

Evaluación de poblaciones híbridas de chile (*Capsicum annuum*) en Cartago, Costa Rica

Evaluation of hybrid populations of pepper (*Capsicum annuum*) in Cartago, Costa Rica

Andrés Zúñiga Orozco¹, Ayerin Carrodegua González²

1. Universidad Estatal a Distancia (UNED). Profesor/Investigador, Carrera de Ing. Agronómica. Costa Rica; azunigao@uned.ac.cr
2. Investigadora en mejora genética vegetal, Mayabeque, Cuba; ayerim2009@gmail.com

RESUMEN: El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento agronómico de poblaciones F1 de chile dulce (*C. annuum*), provenientes de cruces entre los cultivares Bell Pepper y Nathalie. Primeramente, se cruzó el cultivar Nathalie (fruto rojo de forma lamuyo) con las variedades Bell Pepper (frutos de forma blocky, color rojo, naranja y amarillo) utilizando al Nathalie como progenitor femenino. El experimento se desarrolló siguiendo un diseño de Bloques Completos al Azar con siete bloques (cuatro parentales y tres cruzamientos) y cuatro repeticiones por tratamiento. En la progenie y los testigos se midieron las siguientes variables: altura de las plantas (cm) 30 y 60 días después del trasplante, número de frutos por planta, peso de los frutos (g) y grosor de la pared del fruto (mm). Las variables se sometieron a estadística descriptiva, a un análisis de varianza y se calculó la heterosis media por carácter. Se observaron valores del Coeficiente de Variación menores al 30%, lo que indica la homogeneidad de la población F1 y el cumplimiento de la primera ley de Mendel. El 100% de los híbridos presentó frutos de color rojo y una forma intermedia entre lamuyo y blocky. Los híbridos mostraron un buen comportamiento agronómico para las variables altura de la planta a los 30 y 60 días y número de frutos. Para las variables peso del fruto y longitud de la pared del fruto, los híbridos mostraron valores menores a los parentales con fruto de forma blocky, debido a que heredaron las características del fruto del progenitor femenino.

PALABRAS CLAVES: heterosis, hibridación, mejoramiento genético

ABSTRACT: The objective of this research was to evaluate the agronomic behavior of F1 populations of sweet pepper (*C. annuum*), from crosses between Bell Pepper and Nathalie cultivars. First, the cultivar Nathalie (red fruit with a lazy shape) was crossed with the Bell Pepper varieties (fruits with a blocky shape, red, orange and yellow color) using Nathalie as a female parent. The experiment was developed following a Random Complete Block design with seven blocks (four parents and three crosses) and four repetitions per treatment. In the progeny and the controls, the following variables were measured: plant height (cm) 30 and 60 days after transplantation, number of fruits per plant, fruit weight (g) and thickness of the fruit wall (mm). The variables were subjected to descriptive statistics, to an analysis of variance and the mean heterosis was calculated per each trait. Coefficient of Variation values less than 30% were observed, which indicates the homogeneity of the F1 population and compliance with Mendel's first law. 100% of the hybrids presented red fruits and an intermediate form between lamuyo and blocky. The hybrids show a good agronomic behavior for the variables plant height at 30 and 60 days and number of fruits. For the variables weight of the fruit and length of the fruit wall, the hybrids showed lower values than the parents with blocky fruit, because they inherited the characteristics of the fruit from the female parent.

KEYWORDS: heterosis, hybridization, plant breeding

INTRODUCCIÓN

El cultivo de chile dulce (*C. annuum*) en Costa Rica tiene gran importancia socioeconómica debido a que alrededor de 3500 familias se ven beneficiadas de manera directa y unas 9600 de forma indirecta con esta actividad (Jiménez *et al.*, 2007). Las problemáticas existentes en Costa Rica tales como, altos costos operativos, la liberalización programada del sector en virtud de una serie de acuerdos comerciales, el impacto del cambio climático, el desempleo y la poca investigación sobre el comportamiento de nuevas variedades a campo abierto hace necesario el desarrollo de investigaciones en mejoramiento genético de chile dulce (Saborío, 2017; Zúñiga *et al.*, 2021).

El cruzamiento o hibridación constituye el principal medio de mejoramiento genético para obtener nuevos genotipos. A través de la hibridación se logran formas cultivadas superiores a las existentes (Mwangangi *et al.*, 2019). Se define hibridación o cruzamiento como el proceso mediante el cual se cruzan plantas o animales de diferente constitución genética, con el objeto de lograr nuevos genotipos con las características deseables (Goulet *et al.*, 2017). Como principal objetivo de los cruzamientos se busca obtener variedades o híbridos que sean eficientes en el uso de los recursos del medio ambiente como luz, agua, sustancias nutritivas y, además, que toleren condiciones desfavorables tanto bióticas como abióticas. También se persigue la obtención de plantas con mayor rendimiento y alta calidad de sus productos al menor costo posible (Mitchell *et al.*, 2019; Qaim, 2020).

A nivel nacional, el mercado de la semilla híbrida de chile dulce está conformado en mayor parte por semilla importada. Para el año 2016 se importaron 11,2 millones de semillas híbridas de chile dulce, lo que equivale a 237,20 kg con un costo de 680 mil dólares (ONS, 2016). Debido a lo explicado anteriormente es necesario disponer de un sistema de producción nacional, con el fin de asegurarle al productor la provisión local de semilla, económicamente accesible, de un cultivar altamente productivo y adaptado a las condiciones climáticas de la región (Mora *et al.*, 2018). Además, también es necesario aumentar la oferta de materiales comerciales. Todo lo señalado anteriormente se puede solucionar mediante la hibridación de diferentes variedades de chile dulce.

Entre las diversas variedades de chile dulce con importancia comercial, destaca la denominada Bell Pepper, la cual se caracteriza por poseer frutos de color rojo, naranja y amarillo. Dicha variedad posee caracteres agronómicos deseables tales como, agradable sabor para consumo fresco y pared del fruto gruesa, lo cual le confiere una larga vida de anaquel y firmeza en postcosecha. Por tales razones, Bell Pepper posee un mercado emergente con un alto potencial de consumo, sobre todo en los mercados europeos (Amores, 2017; Saborío, 2017). Otro de los cultivares de chile híbrido con importancia económica en Costa Rica es “Nathalie”, el cual se caracteriza por su amplia facilidad de adaptación, ciclo de reproducción extenso y una alta tolerancia a enfermedades del suelo y de follaje (Delgado, 2018).

Por las razones antes expuestas, Bell Pepper y Nathalie podrían utilizarse como parentales para el desarrollo de nuevas variedades genéticamente mejoradas de chile dulce (*C. annuum*), con alto rendimiento y frutos de formas variadas y diferentes colores.

El objetivo de la presente investigación es evaluar el comportamiento agronómico de poblaciones F1 de chile dulce (*C. annuum*), provenientes de cruces entre Bell Pepper y Nathalie, en la finca Buena Vista de Cartago. De esta forma se espera contribuir al mejoramiento genético de chile para incentivar la producción del cultivo, obtener nuevas variedades, producir semilla local y crear fuentes de empleo que mejoren la calidad de vida de los agricultores.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se desarrolló en una finca ubicada en el distrito de Cachí, cantón de Paraíso en la provincia de Cartago, Costa Rica, en un suelo Andisol, a 1300 m.s.n.m a los 09° 43' latitud Norte y 83° 45' longitud Oeste.

Cruzamiento o hibridación: El proceso de hibridación consistió, en cruzar plantas del cultivar Nathalie (♀) con las variedades Bell Pepper color rojo (♂), Bell Pepper color naranja (♂) y Bell Pepper color amarillo (♂); a los híbridos obtenidos mediante estos cruzamientos se denominaron HR, HN y HA respectivamente. El cultivar Nathalie se utilizó como parental femenino por su tolerancia a enfermedades, especialmente *Xanthomonas* y *Phytophthora*, además de su productividad. Las variedades blocky se utilizaron como parental masculino por la forma y color de los frutos. Se realizó un cruce dialélico parcial, es decir, no se realizaron cruzamiento en sentido recíproco.

Diseño experimental: El experimento se desarrolló siguiendo un diseño de BCA (Bloques completos al azar) con 7 bloques y 4 repeticiones por tratamiento. Cada repetición de cada cruce consistió en 10 plantas para un total de 280 plantas para el ensayo. Los tratamientos fueron los tres cruzamientos y los cuatro parentales, los cuales se utilizaron como testigos.

Manejo agronómico: En cuanto a manejo, se aplicaron labores culturales de tutorado, deshojado, control de malezas y se monitorearon insectos y enfermedades con visitas periódicas. Durante los monitoreos, se detectaron plagas como mosca blanca (*Bemisia tabaci*), por lo cual se aplicó Thiamethoxam a una dosis de 1g/L de agua. En el caso de las poblaciones altas de ácaros, se realizaron aplicaciones de Abamectina 1,5 mL/L de agua, para los Pulgones (*Aphis* sp.) se empleó insecticidas sistémicos y ovicidas como el oxamilo 10,0 %, cipermetrin 1,0 % y deltametrin 2,5 %. Para la Araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) se hizo pulverizaciones con el empleo de azufre, Bifentrín 10% y Acrinatrin 15% según Uribe *et al.* (2014). Para el control enfermedades de suelo como *Phytophthora capsici*, se realizaron aplicaciones de Benomil en dosis de 1,5 g/L de agua. También se realizó aplicaciones de sulfato de cobre pentahidratado en dosis de 1,5 a 2 mL/L el cual tiene un efecto fungicida-bactericida y sirve para controlar enfermedades en frutos, ambos productos fueron aplicados en forma de drench. Para el control de manchas foliares provocadas por *Xanthomonas* sp. y *Cercospora* sp. se contempló la utilización preventiva de chlorothalonil en dosis de 5 mL/L. Para podredumbre gris (*Botrytis cinerea*) se aplicó sulfato de cobre pentahidratado (1,0-1,5 mL/L) e hidróxido de cobre (2,5 g/L) vía foliar cada 8 días. Para oidiopsis (*Leveillula taurica*) se aplicó myclobutanil (1,25 g/L) y para arvenses se utilizaron aspersiones dirigidas con glifosato (5 mL/L).

VARIABLES CUANTIFICADAS: Se evaluaron un total de 24 plantas por tratamiento, para un total de 168 plantas. Se midió la altura de las plantas (cm) desde la base del tallo hasta el ápice a los 30 y 60 días después del trasplante mediante un flexómetro.

Después de realizada la cosecha, se contabilizaron los frutos frescos. También se determinó el peso de los frutos (g) y se midió el grosor de la pared del fruto (mm) con un vernier, para lo cual los frutos fueron cortados transversalmente.

Análisis estadístico: Para el procesamiento estadístico de los datos de la generación F1 y los parentales, primeramente, se determinaron los parámetros de dispersión de la media (X), desviación estándar (ES), mínimo, máximo y coeficiente de variación (CV).

Posteriormente se realizó un ANOVA en el programa InfoStat(R). Se tomaron los cruces como criterio de clasificación incluyendo los valores de los testigos. En el ANOVA se incluyó una prueba de Duncan para la separación de medias y se seleccionó un $\alpha=0.05$.

El cálculo de la heterosis media porcentual (Hm) se estimó con respecto al promedio de los progenitores mediante la siguiente fórmula:

$$Hm = \frac{F1 - PM}{PM} \times 100$$

donde: F1 = media fenotípica de la población F1; PM = (Pi + Pj)/2 = media fenotípica del promedio de los progenitores i y j .

RESULTADOS

Los estadísticos descriptivos: media, máximo, mínimo, desviación estándar y coeficiente de variación para las variables analizadas en la generación F1 y los parentales se reportan en la tabla 1. Los coeficientes de variación obtenidos para todas las variables, en los tres cruces, muestran resultados homogéneos (CV<30%).

Tabla 1

Estadística descriptiva de las variables analizadas en la F1 para los tres cruces y sus cuatro progenitores

Genotipos	Estadísticos descriptivos	Altura 30 dds (cm)	Altura 60 dds (cm)	# Frutos (u)	Peso frutos (g)	grosor del fruto (mm)
HR	media	39.8	67.9	3.4	150.9	6.6
	máximo	44.0	76.0	5.0	180.2	8.0
	mínimo	34.0	52.0	1.0	124.4	5.0
	desv. Est.	5.0	8.9	0.3	28.0	0.8
	CV	12.6	13.2	10.2	18.6	12.1
HN	media	40.7	67.1	3.2	152.9	6.1
	máximo	45.0	77.0	5.0	165.5	8.0
	mínimo	32.0	62.0	0.0	141.0	5.0
	desv. Est.	1.7	8.4	1.0	12.3	1.0
	CV	4.1	12.6	31.6	8.0	16.3
HA	media	40.7	73.6	3.9	173.7	6.7
	máximo	49.0	85.0	5.0	194.7	7.0
	mínimo	35.0	67.0	1.0	149.6	6.0
	desv. Est.	7.1	9.8	1.0	22.7	0.3
	CV	17.4	13.3	24.4	13.1	4.5
Nathalie	media	35.9	68.4	4.2	128.5	6.3
	máximo	42.0	76.0	5.0	146.6	8.0
	mínimo	32.0	64.0	0.0	113.2	5.0
	desv. Est.	1.0	6.1	0.3	16.8	1.2
	CV	2.7	9.0	6.0	13.1	19.0
Bell Pepper Rojo	media	37.5	65.0	2.4	238.8	7.6
	máximo	60.0	80.0	5.0	290.7	10.0
	mínimo	29.0	43.0	0.0	135.6	4.0
	desv. Est.	8.6	13.4	0.6	16.7	1.4
	CV	23.0	20.7	23.8	7.0	18.5
Bell Pepper Naranja	media	34.0	70.2	2.3	237.5	7.5
	máximo	40.0	95.0	4.0	287.6	10.0
	mínimo	25.0	35.0	1.0	150.7	5.0
	desv. Est.	5.5	14.3	1.0	19.4	1.6

	CV	16.1	20.4	42.8	8.2	21.6
Bell Pepper Amarillo	media	35.3	66.8	2.0	252.3	8.1
	máximo	45.0	91.0	5.0	298.8	12.0
	mínimo	29.0	23.0	0.0	180.9	5.0
	desv. Est.	5.5	19.1	0.4	21.2	1.7
	CV	15.4	28.7	20.0	8.4	20.5

En la figura 1 se observan las diferencias existentes entre los cruces realizados y los parentales para las variables analizadas.

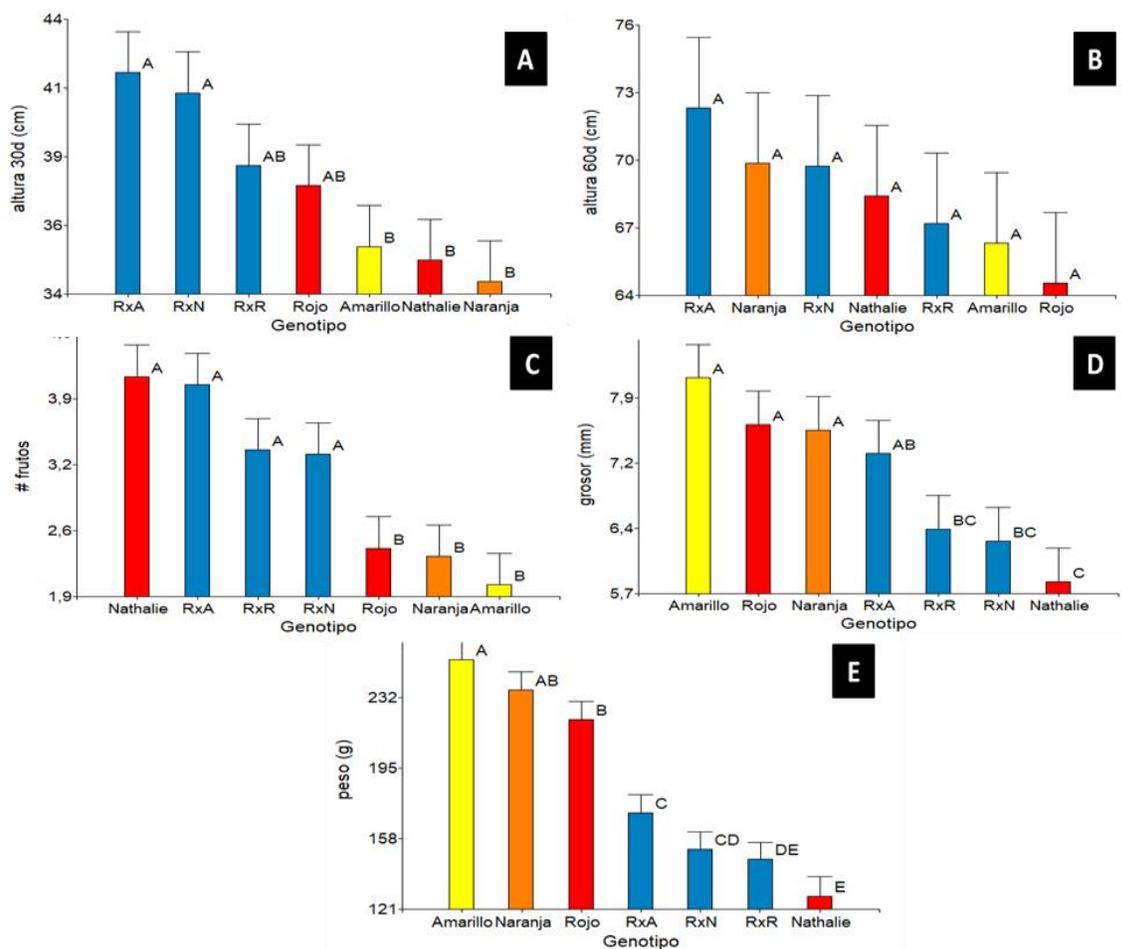


Figura 1. Promedio de variables evaluadas en la población F1 de pimiento. **A:** altura a los 30 dds (cm). **B:** altura a los 60 dds (cm). **C:** número de frutos (unidad). **D:** grosor del fruto (mm). **E:** peso del fruto (g) para los cruces RxR (lamuyo rojo X blocky rojo). RxN (lamuyo rojo X blocky naranja) y RxA (lamuyo rojo X blocky amarillo) y para los testigos (blocky rojo, naranja, amarillo y lamuyo rojo). (Letras diferentes entre las medias indican diferencias significativas Duncan. $p < 0.1$).

En el análisis de la variable altura de la planta a los 30 días, se obtuvo diferencias significativas entre los tres cruces y parentales, pero se acentúan a los 60 días de siembra (Figura 1 A y B). Los cruces RxA y RxN presentaron diferencias significativas comparado con los parentales a los 30 días, sin embargo, a los 60 días, no hubo diferencias significativas.

Para la variable número de frutos por planta se obtuvo un rango de dos a cuatro frutos al momento de la evaluación, entre los cruces no hubo diferencias. Se obtuvo diferencias significativas entre los cruces comparado con los parentales masculinos tipo blocky presentando un mayor número de frutos por planta; sin embargo, no presentaron diferencias con el parental femenino tipo lamuyo (Figura 1C).

En el caso de la variable grosor del fruto no se presentaron diferencias entre los cruces, sin embargo, el cruce RxA presentó valores más parecidos a los parentales tipo blocky, mientras que los cruces RxR y RxN mostraron valores más similares al parental tipo lamuyo (Figura 1D).

Para la variable peso del fruto, los cruces obtuvieron menor peso que sus parentales tipo blocky con un rango entre 124-165 g ($p>0.05$) como se observa en la figura 1E.

En esta investigación se observó la dominancia total del color rojo sobre el naranja y el amarillo en el fruto para el 100% de los híbridos. En cuanto a la forma del fruto se observó una dominancia incompleta en los híbridos, el 100% de los híbridos presentaron una forma intermedia entre “lamuyo” y “blocky”, denominada en este artículo como “barril” aunque algunas empresas de semilleras lo suelen llamar “cuernitoro” (Figura 2).

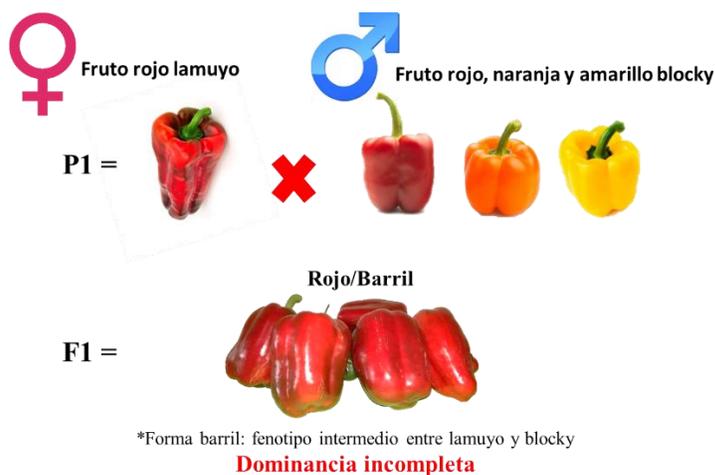


Figura 2. Frutos obtenidos en los híbridos F1 provenientes de cruces entre parentales lamuyo y blocky.

Fuente: propia

El porcentaje de heterosis para cada una de las variables medidas para los tres cruces se presenta en la tabla 1. Para todas las variables, los híbridos RxA presentaron mayor heterosis que el resto. Se obtuvieron resultados negativos en los tres híbridos para la variable peso del fruto. Para la variable grosor del fruto, los híbridos RxR y el RxN mostraron valores negativos.

Tabla 2. Porcentaje de Heterosis de los híbridos F1 de chile dulce (*C. annuum*)

Variables	Heterosis (%)		
	RxR	RxN	RxA
Altura de la planta a los 30 días	5.90	11.00	11.11
Altura de la planta a los 60 días	1.02	0.83	7.17
Número de frutos	4.00	3.74	32.03
Peso del fruto	-15.54	-21.14	-10.09
Grosor del fruto	-4.47	-6.15	4.45

DISCUSIÓN

El CV permite estimar la variabilidad existente en caracteres cuantitativos (Pélabon *et al.*, 2020; Zúñiga y Carrodegua, 2021). Valores altos de CV corresponden a variables heterogéneas, mientras que valores bajos a variables homogéneas (Zúñiga *et al.*, 2021). Solo la variable número de frutos mostró valores mayores de 30. Con este resultado es un indicativo de que se cumple la Primera Ley de Mendel de la uniformidad, donde la mayoría de caracteres no presentan diferencias apreciables debido a la dominancia.

Los resultados obtenidos coinciden con los reportados en Chile por Moreno *et al.* (2011) quienes obtuvieron valores del CV de 8.15%, 18.93% y 27.31% para las variables altura de la planta, número de frutos y peso del fruto respectivamente.

En mejoramiento genético, la altura de la planta adquiere relevancia al considerarse este carácter como de importancia agronómica para obtener rendimientos altos. Las plantas compactas y de porte mediano son idóneas para el cultivo en campo, mientras que para el cultivo en invernaderos las plantas altas o con hábito de crecimiento indeterminado son óptimas. Además de la altura, una de las características principales que debe presentar el cultivo de Chile es un buen desarrollo vegetativo, con adecuada cobertura de hojas, ya que esto reduce el riesgo de quemaduras del fruto por exposición solar, pues generalmente las plantas más pequeñas y compactas presentan una mejor cobertura de los frutos (Elizondo-Cabalceta y Monge-Pérez, 2017). Muchos estudios en diferentes cultivos presentan una correlación entre la altura y el rendimiento, sin embargo, Diondra *et al.* (2008) y Greenleaf (1986) han registrado que una mayor altura de planta no implica necesariamente mayor rendimiento, puesto que, estos caracteres son poligénicos y dependen en gran medida del ambiente. Por lo anterior, es necesario realizar este tipo de estudios en cada germoplasma con el que se esté trabajando.

Para el caso de la variable número de frutos, el hecho de que los híbridos hayan sido más productivos que sus parentales blocky posiblemente se deba a que son menos pesados. También Quesada (2015) sugiere que los cultivares con fruta de tipo cónica por lo general presentan mayor número de frutos por planta en comparación a los cultivares de tipo cuadrado o blocky y esto se debe a que el pericarpio de los segundos es mucho más grueso lo que resulta en frutos más pesados y esto afecta su productividad.

Otro de las características de gran importancia en el cultivo del Chile es la presencia de una pared del fruto gruesa, tal como se presenta en los parentales masculinos blocky. Esto permite que el fruto se mantenga firme y en anaquel por más días sin que sufra daños aparentes. En frutos para exportación este carácter es importante para que pueda llegar bien a su destino final sin ningún tipo de daño que disminuya la calidad del fruto (Quesada, 2015). De acuerdo a lo anterior, aumentar el grosor de la pared de los Chiles mejora la calidad del fruto para que pueda competir con otras variedades y sea aceptado por los consumidores debido a su mayor durabilidad y tolerancia a las inclemencias del clima (Saborío, 2017).

En el caso de la variable peso del fruto, el cruce RxA y RxR fue el de mayor y menor peso respectivamente, sin

embargo, esto no es un resultado negativo pues como se mencionó anteriormente, el menor peso posiblemente permitió obtener mayor cantidad de frutos en los cruzamientos.

En la progenie se observó dominancia completa para el color del fruto. Cuando se cruzan dos líneas puras para un carácter, si hay dominancia completa, todos los individuos de la F1 presentan el mismo fenotipo independientemente de la dirección de cruce. Por tratarse de descendientes de dos parentales de líneas puras en los que se evaluó su primera generación, los alelos dominantes también se expresan siempre, aunque estén en heterocigosis (Herrera, 2014). Para el carácter forma del fruto se observó dominancia incompleta. Según Sapkota (2020), en este tipo de herencia ninguno de los alelos involucrados eclipsa totalmente al otro, razón por la cual los fenotipos observados son intermedios.

La heterosis es la expresión de un carácter en la progenie, más allá de los límites de expresión manifestada en sus progenitores, el cual tiene origen en los efectos genéticos principalmente de dominancia y en la diferencia genotípica de frecuencias (Yu et al., 2021; Labroo et al., 2021). La heterosis ha sido ampliamente utilizada en programas de mejoramiento de muchos cultivos para la identificación de poblaciones genéticamente divergentes, como base para la utilización de líneas endogámicas para ser usadas en cruzamientos F1 (Labroo et al., 2021). En pimiento se ha explotado la heterosis para incrementar el rendimiento y otros caracteres económicos, y se considera que la heterosis es alta (De Souza y Maluf, 2003; Seneviratne y Kannangara, 2004). La existencia de una amplia diversidad en el material genético, propicia el aprovechamiento de variantes tanto cultivadas como silvestres para formar híbridos locales ya que, la semilla híbrida en el país proviene de empresas externas y a un alto costo. La heterosis es positiva cuando la expresión de los caracteres en la progenie es mayor que la de sus progenitores (Angui et al., 2020; Liu et al., 2021). Hasanuzzaman et al. (2013) encontraron en su investigación que la heterosis en pimiento varió en el rendimiento de frutos por planta y el número de frutos, en este caso se encontraron valores bajos o negativos, lo que podría deberse a la amplia diversidad genética entre las poblaciones y a la mayor variabilidad genética dentro de las poblaciones.

El éxito del mejoramiento por hibridación depende en gran parte de la buena selección de los progenitores, por tanto, es necesario realizar una evaluación detallada de las variables más importantes a tomar en cuenta para una selección y un avance a F2. Una nueva variedad desarrollada no debe ser marcadamente inferior en rendimiento, adaptación y regularidad a la variedad a la que ha de sustituir. Por esta razón un progenitor se elige casi siempre por su comportamiento comprobado en las zonas en las cuales se va a cultivar y el otro porque complementa algún defecto específico del primero (Vallejo y Estrada, 2006).

Además, los progenitores deben tener promedios altos en el carácter de interés y se desea que su origen genético sea muy distante para aprovechar al máximo el valor heterótico o la segregación transgresiva (Ansarifar et al., 2020). Cuando el componente genético aditivo es el más importante, el promedio general es un buen indicativo para la producción de líneas buenas en generaciones avanzadas.

CONCLUSIONES

- Con los resultados obtenidos se logra constatar dominancia del color rojo sobre el amarillo y naranja.
- En el germoplasma utilizado el cruce entre parentales lamuyo x blocky resulta en una forma intermedia que tiene como característica un mayor tamaño al lamuyo pero conserva el rasgo de una punta en el extremo distal.
- Conforme las plantas crecen se van acentuando las diferencias en tamaño entre los híbridos y parentales.
- Los híbridos obtuvieron mayor número de frutos que sus parentales masculinos tipo blocky, son más gruesos que su parental femenino tipo lamuyo “Nathalie” pero no más pesados que sus parentales tipo blocky.

- Los híbridos RxA presentaron mayores valores de heterosis, lo cual indica que la expresión de los caracteres analizados es mayor que en el resto de los híbridos, lo que los convierte en mejores candidatos para la selección.

AGRADECIMIENTOS

Marco Chinchilla Obando, por su aporte en facilitar la finca, financiamiento y logística para realizar el estudio.

Michael Álvarez Quirós, por su aporte en desarrollar la evaluación.

Nadia Fernández Picado, por su aporte para el desarrollo del artículo.

REFERENCIAS

1. Amores, B.A. (2017). Evaluación de dos híbridos de pimiento (*Capsicum annum* L.), cultivados en sistema hidropónico en sustratos y soluciones nutritivas (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador.
2. Angui, C.M.V; Koffi, K.K.; Issali, A. E. y Zoro, B.I.A. (2020). Assessment of hybrid vigour, dominance effect and hybrids regeneration potential in the genus *Citrullus*. *Heliyon*, 6(9), e05005.
3. Delgado, F. (2018). Evaluación agronómica de 4 cultivares de chile dulce (*Capsicum annum*), bajo ambiente protegido, en el Cantón de Cañas, Guanacaste. Tesis de Grado. Universidad Técnica Nacional, Alajuela, Costa Rica.
4. De Souza, J. A. & Maluf, W.R. (2003). Diallel analysis and estimation of genetic parameters of hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *Sci. Agric.*, 60, pp. 105-113.
5. Goulet, B.E., Roda, F., Hopkins, R. Hybridization in plants: Old ideas, new techniques. *Plant Physiol.* 2017; 173(1): 65-78.
6. Hasanuzzaman, M., Nahar, K. & Fujita, M. (2013). Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages, in *Ecophysiology and Responses of Plants Under Salt Stress*, eds Ahmed P. Azooz M. M., Prasad M. N. V., editors. New York, USA. Ed. Springer.
7. Herrera, J. (2014). *Genética Agrícola: Fitomejoramiento*. San José, CR. EUNED.
8. Jiménez, U., Campos, H., Vicente, J., Marín, S., Barrantes, L. & Carrillo, M. (2007). *Agrocadena regional: cultivo del chile dulce*. Dirección Regional Central Occidental, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Alajuela, Costa Rica. Ed. MAG.
9. Labroo, M. R.; Studer, A. J. y Rutkoski, J. E. (2021). Heterosis and Hybrid Crop Breeding: A Multidisciplinary Review. *Front. Genet.*, 24, 643761. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.643761>.
10. Liu, Z.; Jiang, J.; Ren, A.; Xu, X.; Zhang, H.; Zhao, T.; Jiang, X.; Sun, Y.; Li, J.; Yang, H. Heterosis and Combining Ability Analysis of Fruit Yield, Early Maturity, and Quality in Tomato. *Agronomy* 2021, 11, 807. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040807>
11. Ansarifar, J.; Akhavizadegan, F. y Wang, L. (2020). Performance prediction of crosses in plant breeding through genotype by environment interactions. *Scientific Reports*, 10:11533. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68343-1>
12. ONS (2016). Memoria anual. Oficina Nacional de semillas. Recuperado de http://ofinase.go.cr/wp-content/uploads/2017/10/memoria_ons2016.pdf
13. Pélabon, C.; Hilde, C. H.; Einum, S. y Gamelon, M. (2020). On the use of the coefficient of variation to quantify and compare trait variation. *Evolution Letters*. 4-3: 180–188.
14. Saborío, M. (2017). *Olericultura*. San José, CR. EUNED.
15. Sapkota, A. (2020). Incomplete dominance vs Co-dominance- Definition. 10 Differences. Examples. *Microbe notes-Online Microbiology and Biology Study Notes*. <https://microbenotes.com/incomplete-dominance-vs-co-dominance/> (Consultado 9 marzo 2021).
16. Seneviratne, K.G.S. & Kannangara, K.N. (2004). Heterosis, heterobeltiosis and commercial heterosis for agronomic traits and yield of Chilli (*Capsicum annum* L.). *Ann. Sri Lanka Depar. Agric.*, 6, pp. 195-201.

16. Uribe, L., Castro, L., Arauz, F., Henríquez, C. & Blanco, M. (2014). Pudrición basal causada por *Phytophthora capsici* en plantas de chiles tratadas con vermicompost. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), pp. 243-253.
17. Yu, D., Gu, X., Zhang, S. *et al.* Molecular basis of heterosis and related breeding strategies reveal its importance in vegetable breeding. *Hortic Res* 8, 120 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41438-021-00552-9>
18. Zúñiga, A. y Carrodegua, A. (2021). Estimación de la variabilidad genética de nueve cultivares de gladiolo (*Gladiolus* spp.) mediante marcadores morfológicos. *Repertorio Científico*, 24(1): 32-42.
19. Zúñiga, A.; Carrodegua, A. y Chinchilla, M. (2021). Variabilidad morfoagronómica de poblaciones F2 de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en Cartago, Costa Rica. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 25(2): 53-67.
20. Mwangangi, I.; Muli, J. y Neondo, J. (2019). Plant Hybridization as an Alternative Technique in Plant Breeding Improvement. *Asian Journal of Research in Crop Science*, 4(1): 1-11.
21. Mitchell, N.; Campbell, L. G.; Ahern, J. R.; Paine, K. C.; Giroldo, A. B. y Whitney, K. D. (2019). Correlates of hybridization in plants. *Evolution Letters*, 3-6: 570–585.
22. Qaim, M. (2020). Role of New Plant Breeding Technologies for Food Security and Sustainable Agricultural Development. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 42(2): 129-150.
23. Mora, J.; Echandi, C. R.; Barrantes, L. F. y Bonilla, K. (2018). Manual técnico basado en experiencias con el híbrido “Dulcítico” (*Capsicum annuum*). San José, C.R. : INTA, 2018.
24. Quesada, G. (2015). Producción de Chile Dulce en Invernadero Bajo Diferentes Niveles de Agotamiento en la Humedad del Sustrato. *Agronomía Costarricense*, 39(1), 25-36.
25. Moreno, E. C.; Mora, R.; Sánchez, F. y García-Pérez, V. (2011). Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* l.) cultivados en hidroponía. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 17(2): 2011: 5-18.
26. Diondra, W., Ivey, S., Washington, E., Woods, S., Walker, J., et al. (2008). Is There A Correlation Between Plant Height and Yield in Soybean? *Reviews in Biology and Biotechnology*, 7(2): 70-76.
27. Elizondo-Cabalca, E. y Monge-Pérez, J. E. (2017). Caracterización morfológica de 15 genotipos de pimiento (*Capsicum annuum*) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. *Intersedes*, 18(37): 2-27.