

## VALOR AGRONÓMICO DE GERMOPLASMA DE CHILE DULCE (*Capsicum annuum* L.) EN YUCATÁN, MÉXICO

### Agronomic value of germoplasm of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in Yucatán, Mexico

J. G. Ix-Nahuat, L. Latournerie-Moreno ✉, A. M. Pech-May, A. Pérez-Gutiérrez, J.M. Tun-Suárez, G. Ayora-Ricalde, J.O. Mijangos-Cortes, G. Castañón-Nájera, J.S. López-Vázquez, S. Montes-Hernández.

(JGIN) (AMPM) Estudiante posgrado. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico de Conkal. Conkal, Yucatán, México.

(LLM) (APG) (JMTS) (GAR) (JSLV) División de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico de Conkal. Km 16.3 antigua carretera Mérida-Motul. C.P. 97345 Conkal, Yucatán, México. Teléfono: (999)9124130 ext. 122, 139, sayilhahil@yahoo.com.mx.

(JOMC) Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.

(GCN) División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México.

(SMH) Campo Experimental Bajío (CEBAJ-INIFAP). Km. 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende. Celaya, Guanajuato, México.

**Artículo recibido:** 29 de junio de 2012, **aceptado:** 24 de septiembre de 2013

**RESUMEN.** Se evaluaron 11 poblaciones de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) en tres localidades del estado de Yucatán, México: Conkal, Izamal, y Acanceh, con el objetivo de identificar las poblaciones más sobresaliente con base en el rendimiento de fruto y características agronómicas. El ensayo se estableció en un diseño de Bloques completos al azar con tres repeticiones. La densidad de siembra fue de aproximadamente 20,000 plantas ha<sup>-1</sup>. Las variables estudiadas fueron rendimiento de fruto (ocho cortes), peso de fruto, número de frutos por planta, días a inicio de cosecha, diámetro y longitud de fruto, y altura de planta. Con base en el análisis de varianza, las localidades de prueba influyeron significativamente en el comportamiento de las poblaciones; en Conkal todas las poblaciones de chile tuvieron mayor ( $p \leq 0.05$ ) rendimiento total de fruto en comparación con el obtenido en Acanceh e Izamal, mientras que en estas localidades, el peso del fruto y días a inicio de cosecha fue superior al registrado en Conkal, lo cual se puede interpretar como una fuerte interacción de las poblaciones evaluadas con el ambiente. Las poblaciones más sobresalientes por sus buenos rendimientos y caracteres agronómicos fueron ITCD-209 e ITCD-28. La población ITCD-209 presentó comportamiento similar de las variables evaluadas a través de los ambientes evaluados.

**Palabras clave:** *Capsicum annuum*, chile dulce, evaluación de poblaciones, adaptabilidad de germoplasma, caracterización.

**ABSTRACT.** Eleven sweet chilli pepper (*Capsicum annuum* L.) populations were evaluated in three localities in the state of Yucatán, Mexico: Conkal, Izamal and Acanceh, with the purpose of identifying the best populations with respect to fruit yield and agronomic traits. The test followed a random block design with three replicates. Planting density was approximately 20,000 plants ha<sup>-1</sup>. The studied variables were fruit yield, fruit weight, number of fruits per plant, days to harvest, fruit length and diameter, and plant height. Based on the analysis of variance, the test localities significantly affected the populations' performance. In Conkal, all the pepper populations had a greater ( $p \leq 0.05$ ) total fruit yield that those recorded for Acanceh and Izamal, whereas in these localities, the fruit weight and the days to harvest were greater than those recorded for Conkal, which may be interpreted as a high interaction of the evaluated populations with the environment. The best populations with respect to good yields and agronomic traits were ITCD-209 and ITCD-28. The ITCD-209 population presented a similar performance of the evaluated variables throughout the evaluated environments.

**Key words:** *Capsicum annuum*, sweet pepper, population evaluation, germoplasm adaptability, characterisation.

## INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum spp.*) es uno de los cul-

tivos más importantes en México y el mundo. Su uso como condimento se remonta a los tiempos precolombinos (Long-Solís 1986). Además en la

antigüedad, las culturas lo usaron como medicamento, castigo, moneda, material de tributo (Esbaugh 1975; Long-Solis 1986). A nivel mundial se cultivan las especies *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L., *C. annuum* L., *C. pubescens* Ruiz & Pav. y *C. baccatum* L., de las cuales las cuatro primeras están presentes en México (Loaiza-Figueroa *et al.* 1989, Milla 2006). Particularmente, *C. annuum* es la especie más cultivada y se establece en sistemas de producción a cielo abierto, como en agricultura protegida (FAOESTAT 2008). *Capsicum annuum* var. *annuum* es la forma domesticada y es la más importante en México y el mundo (Paran *et al.* 1998); esta especie registra la mayor variabilidad morfológica, y agrupa la gran mayoría de los tipos cultivados de México (Bosland & Votava 2000). En México, el consumo de chile es en estado fresco o industrializado de los diferentes tipos comerciales, subtipos o variantes locales (Pozo *et al.*, 1991). Algunas de las formas más representativas de esta especie, son los tipos dulces o pimientos (diferentes variantes de morrón y "bell pepper"), y "jalapeños" (Aguilar *et al.*, 2010).

El centro de diversidad para *C. annuum* var. *annuum* incluye México y Centroamérica, y los centros de distribución secundaria se reportan en América del sur y otras partes del mundo (IBPGR 1983). México ocupa el segundo lugar después de China en producción de chile verde, aun cuando se siembra alrededor de 169,337 ha por año, su producción no supera los dos millones de toneladas debido a que sus rendimientos promedios son bajos (11.5 t ha<sup>-1</sup>) (FAOSTAT 2008). Por su parte en Yucatán se siembran 870.5 ha con diversos tipos de chiles, de los cuales 361 ha son de chile verde (25 % se establece en condiciones de riego y el restante 75 % es de temporal), entre ellos el chile dulce, xcat'ik y verde.

En Yucatán, el chile habanero (*C. chinense*) es el más importante, seguido del chile dulce y el xcat'ik. Estos tipos de chile se emplean para condimentar diversos platillos regionales, razón por la cual presentan demanda todo el año (Anuario 2008). El chile dulce local o criollo se distribuye en Yucatán, Campeche, Tabasco y la parte norte de Chiapas principalmente (Anuario 2008). Este chile es de ci-

clo anual con hábito de crecimiento erecto, de tallo cilíndrico de color verde con escasa pubescencia y antocianinas en el nudo de color morado cuando la presenta (Aguilar *et al.* 2010). Existen diferentes variantes de este tipo de chile en donde el fruto puede ser de redondo a ligeramente alargado con los extremos achatados (frutos acampanulados y en forma de bloques) (Aguilar *et al.*, 2010). El chile dulce es una variante local, de la que Pozo *et al.* (1991) mencionan que algunos son de tipo "ancho" y otros de frutos redondos arriñonados.

Los chiles dulces son conservados y aprovechados principalmente por agricultores tradicionales, donde existe muy poca disponibilidad de semilla y también se cuenta con poca información relativa a ellos (Montes & Martínez 1992). Para evitar la erosión genética de tan importante recurso fitogenético, es necesario conservar el germoplasma local de este tipo de chile (IPGRI, AVDRC, CATIE 1995). El uso de variedades mejoradas con cierta semejanza a los chiles locales, es otra de las causas de la pérdida de variabilidad del chile dulce (Depestre *et al.* 1985). Una de las estrategias para conservar y sentar las bases para un aprovechamiento sostenible de este germoplasma se basa en la caracterización y evaluación de éste (IBPGR 1983). Lo cual consiste en describir sus características agronómicas y morfológicas, en diversos ambientes, con el fin de identificar materiales de amplia adaptación y con genes útiles para el mejoramiento de los cultivos (Jaramillo & Baena 2000). Actualmente, se desconocen las características morfológicas y productivas de las poblaciones de chile dulce que conservan los agricultores yucatecos bajo sus sistemas tradicionales de cultivo. Por tal razón, se desarrolló la siguiente investigación con el objetivo de valorar algunas de las características agronómicas del germoplasma local de chile dulce que conservan los agricultores de Yucatán. Este trabajo, es un precedente para sentar las bases de un mejor aprovechamiento de este recurso fitogenético de gran tradición cultural en Yucatán.

**Tabla 1.** Poblaciones nativas de chile dulce (*C. annuum*) y la ubicación geográfica donde se colectaron.

**Table 1.** Native sweet chili pepper landraces (*C. annuum*) and geographical location where they were collected.

Clave	Comunidad	Latitud (N)	Longitud (O)	Altitud (msnm)
ITCD-28	Mérida, Yuc.	21° 12'	88° 48'	10
ITCD-31	Kanasin, Yuc.	20° 56'	89° 34'	10
ITCD-32	Kanasin, Yuc.	20° 56'	89° 34'	10
ITCD-37	Chicxulub, Yuc.	21° 08'	89° 31'	10
ITCD-183	Yaxcabá, Yuc.	20° 33'	88° 50'	30
ITCD-184	Conkal, Yuc.	21° 04'	89° 31'	10
ITCD-185	Suma, Yuc.	21° 08'	89° 09'	10
ITCD-206	Acanceh, Yuc.	20° 49'	89° 41'	14
ITCD-207	Kanasin, Yuc.	20° 56'	89° 34'	10
ITCD-209	Chemax, Yuc.	20° 39'	87° 56'	30

**Tabla 2.** Características geográficas y edafo-climáticas en las localidades de evaluación en Yucatán, México.

**Table 2.** Geographical and edapho-climatic characteristics in the study localities in Yucatán, Mexico.

	Conkal	Acanceh	Izamal
Latitud (N)	21° 4'	20° 41'	20° 51'
Longitud (W)	89° 31'	89° 23'	88° 51'
Altitud (m.s.n.m.)	8	10	13
Clima	AWo''(x')(i')	AW''	Awo'' (x')
Suelo	Litosol	Litosol-rendzina	Litosol
Precipitación media anual (mm)	600	700	1075.3
Temperatura media anual (oC)	26.6	26.8	25.6
Año del ensayo	Verano 2005	Verano 2006	Verano 2005

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material genético y localidades de evaluación.

El germoplasma evaluado consistió de 10 poblaciones y un testigo (ITCD-184) de chile dulce local (Tabla 1), recolectados en diferentes comunidades del estado de Yucatán entre 1999 y 2003. La evaluación del germoplasma se realizó en Conkal e Izamal de marzo a julio de 2005, y en Acanceh de enero a mayo de 2006, ambas del estado de Yucatán, México (Tabla 2).

### Condiciones de cultivo

La siembra del almácigo para la obtención de las plántulas se realizó en invernadero en Conkal,

Yucatán. Se usaron charolas de poliestireno de 200 cavidades desinfectadas previo a la siembra con cloro comercial al 10 % y como sustrato se usó Cosmopeat®. El trasplante se llevó a cabo 30 d después de la siembra del almácigo, cuando las plántulas alcanzaron entre 0.20 a 0.25 m de altura. La preparación del terreno incluyó la eliminación de la maleza; posteriormente, se trazaron los surcos en donde se hicieron las pocetas (fosas) de 20 cm de diámetro x 15 cm de profundidad debido a la pedregosidad del terreno. Posteriormente, se procedió al abonado con 0.5 kg de gallinaza por poceta para el caso de Conkal, en Izamal se siguió el mismo procedimiento de preparación del terreno pero no se aplicó abono.

**Table 3.** Análisis de varianza individual y combinado, cuadrados medios de las variables evaluadas en 11 poblaciones de chile dulce local en tres localidades del estado de Yucatán, México.  
**Table 3.** Variance combined analysis, mean squares of the variables evaluated in 11 local sweet chili pepper populations of Yucatan, Mexico.

Fuente de Variación	Grados de Libertas	Rendimiento de frutos (t ha <sup>-1</sup> )	Variables evaluadas		
			Días a inicio a cosecha	Altura de Planta (cm)	Longitud de Fruto (cm)
Localidades (Loc)	2	37.58**	134.00**	598.53**	6.52**
Repeticiones	6	6.84	10.42	71.08**	0.19
Tratamientos (Trt)	10	46.83**	109.29**	97.86**	0.82**
Trt x Loc	20	35.57**	90.38**	69.04**	0.20*
Error	60	5.58	7.89	14.34	0.102
Coefficiente de variación (%)	-	13.83	3.98	7.88	5.84

  

Fuente de Variación	Grados de Libertas	Diámetro de fruto (cm)	Variables evaluadas	
			Peso individual de fruto (g)	No. de frutos por planta
Localidades (Loc)	2	4.019**	2981.62**	1001.83**
Repeticiones/Loc	6	0.115	21.29	22.113
Tratamientos (Trt)	10	0.40**	64.67**	110.18**
Trt x Loc	20	0.43**	63.60**	83.72**
Error	60	0.08	16.6	19.9
Coefficiente de variación (%)	-	5.44	11.05	16.67

\*. \*\* = Significativa al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente.

En Acanceh se trazaron surcos removiendo la tierra en franjas de 30 cm y se utilizó 2 kg de abono orgánico de origen bovino por metro lineal. Para el manejo del cultivo se aplicó el tratamiento de fertilización 125-100-150, para el control de plagas y enfermedades se siguió las sugerencias propuestas por Soria *et al.* (2002) para el cultivo comercial de chile en la región en que fueron evaluadas las poblaciones de chile dulce.

### Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron: días a inicio de cosecha, longitud y diámetro de fruto, altura de planta, número de frutos por planta, peso de fruto y rendimiento total de fruto (como la suma del rendimiento obtenido en cada corte o cosecha).

### Diseño experimental y análisis estadístico de los datos

Los ensayos de rendimiento se establecieron en condiciones de riego, en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. El experimento se sembró a 1.40 m entre hileras sencillas y 0.40 m entre planta y planta. La unidad experimental consistió de un surco de 8.0 m de longitud con 21 plantas por parcela en cada repetición (20,000 plantas por ha<sup>-1</sup>). Los datos se analizaron de forma individual por localidad y en forma combinada de localidades con la finalidad de identificar la posible existencia de interacción genotipo x ambiente (IGA). Cuando existieron diferencias estadísticas la comparación de medias entre tratamientos (poblaciones evaluadas) se realizó con la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) a  $p \leq 0.05$ .

## RESULTADOS

Los análisis de varianza individual por localidad (datos no presentados) detectaron significancia a  $p \leq 0.01$  para las siete variables medidas en las tres localidades de estudio. En el análisis combinado de localidades o ambientes, los tratamientos (poblaciones) indicaron (Tabla 3) que todas las variables en estudio presentaron efectos significativos ( $p \leq 0.01$ ), con excepción de longitud del fruto que fue significativo a  $p \leq 0.05$ .

Por otro lado, la interacción genotipo x ambiente (IGA) fue significativa a un valor de  $p \leq 0.01$  en el total de las variables medidas (rendimiento de frutos y sus componentes) en las poblaciones estudiadas. Los coeficientes de variación (CV) encontrados presentaron valores que oscilan de 16.67 a 3.98 %.

El rendimiento total de fruto presentó en promedio 17.1 t ha<sup>-1</sup> (Tabla 4), que fue superior a lo obtenido

en el testigo (ITCD-184) con 15.22 t ha<sup>-1</sup>. Los valores observados en las poblaciones para esta variable fue alta (ITCD-209 produjo el mayor rendimiento 28.5 t ha<sup>-1</sup> e ITCD-31 el menor 8.7 t ha<sup>-1</sup>), se formaron cinco grupos estadísticamente diferentes, en donde la población ITCD-31 e ITCD-32 presentaron la menor producción con 14.0 y 14.1 t ha<sup>-1</sup>, en contraste con la población ITCD-209 que fue la que mostró el mayor rendimiento promedio de localidades (23.5 t ha<sup>-1</sup>). Con respecto al peso de fruto (PF) las poblaciones presentaron un comportamiento diferencial en cada localidad, en Acanceh se encontró que las poblaciones evaluadas tuvieron en promedio mayor peso de fruto (46.5 g), seguido por Izamal (34.0 g) y Conkal (27.9 g). El rango promedio a través de ambientes de peso de fruto fue de 33.8 g (ITCD-209) a 42.1 g (ITCD-183), con una media poblacional de 36.3 g, mientras que, el testigo (ITCD-184) no mostró diferencias con la media de las poblaciones con 36.6 g. Para días a inicio de cosecha (DIC) las poblaciones de chile dulce se comportaron diferentes en cada ambiente de prueba, así, en Conkal siete poblaciones se comportaron como precoces (63.0 DIC), de éstas solo ITCD-206, ITC-207, ITC-209 y el testigo mantuvieron esta tendencia en Acanceh con 67.0 d a inicio de cosecha. En Izamal, poblaciones mencionadas estuvieron entre las intermedias con 73.0 d cada una, excepto ITC-206 con 70.0 d, otras poblaciones como ITCD-210 e ITCD-37 que fueron precoces en Conkal, en Acanceh se comportaron como tardías (76.0 y 75.3 DIC respectivamente). El comportamiento medio para la misma variable (DIC) fue de 70.5 d, que es 2.4 d más tardía que el testigo, ya que en éste se inició la cosecha a los 68.1 d (Tabla 5). La población ITCD-185 fue la más precoz con 67.0 d y la más tardía ITCD-31 con 79.8 d. A través de localidades de evaluación, el promedio del número de frutos por planta (NFP) fue de 26.8 (Tabla 5) que superó en 0.7 frutos a la media del testigo (26.1 frutos por planta). La variación mostrada por las poblaciones estudiadas para esta variable fue alta, el máximo valor encontrado lo presentó ITCD-206 con 37.9 frutos por planta, mientras que ITCD-31 fue el de más bajo promedio con 21.5 frutos por planta, por lo que son estadísticamente diferentes.

Ambas poblaciones, exceptuando para el ambiente Acanceh en el que ITCD-32 fue la que mostró el menor número de frutos por planta, ITC-206 también mostró el más alto número de frutos por planta en los ambientes de evaluación (Tabla 5).

En longitud de fruto (LF), el promedio a través de localidades fue de 5.5 cm. Las poblaciones que presentaron los frutos de mayor tamaño fueron ITCD-183, e ITCD-28 con 6.0 y 5.9 cm cada una (Tabla 6), mientras que las de menor longitud de fruto resultaron ITCD-

**Table 4.** Comportamiento medio del rendimiento y peso de fruto en las poblaciones de chile dulce evaluadas en tres localidades del estado de Yucatán, México.

**Table 4.** Average behaviour of yield and fruit weight in the evaluated sweet chili populations in three localities in the state of Yucatán, Mexico.

Clave	Rendimiento de fruto (t ha <sup>-1</sup> )			
	Conkal	Acanceh	Izamal	Combinado
ITCD-209	28.5 A	21.6 A	17.9 ABCD	23.5 A
ITCD-183	25.2 AB	17.8 ABCDE	18.2 ABC	21.1 AB
ITCD-28	17.5 CDE	19.4 ABC	19.9 A	18.7 BC
ITCD-210	19.9 CD	17.2 BCDE	15.3 ABCD	17.7 DC
ITCD-37	21.7 BC	17.3 BCDE	9.3 E	16.9 DCE
ITCD-185	17.7 CDE	15.1 DEF	15.9 ABCD	16.1 DFE
ITCD-207	14.3 EF	20.7 AB	13.1 CDE	15.6 DFE
ITCD-206	17.2 CDE	14.8 EF	14.2 CDE	15.6 DFE
ITCD-32	10.4 FG	12.9 F	19.6 AB	14.1 F
ITCD-31	8.7 G	19.0 ABCD	14.5 BCDE	14.0 F
<b>Media</b>	<b>18.3</b>	<b>17.1</b>	<b>15.4</b>	<b>17.1</b>
ITCD-184*	16.0 DE	16.0 CDEF	12.9 DE	15.2 FE
DMS	4.71	5.56	5.21	2.47

  

	Peso de fruto (g)			
	Conkal	Acanceh	Izamal	Combinado
ITCD-209	27.2 BC	46.4 BCD	24.8 D	33.8 C
ITCD-183	30.7 ABC	51.5 A	44.0 A	42.1 A
ITCD-28	30.0 ABC	47.4 BC	40.8 AB	39.2 AB
ITCD-210	33.5 A	49.7 AB	26.0 D	37.7 BC
ITCD-37	29.5 ABC	47.0 BCD	29.3 CD	34.7 C
ITCD-185	24.9 C	51.7 A	33.5 ABCD	34.8 C
ITCD-207	25.7 C	44.1 CDE	29.3 CD	33.9 C
ITCD-206	29.0 ABC	42.3 E	32.4 BCD	34.6 C
ITCD-32	24.6 C	43.6 CDE	38.7 ABC	35.7 BC
ITCD-31	15.7 D	46.4 BCD	39.3 ABC	35.1 BC
<b>Media</b>	<b>27.9</b>	<b>46.5</b>	<b>34</b>	<b>36.3</b>
ITCD-184*	31.8 AB	43.5 DE	32.8 BCD	36.6 BC
DMS	6.06	5.69	7.35	3.92

Promedios con letras iguales no son estadísticamente diferentes, DMS(0.05); \* Testigo.

206 e ITCD-207 con 5.2 cm cada una de ellas. Para diámetro de fruto (DF) existieron diferencias estadísticas significativas entre localidades y tratamientos, y significativa para la interacción, el menor diámetro promedio encontrado en Izamal (ITCD-206) y el de mayor (ITCD-37) en Acanceh presentaron una diferencia de 2.5 cm. La altura de planta fue afectada por el ambiente de evaluación. Así por ejemplo, se observa (Tabla 6) que las poblaciones ITCD-28, ITCD-210 e ITCD-209, presentaron el mayor promedio para esta variable en forma combinada y superaron al testigo ITCD-185, pero en Izamal, como ambiente individual fueron superados por el testigo. Mientras que ITCD-206, ITCD-185 e ITCD-207, presentaron la menor altura (42.7, 44.5 y 45.7 cm) con respecto a la media general (48.0 cm) y al testigo

(48.6 cm). Los ambientes que interaccionaron en mayor grado con la expresión de esta característica, en las poblaciones mencionadas, fueron Conkal y Acanceh.

## DISCUSIÓN

El haber encontrado diferencias significativas en las variables evaluadas a través de los ambientes de evaluación, señala las diferencias entre éstos, resultado similar encontraron Zewdiel & Poulos (1996) para rendimiento total de fruto. La variación (coeficientes de variación bajos) son valores muy similares a los reportados por Montañó-Mata & Cedeno (2002); y Echandi (2005) para rendimiento de fruto en diferentes tipos de chiles. Esta variación en las variables estudiadas en Chile

**Table 5.** Comportamiento medio de días al inicio de cosecha y número de frutos por planta de las poblaciones de chile dulce evaluadas en tres localidades del estado de Yucatán, México.

**Table 5.** Average behaviour of days to harvest and number of fruits per plant in the evaluated sweet chili populations in three localities in the state of Yucatán, Mexico.

Días a inicio de cosecha				
Clave	Conkal	Acanceh	Izamal	Combinado
ITCD-209	63.0 C	67.0 C	73.0 B	67.0 E
ITCD-183	63.0 C	71.7 ABC	68.5 BCD	67.6 E
ITCD-28	63.0 C	76.0 A	67.0 CD	67.8 E
ITCD-210	63.0 C	72.5 AB	73.0 B	69.1 DE
ITCD-37	63.0 C	73.0 AB	73.0 B	69.3 DE
ITCD-185	63.0 C	75.3 A	73.0 B	69.3 CDE
ITCD-207	73.7 B	67.0 C	73.0 B	71.2 BCD
ITCD-206	79.3 A	67.0 C	70.0 BC	72.1 BC
ITCD-32	79.0 A	74.0 A	64.0 D	73.4 B
ITCD-31	79	74.3 A	89.0A	79.8 A
<b>Media</b>	<b>68.2</b>	<b>71.4</b>	<b>72.2</b>	<b>70.5</b>
ITCD-184*	63.0 C	68.3 BC	73.00 B	68.1 E
DMS	4.6	6.76	5.5	2.77
Número de frutos por planta				
	Conkal	Acanceh	Izamal	Combinado
ITCD-209	32.9 BC	22.1 ABC	24.1 ABC	27.3 BC
ITCD-183	30.5 BCD	19.6 BC	16.4 CD	22.9 CDE
ITCD-28	30.1 BCD	19.3 C	30.1 AB	26.5 BC
ITCD-210	36.6 BC	21.9 ABC	22.3 BCD	26.2 BCD
ITCD-37	29.2 CD	22.2 ABC	32.4 A	28.1 B
ITCD-185	40.0 B	20.7 BC	23.2 ABC	29.8 B
ITCD-207	29.3 CD	24.4 AB	27.4 AB	27.0 CB
ITCD-206	59.8 A	26.4 A	27.5 AB	37.9 A
ITCD-32	22.0 D	19.1 C	24.1 ABC	21.7 DE
ITCD-31	27.9CD	22.9ABC	13.0 D	21.5 E
<b>Media</b>	<b>33.1</b>	<b>21.6</b>	<b>24.9</b>	<b>26.8</b>
ITCD-184*	28.5 CD	20.6 BC	30.8 AB	26.1 BCDE
DMS	6.06	5.69	7.35	3.92.

Promedios con literales iguales no son estadísticamente diferentes, DMS(0.05); \* Testigo

dulce puede ser debida tanto a las diferencias genéticas entre las poblaciones, como a las condiciones ambientales de los sitios de prueba (interacción genotipo x ambiente), ya que éste influye más en la expresión de algunos caracteres como el peso y largo de fruto, y altura de la planta. Los resultados encontrados en el presente trabajo coinciden con lo reportado en chile por Carrillo *et al.* (1991), Stofella *et al.* (1995), y Hernández (1996), quienes reportaron significancia en chile pimiento para rendimiento total de fruto y sus componentes en los análisis de varianza individual y combinado. En este sentido y a lo establecido por Márquez (1992), la significancia del efecto ambiental registrada en el análisis de varianza en el presente estudio, indica que la producción promedio de las poblaciones evaluadas fue estadística-

mente diferente a través de los ambientes, es decir, el rendimiento es afectado por la interacción que se establece entre el genotipo y el ambiente, en virtud del rendimiento relativo de los fenotipos en diferentes ambientes (Poehlman & Allen 2003). Respecto a Reyes (1995), menciona que la variación que se encuentra en los sitios de evaluación puede atribuirse a la acción conjunta del ambiente, a la acción genética (segregación y recombinación) o la interacción genotipo x ambiente (IGA), y que ésta tiene una parte que es heredable, la cual debe conocerse su naturaleza dado que es una fuente de variabilidad sobre la cual se puede realizar la selección (Bucio 1992). Se ha establecido también, que al considerar la importancia de la IGA (interacción genotipo x ambiente) en estudios enfocados al mejora-

**Table 6.** Comportamiento medio de altura de planta, y longitud y diámetro de fruto de las poblaciones de chile dulce evaluadas en tres localidades del estado de Yucatán, México.

**Table 6.** Average behaviour of plant height, and fruit length and diameter in the evaluated sweet chili populations in three localities in the state of Yucatán, Mexico.

Longitud de fruto (cm)				
Clave	Conkal	Acanceh	Izamal	Combinado
TCD-185	5.1C	5.8BC	5.1BC	5.4CD
ITCD-206	5.0C	5.9BC	4.7C	5.2D
ITCD-210	5.0C	5.6C	5.3BC	5.3CD
ITCD-183	5.4BC	7.1A	5.9A	6.1A
ITCD-28	6.0A	6.1BC	5.6AB	5.9A
ITCD-37	5.4BC	5.8BC	5.4AB	5.5BC
ITCD-207	5.2C	5.7BC	4.7C	5.2CD
ITCD-209	5.2C	5.9BC	4.8C	5.3CD
ITCD-32	5.8AB	6.3B	5.5AB	5.8AB
ITCD-31	5.1C	6.3B	4.7C	5.4CD
<b>Media</b>	<b>5.3</b>	<b>6</b>	<b>5.2</b>	<b>5.5</b>
ITCD-184*	5.0C	5.8BC	5.3BC	5.4CD
DMS	0.52	0.6	0.58	0.31
Diámetro de fruto (cm)				
	Conkal	Acanceh	Izamal	Combinado
TCD-185	5.4BC	5.9BC	5.1BC	5.4ABCD
ITCD-206	5.3BCD	5.6BCD	4.4D	5.1E
ITCD-210	5.6B	6.1B	5.5AB	5.7A
ITCD-183	5.1CD	6.0BC	5.4ABC	5.4BCDE
ITCD-28	5.1BCD	5.7BCD	4.9CD	5.2DE
ITCD-37	5.3BCD	6.9A	5.0BC	5.6ABC
ITCD-207	5.1BCD	5.6BCD	5.0BC	5.2DE
ITCD-209	6.4A	5.6BCD	4.9C	5.7AB
ITCD-32	5.1BCD	5.3D	5.6A	5.3CDE
ITCD-31	4.8D	5.7BCD	5.1ABC	5.2DE
<b>Media</b>	<b>5.3</b>	<b>5.8</b>	<b>5.1</b>	<b>5.4</b>
ITCD-184*	5.2BCD	5.5CD	5.1BC	5.2DE
DMS	0.52	0.5	0.49	0.28
Altura de planta (cm)				
	Conkal	Acanceh	Izamal	Combinado
TCD-185	46.1DE	41.3ED	46.1BC	44.5FG
ITCD-206	51.6BCDE	41.6ED	34.9E	42.7G
ITCD-210	57.5AB	50.0AB	47.9BC	51.8AB
ITCD-183	53.8BC	44.3CD	43.9CD	47.3CDEF
ITCD-28	63.2A	54.3A	43.6CD	53.7A
ITCD-37	53.0BCD	44.4BCD	42.6CD	47.3CDEF
ITCD-207	44.8E	37.5E	55.4A	45.7EFG
ITCD-209	61.2A	44.9BCD	46.3BC	50.8ABC
ITCD-32	53.1BC	54.7A	38.6DE	49.6BCD
ITCD-31	46.9 CDE	48.3 BC	42.9 CD	46.0DEFG
<b>Media</b>	<b>52.9</b>	<b>46.2</b>	<b>44.5</b>	<b>48</b>
ITCD-184*	51.3BCDE	44.0CD	51.5AB	48.6BCDE
DMS	6.99	5.69	7.34	3.67

Número con literales iguales no son estadísticamente diferentes, DMS (0.05); \* Testigo.

miento genético de un cultivo en particular, el principal interés es determinar qué proporción de la expresión fenotípica es debido a efectos genotípicos y ambientales (Hallauer & Miranda 1988).

También Torres (2000), menciona que este efecto (IGA) puede observarse cuando se cultivan diferentes genotipos en distintos ambientes ya que la expresión fenotípica de cada genotipo generalmente se manifiesta de diferente manera en cada ambiente o localidad. Con base en lo anterior, se puede seleccionar a las poblaciones que se comportan mejor en cada ambiente de prueba y sugerirse como germoplasma sobresaliente o iniciar un programa de selección para obtener material sobresaliente y con adaptación específica a ese ambiente en particular.

El efecto de la interacción genotipo x ambiente (IGA) que presentaron las poblaciones evaluadas, puede ser interpretado como la respuesta que presentaron las poblaciones evaluadas difieren en su patrón de respuesta a cada ambiente en particular (Zewdiel & Poulos 1996). ITCD-209 manifestó buen comportamiento para rendimiento de fruto a través de ambientes (Conkal y Acanceh), ya que fue la mejor con 28.5 y 21.6 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Sin embargo, en la localidad de Izamal la misma población (ITCD-209) mantuvo un buen rendimiento de fruto (17.9 t ha<sup>-1</sup>). En Izamal sobresalió la población ITCD-28 (19.9 t ha<sup>-1</sup>) seguida por la población ITCD-32 (19.6 t ha<sup>-1</sup>), pero esta última presentó rendimiento muy bajo tanto en Acanceh como en Conkal, manifestando con ello su pobre adaptación a esos ambientes. Es decir hubo interacción genotipo x ambiente (IGA) para la variable mencionada. En general, las poblaciones se comportaron diferentes en cada ambiente de prueba, tal como lo reflejó el análisis de varianza. Lo anterior hace suponer que las condiciones edafo-climáticas como el tipo de suelo, precipitación y temperatura en cada ambiente influyeron en la expresión fenotípica y genotípica de cada población, comportamiento que coincide con lo establecido por Chávez (1993), quien señala que las plantas responden en forma diferente a las variaciones edafo-climáticas de cada ambiente.

La población ITCD-209 mostró el mayor rendimiento; sin embargo, no fue la de mayor peso de frutos, ya que en forma general su peso no superó a la media general de todas las poblaciones, y en Izamal fue la población que mostró el menor peso, lo que indica que, el peso de fruto de esta población es muy influenciada por el ambiente. En las tres localidades de prueba la población ITCD-183 sobresalió por sus altos valores de peso de fruto (Tabla 4). Nuestros resultados superan a los reportados por Echandi (2005), en chile jalapeño,

y ello se debió a la interacción genotipo x ambiente.

El encontrar diferencias en las poblaciones evaluadas para días a inicio de cosecha tanto dentro de ambientes como entre ambientes, corrobora la alta significancia observada en la interacción genotipo x ambiente (IGA) en el análisis de varianza combinado para esta variable. En general las poblaciones más precoces a floración (datos no presentados) fueron las más precoces a días a inicio de cosecha. Por otro lado, también se observó que los materiales con mayor rendimiento tendieron a ser más tardíos, pero los más tardíos no fueron los de mayor rendimiento, al contrario, estuvieron entre los de menor producción, por ejemplo la población ITCD-31 (Tabla 4 y 5). Este comportamiento de las poblaciones tardías se debe a que formaron más biomasa, lo que podría deberse a un crecimiento y desarrollo insuficientes de las mismas, en respuesta a un pobre desarrollo radical observado desde las etapas iniciales del establecimiento en el campo. Resultados similares fueron reportados por Trujillo-Aguirre *et al.* (2004). Contrariamente en chile habanero se observó que las poblaciones de mayor rendimiento tendieron a ser precoces o intermedias, pero se coincidió con el presente estudio en que las más tardías no fueron las de mayor rendimiento de fruto (Pech *et al.* 2010).

Las poblaciones que presentaron mayor número de frutos por planta (ITCD-37 y ITCD-209) presentaron bajo peso de fruto y los que presentaron mayor peso de frutos estuvieron entre los de valor intermedio para número de frutos por planta (ITCD-183 y ITCD-28), esta respuesta se entiende como un efecto compensatorio de las variables mencionadas (Tabla 5). El número de frutos por planta es una variable muy importante para seleccionar germoplasma con alto rendimiento total de fruto; esto coincide con lo observado por Thakur (1993), quien encontró que el rendimiento de *C. annum* está relacionado con el número de frutos por planta, así como con el número de ramas por planta. La característica mencionada (número de frutos por planta) es un componente muy importante en la determinación del rendimiento de fruto y es considerado por algunos investigadores como el componente de mayor efecto en el rendimiento. Además, éste es un carácter que puede utilizarse como índice de selección indirecta para identificar genotipos sobresalientes en campo (Depestre *et al.* 1985; Ramírez 1996).

Para el caso del chile dulce, los caracteres longitud de fruto (LF) y diámetro de fruto (DF) son muy importantes para seleccionar cultivares con buena calidad, ya que el consumidor tiene cierta preferencia por los frutos que muestran menor longitud pero de mayor diámetro (Figura 1) y de tamaño intermedio para el mer-



**Figure 1.** Fruto de chile dulce donde se aprecia que el ancho es mayor que la longitud.  
**Figure 1.** Sweet chili fruit where one may see that the width is greater than the length.

cado en fresco. En este sentido la población ITCD-210 e ITCD-209 son las que presentan los frutos de menor proporción largo/ancho (0.925 y 0.949, respectivamente), por lo que se puede decir que son los que presentan mejor calidad de fruto; la población ITCD-183 que sobresalió en el rendimiento de fruto presenta frutos alargados, además de forma un poco irregular (datos no presentados) lo que le resta calidad. Resultados que se asemejan a lo reportado por Montaña-Mata (2000), quien estableció que características como el diámetro y longitud de fruto son fundamentales para determinar la

calidad, tamaño y peso de los frutos de chile.

En general se observó que las plantas de mayor altura mostraron tendencia a registrar mayor número de frutos por planta y peso individual de fruto superior a la media general combinando localidades, lo que condujo a que ITCD-210 (51.8 cm), ITCD-28 (53.7 cm) e ITCD-209 (50.8 cm) presentaran los mayores rendimientos de fruto. Esto se debió a que en cada entrenudo las plantas tienen capacidad para emitir flores, por lo que aquellas plantas con más altura fueron las de mayor rendimiento.

En conclusión, las poblaciones que sobresalieron de acuerdo a la evaluación para rendimiento de fruto y características agronómicas fueron: ITCD-209 (23.5 t ha<sup>-1</sup>), ITCD-183 (21.1 t ha<sup>-1</sup>) e ITCD-28 (18.7 t ha<sup>-1</sup>). La primera presentó mayor número de frutos por planta (37.8) y peso de fruto medio (33.8 g) con comportamiento intermedio para días a inicio de cosecha (72.1 días) y con potencial para ser mejorada en cuanto a calidad de fruto (largo/diámetro); la segunda población (ITCD-183) igualmente mostró buen potencial de rendimiento pero forma del fruto alargado y variable, caracteres no deseables para consumo; mientras que, la tercera (ITCD-28) que estuvo entre las de mayor peso de fruto (39.2 g) presentó menor número de frutos por planta (28.1) y mayor altura de planta (53.6 cm). Por otro lado, las condiciones de evaluación afectaron en diferente forma el comportamiento de las poblaciones evaluadas, es decir la interacción genotipo x ambiente influyó en la respuesta de las variables evaluadas, así se tienen materiales sobresalientes para ambientes específicos como ITCD-28 e ITCD-32 para Izamal e ITCD-209 para Conkal y Acanceh.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar RVH, Corono TT, López LP, Latournerie ML, Ramírez MM, Villalón MH, Aguilar CJA (2010). Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Posgraduados, INIFAP, IT de Conkal, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 114 p.
- Anuario (2008) Anuario Estadístico de la Producción Agrícola a Nivel estatal, Distrital y Municipal de Yucatán. SAGARPA. 330 p.
- Bosland PW, Votava EJ (2000) Peppers: Vegetable and Spice Capsicums. Crop Production Science in Horticulture 12. CAB International Publishing, Wallingford, England, UK. 204 p.
- Bucio AL (1992) Aspectos Históricos de la Interacción Genotipo-Ambiente y la Contribución del Grupo Bucio-Jinks. Origen de la Estimación de las Interacciones. Memorias Simposio Interacción Genotipo-Ambiente en Genotecnia Vegetal (México). 26 y 27 de marzo de 1992. Guadalajara, Jal. pp. 29-65.
- Carrillo NC, Vallejo CFA, Estrada SE (1991) Adaptabilidad y estabilidad fenotípica de líneas e híbridos de pimentón, *Capsicum annum* L. Acta Agronómica (Colombia) 41(1-4): 21-36.
- Chávez AJL (1993) Mejoramiento de plantas 1. Editorial trillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (México). pp: 29-31.

- Depestre T, Gómez O, Espinosa J (1985) Genetic parameters in pepper (*Capsicum annuum*). *Capsicum & eggplant newsletter* (Italia). 4: 28.
- Duch GJ (1991) *Fisiografía del estado de Yucatán*. Universidad Autónoma Chapingo, México. 229 p.
- Echandi GCR (2005) Estabilidad fenotípica del rendimiento en líneas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) durante la época lluviosa en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* (Costa Rica) 29: 27-44
- Eshbaugh WH (1975) Genetical and biochemical systematic studies of chili peppers (*Capsicum-Solanaceae*). *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 102: 396-403.
- FAOESTAT (2008) Food and agricultural commodities production. [www.faostat.fao.org/site/291/default.aspx](http://www.faostat.fao.org/site/291/default.aspx).
- Hallauer AR, Miranda-Fo JB (1988) *Quantitative genetics in maize breeding*. 2da. Edición. Iowa State University Press/Ames (USA). 468 p.
- Hernández HJ (1996) Yield performance of Jalapeño pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.). *Capsicum & Eggplant Newsletter* (Italia), 14: 47-50.
- IBPGR (1983) Genetic resources of *Capsicum*: A Global Plan of Action. International Board for Plant Genetic Resources. AGPG/IBPGR/82/12. Rome, Italy. 49 p.
- IPGRI-AVRDC-CATIE (1995) Descriptores para *Capsicum* (*Capsicum* spp). En: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia, Centro Asiático para el Desarrollo y la Investigación relativos a los Vegetales, Taipei, Taiwán y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica
- Jaramillo S, Baena M (2000) Material de apoyo a la capacitación en conservación ex situ de los recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos, Cali, Colombia. pp: 7-10.
- Lindsey K, PW Bosland (1996) A field study of environmental interaction on pungency. *Capsicum & Eggplant Newsletter* (Italia), 14: 35-37.
- Loaiza-Figueroa, F Ritland, K Laborde-Cancino, JA Tanksley, S.D. (1989). Patterns of genetic variation of the genus *Capsicum* (Solanaceae) in Mexico. *Plant Systematics and Evolution* 165: 159-188.
- Long-Solís J (1986) *Capsicum y cultura: la historia de chile*. Fondo de Cultura Económica, México. 203 p.
- Márquez SF (1992) La interacción genético-ambiental en genotecnia vegetal. Revisión. *Memorias Simposio Interacción Genotipo-Ambiente en genotecnia Vegetal* (México). 26 y 27 de marzo de 1992. Guadalajara, Jal. pp. 1-27.
- Milla, A. (2006). *Capsicum de capsas, cápsula el pimiento*. Pimientos, *Compendios de Horticultura*. Capítulo 2. Pp. 21-31.
- Montaño-Mata N (2000) Efecto de la edad de transplante sobre el rendimiento de tres selecciones de Aji dulce (*C. annuum* L.). [www.pegasus.ucla.edu/ve/BIOAGRO/Bioagro%2012\(2\)/Transplante](http://www.pegasus.ucla.edu/ve/BIOAGRO/Bioagro%2012(2)/Transplante). Htm-77k.200
- Montaño-Mata N, Cedeño E (2002) Evaluación agronómica de siete cultivares de pimentón (*Capsicum annuum* L.). *Revista UDO Agrícola* (Venezuela) 2: 95-100.
- Montes CF y Martínez CJ. (1992). Prácticas culturales relacionadas con la producción de semilla de chile. In: Mendoza, O. L. Favela, C. E. Cano, R. P. y Esparza M J H (1992). *Situación actual de la producción, investigación y comercio de semillas en México*. Memoria tercer Simposium, Torreón, Coahuila, México. p. 80-101.
- Paran I, Aftergoot E & Shifriss Ch (1998) Variation in *Capsicum annuum* revealed by RAPD and AFLP markers. *Euphytica* 99: 167-173.
- Pech M AM, Castañón NG, Tun SJM, Mendoza E M, Mijangos CJO, Pérez GA, Latournerie ML(2010). Efectos heteróticos y aptitud combinatoria en poblaciones de chile dulce (*Capsicum annuum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 33 (4): 353-360.
- Poehlman JM, Allen SD (2003) *Mejoramiento genético de las cosechas*. 2da. Edición. Editorial Limusa S.A de C. V. México. 511 p.
- Pozo CO, Montes HS, Redondo JE (1991) Chile (*Capsicum spp.*) In: Ortega PR, Palomino HG, Castillo GF, González HVA, Livera MM (Ed.). *Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos en México*. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. Chapingo, México. pp. 217 - 238.
- Ramírez J (1996) El Chile. *Biodiversidad* (México) 2: 8-14.

- Reyes CP (1995) Bioestadística aplicada: Agronomía Biología Química, Editorial trillas. México 35 p.
- Soria FM, Trejo RJA, Tun SJM, Reinaldo TS (2002) Paquete tecnológico para la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq). Instituto Tecnológico Agronómico No. 2 de Conkal, Yucatán (ITA). pp: 31-36.
- Stofella PJ, Locascio SJ, Howe TK, Olson SM, Shuler KD, Vavrina ChS (1995) Yield and Fruit size Stability Differs among Bell Pepper Cultivars J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120: 325-328.
- Thakur PC (1993) Correlation studies in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Capsicum & Eggplant Newsletter* (Italia). 12: 56-57.
- Torres ES (2000) Interacción Genotipo x Ambiente y Análisis de Estabilidad en Ensayos Regionales de Caña De Azúcar En Venezuela. [www.ceniap.gov.ve/bdigital/cana/cana1901/texto/rrea.htm](http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/cana/cana1901/texto/rrea.htm).
- Trujillo-Aguirre, JGG, Pérez-Llanes CR (2004). Chile habanero *Capsicum chinense* Diversidad varietal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto Técnico. México. 24 p.
- Zewdiel Y, Poulos JM (1996) Stability analysis in hot pepper. *Capsicum and Eggplant Newsletter* (Italia) 14: 38-41.