



CRECIMIENTO E ÍNDICE DE COSECHA DE VARIEDADES LOCALES DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN COMUNIDADES DE LA REGIÓN FRAILESCA DE CHIAPAS, MÉXICO

Growth and harvest index of local maize varieties (*Zea mays* L.) in communities of the Frailesca region of Chiapas, Mexico

Luis Rodríguez Larramendi¹, Francisco Guevara Hernández²✉, Jesús Ovando Cruz¹, Juan R. Marto González¹ y Rodobaldo Ortiz Pérez³

ABSTRACT. In order to characterize the growth and harvest index of local maize varieties (*Zea mays* L.), field experiments through a randomized blocks were designed at the villages of "Agua Dulce Dos" and "24 de Febrero", in the Frailesca region of Chiapas, Mexico. All the varieties were selected following a Research-Action and Participatory Learning process (RAPL) and oriented to the Participatory Plant Breeding (PPB) and Conservation Agriculture (CA). In both villages, a similar pattern of plant growth was observed, excepting for plant height, being taller plants belonging to the Campeón variety in "Agua Dulce Dos" (236 cm at 60 days) and Z-30 and Morado in "24 de Febrero" (120 cm at 60 days). Both, leaves number and stem diameter were similar in all varieties ranging between 11 and 12 leaves per plant and 1,7 and 2 cm of stem diameter respectively. The harvest index in "Agua Dulce Dos" was higher for the Macho variety and negatively correlated with plant height. The Campeón, Negro and Jarocho varieties accumulated higher plant biomass, while the Jarocho variety accumulated a higher stem biomass and negatively correlated with the harvest index. In "24 de Febrero" village, the harvest index ranged between 18 and 23 %; it was higher for the Morado and Parraleño varieties and negatively correlated with plant biomass. The leaves and stem biomass significantly varied among varieties, and a correlation with the harvest index was not observed.

Key words: biomass, plant growth, harvest index

RESUMEN. Con el objetivo de caracterizar el crecimiento y el Índice de Cosecha (IC) de variedades locales de maíz (*Zea mays* L.), se diseñaron experimentos de campo en bloques al azar en las comunidades "Agua Dulce Dos" y "24 de Febrero" de la región Frailesca de Chiapas, México. Las variedades estudiadas se seleccionaron a partir de un proceso de Investigación-Acción y Aprendizaje Participativos (IAAP) entre investigadores y productores orientado hacia el Fitomejoramiento Participativo (FMP) y la Agricultura de Conservación (AC). Las variedades que mayor altura de la planta mostraron fueron la Campeón en "Agua Dulce Dos", con 236 cm a los 60 días y Z-30 y Morado en "24 de Febrero" con 120 cm. El número de hojas por planta y el diámetro del tallo fueron similares en todas las variedades y oscilaron entre 11 y 12 hojas por planta y 1,7 y 2 cm de diámetro respectivamente. El IC de las variedades cultivadas en "Agua Dulce Dos" fue mayor en la variedad Macho y se correlacionó negativamente con la altura de la planta. Las variedades Campeón, Negro y Jarocho fueron las que mayor cantidad de biomasa por planta acumularon, mientras que la variedad Jarocho acumuló mayor cantidad de biomasa en el tallo en detrimento del índice de Cosecha. En la comunidad "24 de Febrero", el índice de cosecha osciló entre 18 y 23 %, siendo mayor en las variedades Morado y Parraleño y se correlacionó negativamente con la masa fresca de la planta. La acumulación de biomasa en hojas y tallo varió significativamente entre variedades y no se observó un patrón definido que mostrara correlación alguna con el índice de cosecha.

Palabras clave: biomasa, crecimiento, índice de cosecha

¹ Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Facultad de Ingeniería. Sede Villa Corzo, carretera a Monterrey, km 3.0, Villa Corzo, CP 30520, Chiapas, México.

² Universidad Autónoma de Chiapas. Carretera Ocozocoautla-Villaflores km 84,5, Apdo. Postal 78, C.P. 30470 Villaflores, Chiapas, México.

³ Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32 700.

✉ alfredo.rodriguez@unicach.mx; francisco.guevara@unach.mx

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es una especie domesticada en México desde hace aproximadamente 9,000 años (1, 2) y es el tercer cereal más importante después del trigo y el arroz (3–6). Sus granos, representan la base alimentaria de los pueblos indígenas de México y de su producción depende la seguridad alimentaria de las familias que habitan las zonas rurales (7). El estado de Chiapas es el quinto productor nacional de maíz (8) con 1, 700,000 toneladas producidas en el año 2011 y su sistema de producción constituye la base de empleo de tres de cada cinco productores del campo.

Actualmente es uno de los cereales más importantes del mundo debido a su riqueza en la nutrición humana y animal (6, 9). En muchos países se produce principalmente para forraje, por su alta producción de rastrojo (10, 11) materia prima de alimentos procesados, producción de etanol y el consumo humano^A. En México, existe una fuerte tradición, tanto cultural como histórica, debido a sus usos, principalmente alimenticios (12).

Desde sus orígenes, el maíz se ha cultivado y mejorado a partir de procesos de selección basados en necesidades y gustos del hombre. Esto ha llevado a tener una riqueza enorme de esta gramínea, considerándose tanto variedades locales^B, como mejoradas. Las primeras presentan una forma amplia de adaptación que las hace propicias para múltiples condiciones agroecológicas. Las mejoradas tienen características más homogéneas y son creadas para un solo fin, como es la adaptación a condiciones muy específicas como la sequía, resistencia a plagas y enfermedades y mejorar su rendimiento.

En la actualidad, el maíz local presenta un alto interés científico desde el punto de vista de su conservación, manejo, cultura, comercialización y mejoramiento. A estos estudios se unen algunos relacionados con la caracterización molecular y potencialidades de uso en la región Frailesca de Chiapas^C. Algunos estudios iniciales, mostraron la gran riqueza y diversidad etnobotánica del maíz (13). Otros más recientes y, principalmente en Chiapas, se han basado en colectas y caracterizaciones que reportan hasta 11 razas de materiales locales^D.

^ASerratos, H. J. *El origen y la diversidad del maíz en el continente americano*. Ed. Review-Greenpeace, 2009, México, D. F. 33 p.

^BLos autores adoptan el término de variedades locales y no criollas por la imprecisión que puede causar tal denominación producto del proceso de cruce o mejoramiento autóctono que se produce de manera espontánea o inducida por parte de los productores.

^CHernández, R. A. Maíces locales con potencial de uso múltiple en un área natural protegida de Chiapas. Master Thesis, Universidad Autónoma de Chiapas, 2014, México, 156 p.

^DPerales, H. y Hernández, C. "Diversidad de maíz en Chiapas". En: eds. González E. M., Ramírez M. N., y Ruiz M. L., *Diversidad biológica de Chiapas*, Ed. Plaza y Valdés-ECOSUR-COCYTECH, México, D.F., 2005, pp. 337-355.

En investigaciones sobre mejoramiento genético, maíces como Chalqueño, Cónico, Celaya, Bolita, Tuxpeño y Comiteco se han aprovechado intensamente para obtener variedades mejoradas^E. Sin embargo, aún existe un vacío de información de los materiales locales, su genética actual, el comportamiento en ambientes y manejos diferentes, así como su relación con los usos múltiples que estos tienen o representan.

Los resultados que se muestran en este artículo forman parte de un estudio realizado en varias comunidades de la región Frailesca de Chiapas, con el objetivo de generar y desarrollar un proceso de Investigación-Acción y Aprendizaje Participativo (IAAP) para contribuir al rescate y mejora de las variedades locales, basado en el Fitomejoramiento Participativo (FP) y la Agricultura de Conservación (AC). Sobre todo, por la necesidad de contar con evidencias científicas sobre la caracterización de variedades locales de maíz. Para ello, se describe el crecimiento de variedades locales y el índice de cosecha como criterio de eficiencia productiva y por su valor metodológico para la comparación de variedades con fines de mejoramiento genético.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se llevó a cabo en las comunidades "Agua Dulce Dos" y "24 de Febrero" de los municipios El Parral y Villa Corzo respectivamente, ubicados en la región Frailesca del estado de Chiapas, durante los meses de junio a noviembre de 2013.

Comunidad "Agua Dulce Dos"

Se ubica en la Depresión Central, en el municipio de El Parral, del estado de Chiapas, a 860 m s. n. m. El clima es cálido sub-húmedo con abundantes lluvias en verano y una precipitación media anual de 1,248 mm, la temperatura media anual es de 25 °C, con una oscilación térmica de 8 °C (14).

Basados en análisis de laboratorio se demostró que el tipo de suelo predominante es Regosol eútrico (15) con pH fuertemente ácido (5,2), clase textural franco arenoso, moderado nivel de salinidad, alto en materia orgánica, con una baja conductividad hidráulica y nivel medio de nitrógeno disponible. Los niveles de fósforo son moderadamente bajos, muy bajo en potasio y mediano en magnesio. En cuanto a la disponibilidad de micronutrientes, sin limitaciones aparentes de hierro. El zinc se presenta en una concentración moderadamente baja, sin limitaciones aparentes de manganeso, el cobre se presenta en una concentración moderadamente baja y el boro en una concentración muy baja.

^EEspinoza, C. A.; Taedo, R. M.; Sierra, M. M.; Gómez, M. N.; Coutiño, E. B. y Palafox, C. A. "Mejoramiento genético y conservación de biodiversidad del maíz en México". En: *XIII congreso nacional de Divulgación de la Ciencia y la Técnica Divulgación, agua, energía y Biodiversidad*, 2004.

Comunidad "24 de febrero"

Se localiza en el municipio de Villa Corzo, en el sureste del estado de Chiapas, en lo que geográficamente se denomina Depresión Central. El clima es cálido sub-húmedo con lluvias y canículas en verano, con porcentaje de lluvia invernal menor al 5 %. La precipitación anual fluctúa entre 1,200 y 2,000 mm. La temperatura media anual varía entre los 24 °C y los 28 °C (14)

El tipo de suelo es Leptosol (15), con pH fuertemente ácido (pH: 5,2), clase textural franco, con moderado nivel de salinidad, moderadamente alto en materia orgánica. Moderadamente alta conductividad hidráulica, con mediano nivel de nitrógeno disponible, bajo en fósforo, muy bajo en potasio y mediano en magnesio. En cuanto a la disponibilidad de micronutrientes, sin limitaciones aparentes de hierro, el zinc se presenta en una concentración baja, sin limitaciones aparentes de manganeso, sin restricción aparente de cobre y el boro se encuentra en una concentración muy baja.

Diseño experimental y variables medidas

En ambas comunidades se diseñaron experimentos de campo en bloques al azar con tres réplicas. Los tratamientos consistieron en cuatro variedades de maíz locales para ambas comunidades cuya procedencia, preferencia por los productores y características se presentan en la Tabla I, lo cual ofrece datos relevantes ya que la selección de las variedades se realizó en función de los intereses de los productores. En ambas comunidades los experimentos se sembraron los días 23 y 25 de junio de 2013 respectivamente, de forma manual a una distancia de 0,75 m entre hileras y 0,30 m entre plantas. Las dimensiones de las parcelas fueron de 2159 m² para el caso la comunidad "24 de Febrero" y de 1120 m² para "Agua Dulce Dos".

El manejo agronómico de ambos experimentos se llevó a cabo a través de la combinación de prácticas tradicionales de cada localidad con la aplicación de productos químicos y orgánicos y sistema de producción de temporal. La siembra manual y directa con mínimo laboreo y control químico de malezas con Glifosato en dos aplicaciones a razón de 2 L ha⁻¹.

Tabla I. Variedades de maíz locales estudiadas, procedencia y principales características

Comunidad	Variedad	Comunidad de procedencia	Razones que refieren los productores para su siembra	Características
"24 de Febrero"	Macho	"24 de Febrero"	Mejor adaptabilidad a diferentes tipos de suelo, mejor sabor.	Planta de 200-230 cm de altura, con mazorcas de 15 cm de longitud y 14 hileras de granos blancos. Resistente a las condiciones adversas del clima.
	Morado	"24 de Febrero"	Mejor sabor en tortilla, más dulce, se destina para el autoconsumo.	Planta de 250-300 cm de altura, de color morado, mazorcas delgadas y con 12 hileras de granos de color crema.
	Z-30	"24 de Febrero"	Es más dulce, se destina autoconsumo por su mejor sabor en tortilla.	Planta de 250-300 cm de altura, mazorcas delgadas con 15 cm de longitud y 14 hileras de granos de color crema.
	Parraleño	"24 de Febrero"	Preferible para el autoconsumo y alimentación de animales.	Planta de 180-200 cm de altura, mazorcas delgadas de 15 cm de longitud y con 16 hileras de granos de color blanco.
"Agua Dulce Dos"	Campeón	"Agua Dulce Dos"	Mayor aceptación por parte de los animales, mayor cantidad de proteína.	Planta con altura de 212 cm, mazorca delgada de 15 cm de longitud y 14 hileras de granos de color amarillo.
	Negro	"Agua Dulce Dos"	Es más sabroso para tamales, se destina para el autoconsumo.	Planta con altura de 239 cm, con mazorcas delgadas de 15 cm de longitud y 12 hileras de granos de color negro y llenado hasta la punta.
	Jarocho	"Agua Dulce Dos"	Preferible para el autoconsumo, variedad dulce	Planta de 273 cm de altura, mazorca delgada de 12 hileras de granos de color blanco
	Macho	"24 de Febrero"	Se adapta bien a diferentes tipos y características de suelos, mayor resistencia a plagas y enfermedades.	Planta de 200-230 cm de altura, con mazorcas de 15 cm de longitud, resistente a las condiciones ambientales adversas y granos de color blanco.

En ambas localidades se combinaron fertilizaciones química y orgánica a base de Urea ("24 de Febrero") y Sulfato de amonio ("Agua Dulce Dos"), a una dosis de 140 kg ha⁻¹ de nitrógeno aplicado a los 20 días después de la siembra. La segunda fertilización se realizó a los 40 días con humus de lombriz a razón de 250 g por planta. Se realizaron, además, tres aplicaciones foliares de humus líquido al follaje, a razón de 2 L bomba⁻¹ a los 20, 40 y 60 dds.

Crecimiento e índice de cosecha

A partir de los 20 días después de la siembra (dds) y en igual intervalo de tiempo se midieron la altura de la planta (AP, cm), el número de hojas por planta (NHP) y el diámetro del tallo (DT, cm), hasta totalizar tres muestreos en diez plantas por tratamiento.

A los 60 dds, se realizó un muestreo destructivo de las diez plantas seleccionadas para determinar la masa fresca total de la parte aérea de la planta (MFP, g) como resultado de la suma de la masa fresca de las hojas (MFH, g), masa fresca del tallo (MFT, g). Se determinaron, además, la masa fresca de la mazorca sin sus brácteas (MFM, g), longitud del pedúnculo de la mazorca (LPM, cm), longitud de la mazorca (LM, cm), diámetro de la mazorca (DM, cm), el número de nudos del tallo (NNT) y la masa fresca de la espiga (MFE, g). El índice de cosecha, se determinó dividiendo la masa fresca de la mazorca entre biomasa de la parte aérea de la planta (16).

Análisis estadísticos

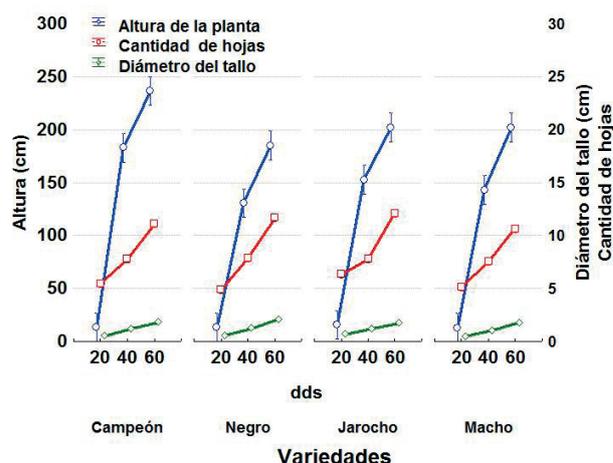
Se realizaron análisis de varianza y se calcularon las matrices de correlación para todas las variables evaluadas por comunidades y las medias se compararon a través de la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), previa comparación de la homogeneidad de varianza y la distribución normal de los datos. Se utilizó el programa estadístico STATISTICA (17).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comunidad "Agua Dulce Dos"

La variedad de maíz que mayor altura alcanzó en las condiciones de la comunidad "Agua Dulce Dos", tanto a los 40 como a los 60 dds fue la Campeón, con valores de 183 y 236 cm respectivamente. El resto de las variedades no superaron los 150 y 200 cm durante esos períodos (Figura 1).

La cantidad de hojas por planta fue estadísticamente igual entre variedades. A los 60 dds este indicador osciló entre 10 y 11 hojas por planta para todas las variedades, inferior a lo reportado en un estudio con variedades locales en comunidades del Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera "La Sepultura" (REBISE) de Chiapas, México^C, donde la variedad Jarocho también mostró mayor crecimiento.



Las barras verticales representan el error estándar de la media

Figura 1. Comportamiento del crecimiento de variedades locales de maíz en las condiciones edafo-climáticas de la comunidad de "Agua Dulce Dos", Chiapas, México

El diámetro del tallo osciló entre 1,7 y 2 cm, lo cual les confiere a las plantas cierta susceptibilidad a los vientos y como consecuencia provoca el acame característico de las variedades locales de la región. Esta fue una de las características, que durante el proceso IAAP, se pudo identificar como problemática fundamental para los productores de ambas localidades. De ahí que consideren la disminución de la altura de la planta como uno de los objetivos de los programas de Fitomejoramiento Participativo^F y de mejora convencionales, pues son precisamente las variedades criollas las que se reportan con alturas superiores a 250 cm (18) en comparación con las mejoradas, las cuales generalmente no sobrepasan 160 cm (19).

En un estudio comparativo de variedades de maíces criollos Cacahuacintle en el Valle de Toluca de México, se reportaron variedades con altura de la planta superior a 250 cm (18), mientras que variedades mejoradas logradas en el INIFAP, a los 55-64 días a la antesis, no sobrepasaron los 160 cm (19), lo cual corrobora los resultados aquí mostrados relacionados con las diferencias en la altura de la planta de maíces mejorados y locales.

La masa fresca de las hojas (MFH) no difirió significativamente entre las variedades, con valores que oscilaron entre 150 y 206 g. Tampoco se observaron diferencias significativas en el número de nudos del tallo (Tabla II).

^F Ovando, C. J.; Rodríguez, L. L.; Marto, G. R. y Guevara, H. F. *Investigación Acción para el mejoramiento del sistema de producción de maíz con Agricultura de Conservación y Fito-mejoramiento Participativo en las regiones Centro y Frailesca de Chiapas, México*. Línea Base de Proyecto SAGARPA-CIMMYT-MasAgro-RED, A.C., 2013, p. 49.

No se observaron diferencias estadísticas significativas entre las variables que caracterizan morfológicamente la mazorca de maíz (Tabla III). La masa fresca de la mazorca (MFM) osciló entre 130 y 200 g, mientras que la longitud y el diámetro mostraron menor variabilidad, al oscilar entre 15 y 20 cm de longitud y entre 4,20 y 4,80 cm para el caso del diámetro. La longitud del pedúnculo osciló entre 6,77 y 11,33 cm. La masa fresca de la espiga fue significativamente mayor en las variedades Jarocho, Negro y Macho en comparación con la variedad Campeón, la cual solo alcanzó 16,67 g de masa fresca (Tabla III).

Similares resultados referentes a las características del crecimiento encontradas para las variedades locales de esta investigación fueron obtenidos en un estudio reciente en el que se compararon variedades locales de maíz con potencialidad de uso múltiple para zonas rurales de Chiapas^c.

El índice de cosecha (IC) fue significativamente superior en la variedad Macho, seguida por las variedades Campeón y Negro. La variedad Jarocho fue la que menor IC mostró, lo cual indica su baja eficiencia por la menor proporción de masa fresca de la mazorca por unidad de masa fresca de la planta, contrariamente al 23 % de IC de la variedad Macho (Tabla III).

Las variables del crecimiento que más se correlacionaron con el IC fueron la altura de la planta y la masa fresca del tallo, ambas en sentido negativo, así como la masa fresca de la mazorca, la cual se correlacionó positivamente con el IC (Tabla IV); sin

embargo, por su concomitancia con el IC, carece de valor para llegar a una conclusión ya sea de tipo metodológica o fisiológica. No obstante estas variables se involucran en la matriz para encontrar posibles correlaciones con otras variables no concomitantes y de interés para la caracterización de las variedades.

Otras correlaciones interesantes fueron las observadas entre el número de nudos y la masa fresca de las hojas, así como entre esta última y la masa fresca de la mazorca (Tabla IV).

Los resultados encontrados en este análisis corroboran que la mayor altura de la planta mostrada por las variedades locales no es un indicador deseable en el cultivo del maíz. De ahí que la acumulación de biomasa del tallo sea uno de los que mayor inciden en la disminución del IC en las condiciones edafoclimáticas de la comunidad "Agua Dulce Dos".

En relación con estos resultados y debido a la importancia del IC, algunos autores refieren una serie de evidencias sobre su utilidad para modelar el crecimiento de variedades de maíz (20). Otros sugieren que este indicador se comporta relativamente constante dentro de los ámbitos de interés económico de uso de fertilizantes y de tipos de variedades híbridos y criollos, lo cual no se corresponde con los resultados aquí mostrados. Por otra parte, estos mismos autores afirman que el maíz criollo es de mayor altura pero de menor potencial de rendimiento en grano. En un estudio en el que se compararon diferentes fechas de siembra del cultivo de maíz se obtuvieron IC que oscilaron en un rango de 0,37 y 0,44 (21).

Tabla II. Parámetros de crecimiento de las variedades locales cultivadas en la comunidad "Agua Dulce Dos"

Variedad	Masa fresca de la planta (g)	Masa fresca de hojas (g)	Masa fresca del tallo (g)	Número de nudos
Campeón	1140 ^a	196,67	423,33 ^b	14,00
Maíz negro	1140 ^a	206,33	450,66 ^b	14,33
Jarocho	1160 ^a	126,67	763,33 ^a	15,33
Macho	760 ^b	150,00	293,33 ^b	14,33
Error Estándar de la media	0,06 [*]	41,74 ns	61,44 [*]	0,58 ns

*Letras diferentes en los superíndices significan que existe diferencia significativa para $p \leq 0,05$
ns: sin diferencias significativas

Tabla III. Índice de Cosecha y parámetros de crecimiento de la mazorca y la espiga de variedades de maíz cultivados en la comunidad "Agua Dulce Dos"

Variedad	Índice de cosecha	Masa de la mazorca (g)	Masa fresca de la espiga (g)	Longitud del pedúnculo (cm)	Longitud de la mazorca (cm)	Diámetro de la mazorca (cm)
Campeón	0,17 ^b	200	16,67 ^b	6,83	18,33	4,80
Maíz negro	0,18 ^b	210	28,00 ^a	11,33	20,00	4,57
Jarocho	0,11 ^c	130	28,33 ^a	6,67	17,00	4,37
Macho	0,23 ^a	180	26,67 ^a	7,57	15,00	4,20
Error estándar	0,05 [*]	0,02 ns	9,50 [*]	1,86 ns	2,11 ns	0,26 ns

*Letras diferentes en los superíndices significan que existe diferencia significativa para $p \leq 0,05$
ns: sin diferencias significativas

Tabla IV. Matriz de correlación entre variables de crecimiento, índice de cosecha y algunas características morfológicas de la mazorca en las variedades de maíz criollo de la comunidad Agua Dulce Dos

	IC	AP	NN	NH	MFP	MFH	MFT	MFE	MFM	LPM	LM
AP	-0,62										
NN	-0,44	0,42									
NH	0,20	-0,05	-0,03								
MFP	-0,46	0,28	0,09	0,18							
MFH	0,46	-0,45	-0,61	0,11	0,32						
MFT	-0,76	0,56	0,55	-0,20	0,55	-0,42					
MFE	-0,15	0,47	0,58	-0,10	-0,11	-0,65	0,17				
MFM	0,71	-0,43	-0,41	0,42	0,29	0,74	-0,45	-0,22			
LPM	-0,03	0,23	-0,28	0,40	0,03	-0,09	0,01	0,06	-0,01		
LM	-0,10	0,17	0,22	0,28	0,42	0,19	-0,03	0,39	0,27	0,13	
DM	-0,13	-0,30	-0,14	0,13	0,42	0,48	-0,19	-0,41	0,24	-0,04	0,34

Comunidad "24 de Febrero"

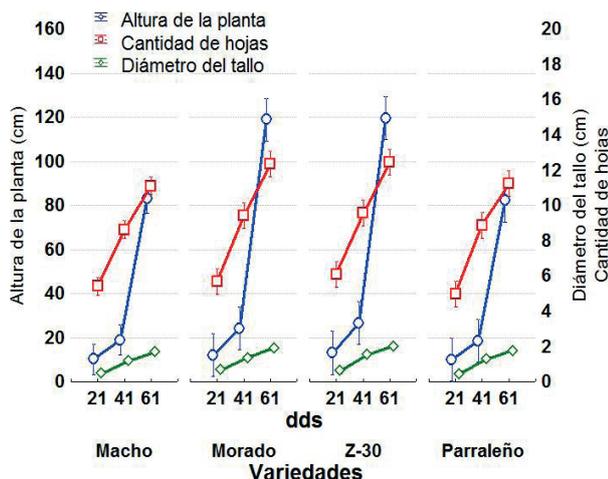
En esta comunidad las variedades de mayor altura a los 61 dds fueron Z-30 y Morado, con 120 cm y 40 cm más que las variedades Parraleño y Macho (Figura 2). Independientemente de que los experimentos no fueron diseñados con objetivos comparativos entre comunidades, resulta llamativo que la variedad Macho, la única que se sembró en ambas localidades, mostró menor altura bajo las condiciones edafoclimáticas de la comunidad "24 de Febrero", lo cual indica un posible efecto genotipo-ambiente anteriormente encontrado por otros autores (2), a cuyos resultados también se suman otros realizados en México (18, 22–24).

Sin embargo, este comportamiento no fue el mismo para el número de hojas por plantas, pues los resultados fueron similares a los observados en "Agua Dulce Dos" y oscilaron entre 11 y 12 hojas por planta a los 61 dds para todas las variedades, lo cual sugiere que la altura de la planta se modifica más fácilmente que en número de hojas en función de las condiciones edafoclimáticas predominantes. Similares resultados se lograron para el diámetro del tallo. A los 61 dds, las cuatro variedades desarrollan tallos con diámetros que oscilan entre 1,7 y 2 cm.

La acumulación de biomasa en las hojas y el tallo fue significativamente diferente entre variedades. Las variedades Z-30 y Parraleño mostraron los mayores valores de masa fresca foliar, mientras que Z-30 y Morado acumularon mayor cantidad de biomasa en el tallo. En cuanto al número de nudos, este fue significativamente mayor en las variedades Macho y Morado (Tabla V).

De acuerdo con los resultados de la matriz de correlación (Tabla VI), las plantas de mayor altura, son las que produjeron mazorcas de menor longitud y la masa fresca del tallo se incrementa conforme aumenta el número de nudos. La masa fresca de la mazorca aumentó significativamente con el incremento de la masa fresca del tallo. Se observó además una correlación negativa entre la masa fresca de la mazorca y la longitud del pedúnculo.

Los parámetros del crecimiento de la mazorca no mostraron diferencias significativas entre variedades. Solamente la masa fresca de la espiga fue estadísticamente superior en la variedad de maíz Morado, siendo la variedad Parraleño la que menor masa fresca de la espiga mostró (Tabla VII).



Las barras verticales representan el error estándar de la media

Figura 2. Comportamiento del crecimiento de variedades de maíces criollos en las condiciones edafo-climáticas de la comunidad "24 de Febrero", Chiapas, México

Tabla V. Parámetros de crecimiento de las variedades locales cultivadas en la comunidad “24 de Febrero”

Variedad	Masa fresca de la planta (kg)	Masa fresca de hojas (g)	Masa fresca del tallo (g)	Número de nudos
Macho	1150 ^b	196,67 ^b	516,67 ^b	15,00 ^a
Morado	1110 ^b	173,33 ^b	540,00 ^a	15,00 ^a
Z-30	1330 ^a	320,00 ^a	576,67 ^a	14,67 ^{ab}
Parraleño	970 ^c	273,00 ^a	297,33 ^c	13,33 ^c
Error estándar	0,03*	14,06*	28,44*	0,37*

*Letras diferentes en los superíndices significan que existe diferencia significativa para $p \leq 0,05$
ns: sin diferencias significativas

Tabla VI. Matriz de correlación entra variables de crecimiento, Índice de Cosecha y algunas características morfológicas de la mazorca en las variedades de maíz criollo de la comunidad 24 de Febrero, Chiapas, México

	IC	AP	NN	NH	MFP	MFH	MFT	MFE	MFM	LPM	LM
AP	-0,16										
NN	-0,37	0,36									
NH	-0,02	0,52	-0,24								
MFP	-0,76	0,41	0,46	0,16							
MFH	-0,52	0,22	-0,39	0,54	0,34						
MFT	-0,42	0,61	0,74	0,16	0,81	-0,10					
MFE	0,15	0,23	0,48	-0,31	-0,05	-0,65	0,30				
MFM	0,32	0,33	0,20	0,14	0,37	-0,33	0,59	0,19			
LPM	0,08	0,06	-0,32	0,15	-0,50	0,26	-0,52	-0,35	-0,62		
LM	0,09	-0,59	-0,50	-0,25	-0,28	0,18	-0,48	-0,49	-0,30	0,26	
DM	0,23	0,35	0,32	0,34	0,11	-0,16	0,42	0,27	0,49	-0,42	-0,52

Tabla VII. Índice de Cosecha y parámetros de crecimiento de la mazorca y la espiga de variedades de maíz cultivados en la comunidad “24 de Febrero”

Variedad	Índice de cosecha	Masa fresca de la mazorca (g)	Masa fresca de la espiga (g)	Longitud del pedúnculo (cm)	Longitud de la mazorca (cm)	Diámetro de la mazorca (cm)
Macho	0,21 ^{bc}	250	15,00 ^b	6,17	19,67	4,83
Morado	0,23 ^a	250	16,67 ^a	5,33	18,50	5,17
Z-30	0,18 ^c	240	15,00 ^b	6,17	19,00	4,83
Parraleño	0,23 ^a	222	9,67 ^c	7,67	20,50	4,70
Error estándar	0,01*	0,01 ns	5,11 *	0,88 ns	0,78 ns	0,23 ns

*Letras diferentes en los superíndices significan que existe diferencia significativa para $p \leq 0,05$
ns: sin diferencias significativas

Las variedades de mayor IC fueron la Morado y Parraleño, con diferencias significativas con la Macho y Z-30, ésta última con IC de solamente 18 %. La masa fresca de la planta fue mayor en la variedad Z-30, mientras que Parraleño fue la que menor cantidad de biomasa por planta acumuló (Tabla VII).

Aunque altos valores de IC presumiblemente indican mayor rendimiento, los datos disponibles en esta investigación no permiten profundizar en el comportamiento productivo de las variedades locales. Posteriores estudios bajo las mismas condiciones y con énfasis en el rendimiento proporcionarían mayores evidencias sobre el potencial productivo de las dichas variedades.

Sin embargo, a pesar del cuestionamiento de las variedades locales en cuanto a su bajo potencial de rendimiento, los resultados en este trabajo demuestran un comportamiento estable en cuanto al crecimiento vegetativo y de la mazorca entre todas las variedades y en ambas localidades. Si bien es cierto que los valores de IC son bajos y variables entre variedades en comparación con las variedades mejoradas la selección, siembra y conservación de las variedades locales por parte de los productores siguen una lógica que raras veces forman parte de los intereses de los científicos (25).

Además, al querer modificar esa lógica introduciendo materiales mejorados hay que tener en cuenta que la presencia de híbridos y transgénicos en los sistemas de producción agrícolas ha levantado una advertencia del peligro de la pérdida de un germoplasma de importancia mundial y ha resultado en el planteamiento de estrategias para su conservación⁶.

CONCLUSIONES

- ◆ Las variedades locales de maíz cultivadas en las comunidades "Agua Dulce Dos" y "24 de Febrero" muestran patrones de crecimiento similares, excepto en la altura de la planta. El número de hojas emitidas y el diámetro del tallo oscilaron entre 11 y 12 hojas por planta y 1,7 a 2,0 cm de diámetro respectivamente.
- ◆ El Índice de Cosecha no sobrepasó el 23 % en todas las variedades y en ambas comunidades, siendo mayor en la variedad Macho, de "Agua Dulce Dos" y se correlacionó negativamente con la altura de la planta. En "24 de Febrero" y a juzgar por los valores de IC, las variedades más eficientes fueron Parraleño y Morado. La acumulación de biomasa en hojas y tallo de los maíces cultivados en "24 de Febrero" varió significativamente entre las variedades y no se observó un patrón definido que mostrara correlación alguna con el índice de cosecha.

- ◆ La diversidad de variedades y sus diferencias en cuanto a la altura y el índice de cosecha demuestra que existe potencial genético en las áreas de estudio aprovechable para iniciar un proceso de Fitomejoramiento Participativo, orientado hacia aquellos parámetros morfológicos que permitan incrementar su eficiencia agro-productiva, sin perder de vista sus potencialidades de uso múltiple y tradición cultural. Este proceso de mejora genética, pudiera considerar la introducción de nuevos genes de maíces tanto mejorados como locales de otras regiones, adaptables a las condiciones agroclimáticas estudiadas y con caracteres deseables de acuerdo a las percepciones de los productores involucrados en el proceso.

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación fue financiada a través del proyecto Investigación-Acción para el mejoramiento del sistema de producción de maíz con Agricultura de Conservación y Fitomejoramiento Participativo en comunidades de las regiones Frailesca y Centro de Chiapas (TTF-2013-056), implementado a través del Programa Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional (MasAgro).

BIBLIOGRAFÍA

1. Hellin, J.; Erenstein, O.; Beuchelt, T.; Camacho, C. y Flores, D. "Maize stover use and sustainable crop production in mixed crop–livestock systems in Mexico". *Field Crops Research*, vol. 153, septiembre de 2013, pp. 12-21, ISSN 0378-4290, DOI 10.1016/j.fcr.2013.05.014.
2. Ortiz, T. E.; López, P. A.; Gil, M. A.; Guerrero, R. J. de D.; López, S. H.; Taboada, G. O. R.; Hernández, G. J. A. y Valadez, R. M. "Rendimiento y calidad de elote en poblaciones nativas de maíz de Tehuacán, Puebla". *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, vol. 19, no. 2, agosto de 2013, pp. 225-238, ISSN 1027-152X, DOI 10.5154/r.rchsh.2012.02.006.
3. FAO. "Perspectivas de cosechas y situación alimentaria". *Sistema Mundial de Información y Alerta sobre la Alimentación y la Agricultura de la FAO*, no. 4, diciembre de 2010, [Consultado: 3 de junio de 2016], Disponible en: <<http://www.fao.org/docrep/013/al972s/al972s00.pdf>>.
4. Bakht, J.; Shafi, M.; Rehman, H.; Uddin, R. y Anwar, S. "Effect of planting methods on growth, phenology and yield of maize varieties". *Pakistan Journal of Botany*, vol. 43, no. 3, 2011, pp. 1629–1633, ISSN 0556-3321.
5. Guevara, F.; Rodríguez, L. L.; Ovando, C. J.; Gómez, C. H.; Ocaña, G. M. y Camacho, C. V. C. "Implicaciones socioeconómicas y ambientales del uso y manejo del rastrojo en la región Frailesca, Chiapas, México". En: Reyes M. L., Camacho V. T. C., y Guevara H. F., *Rastrojos Manejo, uso y mercado en el Centro y Sur de México*, Ed. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México, 2013, p. 252, ISBN 978-607-37-0170-9.

⁶ Turrent, F. A.; Wise, A. T. y Garvey, E. *Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México*. Mexican Development Research Project, no. 24, 2012, p. 38.

6. Khalili, M.; Naghavi, M. R.; Aboughadareh, A. P. y Rad, H. N. "Effects of Drought Stress on Yield and Yield Components in Maize cultivars (*Zea mays* L.)". *International Journal of Agronomy and Plant Production*, vol. 4, no. 4, 2013, pp. 809–812, ISSN 2051-1914.
7. Luna, M.; Rodríguez, H. A. M.; Ayala, G. J. O.; Castillo, G. F. y Apolinar, M. C. J. "Perspectivas de desarrollo de la industria semillera de maíz en México". *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 35, no. 1, 2012, pp. 1-7, ISSN 0187-7380.
8. Díaz, de la V. G. P. *Atlas agroalimentario 2013*. 1.ª ed., Ed. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 19 de agosto de 2013, México, ISBN 978-607-9350-00-0.
9. Aikins, S.; Afuakwa, J. y Owusu-Akuoko, O. "Effect of four different tillage practices on maize performance under rainfed conditions". *Agriculture and Biology Journal of North America*, vol. 3, no. 1, enero de 2012, pp. 25-30, ISSN 21517517, 21517525, DOI 10.5251/abjna.2012.3.1.25.30.
10. Muñoz, T. F.; Guerrero, R. J. de D.; López, P. A.; Gil, M. A.; López, S. H.; Ortiz, T. E.; Hernández, G. J. A.; Taboada, G. O.; Vargas, L. S. y Valadez, R. M. "Producción de rastrojo y grano de variedades locales de maíz en condiciones de temporal en los valles altos de Libres-Serdán, Puebla, México". *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, vol. 4, no. 4, diciembre de 2013, pp. 515-530, ISSN 2007-1124.
11. Alikwe, C. N. P.; Ohimain, E. I. y Aina, B. J. A. "Comparative digestibility of maize stover, rice straw, malted sorghum sprout in west african dwarf (wad) sheep". *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, vol. 4, no. 2, 2014, pp. 590-594, ISSN 2231-4490.
12. Vázquez, C. M. G.; Guzmán, B. L.; Andrés, G. J. L.; Márquez, S. F. y Castillo, M. J. "Calidad de grano y tortillas de maíces criollos y sus retrocruzas". *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 26, no. 4, 2003, pp. 231–238, ISSN 0187-7380.
13. Hernández, X. E. "Exploración etnobotánica y sus metodología. Xolocotzia". *Revista de Geografía Agrícola*, vol. I, 1985, pp. 163-188, ISSN 0186-4394.
14. Mosqueda, G. M. de L.; Rodríguez, C. J. G.; Hernández, G. A.; Soriano, C. R. G.; Méndez, L. J. A.; Hernández, O. M. A. y Hernández, P. N. *Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2011*. Ed. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2012, México, 155 p., ISBN 978-607-494-350-4.
15. IUSS Working Group WRB. *World reference base for soil resources 2006. A framework for international classification, correlation and communication*. (ed. Micheli E.), (ser. World Soil Resources Reports, no. ser. 103), 2.ª ed., Ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2007, Rome, Italy, 128 p., ISBN 978-92-5-105511-3.
16. Morales, R. E. J.; Escalante, E. J. a. S. y López, S. J. A. "Crecimiento, índice de cosecha y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en unicultivo y asociado con girasol (*Helianthus annuus* L.)". *Universidad y Ciencia*, vol. 24, no. 1, 2008, pp. 1-10, ISSN 0186-2979.
17. StatSoft. *STATISTICA (data analysis software system)* [en línea]. versión 8.0, [Windows], Ed. StatSoft, Inc., 2007, US, Disponible en: <<http://www.statsoft.com>>.
18. Arellano, V. J. L.; Gámez, V. A. J. y Ávila, P. M. A. "Potencial agronómico de variedades criollas de maíz cacahuacintle en el valle de Toluca". *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 33, no. SPE.4, septiembre de 2010, pp. 37-41, ISSN 0187-7380.
19. Luna, F. M.; Gutiérrez, S. J. R.; Peña, R. A.; Echavarría, C. F. G. y Martínez, G. J. "Comportamiento de variedades precoces de maíz en la región semiárida y árida del Centro-Norte de México". *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 28, no. 1, 2005, pp. 39-45, ISSN 0187-7380.
20. Monteith, J. L. "The Quest for Balance in Crop Modeling". *Agronomy Journal*, vol. 88, no. 5, 1996, p. 695, ISSN 0002-1962, DOI 10.2134/agronj1996.00021962008800050003x.
21. Turrent, F. A.; Barrios, A. A.; Otero, S. M. A.; Ariza, F. R. y Michel, A. A. C. "Efectos de la interacción genotipos x prácticas de manejo sobre el índice de cosecha de híbridos de maíz bajo riego". *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, vol. 31, no. 7, 2006, pp. 530-544, ISSN 0378-1844.
22. Macchi, L. G.; Rincón, S. F.; Ruiz, T. N. y Castillo, G. F. "Selección y mantenimiento de poblaciones. Una perspectiva para la conservación in situ de la diversidad genética del maíz". *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 33, no. Especial 4, 2010, pp. 43–47, ISSN 0187-7380.
23. Coutiño, E. B.; Vidal, M. V. A.; Cruz, G. B. y Cruz, V. C. "Aptitud combinatoria general y específica del contenido de azúcares en maíces criollos eloteros". *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 33, no. SPE.4, septiembre de 2010, pp. 57-61, ISSN 0187-7380.
24. Valdivia, B. R.; Caro, V. F. de J.; Medina, T. R.; Ortiz, C. M.; Espinosa, C. A.; Vidal, M. V. A. y Ortega, C. A. "Contribución genética del criollo jala en variedades eloteras de maíz". *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 33, no. SPE.4, septiembre de 2010, pp. 63-67, ISSN 0187-7380.
25. Hernández, C. N. y Soto, C. F. "Influencia de tres fechas de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de especies de cereales cultivados en condiciones tropicales. Parte I. Cultivo del maíz (*Zea mayz* L.)". *Cultivos Tropicales*, vol. 33, no. 2, junio de 2012, pp. 44-49, ISSN 0258-5936.

Recibido: 27 de enero de 2014

Aceptado: 30 de octubre de 2015