grano. Algunas colectas pertenecientes a la raza Ancho (M05002, M05020 y M05099) introducidas a Jalisco, posiblemente de los Estados de Guerrero y Morelos, tuvieron un rendimiento de grano sobresaliente si se considera su valor especial en el mercado de grano para la preparación de “pozole”, un platillo nacional popular.

En Las Garzas, que fue la localidad tropical, se tuvo un rendimiento medio de 2535 kg ha⁻¹, y los testigos mejorados REMACO-38 (que substituyó a INIFAP48 en esta localidad) y LUG03 x LUG14 fueron los de mayor rendimiento de grano (Cuadro 1); sin embargo, algunas poblaciones nativas tuvieron rendimientos comparables, como M05100 (Criollo Liso) originario de La Hacienda del Cabezón, Ameca, Jal., que se consume localmente en forma de “elote” a pesar de su grano duro semicristalino (Ron *et al.*, 2006).

En Tepatitlán de Morelos, Jal., donde las lluvias fueron escasas al inicio y durante la floración, se tuvo un rendimiento medio de apenas 1207 kg ha⁻¹; la colecta que rindió más fue M05089 (Elotes Occidentales) con 3166 kg ha⁻¹, originaria de Ahualulco del Mercado, Jal., donde se siembra de temporal en “coamiles” (terrenos de ladera sembrados con coa), cuyo principal uso es para “pozole” y se comercializa principalmente en Guadalajara (Ron *et al.*, 2006). El híbrido testigo mejorado LUG03 x LUG14 fue afectado por la sequía y fue superado en rendimiento de grano por 12 accesiones, generalmente más precoces, así como por la cruce entre las colectas representativas de la raza Tabloncillo (JAL43 x JAL263) en F₁ y F₂. Los resultados en esta localidad reflejan la importancia de los maíces criollos, especialmente cuando los factores del ambiente no son favorables para el crecimiento y desarrollo; al mismo tiempo confirman el escaso valor de los maíces mejorados en estas condiciones de cultivo, especialmente por su ciclo más tardío, y resaltan la necesidad

de obtener maíces precoces mejorados para aprovechar los efectos de la interacción variedades x ambientes (Ron y Hallauer, 1989).

Cuadro 1. Rendimiento por ambiente y a través de los tres ambientes y características agronómicas promedio de los ambientes de evaluación. Zapopan, Las Garzas y Tepatitlán, 2005.

Ent.	Material	Rendimiento (kg ha ⁻¹)				FM	FF	AP [‡]	AM	CM	AR [‡]	AT [‡]	MXP	MD [‡]	LM	DM	G
		Medio	Z	G	T												
21	LUG03xLUG14	4491	6711	4480	2281	71	71	230	120	70	13	35	0.9	3.4	12.3	4.3	82
90	M05100 (TAP)	3894	5251	4281	2151	66	68	268	144	61	6	35	0.9	7.5	15.8	3.8	80
23	M05021 (TAB)	3640	5794	3981	1146	74	78	311	200	63	21	18	0.7	9.8	14.8	3.8	85
29	M05027 (TUX)	3521	6193	3492	877	76	80	325	204	57	30	21	0.6	12.1	14.9	4.3	79
42	M05040 (CEL)	3376	4990	2548	2588	68	71	291	180	46	21	31	0.8	15.6	13.9	4.2	79
44	M05042 (GAV)	3374	6087	2041	1994	69	73	294	184	47	29	24	0.6	18.5	14.3	4.4	84
87	TAB. RC ₁	3371	4825	3251	2036	67	69	252	141	56	5	40	1.0	11.1	14.5	3.7	80
5	M05002 (ANC)	3330	5717	2276	1998	68	71	275	158	54	26	28	0.8	14.4	13.9	4.0	82
36	M05034 (TAB)	3308	4368	3508	2049	66	68	283	172	58	10	26	0.8	8.9	14.5	3.7	83
62	INIFAP14 (TAP)	3307	4297	3443	2181	64	66	246	151	58	24	29	0.8	7.9	13.5	3.7	86
25	M05023 (TAB)	3281	4074	2872	2898	64	66	265	151	60	18	36	0.8	9.4	15.2	3.3	87
43	M05041 (CEL)	3218	4691	2346	2618	68	70	276	165	48	28	24	0.8	17.8	13.6	4.2	82
71	INIFAP31 (TUX)	3216	5933	3104	610	80	84	339	217	60	36	18	0.7	11.1	15.1	4.1	79
70	INIFAP30 (TUX)	3210	4943	3825	861	76	79	311	197	59	13	23	0.7	9.6	15.0	3.8	85
41	M05039 (CEL))	3209	5230	1755	2643	68	72	295	176	49	24	31	0.7	12.3	12.5	4.5	81
45	M05043 (GAV)	3186	5432	2273	1854	70	73	295	185	48	24	30	0.7	14.9	13.6	4.2	82
65	INIFAP24 (ONA)	3176	4329	3844	1355	70	72	285	168	63	9	32	0.8	6.4	15.5	3.7	82
4	M05001 (TAB)	3159	4114	2571	2793	61	64	258	138	48	20	23	0.8	19.4	16.4	3.7	83
33	M05031 (GAV)	3111	4533	4067	733	77	81	311	207	63	29	22	0.8	8.4	14.1	3.7	82
50	M05089 (EOC)	3105	4076	2073	3166	65	68	275	161	51	28	36	0.8	15.1	15.7	3.6	81
47	M05045 (CEL)	3100	5744	2217	1339	75	79	319	212	58	28	24	0.6	11.3	14.7	4.2	81
28	M05026 (GAV)	3092	5053	3134	1088	69	72	293	178	60	20	31	0.7	10.1	14.4	4.1	80
35	M05033 (TAB)	3079	4925	3428	885	70	73	291	180	58	20	25	0.8	9.0	14.1	3.6	82
15	M05013 (TAB)	3072	5341	2316	1558	76	80	324	198	49	26	28	0.6	21.1	16.2	3.9	80
20	M05018 (TAB)	2975	5024	3316	585	73	77	320	198	58	29	20	0.6	10.0	14.9	3.8	82
38	M05036 (TAB)	2922	3878	3185	1703	65	67	275	156	61	6	27	0.8	7.1	14.2	3.4	83
86	TAB. Típico (F ₁)	2895	3321	2507	2858	62	64	250	146	48	39	30	0.9	12.6	14.7	3.4	84
14	M05012 (GAV)	2871	4707	3267	640	75	78	304	200	66	29	18	0.6	7.3	14.1	4.0	77
66	INIFAP25 (TAP)	2871	3767	3546	1299	69	71	287	173	57	14	35	0.8	11.1	16.1	3.6	79
63	INIFAP22 (TAB)	2839	4017	3668	833	71	74	283	178	55	30	25	0.7	11.3	14.2	4.0	81
16	M05014 (TUX)	2825	4842	3108	527	79	84	326	209	57	37	15	0.5	13.6	15.1	4.3	78
34	M05032 (GAV)	2806	4292	3434	693	76	80	309	198	62	21	33	0.7	7.4	14.2	3.8	80
73	INIFAP35 (TAP)	2801	3833	3487	1083	69	71	285	167	58	13	28	0.7	10.9	15.8	3.6	81
31	M05029 (JAL)	2790	5057	2092	1221	71	76	321	198	53	38	25	0.6	17.2	15.2	4.3	78
78	INIFAP48 (EOC)	2766	2892	5055	350	79	82	285	179	63	1	33	0.7	8.6	14.5	3.7	79
54	M05093 (TAP)	2753	3123	3057	2079	61	63	247	139	57	15	35	0.8	9.8	15.2	3.4	83
58	INIFAP7 (TAB)	2749	3313	3223	1712	67	70	274	154	58	15	36	0.8	8.2	16.2	3.3	82
52	M05091 (TAB)	2740	2936	3538	1746	60	62	262	137	57	9	34	0.9	10.0	16.7	3.5	85
79	INIFAP50 (EOC)	2739	4060	3819	337	75	78	288	180	64	6	21	0.7	10.2	14.4	3.6	80
56	M05095 (EOC)	2714	3745	1747	2649	67	69	286	175	50	38	35	0.8	21.4	14.4	3.7	80
24	M05022 (TAB)	2712	4144	2088	1903	64	66	276	161	49	23	37	0.7	13.9	15.6	3.5	82
85	TAB. Típico (F ₂)	2706	3244	2265	2610	61	64	239	137	49	19	36	0.9	16.8	14.5	3.3	82
9	M05006 (TAB)	2681	4186	2378	1478	66	69	285	165	60	30	26	0.7	18.2	15.3	4.0	79
59	INIFAP8 (TAB)	2666	2538	3481	1979	66	68	277	147	53	18	38	0.8	12.4	16.4	3.4	83
1	M04001 (TAB)	2654	3552	2395	2015	64	66	272	158	48	30	25	0.7	17.2	14.8	3.5	82
64	INIFAP23 (TAP)	2633	3868	3059	970	67	69	271	163	58	8	29	0.7	6.1	14.6	3.6	81
55	M05094 (TAP)	2629	2847	3234	1807	61	63	249	129	58	16	35	0.8	10.3	16.0	3.4	84
30	M05028 (TUX)	2620	5228	2157	475	77	81	339	211	54	23	20	0.5	12.9	15.3	4.1	81
22	M05020 (ANC)	2594	5075	1775	933	71	75	305	187	47	41	28	0.6	20.1	14.4	4.1	77
89	M05099 (ANC)	2589	4524	1436	1808	68	71	297	179	45	34	34	0.7	27.6	14.0	4.2	81
11	M05008 (TUX)	2583	4632	2727	391	81	86	327	219	52	44	14	0.5	15.8	14.8	5.0	78
51	M05090 (TAP)	2579	2835	3092	1810	60	63	241	128	58	10	36	0.8	9.9	15.2	3.4	84
75	INIFAP41 (ELS)	2576	3164	3287	1278	67	70	274	148	55	11	37	0.8	11.2	17.9	3.4	79
27	M05025 (TUX)	2570	4553	2201	956	75	80	315	204	50	34	26	0.5	16.3	15.6	4.2	80
3	M04003 (TUX)	2569	4538	3060	110	81	86	337	226	59	31	22	0.6	10.7	15.5	3.4	75
67	INIFAP26 (ONA)	2538	4082	3103	431	73	77	286	165	63	19	28	0.6	7.3	15.3	3.8	80
26	M05024 (TAB)	2503	2783	1836	2890	60	63	256	136	47	31	36	0.7	19.1	14.0	3.5	86
13	M05011 (TAB)	2496	2988	3350	1149	67	69	265	148	60	29	28	0.7	11.3	15.4	3.6	82

Cuadro 1 (Continuación).

53	M05092 (TAP)	2493	2754	2578	2145	59	62	228	119	62	21	28	0.9	6.6	14.9	3.0	87
60	INIFAP11 (TUX)	2436	4457	2608	243	83	88	333	226	53	24	23	0.6	14.9	14.6	3.2	82
10	M05007 (ELS)	2373	4184	2345	588	73	78	319	196	59	31	28	0.6	11.5	14.8	3.7	80
74	INIFAP40 (CEL)	2314	3243	2941	757	69	71	280	163	57	10	37	0.7	10.1	16.9	3.4	76
37	M05035 (TUX)	2291	4328	2246	299	81	86	327	215	53	18	18	0.7	10.6	13.7	3.3	80
48	M05053 (EOC)	2289	2900	1369	2599	66	69	266	161	52	32	31	0.6	23.9	15.3	3.9	80
6	M05003 (JAL)	2249	5440	858	448	81	88	361	234	42	33	23	0.4	25.7	16.3	4.2	77
83	INIFAP57 (BOF)	2223	2725	3464	479	78	82	270	174	60	8	27	0.8	9.8	14.2	3.3	81
2	M04002 (TUXP)	2202	4190	1879	536	83	88	341	230	53	26	23	0.6	13.5	15.8	3.5	80
7	M05004 (JAL)	2201	5220	895	488	82	88	351	236	48	34	23	0.4	18.4	15.8	4.3	73
88	M05098 (ELS)	2180	4038	1923	579	78	82	294	196	48	28	27	0.6	21.2	15.1	3.7	78
46	M05044 (TAB)	2154	4093	1321	1049	71	76	310	195	45	37	25	0.6	22.4	14.9	3.9	78
76	INIFAP42 (GAV)	2138	3173	2552	689	70	72	286	161	50	7	36	0.7	17.2	18.1	3.3	75
68	INIFAP27 (ONA)	2084	2205	3208	839	68	70	267	146	58	16	35	0.7	10.1	16.7	3.1	77
57	INIFAP5 (TAB)	2082	2246	2495	1505	62	65	257	134	57	11	36	0.8	8.8	15.5	3.3	83
61	INIFAP12 (TUX)	2078	3773	2298	165	85	89	338	220	55	33	25	0.6	13.0	15.4	3.1	78
69	INIFAP28 (TAB)	2057	4103	1677	392	84	89	331	221	49	20	25	0.6	12.0	15.5	3.4	79
72	INIFAP32 (TUX)	1966	3479	1944	473	83	88	350	229	49	37	26	0.6	9.8	15.8	3.3	79
82	INIFAP56 (BOF)	1960	3771	1493	615	81	86	317	207	48	33	33	0.7	15.6	14.6	3.2	80
80	INIFAP52 (ELS)	1873	2719	2372	529	79	83	314	202	53	17	39	0.7	11.4	14.2	3.3	76
32	M05030 (JAL)	1856	4025	698	845	75	80	325	207	37	44	25	0.4	38.0	16.7	3.9	76
40	M05038 (TUX)	1796	3144	1924	318	82	87	320	218	53	11	25	0.6	8.7	12.6	3.2	79
18	M05016 (PEP)	1778	3093	1849	391	81	86	332	218	43	43	28	0.4	20.2	13.1	4.3	80
8	M05005 (TUX)	1693	3110	1732	238	85	90	342	230	56	33	30	0.6	10.7	14.7	3.4	82
81	INIFAP55 (TUX)	1664	3303	1443	247	84	90	348	235	53	31	22	0.5	10.9	14.4	3.1	80
19	M05017 (ELS)	1626	2992	1584	303	81	86	314	205	48	15	27	0.5	16.7	19.7	3.5	78
77	INIFAP46 (TAB)	1547	2644	1713	283	77	81	296	184	57	9	40	0.5	15.5	14.6	3.5	77
84	INIFAP58 (BOF)	1231	2163	880	650	79	84	297	189	47	15	36	0.6	14.9	14.3	3.2	73
39	M05037 (GAV)	924	1772	778	223	84	90	324	227	50	29	26	0.4	9.2	13.7	3.4	83
12	M05009 (BOF)	892	1801	449	426	83	89	322	215	33	35	24	0.4	24.3	15.8	3.5	71
17	M05015 (BOF)	634	1588	228	88	88	94	302	203	27	16	29	0.3	22.4	16.1	3.4	72
49	M05056 (TAB)	274	548	100	175	82	88	295	208	12	48	20	0.1	28.7	12.5	3.9	79
	Media	2570	3972	2535	1207	73	76	295	182	53	23	28	0.7	13.6	15.2	3.7	80
	DMS, 0.05	547	1246	892	611	2	2	15	10	8	14	10	0.1	7.2	1.8	0.6	4.7

Ent. = Número de entrada. [†]Grupo racial entre paréntesis. TAP = Tabloncillo Perla; TAB = Tabloncillo; TUX = Tuxpeño; CEL = Celaya; GAV = Generación avanzada; ANC = Ancho; ONA = Onaveño; EOC = Elotes Occidentales; JAL = Jala; ELS = Elotero de Sinaloa; BOF = Bofo; PEP = Pepitilla. [‡] Promedio de Zapopan y Las Garzas. Z = Zapopan; G = Las Garzas; T = Tepatitlan; FM = Floración masculina (días); FF = Floración femenina (días); AP = Altura de planta (cm); AM = Altura de mazorca (cm); CM = Calificación de mazorca, escala de 10 a 100, 100 lo mejor; AR = Acame de raíz (%); AT = Acame de tallo (%); MXP = Mazorcas por planta; MD = Mazorcas dañadas (%); LM = Longitud de mazorca (cm); DM = Diámetro de mazorca (cm); G = Porcentaje de grano (%).

A través de los tres ambientes, el testigo mejorado (LUG03 x LUG14) fue el de mayor rendimiento (4491 kg ha⁻¹); cuatro accesiones presentaron rendimientos sobresalientes, que podrían considerarse estables, entre los que destacan M05100 (3894 kg ha⁻¹) por su precocidad (66 y 68 d a floración masculina y femenina, respectivamente), bajo nivel de acame de raíz (6 %) y sanidad de mazorca; así como M05021 (3640 kg ha⁻¹) por su elevado porcentaje de grano (85 %). Las poblaciones de mayor precocidad a floraciones masculina y femenina, fueron: M05092 (59 y 62 d), M05091 (60 y 62 d), M05090 (60 y 63 d), pertenecientes a la raza Tabloncillo Perla, y M05024 (60 y 63 d) de Tabloncillo Amarillo; todas fueron ligeramente más precoces que la cruce entre tabloncillos típicos (JAL43 x JAL263) en F₁ y F₂. El maíz más tardío fue la colecta M05015 (Coreño, de la Raza Bofo) que tuvo 88 y 94 d a floraciones masculina y femenina, respectivamente. INIFAP 14, M05023, M05024 y M05092 mostraron los va-

lores más altos de porcentaje de grano, 86, 87, 86 y 87 %, respectivamente, y podrían ser una buena fuente para la incorporación de este carácter a materiales mejorados. La colecta con la posición de la mazorca más alta fue M05004 (Jala) con 235 cm, y las de posición más baja fue la colecta M05092 (Maíz Jazmín, de la Raza Tabloncillo con fuerte influencia de Tabloncillo Perla) con 123 cm, y la cruce simple testigo (LUG03 x LUG14) con 118 cm.

Tabloncillo RC₁ mostró rendimiento de grano más alto, mayor sanidad de mazorca y menor acame que la cruce entre las colectas típicas de Tabloncillo (JAL43 y JAL263) en F₁ y F₂, pero fue más tardío y con menor porcentaje de grano. La cruce entre las dos colectas típicas representativas de la raza Tabloncillo tuvo valores similares en las generaciones F₁ y F₂; el bajo grado de heterosis es un reflejo de la baja divergencia genética entre estas dos colectas que resulta de la presencia de alelos

comunes en las dos colectas referidas representativas de la raza Tabloncillo, de las que JAL43 ha sido utilizada en otros estudios (Sánchez *et al.*, 2000).

La colecta de mayor rendimiento de los maíces para usos especiales fue M05002 de grano pozolero de la raza Ancho, con un rendimiento de grano de 3330 kg ha⁻¹; M0589 perteneciente a la raza Elotes Occidentales de grano morado que se consume en “elote” y también en “pozole”, rindió 3105 kg ha⁻¹. En el caso de los maíces negros que se consumen principalmente en “elote”, INIFAP41 (Elotero de Sinaloa) fue el de mayor rendimiento con 2576 kg ha⁻¹. INIFAP56, INIFAP58, M05009 y M05015 de la raza Bofa de grano con textura harinosa para la preparación de todo tipo de alimentos tradicionales, presentaron rendimientos de grano de 1960, 1231, 892 y 634 kg ha⁻¹, respectivamente, los más bajos en la evaluación. En general, estos maíces fueron muy tardíos, de portes de planta altos, se acamaron, baja calidad de grano y mazorca y bajo porcentaje de mazorcas por planta.

Caracterización

Los dos primeros componentes principales explicaron 55 % de la variabilidad total. Según la Figura 1, el grupo de colectas con menor dispersión fue el correspondiente a los criollos colectados en el rango de altitud arriba de 2200 m, que sobresalen principalmente por su mayor espesor del grano (X22) y longitud de la rama principal de la espiga (X33), que son los vectores que se ubican en la parte media del grupo; así como por sus menores valores en longitud de la parte ramificada de la espiga (X10), número de brácteas de cubierta (“totomoxtle”) de la mazorca principal (X16), peso de la mazorca (X23), peso del grano de la mazorca (X27) y volumen del grano de la mazorca (X28), que corresponden a los vectores variable más opuestos a este grupo. El grupo más disperso en la Figura 1 fue el de las poblaciones colectadas en el rango de altitud de 0 a 1000 m, seguido del grupo de 1001 a 1800 m; las poblaciones del rango de 1801 a 2200 m estuvieron prácticamente integradas con el grupo de las colectadas arriba de 2200 m.

Las variables más importantes para definir el primer componente principal, con base en la longitud y posición de los vectores en las primeras dos dimensiones (Figura 1), fueron: área foliar por planta (X32), número de hojas (X7) y número de ramas de la espiga (X11), con valores de 0.9085, 0.9073 y 0.8548, respectivamente; las más importantes con valores negativos fueron: las longitudes del pedúnculo de la espiga (X9), la rama principal de la espiga (X33), de la espiguilla (X29) y total de la espiga (X8), con valores de -0.7519, -0.6347, -0.5938 y

-0.5699, respectivamente. Las variables más importantes en la definición del segundo componente principal fueron, con valores positivos: ancho del grano (X24), volumen del grano por mazorca (X28) y peso de grano por mazorca (X27), con valores de 0.6416, 0.6156 y 0.6118, respectivamente; con valores negativos destacaron: floración femenina 50 % (X6), floración femenina final (X4), floración masculina final (X3) e inicio de floración femenina (X2), con valores de -0.6602, -0.6557, -0.6370 y -0.6325, respectivamente.

En el dendrograma (Figura 2) se identificaron tres grupos principales con 0.0 de coeficiente de correlación. El Grupo 1 (parte superior) estuvo constituido por 55 materiales que al promediar la altitud de los sitios de colecta, dieron un valor de 953 m; sin embargo el rango de altitud fue de 67 a 2107 m. Este grupo se caracterizó por tener valores altos en: número de hojas (22), número de ramas de la espiga (25), altura de planta (315 cm), altura de mazorca (220 cm), peso de la mazorca (145 g), peso de grano por mazorca (122 g), el volumen de grano por mazorca (164 mL) y área foliar por planta (182 cm²); y por sus valores bajos en longitud total de la espiga (65 cm) y en longitud del pedúnculo de la mazorca (8.65 cm). Entre las razas representadas en este grupo las de mayor frecuencia fueron Tuxpeño, Celaya, Bofa y Jala, y las generaciones avanzadas de híbridos comerciales.

En este grupo se identificaron dos poblaciones de la raza Tuxpeño con influencia de otras razas, que se han estado sembrando y reconociendo por los productores como tipos más o menos definidos por sus características de mazorca. Uno de estos tipos corresponde a los maíces Chinos (M04002, M04003, M05005, INIFAP11, INIFAP12, INIFAP32 e INIFAP55) colectados principalmente en el municipio de Ruiz, Nay., que se caracterizan por sus mazorcas cilíndricas alargadas de grano blanco (Ron *et al.*, 2006); el otro tipo corresponde a los maíces Tampiqueños (M05008, M05014, M05025, M05027, M05028 e INIFAP31) colectados principalmente en los municipios de Guachinango y San Sebastián del Oeste, cuyas mazorcas son gruesas, alargadas y de grano blanco (Ron *et al.*, 2006). Los maíces chinos y tampiqueños, por su similitud con los maíces de la raza Tuxpeño, podrían considerarse como tipos estables relacionados con Tuxpeño. Tabloncillo RC₁ se localizó en este grupo junto a las colectas INIFAP26 (Onaveño) e INIFAP35 (Tabloncillo Perla) de Sinaloa y M05033 (Tabloncillo) de la Costa de Jalisco, muy distante de la cruce entre las colectas típicas representativas de la raza Tabloncillo, que se ubicó en otro grupo (Figura 2). Aquí también se localizaron ocho colectas consideradas como tabloncillos que se relacionaron con otras razas, debido probablemente a la infiltración germoplásmica de tipos diferentes y a la selección de los productores.

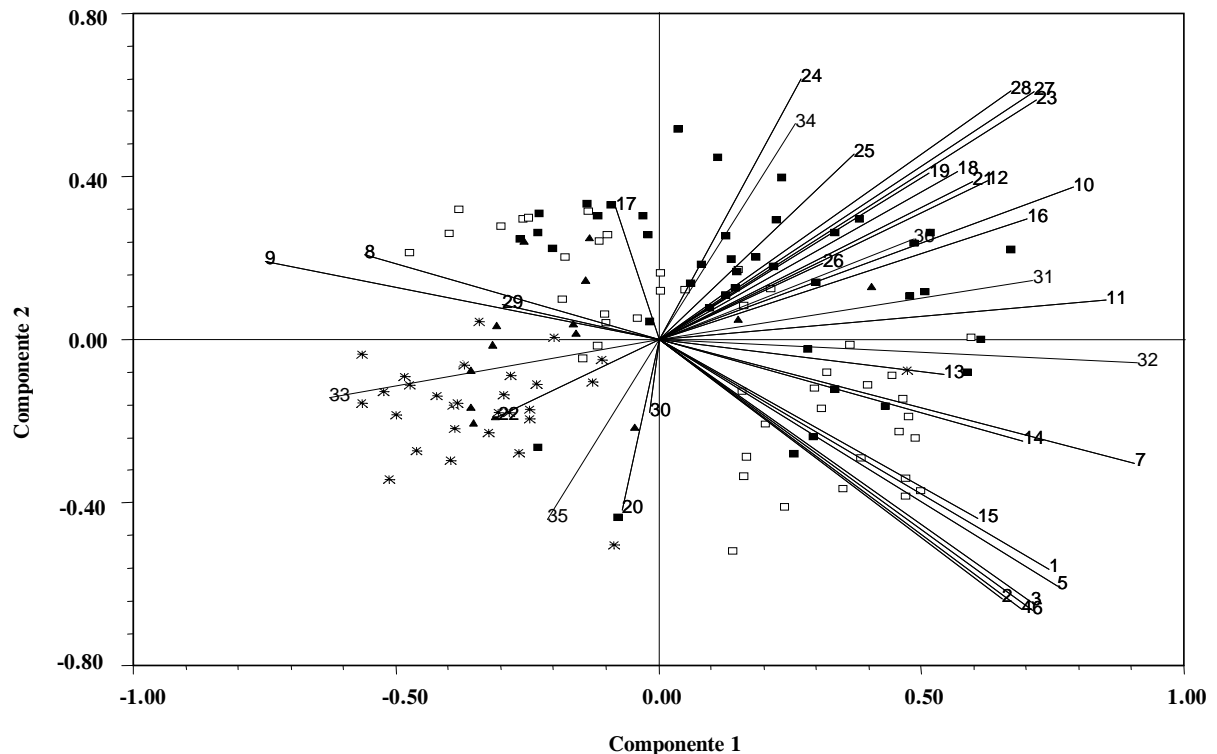


Figura 1. Distribución de 129 materiales sobre los dos primeros componentes principales y 36 variables (líneas continuas con el número de la variable), por rangos de altitud: 0 a 1000 m (□), de 1001 a 1800 m (■), de 1801 a 2200 m (▲) y arriba de los 2200 m (*).

El Grupo 2 (parte media del dendrograma) incluyó 33 maíces que provienen de una altitud media de 802 m y un rango de 77 a 1677 m, que se distinguió por su precocidad (67 y 70 d a floración masculina y femenina, respectivamente), porte bajo de planta (262 cm), posición baja de la mazorca principal (162 cm) y un reducido número de hileras (9). En este grupo predominaron las colectas representativas de Tabloncillo de altitudes intermedias y Tabloncillo Perla de las regiones costeras de los Estados de Nayarit y Sinaloa. La cruce entre las dos colectas típicas de Tabloncillo (TAB. TIPICO) estuvo estrechamente relacionada con M05023 (Tabloncillo) e INIFAP14 (Tabloncillo Perla); la primera, podrían utilizarse como típica representativas de la raza Tabloncillo. Por la cercanía con el TAB. TIPICO, M04001, M05001 y M05034 también podrían ser utilizadas en segunda opción, como representativas de la raza Tabloncillo de grano blanco, al igual que M05006 y M05011 de grano amarillo (Figura 2).

El Grupo 3 (parte inferior del dendrograma) se constituyó por 41 accesiones procedentes de partes altas de Michoacán, casi todas de la raza Mushito, más dos de Maíz Dulce y dos de Elotes Cónicos; esta relación ya había sido reportada por Sánchez *et al.* (2000) con base en datos morfológicos y de isoenzimas. Este grupo se caracterizó por presentar valores altos en: longitud del pedúnculo de

la espiga (28 cm), longitud de la rama principal de la espiga (36 cm) y porcentaje de olote (20 %); y valores bajos en: longitud de la parte ramificada de la espiga (10 cm), número de ramas de la espiga (12), longitud de la hoja de la mazorca principal (98 cm), número de hojas de la mazorca principal (8), longitud de la mazorca (14 cm), número de granos por hilera (25), peso de la mazorca (79 g), peso de grano por mazorca (64 g), volumen de grano por mazorca (96 mL) y densidad de grano (0.67 g mL^{-1}). Estos valores promedio reflejan problemas de adaptación de los maíces de la raza Mushito a Zapopan, Jal., donde se sembraron para la caracterización.

M05020 y M05099 de la raza Ancho y destinados especialmente al mercado de grano “pozolero”, mostraron una relación muy cercana (Figura 2), a pesar de que se colectaron en sitios diferentes; se ubicaron en el Grupo 2 y se relacionaron con M05044 de la raza Tabloncillo destinado también a “pozole”. M05002 también de la raza Ancho y destinado especialmente al grano “pozolero” estuvo en el Grupo 1, relacionado con los maíces tardíos destinados a “pozole” de la raza Tabloncillo (M05013 y M05018). Esta raza Ancho ha sido asociado con los maíces de Ocho hileras del Occidente y Noreste de México (Tabloncillo, Tabloncillo Perla, Elotes Occidentales) por Sánchez *et al.* (2000). Es evidente la infiltración de

maíces de grano grande de raza Ancho en la región centro occidente de México, como también ha ocurrido en otras regiones del país (Herrera-Cabrera *et al.*, 2004), debido a

la demanda de granos anchos en el mercado nacional de grano para “pozole”.

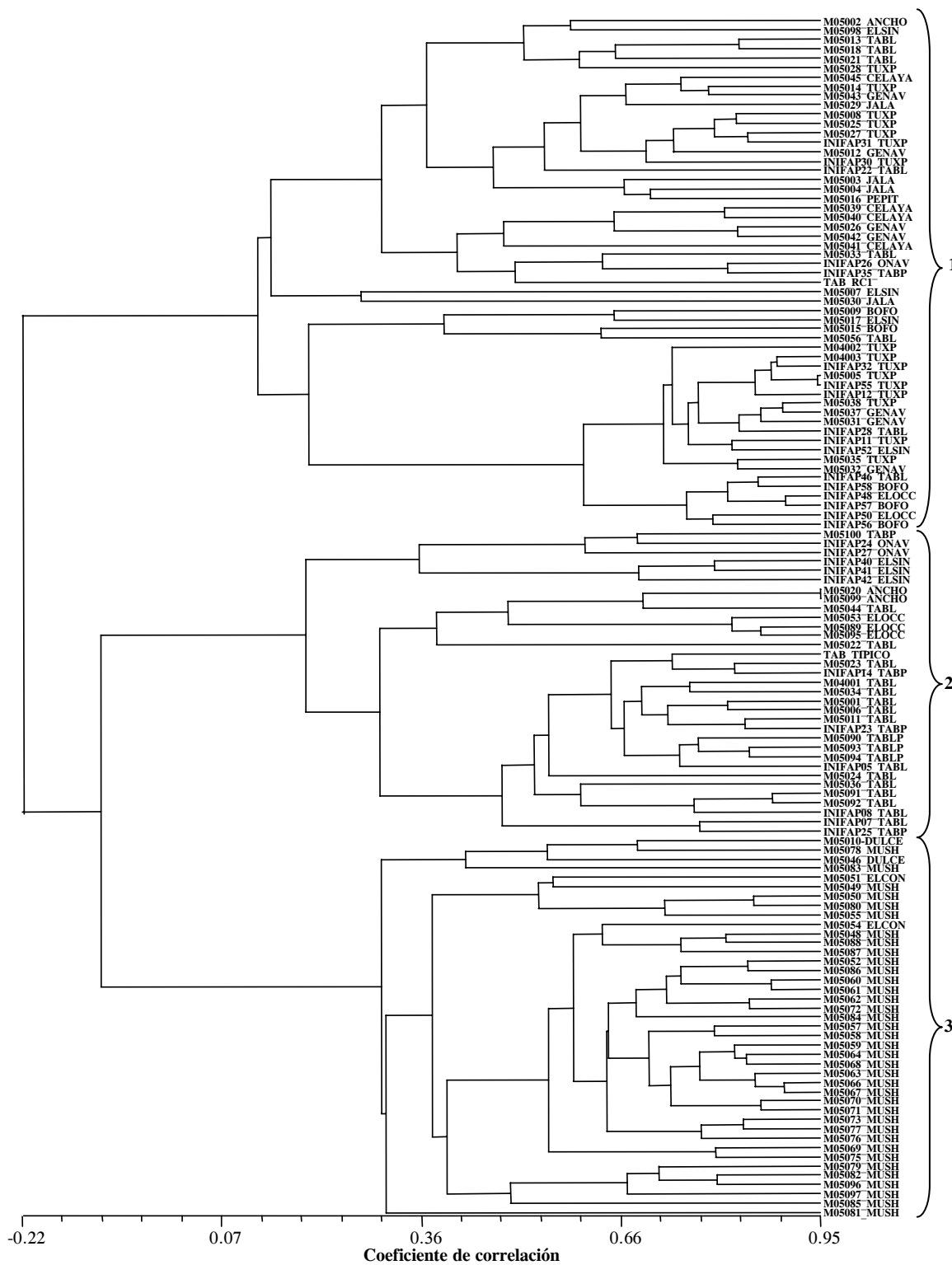


Figura 2. Dendrograma de 129 maíces con 36 variables que forman tres grupos (1, 2 y 3) con 0 de coeficiente de correlación.

Las características más distintivas de algunas razas, con base en las 36 características evaluadas, fueron: Ancho mostró el grano más ancho (13 mm), más largo (15 mm), la longitud más corta de la rama principal de la espiga (24 cm), mayor volumen de grano (911 mL) y menor porcentaje de olote (14 %). Bofó fue distintivo por su ciclo tardío a la floración masculina (89 d) y femenina (93 d). Celaya se distinguió por su mayor peso de mazorca (174 g), peso de grano por mazorca (149 g) y volumen de grano por mazorca (193 mL). Dulce tuvo pocas ramificaciones de la espiga (11) y menores valores en longitud de mazorca (13 cm), peso de mazorca (67 g), peso de grano por mazorca (51 g) y volumen de grano por mazorca (84 mL). Elotes Cónicos sobresalió por menor área foliar por planta (12 888 cm²). Jala fue la de mayores valores en altura de planta (362 cm), posición de la mazorca (261 cm), número brácteas de la mazorca principal (14) y longitud de mazorca (19 cm). Mushito fue la raza de mayores longitudes de la espiga (74 cm) y del pedúnculo de la espiga (29 cm), así como menores valores en longitud de la parte ramificada de la espiga (10 cm), número de ramas de la espiga (12), longitud de la hoja de la mazorca principal (97 cm), número de brácteas de la mazorca principal (8) y volumen de grano (403 mL), debido a su falta de adaptación a las condiciones de Zapotlan, Jal. Pepitilla presentó el mayor número de hojas al igual que Tuxpeño (24), así como los mayores valores de número de ramas de la espiga (29), longitud de la hoja de la mazorca principal (114 cm), número de hileras de grano (16), y peso de mazorca (174 g) al igual que Celaya, área de la hoja de la mazorca principal (917 cm²), área foliar por planta (21 457 cm²) y porcentaje de olote (28 %); estos valores se obtuvieron de una sola colecta. Tabloncillo fue el segundo en precocidad (70 y 73 d a floración masculina y femenina, respectivamente). Tabloncillo Perla fue el más precoz a floración masculina (66 d) y femenina (68 d), y el de menor porte de planta (253 cm) y posición de la mazorca (153 cm). Tuxpeño presentó el mayor número de granos por hilera (37) y menor longitud de espiguilla (8 cm).

CONCLUSIONES

Se identificaron criollos, como M05100 (Maíz Liso), M05027 (Maíz Tampiqueño) y M05021 (Maíz Tabloncillo Blanco), que presentaron rendimientos de grano comparables al testigo mejorado (LUG03 x LUG14), pero éste fue superado por criollos precoces en la localidad con mayores limitaciones de humedad. Los maíces utilizados para “pozole” y “elote” que tuvieron mayores rendimiento de grano fueron M05002 (Ancho), M05089 (Elotes Occidentales), INIFAP41 (Elotero de Sinaloa) e INIFAP56 (Bofó), pero fueron tardíos, altos en porte de planta, de baja calidad de grano y mazorca y bajo porcentaje de mazorcas por planta, en comparación con los maíces mejora-

dos y con los criollos destinados a la producción de grano para tortillas blancas.

La colecta M05023 de grano amarillo podría utilizarse como típica representativa de la raza Tabloncillo, y como una segunda opción las colectas M04001, M05001 y M05034 de grano blanco, y M05006 y M05011 de grano amarillo. La retrocruza de Tabloncillo (RC_i) perdió las características distintivas de la raza, pero fue más rendidora y con mejores características agronómicas que los maíces pertenecientes a la raza Tabloncillo.

Los maíces Tampiqueños de los municipios de Guachinango y San Sebastián del Oeste, Jal. y los Chinos del Municipio de Ruiz, Nay. se relacionaron a los maíces de la raza Tuxpeño, y los criollos provenientes de generaciones avanzadas de híbridos comerciales con las colectas de la raza Celaya y Tuxpeño, principalmente.

Con base en el análisis de componentes principales, el número de hojas y área foliar por planta fueron las características con mayor valor descriptivo de la variabilidad fenotípica entre los maíces nativos estudiados.

AGRADECIMIENTOS

Al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y a Pioneer Hi-Bred Internacional, Inc., por sus apoyos con recursos financieros para la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Carballo C A, A Benítez V (1997) Manual Gráfico para la Descripción Varietal del Maíz (*Zea Mays* L.) Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Colegio de Postgraduados. 70 p.
- Esteva G, C Marielle (2003) Sin Maíz no hay País. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (CONACULTA). México, D.F. 346 p.
- González A S (2006) Mitos del Maíz. Artes de México. Número 79. 80 p.
- Herrera Cabrera B E, F Castillo González, J J Sánchez González, J M Hernández Casillas, R A Ortega Pazka, M M Goodman (2004) Diversidad del maíz Chalqueño. *Agrociencia* 38: 191-206.
- Morales R M M, J Ron P, J J Sánchez G, J L Ramírez D, L De La Cruz L, S Mena M, S A Hurtado De La P y M Chuela B (2007) Relaciones fenotípicas y heterosis entre híbridos comerciales y germoplasma exótico de maíz en Jalisco, México. *Rev. Fitotec. Mex* 30:285-294.
- Muñoz O A (2003) Centli Maíz. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Edo. de México. 211 p.
- Rawlings J O (1988) Applied Regression Analysis. Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software. Pacific Grove, California. 553 p.

Ron P J, A R Hallauer (1989) Interacciones ambientales de 23 variedades de maíz en la región de El Bajío, México. *Agric. Téc. Méx.* 15:3-22.

Ron P J, J J Sánchez G, A A Jiménez C, J A Carrera V, J G Martín L, M M Morales R, L De La Cruz L, S A Hurtado De La P, S Mena M, J G Rodríguez F (2006) Maíces Nativos del Occidente de México. I Colectas 2004. *Scientia-CUCBA* 8:1-139.

Sánchez G J J (1995) El análisis Biplot en clasificación. *Rev. Fitotec. Mex.* 18:188-203.

Sánchez G J J, M M Goodman, C W Stuber (2000) Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of México. *Econ. Bot.* 54:43-59.