

Mejoramiento Genético para Rendimiento en Chile (*Capsicum annum L*) para Consumo en Seco en la Región Centro-Sur del Estado Chihuahua, México

Genetic Improvement for Yield in Chilli (*Capsicum annum L*) for Dry Consumption in the Central-Southern Chihuahua State, Mexico

Armando Segovia-Lerma¹✉ y Ángela Yumil Romero-Mozqueda²

¹ Profesor – Investigador de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua. Avenida Cuauhtémoc No. 1800, Edificio empresarial, 3er. Piso; Chihuahua, Chih. C.P. 31020. E-mail: direccion@coecytech.gob.mx ✉Autor para correspondencia

² Investigadora de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua., Cd. Universitaria S/N Campus 1 C.P. 31310 A.P. 24; Chihuahua, Chih. Tel (614) 439.1844, FAX (614) 439.1845.

Recibido: 14/01/2014

Aceptado: 16/07/2014

RESUMEN

La presente investigación dio inicio a un programa de mejoramiento genético para la obtención de variedades de chile con mayores rendimientos para variedades de consumo en seco, con adaptación ecológica en el centro-sur del Estado de Chihuahua. Se evaluaron 66 líneas derivadas de los compuestos de primer ciclo de selección masal visual estratificada, además se incluyeron las poblaciones originales de algunas de las variedades; en total de líneas y cruzas se evaluaron 113 materiales mejorados. La evaluación de campo se realizó con un diseño de bloques completos al azar, con seis repeticiones. Para analizar el rendimiento se hizo un análisis de varianza y prueba de tukey con $p=0.05$. Los resultados indicaron en algunos de los casos, un alta y significativa expresión de heterosis respecto a su progenitor y sus respectivas poblaciones criollas, siendo el más sobresaliente el híbrido Negro X Mirasol-8, que superó significativamente a sus dos progenitores en 178% a Negro (mejor progenitor) y 249% a Mirasol. El presente trabajo es gran trascendencia en el área científica y agrícola, ya que proporciona datos contundentes sobre mejoramiento de semilla producida regionalmente, dando la pauta al beneficio de rentabilidad que a los productores nacionales esto les conlleva.

Palabras clave: Heterosis, Híbridos, Chile Chilaca, Chile Negro, Chile Mirasol.

ABSTRACT

This research was carried out in order to develop a breeding program to obtain improved populations of chili used in dried-fruit consumption, ecologically adapted to the conditions of Center and South Chihuahua. Visual Stratified Mass Selection was conducted during a cycle with unimproved populations of Negro and Mirasol chili; 66 lines were evaluated. The evaluation included a total of 113 lines and improved populations of chili. The Field evaluation was conducted in a randomized design of complete blocks with six repetitions. In order to measure fresh fruit yield, a variance analysis and a Tukey ($p=0.05$) test were performed. The results indicated in some cases, a high and significant expression of heterosis in regard to their parent and their creole populations. The most outstanding resulted to be the hybrid Negro X Mirasol-8, which significantly exceeded to both of its parents, in 178% to Negro (best parent) and 249% to Mirasol. This research is of great importance to the scientific and farming areas, due to the fact that it provides absolute and truthful data about the improvement of regionally produced seeds; which leads to the benefits of profitability for national chili seeds producers.

Key words: Heterosis, Hybrid, Chilaca Chili, Negro Chili, Mirasol Chili.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del chile (*Capsicum annuum* L.) es una de las ocho hortalizas más producidas en el mundo con 24 millones de toneladas anuales. China produce 12 t de chile, México 1.8 t y Turquía 1.79 t por año (FAO, 2004). México se ubica como el segundo país exportador de esta hortaliza con más de 461,000 t que genera divisas con un valor de 300 millones de dólares (SAGARPA, 2005). El chile chilaca junto con el chile jalapeño son de gran importancia para el Estado de Chihuahua, ya que son dos tipos de chile que más se siembran; el cultivo de chile chilaca es de los que impacta más en la economía agrícola ya que representa el 22 % de la producción total de chiles (SAGARPA, 2004). El chile Negro Vallero, presenta buenas perspectivas por su aroma, sabor, y picor, aunque tiene la más baja participación con un 0.1 % a nivel estatal (SAGARPA, 2003). En Chihuahua anualmente

se producen alrededor de 100,000 toneladas y un valor directo de 325 millones de pesos y se establecen alrededor de 4,534 hectáreas de chile Chilaca, con un rendimiento medio de 22 ton/ha.; en Sonora se producen 13,000 t en 1,068 ha Con un valor de 94 millones de pesos; y Sinaloa donde se cosechan 820 ha Con una producción de 19 mil t y un valor de producción de 78 millones de pesos (SAGARPA, 2004). Esto ha colocado a Chihuahua como el principal productor de esta hortaliza durante los últimos diez años. Uno de los principales problemas que limitan su producción es la falta de materiales genéticos mexicanos, pues actualmente las variedades o híbridos empleados comercialmente por productores chihuahuenses, son de origen estadounidense.

Los principales limitantes en la producción de chiles para consumo en seco en esta región son los siguientes:

- 1) Falta de variedades mexicanas, mejor adaptadas y competitivas, cuando la mayoría de la superficie estatal establecida conchiles para consumo en seco se utiliza semilla nacional.
- 2) Semillas extranjeras con mezclas, con baja adaptabilidad a las condiciones agroecológicas de nuestro estado de chihuahua.
- 3) Alto costo de la semilla importada, que básicamente son variedades de origen norteamericanas.
- 4) Baja disponibilidad de la semilla de chiles para consumo en seco en el momento oportuno para su siembra.
- 5) Se tiene requerimientos específicos de mercado. La demanda para el sector productivo de chile a nivel nacional, es generar variedades e híbridos nacionales de chile con características sobresalientes de rendimiento y calidad en cuanto a grosor de pared, tamaño, picor y color (COFUPRO, 2005).

Una de las estrategias de respuesta que se han desarrollado en esta área es el mejoramiento genético por medio de hibridación. La hibridación es el aprovechamiento de la generación F1 proveniente del cruzamiento entre dos poblaciones P1 y P2 (poblaciones paternas). P1 y P2 son dos poblaciones de la misma especie, y por lo tanto, pueden tener la estructura genotípica adecuada a los objetivos que se persigan en la utilización comercial de la F1 o bien como un aprovechamiento en el paso inicial o intermedio para aplicar algún otro método geotécnico. De ahí que las poblaciones pueden ser líneas endogámicas, variedades de polinización libre, variedades sintéticas o también las poblaciones F1 (Márquez, 1988). La hibridación es un método que permite obtener rendimientos más altos en cruza simples o

dobles, que tienen amplia adaptabilidad ambiental y poca interacción en el ambiente (Morfin, 1990).

Por su parte, Falconer (1981) describe a la heterosis como el comportamiento de la progenie más allá de los límites impuestos por los progenitores. Los efectos genéticos y la heterosis son datos importantes para evaluar el valor del potencial genético de un grupo de progenitores en un programa de mejoramiento, así como de las progenies que resultan del cruzamiento entre ellos. Heterosis es un término utilizado en genética, crianza y mejoramiento selectivo. También es conocido como vigor híbrido, describe la mayor fortaleza de diferentes características en los mestizos; la posibilidad de obtener “mejores” individuos por la combinación de virtudes de sus padres. El vigor híbrido o heterosis es la superioridad individual de animales o plantas, que se obtiene por el apareamiento o cruce entre progenitores menos relacionados entre sí por encima de los representantes promedio de la población de su procedencia.

Para coadyuvar en la solución a la problemática relacionada con la falta de variedades mejoradas nacionales de chile para consumo en seco, en el Estado de Chihuahua, el presente trabajo de investigación fue realizado con los siguientes objetivos.

- Evaluar el rendimiento de 43 híbridos obtenidos entre dos variedades de chile chilaca y genotipos seleccionados en dos poblaciones criollas de chile para consumo en seco, negro y mirasol, así como híbridos obtenidos entre negro y mirasol.
- Estimar, en los híbridos superiores en rendimiento, la heterosis respecto al mejor progenitor.

- Evaluar 66 líneas derivadas por selección en dos poblaciones criollas de chile negro y mirasol.
- Dilucidar respecto al potencial de empleo comercial de los híbridos y líneas a evaluar.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en el municipio de Meoqui, Chih., en lo referente a la evaluación de los progenitores y sus cruzas alélicas; se encuentra localizado entre los 28° 27" y 27° 22" latitud Norte y entre los 103° 17" y 105° 55" longitud oeste a una altura media de 1165. El clima de acuerdo al sistema de Koeppen, modificado por García (1981) es de tipo seco y desértico (BW). Las temperaturas medias mensuales varían de 10.5 a 29.9°C con temperaturas extremas mínimas entre -5 y -10°C, máximas entre 35 y 42°C; el periodo libre de heladas varía de 172 a 286 días con una media de 245 días. La precipitación media anual es de 290 mm, de los cuales el 85 % ocurre en los meses de junio a octubre (Caedel, 1984). El material genético experimental empleado en el presente estudio estuvo constituido por las poblaciones Parker, Colegio-64, Negro y Mirasol; 29 líneas de Negro; 37 líneas de Mirasol; 27 híbridos de la cruce Chilaca x Negro, 3 híbridos de la cruce con Colegio-64 y 24 híbridos de la cruce con Parker; 13 híbridos de la cruce Chilaca x Mirasol, 12 híbridos de la cruce Parker x Mirasol y 1 híbrido de la cruce Colegio-64 x Mirasol; y 3 híbridos de la cruce Negro por Mirasol. En total, 113 materiales genéticos fueron evaluados. Los 113 materiales genéticos fueron establecidos por trasplante y evaluados en campo en la localidad de Meoqui durante el ciclo agrícola 2007, empleando el diseño de bloques completos aleatorizados con seis

repeticiones. El tamaño de la unidad experimental fue de dos surcos de 7.5 m de longitud por 0.90 m de ancho. A la cosecha, el rendimiento en fresco de cada parcela fue cuantificado en kg por parcela transformando su valor a ton/ha. El rendimiento producido por los 113 materiales genéticos evaluados en el estudio fue analizado mediante análisis de varianza, empleando el modelo de diseño de bloques completos al azar, descrito por Martínez-Garza (1988). Adicionalmente, la prueba de medias de Tukey con $p = 0.05\%$ se practicó después del análisis de varianza. La heterosis con respecto al mejor progenitor fue calculada en las cruces superiores. La heterosis con respecto al mejor progenitor (HMP) se calculó empleando la siguiente fórmula:

$$HMP = F_1 - MP$$

Dónde:

HMP: Heterosis con respecto al mejor progenitor

F₁: Rendimiento del híbrido

MP: valor del mejor progenitor, medido como el rendimiento del progenitor superior en el híbrido.

La significancia estadística de los valores de heterosis fue obtenida empleando la técnica de contrastes ortogonales (Martínez-Garza, 1988). Cabe mencionar que las cruces evaluadas se realizaron entre plantas seleccionadas en las poblaciones criollas y en las variedades, y que la heterosis de los híbridos así obtenidos fue calculada empleando el rendimiento promedio de las poblaciones criollas Negro y Mirasol y de las variedades Parker y Colegio-64, según fuera el caso, de donde las plantas que dieron origen a los híbridos fueron seleccionadas.

RESULTADOS

En el Cuadro 1 se presenta los resultados del análisis de varianza practicado para el rendimiento total en fresco obtenido en ton/ha en dos cortes practicados a los 113 genotipos de chiles chilaca, negro y mirasol evaluados. Los

factores ambientales y repeticiones produjeron efectos altamente significativos sobre el rendimiento total de los genotipos de chile evaluados. No obstante el coeficiente de variación resultó de un alto valor, ello no impidió la detección efectiva de diferencias genotípicas en el rendimiento.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza practicado al rendimiento total en fresco (kg/ha) de 113 genotipos de chile evaluados. Mecoqui, 2007.

Carácter	Bloques	Genotipos	Error	C.V.
g.l.	5	112	310	%
Rendimiento	532023115**	307521603**	86900366	62.34

** : Significativo al 1%

El análisis de medias, practicado a los 113 genotipos de chile, indicó que, para la cruza Chilaca X Parker, sólomente los híbridos Parker x Negro-4 y Parker x Negro-3 significativamente ($p=0.05$) superaron el rendimiento total de sus progenitores, Parker y Negro, produciéndose una heterosis significativa sobre el mejor progenitor (HMP), la variedad Parker (Cuadro 2). En el caso del híbrido Parker x Negro-4, éste exhibió 31.416 ton/ha más que Parker, el mejor progenitor, correspondiendo a una superioridad en 92% con respecto al rendimiento de Parker.

Adicionalmente, el híbrido Parker x Negro-4 produjo 53.4 ton/ha más que el progenitor criollo Negro, representando un incremento del 439% de rendimiento en el híbrido con respecto a Negro.

El híbrido Parker x Negro-3 produjo 38.0 ton/ha más que el criollo negro, lo que representó un incremento del 312% con respecto al criollo Negro (Cuadro 2). Frutos de cuatro

Cuadro 2. Promedios del rendimiento de progenitores y heterosis respecto al mejor progenitor de sus híbridos para la cruza Chilaca x Negro. Mecoqui, 2007.

Híbrido	Heterosis MP	Híbrido Vs. Negro
Parker x Negro-4	31.416 ton/ha (92%)*	53.4ton/ha (439%)*
Parker x Negro-3	16.018 ton/ha (47%)*	38.0ton/ha (312%)*

*: Significativo al 5%

Parker x Negro-4 = 65.53 ton/ha; Parker x Negro-3 = 50.132 ton/ha;
 Parker = 34.114 ton/ha; Negro = 12.153 ton/ha.
 Híbridos de la cruce Parker x Negro pueden ser visualizadas en la Imagen 1.



Figura 1. Frutos de cuatro híbridos de la cruce Chilaca x Negro. Meoqui, 2007.

Los híbridos Chilaca x Negro-4, 25 y 19, presentaron, en fresco, frutos de color verde obscuro, heredado del progenitor criollo Negro, pues el progenitor Parker presenta frutos de color verde normal; asimismo, el híbrido 4 de esta cruce presentó, al madurar, frutos de color negro, heredado del progenitor criollo Negro, mientras que los frutos maduros de los híbridos 25 y 19, aunque mayoritariamente fueron negros, un bajo porcentaje de ellos presentaron el color rojo, característico de chilaca Parker. En cambio, los frutos del híbrido 21 presentaron, en fresco, color verde, característico de Parker, y, maduros, color negro, característico de Negro.

En el caso de la cruce Chilaca X Mirasol, los dos híbridos superiores, resultaron estadísticamente similares en rendimiento al mejor progenitor, la variedad Parker, por lo que no exhibieron expresión de heterosis significativa (Cuadro 3). No obstante, los híbridos mostraron características de fruto distintas entre sí y que combinaron de forma interesante algunas características de sus progenitores, como la forma, apariencia, color en fresco y color al madurar de sus frutos, lo cual indica lo adecuado que sería la evaluación de la utilidad agroindustrial de sus características organolépticas en salsas roja y

verde de frutos frescos y roja de chile seco cocido y licuado, además del empleo de tales

salsas en varios platillos. Además, los dos híbridos.

Cuadro 3. Promedios del rendimiento en fresco de progenitores y sus híbridos para la cruce Chilaca x Mirasol. Meoqui, 2007.

Híbrido	Promedio
Parker x Mirasol 11	33.718 ton/ha (a)
Parker x Mirasol 13	33.500 ton/ha (a)
Parker	34.114 ton/ha (a)
Mirasol	12.153 ton/ha (b)

a,b: agrupan promedios estadísticamente iguales.

Superaron significativamente el rendimiento del progenitor Mirasol, lo que los coloca como un material genético de chile para consumo en seco alternativo para los productores.

incluyendo a Parker x Mirasol 11 y 13, los híbridos superiores en rendimiento del estudio y que presentaron frutos de forma, apariencia, color en fresco y color al madurar que los denotan con muy buena calidad.

En la Figura 2 se observan frutos de cuatro híbridos de la cruce Chilaca x Mirasol,



Figura 2. Frutos de cuatro híbridos de la cruce Parker x Mirasol. Meoqui, 2007.

Los frutos del híbrido Parker x Mirasol 11 presentaron la forma de fruto del progenitor Mirasol, de color verde cuando fresco y rojo en maduro, heredando dichas características del progenitor Parker; de buena consistencia, mejorando la de los frutos frescos de Mirasol y acercándose al grosor de pericarpio de Parker, mas no asemejando el grado de hueco de los frutos de Parker. Los frutos de Parker x Mirasol 13, en cambio, presentaron una forma de fruto un tanto intermedia a la forma de fruto de ambos progenitores, de color verde, en fresco, y rojo al madurar, como en Parker, y con la consistencia de fruto de Parker.

Para la cruza Negro x Mirasol, el híbrido Negro x Mirasol-8, superó significativamente el rendimiento de sus dos progenitores, produciendo una expresión significativa de heterosis sobre su mejor progenitor, Negro (Cuadro 4). El híbrido Negro x Mirasol 8 superó significativamente en 21.595 ton/ha a Negro, el mejor progenitor, lo que equivale a haber producido casi el doble (178%) más que el rendimiento de Negro. Adicionalmente, al compararlo con el criollo Mirasol, este híbrido produjo 53.4 ton/ha más que el criollo, lo que correspondió a un rendimiento 249% superior al de Mirasol.

Cuadro 4. Promedios del rendimiento en fresco de progenitores y Heterosis respecto al mejor progenitor de sus híbridos para la cruza Negro x Mirasol. Mecoqui, 2007.

Híbrido	Heterosis MP	Híbrido vs. Mirasol
Negro x Mirasol-8	21.595 ton/ha (178%)*	24.086 ton/ha (249%)*

Negro x Mirasol-8 = 33.748 ton/ha

Negro = 12.153 ton/ha

Mirasol = 9.662 ton/ha

En la Figura 3 se observan frutos de cosecha del híbrido Negro x Mirasol-8, que resultó, en esta cruza, el híbrido superior en rendimiento. El color de fruto es verde oscuro, heredado del progenitor criollo Negro, pues el criollo mirasol produce, en fresco, frutos de color verde pálido; la forma del fruto, aunque predomina de mirasol, que es delgada y puntiaguda, algunos frutos exhiben cierta aportación parcial del progenitor negro, al

observarse ligeramente más anchos que lo característico en mirasol; en cuanto a consistencia de fruto, los del híbrido se observaron visualmente más consistentes que los de ambos progenitores por separado. Cabe mencionar, que los frutos de este híbrido Negro x Mirasol-8, en fresco, al ser preparados en el platillo conocido como “chile con queso”, produjo un muy rico sabor.



Figura 3. Frutos del híbrido Negro x Mirasol-8. Meoqui, 2007.

En el Cuadro 5 se presenta los promedios del rendimiento de las líneas que superaron significativamente el rendimiento de su población original, de donde fueron derivadas por selección, el criollo Negro. Seis de las 29 líneas de Chile Negro evaluadas en el presente estudio, resultaron significativamente ($p=0.05$), en la prueba de separación de medias, superior a su población original, el criollo Negro, el cual produjo un rendimiento de 12.153 ton/ha. Las líneas 20, 1, 39, 14, 19 y 18 superaron al criollo en una cantidad que varió

de 9.559 a 16.136 ton/ha, magnitudes en fresco que pueden ser consideradas muy importantes, pues estas pueden ser de alrededor de 1.19 a 2.017 ton/ha de Chile en seco más producido por las líneas que la variedad criolla, al considerar una tasa de conversión de Chile fresco a Chile seco de 8:1, respectivamente. Entonces, el rendimiento de Chile seco aproximado de estas líneas varía de 2.714 a 3.536 ton/ha, mientras que el del criollo resultó con 1.519 ton/ha, considerando la tasa de conversión 8:1 de Chile fresco a Chile seco.

Cuadro 5. Promedios del rendimiento en fresco de líneas Negro y su población original. Meoqui, 2007.

Genotipo	Promedio (ton/ha)
Línea Negro-18	28.289*
Línea Negro-19	27.356*
Línea Negro-14	26.786*
Línea Negro-39	22.870*
Línea Negro-1	22.849*
Línea Negro-20	21.712*
Criollo Negro	12.153

*: Significativamente superior al promedio del criollo Negro ($p=0.05$)

En el Cuadro 6 aparecen los promedios del rendimiento en fresco de la línea Mirasol-18

y su criollo original. Esta línea fue la única que superó significativamente, y en 14.423 ton/ha el

rendimiento en fresco del criollo. Esto equivale, al considerar una tasa de conversión de peso fresco a peso seco de 7:1, a una superioridad de 2.06 ton/ha de chile seco. Esta diferencia resulta importante, pues el rendimiento fresco

del criollo corresponde, bajo la misma tasa de conversión fresco:seco, a 1.380 ton/ha, mientras que el rendimiento de chile seco de la línea mejorada corresponde a 3.44 ton/ha.

Cuadro 6. Promedios del rendimiento de líneas Mirasol y su población original. Meoqui, 2007.

Genotipo	Promedio (ton/ha)
Línea Mirasol-18	24.085*
Criollo mirasol	9.662

*: Significativamente superior al criollo mirasol, con $p=0.05$.

DISCUSIÓN

Estudios de heterosis han sido realizados en Chile (Martínez-Zambrano et al., 2005) empleando el diseño genético de cruza dialélicas obtuvieron todas las cruza simples posibles entre siete líneas de Chile serrano (*Capsicum annuum* L.) con los objetivos de estimar los efectos genéticos y heterosis de la longitud, diámetro, peso individual y rendimiento del fruto. La evaluación de las 21 cruza y los siete progenitores, realizada bajo condiciones de riego en el Campo Experimental del Sur de Tamaulipas (CESTAM) del INIFAP, mostró que el rendimiento del fruto es un carácter determinado tanto por efectos aditivos y de dominancia, siendo los del tipo aditivo la mitad de los de dominancia. El peso, longitud y diámetro de fruto estuvieron determinados solamente por efectos de dominancia. En relación al vigor híbrido, se observaron efectos de heterosis altos para longitud, diámetro y peso de fruto e intermedios para rendimiento de fruto. La heterosis varió, para rendimiento, de 11.69 a 127.41%; para peso de fruto de 17.80 a 247.52%; de 11.77 a 238.97% para longitud de fruto; y de 7.10 a 218.99% para diámetro de fruto. Adicionalmente, ocurrieron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre la Aptitud

Combinatoria General de los padres para el rendimiento y entre la Aptitud Combinatoria Específica de las cruza para todas las características estudiadas. Estos resultados indican que tanto el rendimiento como los caracteres de calidad estudiados pueden ser mejorados con métodos que exploten más los efectos de dominancia y serán mejor aprovechados en variedades híbridas; sin embargo, el rendimiento puede ser aprovechado también en variedades de línea altamente endocriada y puede ser mejorado por métodos tradicionales de endocria y selección, debido a la participación de los efectos aditivos en su expresión.

Los altos valores de heterosis observados en los híbridos Parker x Negro-4 y 3 (Cuadro 2) nos indica, de acuerdo con Márquez (1988), que, en esas dos combinaciones híbridas ocurrieron complementaciones en cuanto alelos favorables para rendimiento de loci con exhibición de acción génica del tipo de la sobre dominancia, presentes en un progenitor y no presentes en el otro, y viceversa, en una alta magnitud, lo cual condujo a la exhibición de una alta expresión de heterosis significativa y, consecuentemente, a la producción de un muy alto rendimiento de los

híbridos. De igual forma debe ser considerado en el híbrido Negro x Mirasol-8 (Cuadro 4). La no manifestación de heterosis MP significativa en el rendimiento del resto de los híbridos evaluados en la cruce Parker x Negro, en los híbridos evaluados de la cruce Parker x Mirasol y en dos de los híbridos de la cruce Negro x Mirasol, indica la falta de complementación alélica en loci con exhibición de sobre dominancia. Algunos de ellos, cabe mencionar, sí exhibieron complementación alélica en loci con exhibición de dominancia completa, al presentar estadísticamente el mismo rendimiento del mejor progenitor, pues claro es que presentaron heterosis respecto al progenitor medio. Tal es el caso de los híbridos Parker x Mirasol 11 y 13, quienes igualaron el rendimiento del mejor progenitor, la variedad Parker.

Al comparar la heterosis absoluta respecto al mejor progenitor (MP) entre híbridos involucrando diferente progenitor criollo, la más alta magnitud de heterosis absoluta correspondió a Parker x Negro-4, con 31.416 ton/ha (Cuadro 2), seguido del híbrido Negro x Mirasol-8 (Cuadro 4), con 21.595 ton/ha y, finalmente, el híbrido, Parker x Negro-3, con 16.018 ton/ha (Cuadro 2), por lo que la combinación Parker x Negro-4 produjo una mayor heterosis MP, que en las combinaciones híbridas Negro x Mirasol-8 y Parker x Negro-3. Esto puede ser explicado por el hecho de que la más alta magnitud de heterosis ocurrida en el híbrido Parker x Negro-4 indica una mucho mayor cantidad de loci no aditivos influenciando el rendimiento de chile fresco que fueron complementados para generar el efecto heterótico en este híbrido en particular, al compararlo con el efecto heterótico ocurrido en los híbridos Negro x Mirasol-8 y Parker x Negro-3. Explicación similar podría darse al comparar la mayor

magnitud de heterosis absoluta MP del híbrido Negro x Mirasol-8 con respecto a la de Parker x Negro-3.

Finalmente, es importante observar que las combinaciones híbridas Parker x Negro-4, que produjo una magnitud más alta que la combinación Negro x Mirasol-8, podría indicar que los criollos quizá guardan una relación de parentesco más cercana entre sí, que la relación Parker-criollo, que debiera ser una relación más lejana o de menor parentesco. Caso contrario, el hecho de que la combinación híbrida criollo x criollo (Negro x Mirasol-8) haya resultado con mayor heterosis que la del híbrido Parker x Negro-3, podría indicar contaminación genética de un progenitor en el otro, pues se ha observado, tanto en establecimientos de Parker y de Negro, la presencia de mezclas genéticas de uno con el otro, lo que quizá condujo a disminuir el grado de heterosis observado en el híbrido Parker x Negro-4.

En relación al valor comercial de híbridos y líneas, los híbridos Parker x Negro-4 y 3 (Cuadro 2) produjeron una heterosis significativa respecto al mejor progenitor (Parker), lo cual los ubica como una alternativa de uso comercial para los productores de Chile para consumo en seco del centro-sur de Chihuahua. En el caso del híbrido Parker x Negro-4 presentó frutos de color verde muy oscuro en fresco y de color negro en maduro (Imagen 1), características heredadas del progenitor Negro, con un grosor de pericarpio de fruto más grueso que el Negro criollo, heredado del progenitor Parker, que lo ubica como una alternativa para la producción de Chile pasado, por el exquisito sabor heredado de Negro y su más alta tasa de conversión Chile fresco: Chile pasado, que la que presenta el propio Chile criollo Negro y por lo cual actualmente se emplean el Chile chilaca y el

chile ancho o poblano para producir chile pasado, pues es de grosor de pericarpio grueso y rinde más que el chile negro de fresco a pasado, aunque ni chilaca, ni poblano producen el exquisito sabor del chile pasado negro, que es de pericarpio muy delgado. Además, por su muy alto rendimiento, el híbrido Parker x Negro-4 representa también la mejor alternativa para la producción de chile negro para consumo en seco, pues presenta gran uniformidad en forma, tamaño y color al madurar (Imagen 1). Los híbridos Parker X Mirasol-11 y Parker X Mirasol-13, aunque no produjeron heterosis significativa respecto a Parker, el mejor progenitor, superaron significativamente al progenitor mirasol (Cuadro 3), por lo cual representan una alternativa adicional para la producción de chile para consumo en seco, pues sus frutos maduran en el color guinda característico del chile mirasol, pero con mayor tamaño de fruto y una forma intermedia a las formas de fruto de Parker y Mirasol, que en particular los hace deseables. Además, en relación a frutos frescos o en verde presentan combinaciones de características dispersas en ambos progenitores, que los hacen recomendables para su evaluación en platillos como el “chile con queso”, entre otros, a más de su evaluación en el mercado de los chiles secos y de su empleo industrial potencial. En el caso del híbrido Negro X Mirasol-8, que superó significativamente a sus dos progenitores, en 178% a Negro (mejor progenitor) y 249% a Mirasol, lo cual lo coloca como una alternativa excelente de empleo comercial para el mercado de chile seco. Adicionalmente, se debe mencionar que los frutos de este híbrido Negro x Mirasol-8, en fresco, al ser preparados en el platillo conocido como “chile con queso”, produjo un exquisito sabor, por lo que representa una alternativa, solo o en mezcla con otros chiles, empleados en la elaboración de ese y otros platillos, para su empleo en la industria

culinaria o restaurantera. Además, debido a esta última característica, también tiene un alto potencial de empleo, para su consumo en fresco, en el mercado en pequeño, en fruterías, abarrotes, en donde las amas de casa de pueblos o ciudades con eminente actividad agrícola aprecian mucho el valor de estos tipos de chile en la preparación de los alimentos y platillos para consumo familiar, representando pues un potencial de mercado regional típico y/o artesanal. Finalmente, las líneas Negro-18, 19, 14, 39, 1 y 20, así como la línea Mirasol-18, que superaron significativamente a sus respectivas poblaciones criollas originales, representan líneas más rendidoras y uniformes en características de fruto, que los propios criollos aquí evaluados, por lo cual también representan una mejor alternativa para la producción comercial de chile negro y mirasol, que la actualmente realizada con los criollos originales.

CONCLUSIONES

El análisis de varianza del rendimiento en fresco de los 113 genotipos evaluados produjo diferencias altamente significativas ($p=0.01$) para el factor Tratamientos.

De los 27 híbridos evaluados de la cruce chilaca (Parker o Colegio-64) x Negro, una alta y significativa expresión de heterosis respecto al mejor progenitor (Variedad Parker) se produjo en los híbridos Parker X Negro-4 y Parker X Negro-3, cuya magnitud fue de 92.1 y 46.9%, respectivamente.

De los trece híbridos obtenidos para las cruces Parker X Mirasol y Colegio 64 X Mirasol, ninguno de ellos exhibió heterosis respecto al mejor progenitor, sin embargo, dos de ellas, Parker X Mirasol-11 y Parker X Mirasol-13 superaron significativamente al progenitor Mirasol.

De los tres híbridos evaluados para la cruza Negro X Mirasol, sólo una, Negro X Mirasol-8, superó significativamente a sus dos progenitores, en 178% a Negro (mejor progenitor) y 249% a Mirasol.

Las líneas Negro-18, 19, 14, 39, 1 y 20, así como la línea Mirasol-18 superaron significativamente a sus respectivas poblaciones criollas originales.

Se recomienda la evaluación semi comercial y comercial de las cruzas y líneas superiores en el presente estudio.

LITERATURA CITADA

- Caedel, 1984. Guía para la Asistencia Técnica Agrícola. Área de Influencia del campo Agrícola Experimental Delicias. SARH-INIA-CIAN-CAEDEL. México.
- Coordinación Nacional de Fundación Produce, A.C. (COFUPRO), 2005. Programas Estratégicos de Investigación y Transferencia de tecnología. En línea, <http://www.cofupro.org.mx>
- FAO, 2004. Estadísticas Agrícolas. Food and Agriculture Organization of the United Nations.FAOSTAT. Pp.4.
- Falconer, D. S. 1981, Introducción a la Genética Cuantitativa. Cía. Editorial Continental, México. Pp. 303-304.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación Climática de Koeppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana Tercera Edición.
- Greenleaf, W. H. 1986. Pepper breeding. In: Basset, J, (Ed) BreedingVegetable Crops. Avi. Publishing Co. Inc. USA: pp 67-134.
- Márquez, S. F. 1988. Genotecnia vegetal. Tomo II. Métodos, teoría, resultados. AGT Editor. México, D.F.
- Martínez, G. A. 1988. Diseños Experimentales. Métodos y Elementos de Teoría. Editorial Trillas. México, D.F.
- Martínez, Z. G., Augusto, D. J. R., Ramírez, M. M., De la Rosa, L. A. y Pozo, C. O. 2005. Efectos genéticos y heterosis de la vida de anaquel de chile serrano. Revista Fitotecnia Mexicana, 28 (004). Pp 327-332.
- Morfin, V. A. 1990 Cruzas Simples Tropicales de Maíz Bajo Condiciones de Temporal. Memoria del XIII Congreso Nacional de Fitogenetica. Cd. Juárez Chih. Del 4 al 9 de septiembre. Pp 277.
- Pozo, C. O. 1981. Determinación del Porcentaje de Polinización Cruzadaen Chile Serrano (*C. annuum* L.). Resúmenes del Congreso de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Mazatlán, Sinaloa, México.
- Pozo, C. O. 1983. Logros y aportaciones de la Investigación Agrícola en el Cultivo del Chile. SARH-INIA. México. Pp 5-18.
- Pozo, C. O. 2004 importancia Económica-social y Cultural del Chile, Curso Taller Producción y Manejo Integral del Cultivo del Chile. CONAPROCH. México. pp. 1-8.

SAGARPA. 2003. Servicio de Información y Estadísticas Agroalimentaria y Pesquera. En línea: <http://siap.sagarpa.gob.mx>

SAGARPA. 2005. Exportación de Chile a países de América y Europa. Boletín 276-06. En línea: <http://www.sagarpa.gob.mx>

Salazar, S. R. P. 1980. Fenología del Chile (*Capsicum annuum* L.). Seminario de Investigación del área de Graduados de la Facultad de Agronomía de la UANL. Monterrey, N.L. México. 22 p.