

# **Evaluación de Características Hortícolas de Cinco Líneas Avanzadas de Ají Dulce (*Capsicum chinense* Jacq.)**

por

Kelvin E. González Berrocales

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

en

AGRONOMÍA

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO  
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ  
2018

Aprobado por:

\_\_\_\_\_  
Linda Wessel Beaver, Ph.D.  
Presidenta, Comité Graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Bryan Brunner Fulton, Ph.D.  
Miembro, Comité Graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Merari Feliciano Rivera, Ph.D.  
Miembro, Comité Graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Solangie Pagán, Ph.D.  
Representante de Estudios Graduados

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Roberto Vargas, Ph.D.  
Director del Departamento

\_\_\_\_\_  
Fecha

## **Abstract**

Sweet chili is the sixth most important vegetable in Puerto Rico. It is used to make “sofrito”, an important ingredient in Puerto Rican cuisine. The production of this vegetable depends on the planting of cultivars adapted to the conditions of the island but little data is available about advanced lines recently developed by the UPR Agricultural Experiment Station. In this study, five of those advanced lines were tested: ‘Amanecer’, ‘Bonanza’, ‘Carnaval’, ‘Encanto’ and ‘Pasión’. These were planted in four locations: Isabela, Lajas, Mayagüez and Juana Díaz. Within a particular location, there were no significant differences among lines for height, yield or number of fruit. Average yield across locations was 8901 kg·ha<sup>-1</sup>. Fruits of ‘Amanecer’ had a trumpet shape while the fruits of the other lines had a flat shape. Pericarp thickness varied between 1.7 mm and 4.3 mm; ‘Carnaval’ had a pericarp thickness greater than that of the other lines. Fruit color was mostly green-yellow for immature fruits and red-orange for ripe fruits. In immature fruits as well as in mature fruits, ‘Pasión’ tended to have a color distinct from that of other lines. This line had a high hue angle (11.22) and low values for L\* (38.55) and chroma (38.53), indicating less luminosity and a green color that was less saturated or intense compared to the other lines. In mature fruits, ‘Pasión’ had a lower hue angle (29.02) than the other lines, indicating a redder color. Again the luminosity (L \* = 30.27) and chroma (42.89) of ‘Pasión’ were low, indicating that this line has dull fruits that do not present much color saturation. Although there were some differences between the lines, all are considered acceptable for cultivation in Puerto Rico.

## Resumen

El ají dulce es la sexta hortaliza más importante en Puerto Rico. Se usa en la confección del sofrito y se emplea en muchas comidas en la isla. La producción de esta hortaliza depende de la siembra de cultivares adaptados a las condiciones del país, pero hay pocos datos disponibles sobre las líneas avanzadas recientemente desarrolladas por la Estación Experimental Agrícola de la UPR. En este estudio se probaron cinco líneas avanzadas: ‘Amanecer’, ‘Bonanza’, ‘Carnaval’, ‘Encanto’ y ‘Pasión’. Estas fueron sembradas en cuatro localidades: Isabela, Lajas, Mayagüez y Juana Díaz. Dentro de una localidad particular, no hubo diferencias significativas entre las líneas para la altura, el rendimiento y la cantidad de frutos. El rendimiento promedio en todas las localidades fue de  $8,901 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Los frutos de ‘Amanecer’ tenían una forma de trompo mientras que los frutos de las otras líneas tenían forma plana. El grosor del pericarpio tuvo diferencias y varió entre 1.7 a 4.3 mm; ‘Carnaval’ tuvo un grosor del pericarpio significativamente mayor al de las demás líneas. El color de la fruta fue principalmente verde-amarillo para los frutos inmaduros y rojo-anaranjado para maduros. ‘Pasión’ tendía a tener un color distinto al de otras líneas. En frutos inmaduros, esta línea tenía un alto ángulo de matiz ( $111.22^\circ$ ) y valores bajos para  $L^*$  (38.55) y croma (38.53), indicando menos luminosidad y un color verde que era menos saturado o intenso en comparación con las otras líneas. En frutas maduras, ‘Pasión’ tenía un ángulo de matiz más bajo ( $29.02^\circ$ ) que las otras líneas, indicando un color más rojizo. De nuevo, la luminosidad ( $L^*=30.27$ ) y el croma (42.89) de frutos de ‘Pasión’ fueron bajos, lo que indica que esta línea tiene frutos opacos que no presentan mucha saturación en el color. Aunque hubo algunas diferencias entre las líneas, todas se consideran aceptables para cultivar en Puerto Rico ya que estas líneas están adaptadas a las condiciones de Puerto Rico por lo que tienen un buen rendimiento.

## **Dedicatoria**

¡A todas las personas que han creído en mí y que de una u otra forma  
han sido parte de esto!

## **Agradecimiento**

A la Dra. Linda Beaver por aceptar ser mi mentora, tenerme paciencia. Gracias por sus consejos y por ser de gran apoyo en esta travesía.

Al proyecto USDA-NIFA-H443 (Número de acceso: 1000526).

A la Dra. Merari Feliciano y al Dr. Bryan Brunner por ser parte de mi comité.

Al equipo de trabajo de la EEA de Isabela y de Lajas en especial a Luisa por ayudarme con mis siembras.

A la EEA de Juana Díaz, a la Dra. Ermita Hernández, Ariel y a su equipo de trabajo por siempre estar pendiente a mis plantas.

Al Dr. John Gill y a sus estudiantes.

Al Dr. Roberto Vargas, Dra. Lizzette González, Dra. Lydía Rivera y al investigador Juan Takegami por recomendarme.

Al Dr. Bryan Irish, Dr. Tim Porch y a los amigos de TARS por su apoyo.

A mis amigos Ana, Iveth, Astrid, Gilberto, Nel, Luis F., Ramón, Nelson, Lorena, Antonio, Víctor, al Agro. Hector Torres al Dr. Segarra y a la Dra. Ángela Linares por motivarme y ayudarme a no olvidar que tenía que terminar.

A mi familia por su apoyo.

A mi amada esposa por ayudarme, ayudarme y por encontrarle una solución a los problemas técnicos que tuve con mi computadora.

A mi Dios, por darme la salud, la fuerza y la hermosa oportunidad de estudiar en el Colegio y encontrarme a tanta gente maravillosa.

<b>Tabla de contenido</b>	<b>Páginas</b>
Abstract.....	ii
Resumen.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Tabla de contenido.....	vi
Lista de tablas.....	vii
Lista de figuras.....	viii
Introducción.....	1
Revisión de literatura.....	3
Materiales y métodos.....	6
<i>Toma de datos</i> .....	7
<i>Análisis estadístico</i> .....	8
Resultados.....	9
<i>Desarrollo vegetativo (altura)</i> .....	9
<i>Número de frutos, rendimiento y peso del fruto individual</i> .....	15
<i>Numero de frutos, rendimiento y peso del fruto individual por días después de trasplante (DDT)</i> .....	18
<i>Ancho del fruto</i> .....	32
<i>Largo de fruto</i> .....	32
<i>Grosor del pericarpio</i> .....	32
<i>Forma del fruto</i> .....	33
<i>Color de los frutos</i> .....	36
Discusión.....	41
<i>Desarrollo vegetativo (altura)</i> .....	41
<i>Número de frutos, rendimiento y peso del fruto individual</i> .....	41
<i>Numero de frutos, rendimiento y peso del fruto individual por días después de trasplante</i> .....	43
<i>Largo, ancho y forma de frutos</i> .....	44
<i>Grosor del pericarpio</i> .....	45
<i>Color de los frutos</i> .....	45

Conclusiones.....	47
Literatura Citada.....	50

<b>Lista de tablas</b>	<b>Páginas</b>
Tabla 1. Número promedio de frutos por hectárea de cinco líneas de ají dulce ( <i>Capsicum chinense</i> ) sembrados en cuatro localidades de Puerto Rico en 2014-2015.	16
Tabla 2. Rendimiento (kg·ha <sup>-1</sup> ) de cinco líneas de ají dulce en cuatro localidades de Puerto Rico.	16
Tabla 3. Peso promedio de los frutos (g) de cinco líneas de ají dulce en cuatro diferentes localidades.	17
Tabla 4. Ancho (cm) del fruto de cinco líneas de ají dulce en cuatro localidades.	33
Tabla 5. Largo (cm) del fruto de cinco líneas de ají dulce en cuatro localidades.	34
Tabla 6. Grosor (mm) del pericarpio de cinco líneas de ají dulce en cuatro localidades	34
Tabla 7. Cociente de largo/ancho de ají dulce en cuatro localidades.	35
Tabla 8. Color del fruto de cinco variedades de ají dulce.	37

<b>Lista de figuras</b>	<b>Páginas</b>
Figura 1. Altura promedio de cinco líneas de ají dulce ( <i>Capsicum chinense</i> ) sembradas en Isabela, Puerto Rico, comenzando en abril 2014. Diferencia Mínima Significativa de Fisher (LSD) a 5% de probabilidad: 3 semanas = 3.74, 5 semanas = 8.40, 7 semanas = 8.84, 10 semanas = 5.10, 15 semanas = 9.62, 20 semanas = 9.60 y 22 semanas = 9.20.	10
Figura 2. Altura promedio de cinco líneas de ají dulce ( <i>Capsicum chinense</i> ) sembradas en Lajas, Puerto Rico, comenzando en julio 2014. Diferencia Mínima Significativa de Fisher (LSD) a 5% de probabilidad: 3 semanas = 1.97, 5 semanas = 14.02, 7 semanas = 13.56, 10 semanas = 17.86, 15 semanas = 23.45 y 20 semanas = 24.05.	11
Figura 3. Altura promedio de cinco líneas de ají dulce ( <i>Capsicum chinense</i> ) sembradas en Mayagüez, Puerto Rico, comenzando en febrero 2015. Diferencia Mínima Significativa de Fisher (LSD) a 5% de probabilidad: 5 semanas = 6.35, 7 semanas = 5.70, 9 semanas = 9.97, 11 semanas = 19.42, 21 semanas = 19.54 y 24 semanas = 23.13.	12
Figura 4. Altura promedio de cinco líneas de ají dulce ( <i>Capsicum chinense</i> ) sembradas en Juana Díaz, Puerto Rico, comenzando en enero 2015. Diferencia Mínima Significativa de Fisher (LSD) a 5% de probabilidad: 5 semanas = 16.71, 7 semanas = 18.64, 9 semanas = 29.69, 11 semanas = 20.24 y 23 semanas = 9.60.	13
Figura 5. Número de frutos de cinco líneas de ají dulce cosechados en Isabela, Puerto Rico, desde julio 2014 hasta febrero 2015.	20
Figura 6. Número de frutos de cinco líneas de ají dulce cosechados en Lajas, Puerto Rico, desde octubre 2014 hasta abril 2015.	21
Figura 7. Número de frutos de cinco líneas de ají dulce cosechados en Mayagüez, Puerto Rico, desde abril 2015 hasta octubre 2015.	22
Figura 8. Número de frutos de cinco líneas de ají dulce cosechados en Juana Díaz, Puerto Rico, desde mayo 2015 hasta noviembre.	23
Figura 9. Rendimiento de cinco líneas de ají dulce en Isabela, Puerto Rico desde julio 2014 hasta febrero 2015.	24

Figura 10. Rendimiento de cinco líneas de ají dulce en Lajas, Puerto Rico desde octubre 2015 hasta abril 2015.	25
Figura 11. Rendimiento de cinco líneas de ají dulce en Mayagüez, Puerto Rico desde abril 2015 hasta octubre 2015.	26
Figura 12. Rendimiento de cinco líneas de ají dulce en Juana Díaz, Puerto Rico desde mayo 2015 hasta noviembre 2015.	27
Figura 13. Peso promedio de frutos de cinco líneas de ají dulce en Isabela, Puerto Rico desde julio 2014 hasta febrero 2015.	28
Figura 14. Peso promedio de frutos de cinco líneas de ají dulce en Lajas, Puerto Rico desde octubre 2014 hasta abril 2015.	29
Figura 15. Peso promedio de frutos de cinco líneas de ají dulce en Mayagüez, Puerto Rico desde abril 2015 hasta octubre 2015.	30
Figura 16. Peso promedio de frutos de cinco líneas de ají dulce en Isabela, Puerto Rico desde mayo 2015 hasta noviembre 2015.	31
Figura 17. Fotografía de frutos de línea Amanecer.	38
Figura 18. Fotografía de frutos de línea Bonanza.	38
Figura 19. Fotografía de frutos de línea Carnaval.	39
Figura 20. Fotografía de frutos de línea Encanto.	39
Figura 21. Fotografía de frutos de línea Pasión.	40

## Introducción

Desde hace aproximadamente 10,000 años el género *Capsicum* ha estado relacionado con la humanidad (Bosland, 1996). En sus comienzos se asociaba con poderes místicos y espirituales, pero fue domesticado hasta hace 5,500 a 7,000 años. En la actualidad tenemos cinco especies domesticadas de las cuales *Capsicum chinense* es una de ellas. Perry et al. (2007) dicen que el chile o ají puede ser el condimento más antiguo de Mesoamérica, su lugar de origen. Los microfósiles de partículas de almidón revelan que el ají se usaba como especia en la cocina desde hace 8,000 años en el occidente. En la actualidad esta hortaliza se asocia mucho con México ya que este país ha desarrollado un paladar adaptado al intenso picante de la capsaicina que contienen los ajíes (Bota y Valeria 2015). No obstante, esta hortaliza también llegó a Europa y otras partes del mundo.

Con un origen del que se sabe poco, surge un tipo de chile o ají con un contenido bajo de capsaicina, el compuesto químico que da la pungencia a los ajíes. Este tipo de *Capsicum chinense* ha tenido una acogida enorme en Puerto Rico. Reportes del Departamento de Agricultura (2015) dicen que para el año fiscal 2013/14 se produjeron 16,019 quintales de ají dulce con un valor de \$133.53 por unidad. En comparación con el año fiscal 2009/10 el ají dulce tuvo un aumento en producción del 62% aportando \$2,139,000 al ingreso bruto agrícola, lo que la colocaría en la sexta hortaliza más importante de la isla (Departamento de Agricultura, 2015).

El ají dulce en Puerto Rico es una de las hortalizas más utilizadas. Este es parte de los ingredientes del sofrito (condimento) que preparan muchas amas de casa, cocineros, chefs, empresas sofriteras y toda aquella persona que le guste darle el toque boricua a sus comidas. Existen muchas variedades criollas (selecciones hechas por los agricultores) que

se han adaptado al clima tropical de la isla, pero no hay suficientes datos publicados que informen sobre el rendimiento y otras características hortícolas de cada una de ellas.

Se realizó esta investigación con el objetivo de evaluar rendimiento y calidad hortícola en cinco líneas avanzadas del programa de mejoramiento de ají dulce en la Estación Experimental Agrícola (EEA) de la Universidad de Puerto Rico, Mayagüez (UPRM), y así lograr tener los datos necesarios para formalmente liberar estos materiales genéticos como nuevos cultivares.

## Revisión de literatura

El género *Capsicum* se compone de aproximadamente 30 especies, aunque sólo *C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. pendulum* y *C. pubescens* están domesticadas (Bosland, 1996). Estas especies han sido estudiadas desde el punto de vista taxonómico y evolutivo, utilizando rasgos morfológicos, citológicos y caracteres moleculares. Las cinco especies principales tienen centros de origen diferentes; estos centros son: México, y Guatemala para la especie *C. annuum*, el Amazonas para *C. chinense* y *C. frutescens* y Perú y Bolivia para *C. pendulum* y *C. pubescens* (Greenleaf, 1986).

El ají dulce (*C. chinense*) es una planta anual que puede durar de 2-3 años en el campo, pero puede comportarse como perenne (Orengo et al., 1999). Su crecimiento es erecto en forma de arbusto con muchas ramificaciones; este puede llegar a tener de 2-4 pies de altura. *C. chinense* puede ser distinguido morfológicamente por sus flores blancas o blancas verdosas, anteras azules, cáliz dentado y una a tres flores por nudo (Greenleaf, 1986). El ají dulce al igual que el pimiento (*C. annuum*) se auto fecunda, pero puede llegar a tener de un 7 a 91% de polinización cruzada (Bosland, 1996). Este tiene alta fertilidad con las especies *C. eximium*, *C. carfenasii*, *C. pubescens*, *C. galapogense* y *C. schottianum* en la F1; y con una fertilidad moderada en la F2 con *C. annuum* y *C. microcarpum* (Greenleaf, 1986). En Puerto Rico, Orengo et al. (1999) clasificaron cuatro tipos comunes de ají dulce. El principal y más distribuido es el que le conocen como “chato”, luego encontramos el “redondo”, “arroyo” y “trompo”.

La región del Caribe es importante para conocer a *C. chinense*, según estudios moleculares realizados por Moses y Umaharan (2012), existe una gran diversidad genética de la especie en la región. La gran diversidad en el tamaño, color, aroma y porcentaje de pique, hace del *C. chinense* un cultivo con gran diversidad de usos (Bharath, 2012). Por

esta gran diversidad, el Caribe es una región donde se produce mucho ají de diferentes formas y tamaños. En un estudio realizado en Georgia (EEUU), se estudiaron 330 accesiones obteniendo una variación en largo, ancho y peso del fruto (Lawrence y Berke, 2008). El rango del largo fue de 7.9 mm a 113.7 mm, el ancho de 6.18 mm a 40 mm y el peso del fruto 0.18 g a 22.7 g. En Trinidad y Tobago se siembran aproximadamente 36 hectáreas, para una producción de 20,175 kg ha<sup>-1</sup> (Adams et al. 2011).

Uno de los países que más cultiva *C. chinense* es México. En México esta especie se le conoce con el nombre común de “chile habanero” (Lillywhite et al., 2013). La diferencia está en que la mayoría de las variedades cultivadas en México tienen un grado de pique (Ruiz et al., 2010), así también en la mayoría de los países donde se cultiva la especie mientras que el ají dulce de Puerto Rico no lo tiene. El sabor picante del ají está dado por un compuesto fenólico conocido como capsaicina (Bennett y Kirby, 1968). El nivel de capsaicina se mide con la escala Scoville, la cual cuantifica el grado de pique contenido en el ají (Collins et al., 1995). La concentración de capsaicina depende del cultivar (Contreras y Yahia, 1998; Estrada et al., 1999; Salgado y Ochoa, 1990), y de los factores ambientales donde se cultiven (Harvell y Bosland, 1997; Zewdie y Bosland, 2000). Según fuentes no formales del internet el ají dulce (*C. chinense*) puede tener poca o ninguna capsaicina, con menos de 100 unidades Scoville, mientras que el habanero de México puede llegar a tener de 150,000-210,000 unidades Scoville (SCRIBD, 2015).

Una de las principales plagas del género *Capsicum* es *Anthonomus eugenii* Cano (picudo del pimiento) (Gordon y Armstrong, 1990). Este insecto fue descrito en el 1894 por Cano y Alcacia. Se detectó en Puerto Rico por primera vez en la subestación de Isabela, EEA-UPR, para el año 1982 en plantas de *Capsicum annuum* (Abreu y Cruz, 1985), el cual es su hospedero principal. Desde ese entonces el picudo del pimiento se convirtió en un

factor limitante para la producción de pimientos en el país. Durante la etapa de floración y fructificación *A. eugenii* puede causar abortos florales y de frutas, resultando hasta en un 100% de pérdidas (Gutiérrez, 1998; López y Medina, 2004). Se ha convertido en la plaga principal de las especies comerciales de *Capsicum* y algunas especies del género *Solanum*.

## **Materiales y métodos**

Se prepararon semilleros de cinco líneas experimentales de ají dulce que se están considerando para ser liberadas por la Estación Experimental Agrícola (EEA) de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez (UPRM): ‘Amanecer’ (designación experimental G-2), ‘Bonanza’ (S-7), ‘Carnaval’ (G-11), ‘Encanto’ (G-6) y ‘Pasión’ (G-8). Los semilleros se prepararon en bandejas plásticas de 72 celdas con 4 semillas por celda. Después de la emergencia éstas se entresacaron dejando una sola plántula por celda. Las bandejas se mantuvieron en un invernadero con una temperatura fresca que mantuvo un enfriador. Las plantas se rociaron todos los días con agua y empezando la tercera semana de germinadas se le aplicó una solución de 20-20-20 cada dos semanas a razón de 15 ml por 3.79 L de agua. A las ocho semanas de germinadas las plántulas se trasplantaron al campo. Las fechas de trasplante para las diferentes localidades fue el 23 de abril de 2014 EEA en Isabela, el 2 de julio de 2014 en Lajas, el 22 de enero de 2015 en Juana Díaz y el 5 de febrero de 2015 en Mayagüez. En Isabela, Lajas y Juana Díaz se sembró el experimento en los predios de las subestaciones experimentales correspondientes. En Mayagüez se sembró en un predio de la finca laboratorio de la UPRM, Alzamora

En cada localidad, las cinco líneas estaban arregladas en un diseño de bloques completos con dos o tres bloques. Las parcelas consistían de un surco de ocho plantas a una distancia de 0.75 m (2.5 pies) entre plantas y 1.5 m (5 pies) entre surcos, para un área total de 30 m<sup>2</sup> (100 pies<sup>2</sup>). Los surcos en Lajas y Juana Díaz estaban en forma de bancos. En Isabela y el RUM se sembraron sin bancos. Para todas las siembras se utilizó riego por goteo y se aplicó 100 kg·ha<sup>-1</sup> de 10-10-10 dos semanas después del trasplante, siguiendo la recomendación de Orengo et al. (1999).

Toma de datos Se midió la altura de todas las plantas cada dos semanas comenzando la cuarta semana después del trasplante. Se utilizó un tubo “pvc” calibrado en centímetros para medirlas. El tubo se ponía verticalmente en la base del tallo (parte más cercana al suelo) y se medía de abajo hacia arriba hasta el ápice de la planta.

Cuando los frutos en su mayoría estaban maduros (60% o más) se hizo la primera cosecha. Un fruto se consideró como maduro cuando este se tornó rojizo. Las siguientes cosechas se realizaron tomando en cuenta de igual forma la cantidad de frutos maduros. Se cosecharon todas las plantas de cada parcela. Destaco, que en algunas parcelas habían menos de las 8 plantas originalmente sembradas ya que se enfermaron y murieron. Entre las diferentes localidades el tiempo entre cada cosecha fue muy variado, desde una semana a un mes. Se realizaron cinco cosechas para Isabela, Lajas y Mayagüez y siete cosechas para Juana Díaz. Se contaron y se pesaron los frutos de cada parcela. Se calculó el peso promedio por fruto dividiendo el peso total por parcela por el número total por parcela. Luego se pasó a calcular el ancho del fruto. Para compensar las plantas perdidas se dividió el peso total de frutas en las parcelas por el número de plantas por parcela y así determinar el peso (rendimiento) promedio por planta. Se usó una regla calibrada en centímetros y se tiró un transepto horizontal en la parte superior del fruto que es la más ancha. Luego se calculó el largo del fruto tirando un transepto vertical desde el cáliz del fruto hasta la inferior. Se obtuvo el grosor del pericarpo haciendo un corte transversal por el medio del fruto y colocando un “caliper” calibrado en milímetros en esa parte del pericarpo.

Se tomaron datos de color con un colorímetro Color Flex<sup>®</sup> E2 (Hunter Lab, Reston, Virginia). Para cada línea se midieron 30 frutos de una cosecha y se evaluaron en cada una de las siguientes categorías de madurez: (1) inmaduros (verdes) y (2) maduros (rojo/anaranjado). Se utilizó el estándar de CIE de 1978, L\*a\*b (McGuire 1992;

Commission Internationale de l'Éclairage 1978). Utilizando lecturas de  $a^*$  y  $b^*$ , se calcularon ángulo de matiz (categoría de color) y chroma (intensidad del color o saturación). Para calcular el chroma ( $C^*$ ) y ángulo de matiz ( $h^*$ ) se utilizaron las formulas:

$C^* = \text{SQRT} (([a]^*[a] + ([b]^*[b])))$  y para el ángulo matiz:

$\text{THETA} = (\text{ARCOTAN}([b]/[a]) / 6.2832 * 360.$

Si  $a > 0$  y  $b \geq 0$ ,  $h^* = \text{THETA}$ ; Si  $a < 0$  y  $b \geq 0$ ,  $h^* = 180 + \text{THETA}$ ;

Si  $a < 0$  y  $b < 0$ ,  $h^* = 180 + \text{THETA}$ ; Si  $a > 0$  y  $b < 0$ ,  $h^* = 360 + \text{THETA}$

Análisis estadístico En cada localidad, el diseño experimental fue en bloques completos al azar con cinco tratamientos que correspondía a las líneas. En Isabela y Lajas tenía tres repeticiones y en Juana Díaz y Mayagüez dos. En cada localidad aparte los datos fueron sujetos a análisis de varianza con el programa Infostat (Di Rienzo et al., 2014). Dentro de cada localidad se compararon las medias de las líneas con el método de Diferencia Mínima Significativa de Fisher, usando  $\alpha = 0.05$ .

## **Resultados**

Desarrollo vegetativo (altura) Aunque no fue posible hacer una comparación estadística entre las localidades debido a la falta de igual número de bloques, se pueden hacer algunas observaciones generales sobre diferencias entre localidades. El desarrollo vegetativo (altura) de las plantas de Isabela fue mayor que el de las demás localidades (Figuras 1, 2, 3 y 4). En general, en todas las localidades ‘Pasión’ tuvo la estatura más alta y ‘Carnaval’ tuvo la estatura más baja, mientras las estaturas de ‘Amanecer’, ‘Encanto’ y ‘Bonanza’ estuvieron entremedias. El crecimiento de las plantas de ají dulce en todas las localidades se mantuvo relativamente constante a través del tiempo.

En Isabela después de la semana 15 el crecimiento vegetativo era mínimo, ya que las plantas se mantuvieron prácticamente con la misma altura (Figura 1). A las 3, 5 y 8 semanas no hubo diferencia significativa entre las alturas de las líneas, aunque se comienza a ver una tendencia donde las líneas ‘Encanto’ y ‘Bonanza’ mostraron una mayor altura a las demás. Desde la semana 10 se pudo ver una diferencia entre las alturas de las líneas. En la décima semana ‘Bonanza’, ‘Amanecer’ y ‘Pasión’ fueron más altas que ‘Encanto’ y ‘Carnaval’. Estas últimas dos fueron diferentes entre sí, resultando ‘Carnaval’ la línea con una postura más baja. En la semana 15, ‘Pasión’ alcanzó los 101.9 cm de altura, pero esto no resultó significativamente diferente a las alturas de ‘Amanecer’ (100.6 cm) y ‘Bonanza’ (99.6 cm). ‘Encanto’ tenía una altura de 91.3 cm que no era significativamente diferente a ‘Amanecer’ y ‘Bonanza’. En esta semana 15, ‘Carnaval’ resultó inferior a las demás con

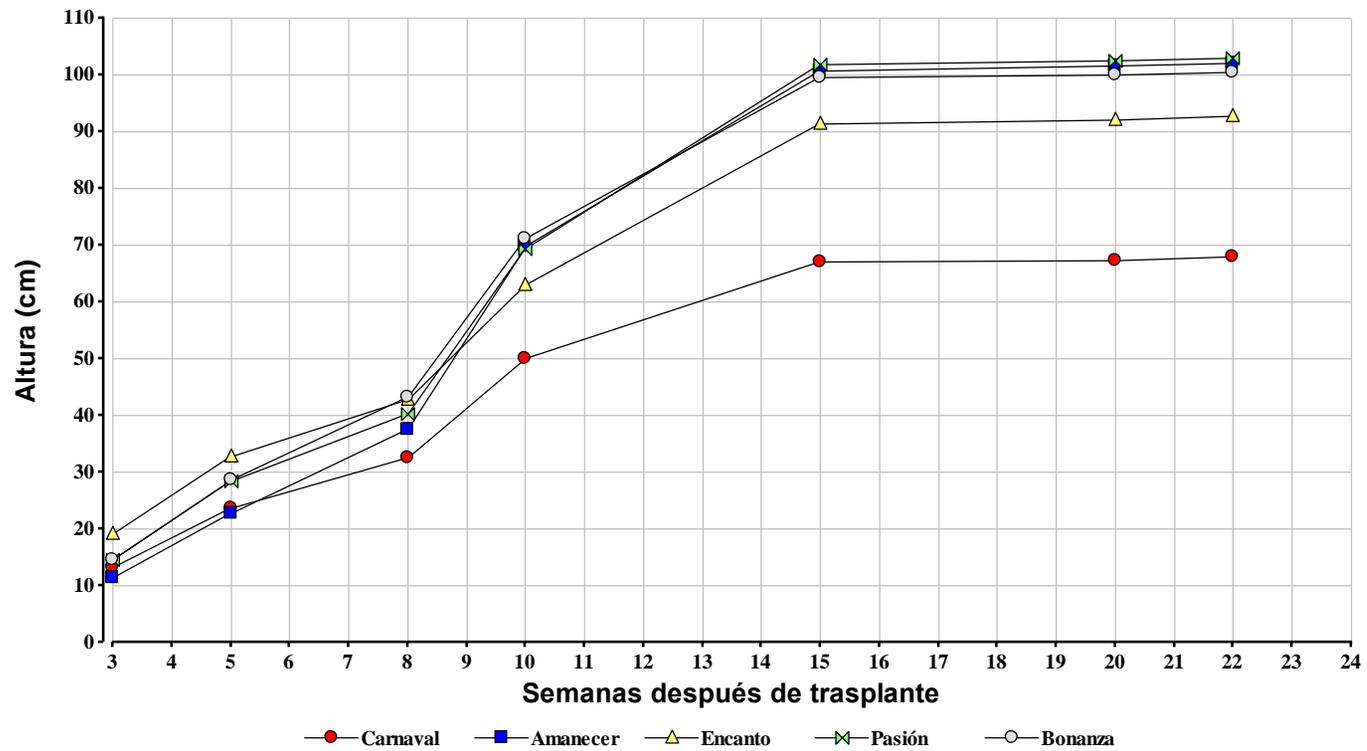


Figura 1. Altura promedio de cinco líneas de ají dulce (*Capsicum chinense*) sembradas en Isabela, Puerto Rico, comenzando en abril 2014. Diferencia Mínima Significativa de Fisher (LSD) a 5% de probabilidad: 3 semanas = 3.74, 5 semanas = 8.40, 7 semanas = 8.84, 10 semanas = 5.10, 15 semanas = 9.62, 20 semanas = 9.60 y 22 semanas = 9.20.

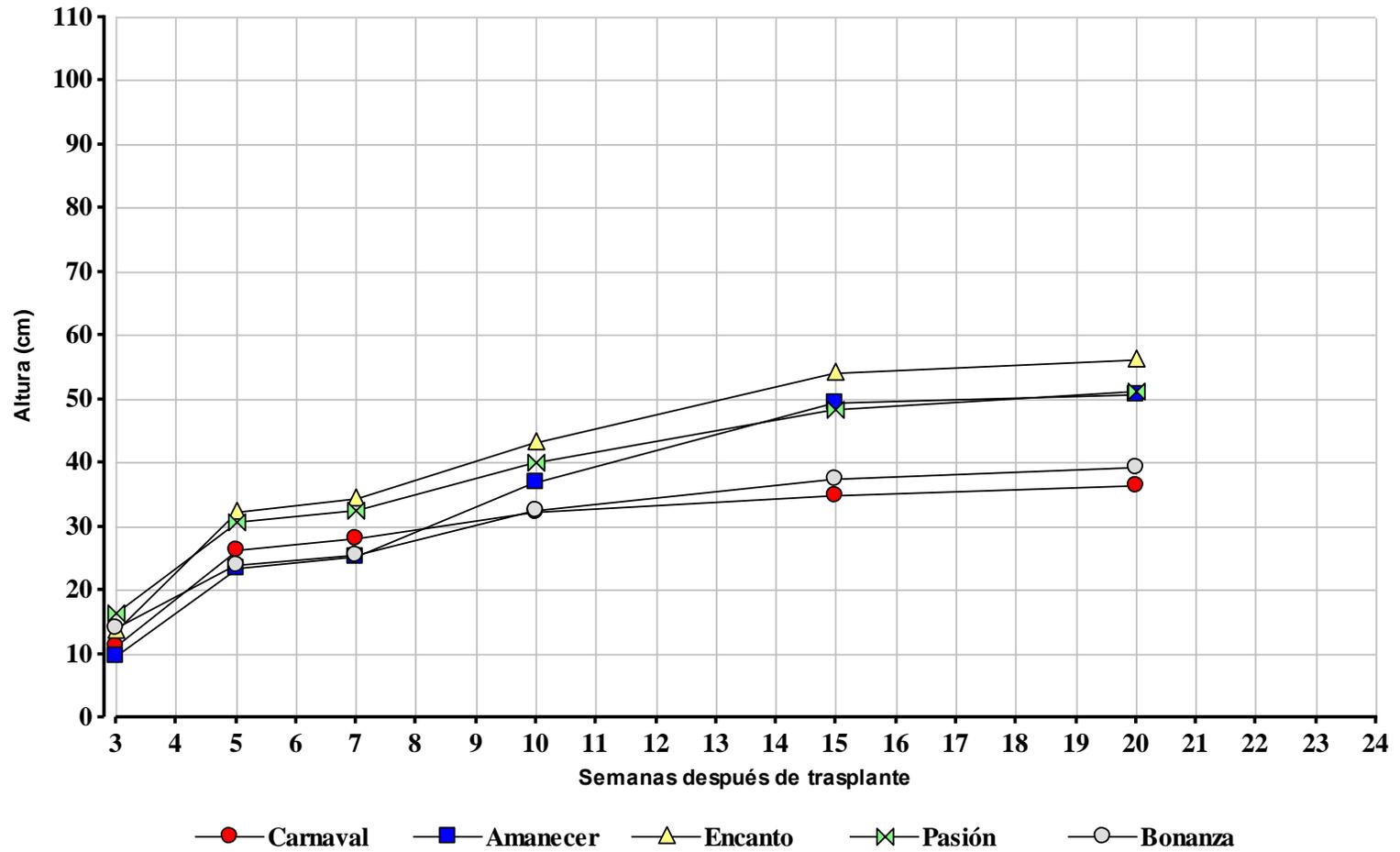


Figura 2. Altura promedio de cinco líneas de ají dulce (*Capsicum chinense*) sembradas en Lajas, Puerto Rico, comenzando en julio 2014. Diferencia Mínima Significativa de Fisher (LSD) a 5% de probabilidad: 3 semanas = 1.97, 5 semanas = 14.02, 7 semanas = 13.56, 10 semanas = 17.86, 15 semanas = 23.45 y 20 semanas = 24.05.

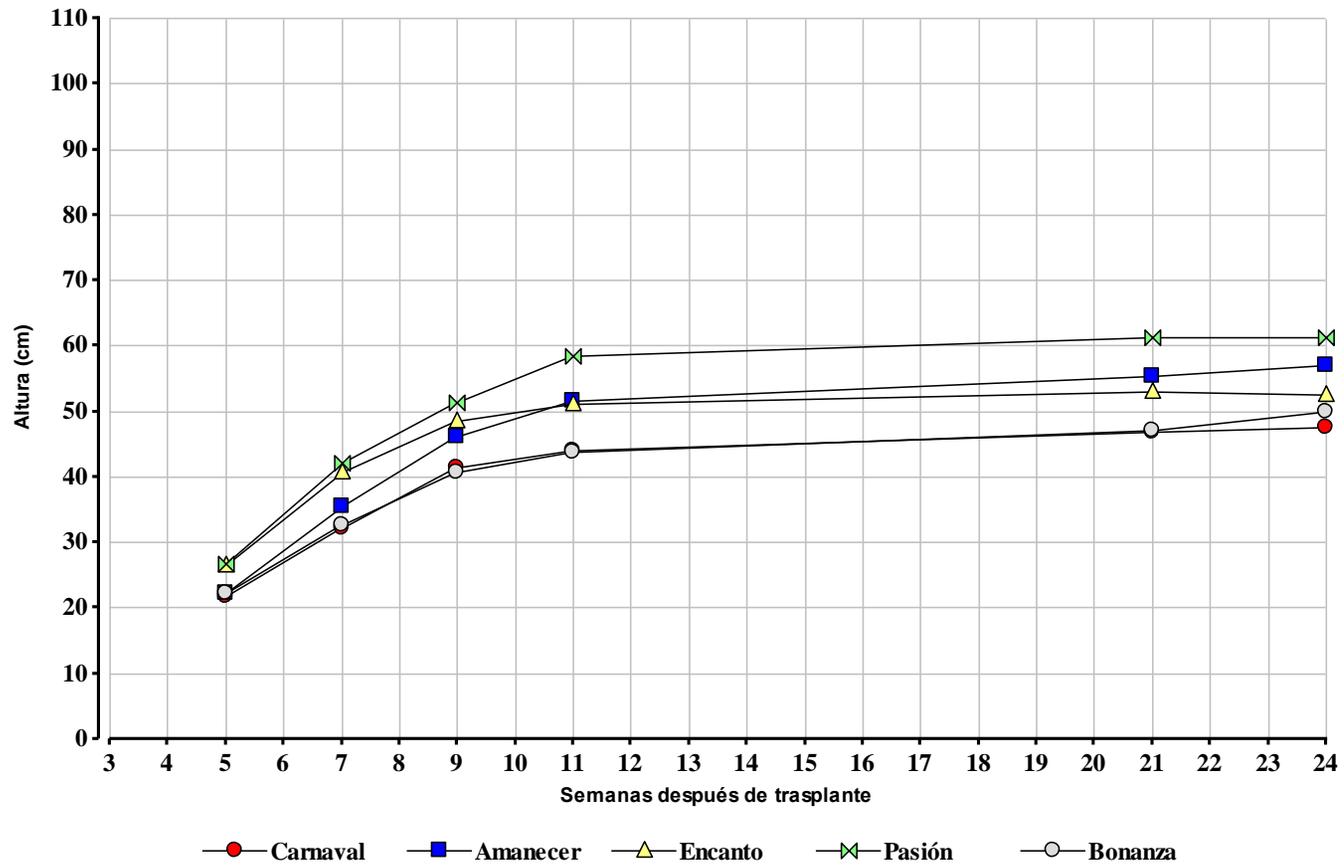


Figura 3. Altura promedio de cinco líneas de ají dulce (*Capsicum chinense*) sembradas en Mayagüez, Puerto Rico, comenzando en febrero 2015. Diferencia Mínima Significativa de Fisher (LSD) a 5% de probabilidad: 5 semanas = 6.35, 7 semanas = 5.70, 9 semanas = 9.97, 11 semanas = 19.42, 21 semanas = 19.54 y 24 semanas = 23.13.

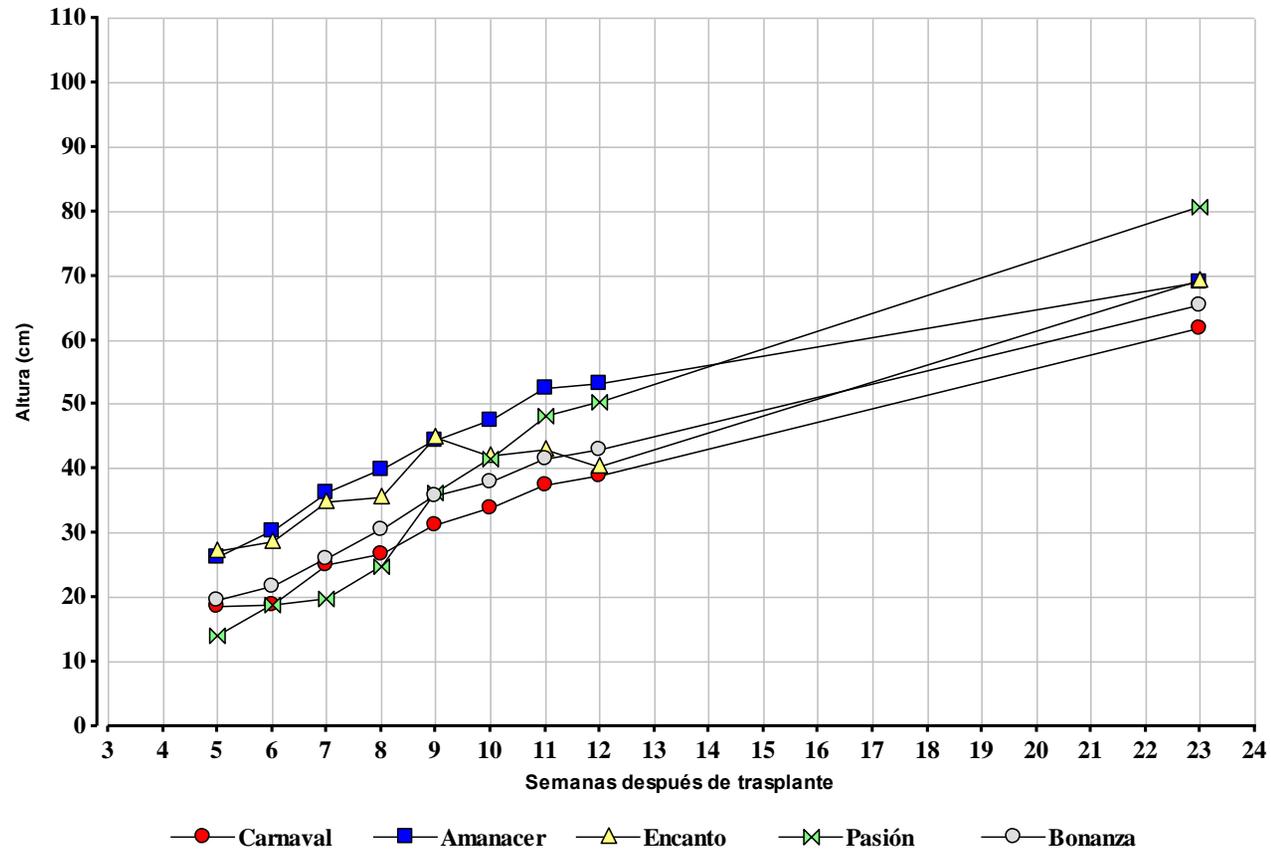


Figura 4. Altura promedio de cinco líneas de ají dulce (*Capsicum chinense*) sembradas en Juana Díaz, Puerto Rico, comenzando en enero 2015. Diferencia Mínima Significativa de Fisher (LSD) a 5% de probabilidad: 5 semanas = 16.71, 7 semanas = 18.64, 9 semanas = 29.69, 11 semanas = 20.24 y 23 semanas = 9.60.

una altura de 67 cm. En las semanas 20 y 22 las plantas mostraron un comportamiento similar a la semana 15. ‘Pasión’ resultó con la altura más alta (102.9 cm) aunque no estadísticamente diferente a ‘Amanecer’ (102.1 cm) y ‘Bonanza’ (100.5 cm). ‘Encanto’ y ‘Carnaval’ continuaron siendo las plantas más bajas entre las líneas con unas alturas de 92.8 cm y 68.0 cm, respectivamente.

En la siembra de Lajas hubo diferencias significativas entre las alturas de las líneas empezando la semana 3 (Figura 2). Las plantas de ‘Pasión’ fueron las más altas, mientras que ‘Bonanza’ y ‘Encanto’ le seguían en el tamaño, pero sin mostrar diferencias significativas entre ellas. Las plantas más pequeñas en estas primeras tres semanas fueron las de ‘Carnaval’ y ‘Amanecer’. En las semanas 5, 7, 10, 15 y 20 no hubo diferencia significativa entre ningunas de las líneas. Pero se observó una tendencia clara donde la línea ‘Encanto’ fue la más alta con 56.2 cm y ‘Carnaval’ la más baja con 36.4 cm.

En Mayagüez sólo hubo diferencia significativa entre las alturas de las líneas en la semana número 7, donde ‘Pasión’ (42.2 cm) y ‘Encanto’ (40.7 cm) fueron las líneas con mayor altura y ‘Carnaval’ (32.2 cm) fue la de menor altura, pero sin ser significativamente diferente a ‘Bonanza’ (32.7 cm) (Figura 3). A pesar de no encontrar diferencias significativas entre las líneas, si hubo una tendencia donde ‘Pasión’ se muestra como la línea más alta y ‘Bonanza’ y ‘Carnaval’ las más bajas.

En Juana Díaz no hubo diferencia entre las líneas en ninguna de las fechas (Figura 4). Aunque no se observaron diferencias significativas hubo una tendencia en la que ‘Pasión’ fue la línea más alta en todas las semanas, parecida a la tendencia observada en Mayagüez. ‘Pasión’ (80.7 cm), ‘Amanecer’ (69.9 cm) y ‘Encanto’ (69.2 cm) fueron las que alcanzaron mayor altura, mientras que las líneas ‘Bonanza’ (65.4 cm) y ‘Carnaval’ (61.9 cm) fueron las más bajas.

Número de frutos, rendimiento y peso de fruto individual El número de frutos y rendimiento (peso) por hectárea variaron considerablemente entre las cuatro localidades, pero dentro de cada localidad no hubo diferencias significativas entre las cinco líneas (Tablas 1 y 2). El rendimiento total varió de un promedio de 4,373 kg·ha<sup>-1</sup> en Isabela hasta 18,103 kg·ha<sup>-1</sup> en Juana Díaz. En la media general para todas las localidades ‘Pasión’ obtuvo el rendimiento más alto, seguido por Amanecer. Ambas líneas obtuvieron una cantidad de frutos superior a las demás en dos localidades. ‘Pasión’ fue superior en Isabela y Lajas y Amanecer en Mayagüez y Juana Díaz.

El tamaño promedio del fruto no varió mucho entre localidades, pero si hubo diferencia significativa entre las líneas dentro de las localidades (Tabla 3). En tres de las cuatro localidades, ‘Carnaval’ tuvo los frutos más pesados, aunque este efecto no fue siempre significativo. ‘Amanecer’, ‘Bonanza’ y ‘Encanto’ tendieron a tener pesos de frutos intermedios (entre 10-12 g). ‘Pasión’ tuvo frutos menos pesados en todas las localidades, aunque esta diferencia no fue siempre significativa.

‘Carnaval’ tendió a producir frutos del mayor tamaño con una media general de 14.1 g, seguido por ‘Bonanza’ con 11.8 g. ‘Pasión’ fue la línea con menor peso (7.6 g) aunque esta diferencia no fue significativa en todas las localidades.

Tabla 1. Número promedio de frutos por hectárea de cinco líneas de ají dulce (*Capsicum chinense*) sembrados en cuatro localidades de Puerto Rico en 2014-2015.

Líneas	Isabela (2014)	Lajas (2014)	Mayagüez (2015)	Juana Díaz (2015)	Media
Amanecer	323,630	641,211	815,892	1,772,251	865,496
Bonanza	331,523	296,720	608,510	1,714,127	737,720
Carnaval	329,011	472,169	683,139	1,668,381	788,175
Encanto	325,005	699,814	488,674	1,154,412	666,976
Pasión	807,332	858,451	640,084	1,642,471	987,085
Media	405,100	593,673	647,260	1,390,328	759,090
p-valor <sup>1</sup>	0.2193	0.4958	0.3628	0.5313	

<sup>1</sup>Probabilidad en la prueba F.

Tabla 2. Rendimiento (kg·ha<sup>-1</sup>) de cinco líneas de ají dulce en cuatro localidades de Puerto Rico.

Líneas	Isabela (2014)	Lajas (2014)	Mayagüez (2015)	Juana Díaz (2015)	Media
Amanecer	4,447	6,648	8,648	21,835	10,395
Bonanza	4,427	2,996	8,234	18,755	8,603
Carnaval	4,990	6,362	9,100	23,727	11,045
Encanto	2,825	6,846	5,819	12,505	6,999
Pasión	5,174	4,959	6,145	13,716	7,499
Media	4,373	5,562	7,589	18,108	8,901
p-valor <sup>1</sup>	0.7977	0.6833	0.3733	0.1605	

<sup>1</sup>Probabilidad en la prueba F.

Tabla 3. Peso promedio de los frutos (g) de cinco líneas de ají dulce en cuatro diferentes localidades.

Líneas	Isabela (2014)	Lajas (2014)	Mayagüez (2015)	Juana Díaz (2015)	Media
Amanecer	13.8 a	9.6 b	10.7 b	12.3 ab	11.6
Bonanza	12.3 ab	10.2 b	13.7 a	10.9 bc	11.8
Carnaval	15.5 a	13.1 a	13.4 a	14.3 a	14.1
Encanto	9.3 bc	9.8 b	11.9 ab	10.9 bc	10.5
Pasión	7.2 c	5.5 c	9.4 b	8.3 c	7.6
Media	11.6	9.6	11.8	11.3	11.1
p-valor <sup>1</sup>	0.0035	0.0004	0.0342	0.0311	
DMS <sup>2</sup>	3.49	2.01	2.49	2.98	

En una columna, medias seguidas de las mismas letras no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad de 0.05.

<sup>1</sup>Probabilidad en la prueba F.

<sup>2</sup>Diferencia mínima significativa de Fisher a 5% de probabilidad

Numero de frutos, rendimiento y peso del fruto individual por días después de trasplante (DDT) Para número de frutos dentro de las localidades de Isabela, Lajas y Mayagüez, el patrón sobre el tiempo, en términos de orden de la mejor hasta la peor línea, fue relativamente consistente, aunque los rangos de las líneas variaron entre las localidades (Figuras 5, 6 y 7). En Juana Díaz el patrón fue mucho más errático, con cambios de rango dependiendo de la fecha de cosecha (Figura 8). Hubo un patrón similar al número de frutos dentro de las localidades para el peso de fruto dentro de las localidades (Figura 9, 10, 11 y 12). Para peso promedio del fruto hubo bastante variación en el rango de líneas entre cosechas, pero 'Pasión' casi siempre tuvo el peso de fruto menor.

En Isabela la cantidad de frutos inicial fue menor a la cantidad de frutos final para todas las líneas. En las primeras dos cosechas la cantidad de frutos en Isabela estaba sobre los 50,000 frutos por hectárea, pero en la tercera y cuarta cosecha la cantidad de de frutos por hectarea de cada una de las líneas bajo de los 50,000 frutos por hectáre, esto debido a una fuerete infección del picudo del pimiento desde la tercera cosecha en adelante. Las cosechas yo las realizaba aproximadamente cada dos semanas, pero hubo un lapso entre los 150-210 aproximadamente que no pude cosechar ya que no habian frutas en las plantas. No se le aplicó nada para el control del picudo, pero si se hizo una poda de renovacion la cual nos dio la oportunidad de hacer una nueva cosecha que resulto ser menor que la cantidad de frutos que se cosecharon al principio. En tiempo de cosecha en Isabela (DDT) fue mayor (mucho más de 180 DDT) debido al ataque del picudo. En Lajas el comportamiento de la cantidad de frutos entre lineas se comporto bien parecido en el orden de mayor a menos produccion de frutos. En la primera cosecha de Lajas Pasión fue la más que produjo frutos y en la ultima de igual forma. En esta localidad Bonanza fue la que menos frutos tuvo en la primera y ultima cosechas. En Mayagüez y Juana Díaz no hubo una tendencia entre la

cantidad de frutos que produjo cada línea DDT. En Mayaguez Amanecer, y Encanto tuvieron mayor cantidad de frutos en la última cosecha versus la primera, Pasión se mantuvo prácticamente igual y Carnaval y Bonanza produjeron menos. La cantidad de frutos producidos en Juana Díaz en la primera cosecha fue inferior a la cantidad de frutos producidos en la última cosecha en todas las líneas.

El peso promedio de frutos fue variado para las fechas de cosecha en todas las localidades y líneas y en Mayagüez se observó una disminución del mismo a lo largo de las cosechas, mientras que en las demás localidades los pesos de algunas de las líneas aumentaron o se mantuvieron constantes (Figuras 13, 14, 15 y 16).

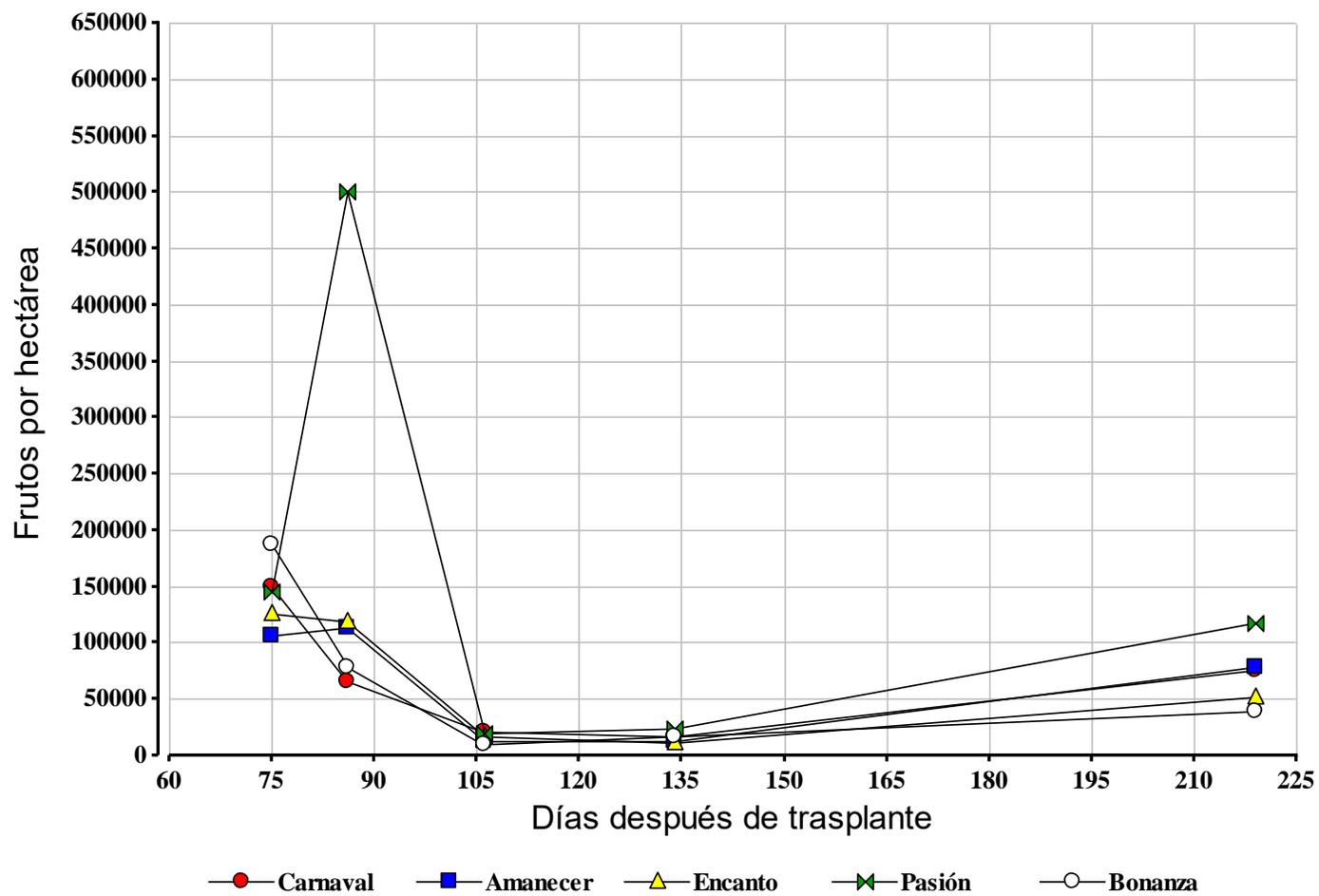


Figura 5. Número de frutos de cinco líneas de ají dulce cosechados en Isabela, Puerto Rico, desde julio 2014 hasta febrero 2015.

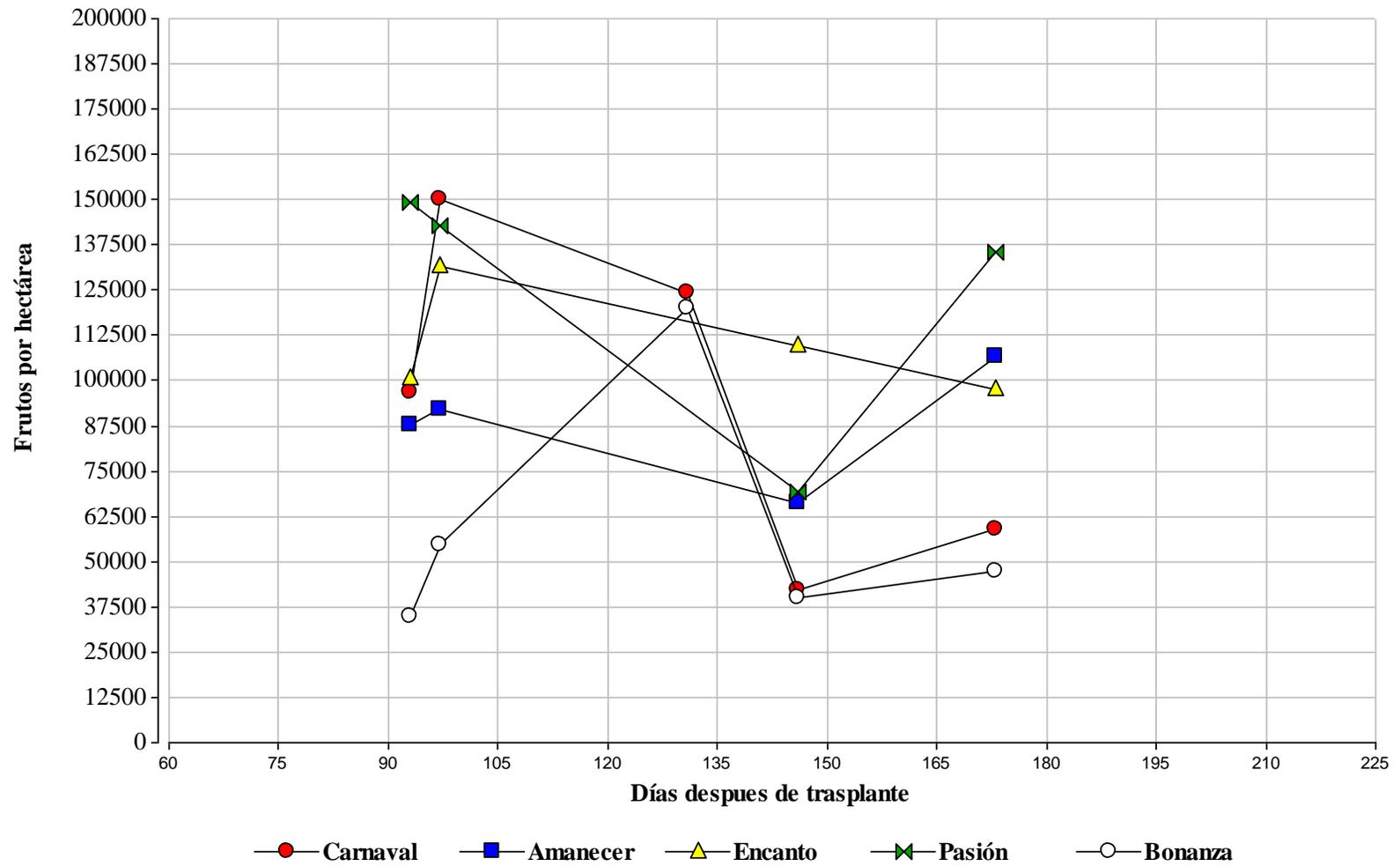


Figura 6. Número de frutos de cinco líneas de ají dulce cosechados en Lajas, Puerto Rico, desde octubre 2014 hasta abril 2015.

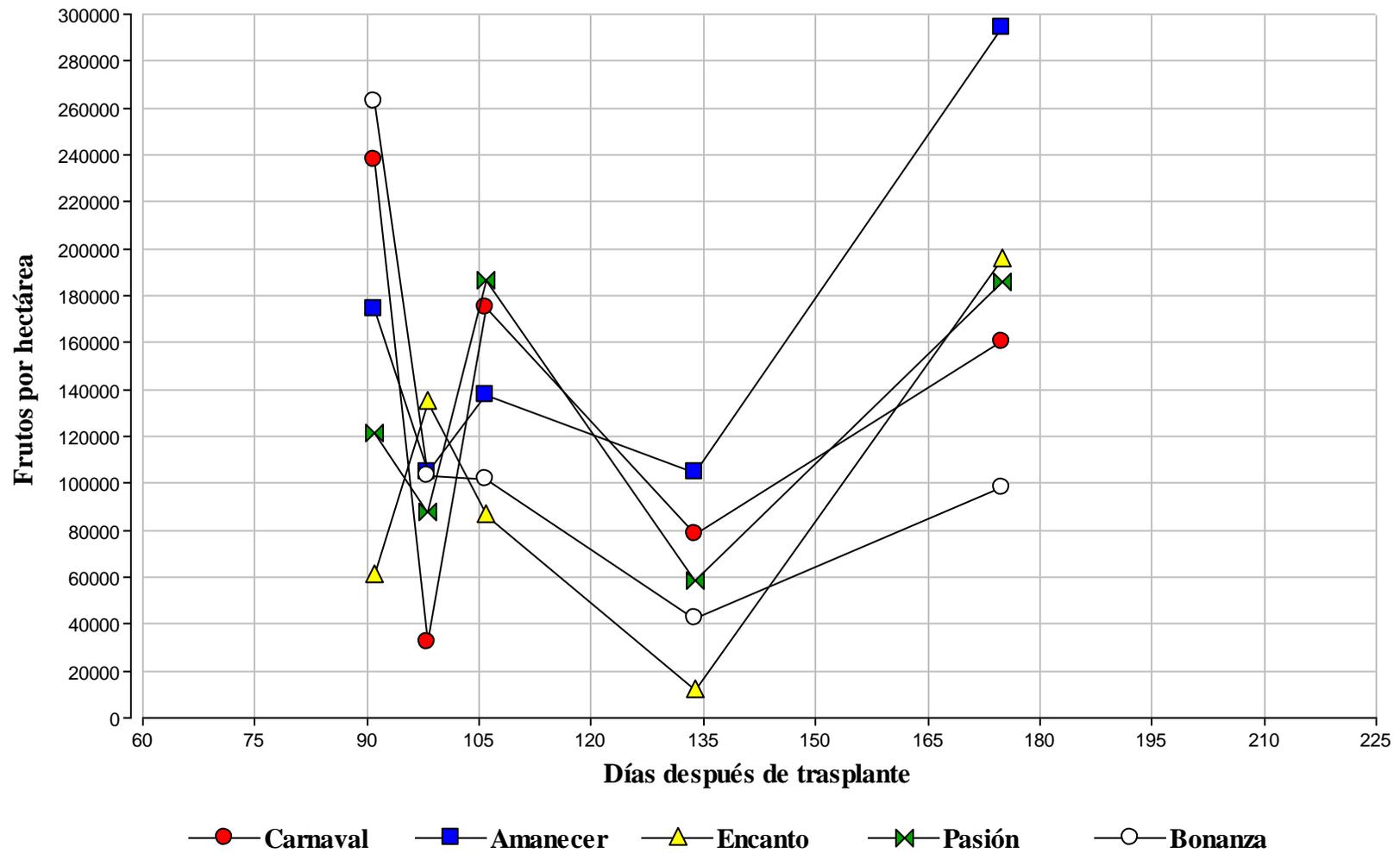


Figura 7. Número de frutos de cinco líneas de ají dulce cosechados en Mayagüez, Puerto Rico, desde abril 2015 hasta octubre 2015.

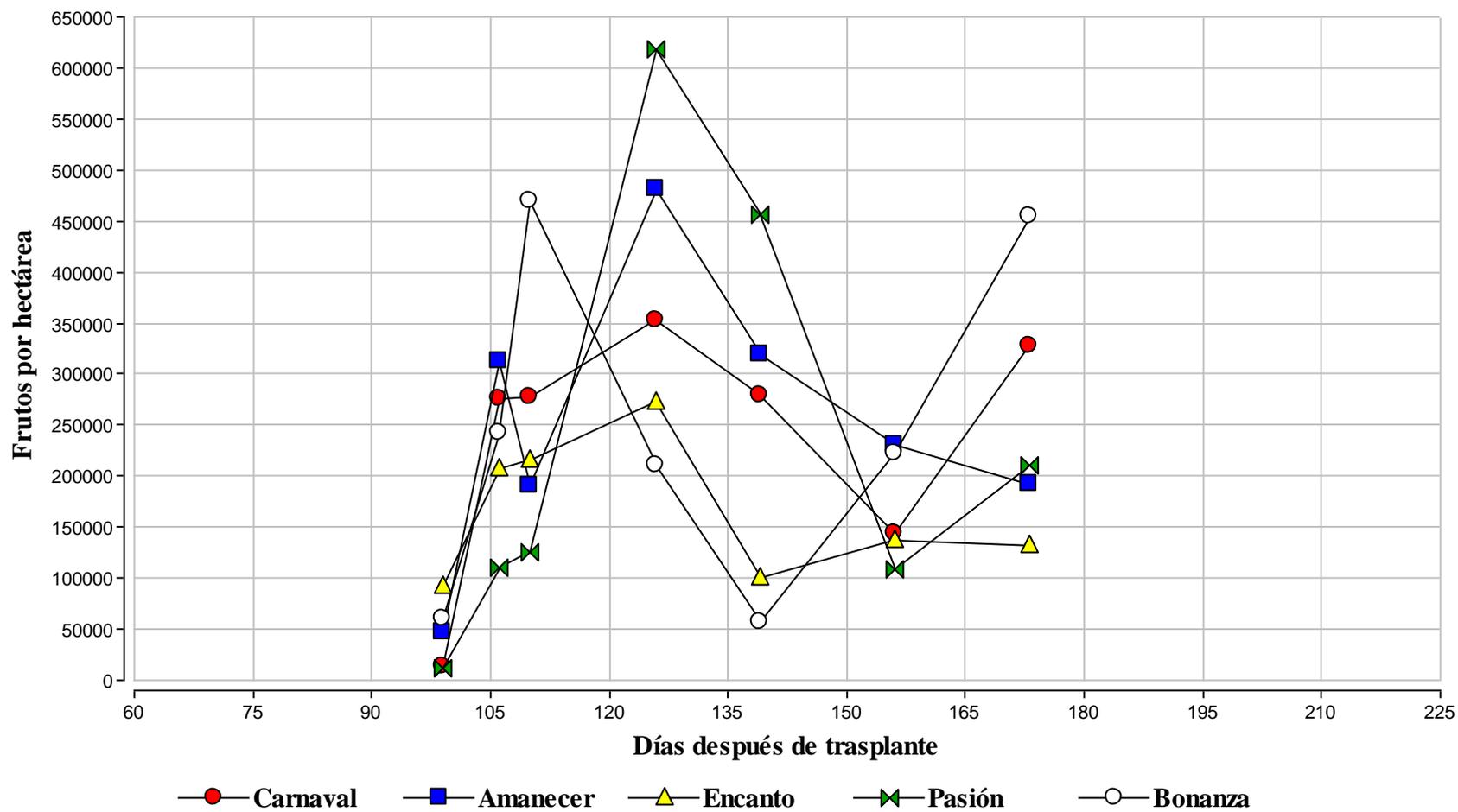


Figura 8. Número de frutos de cinco líneas de ají dulce cosechados en Juana Díaz, Puerto Rico, desde mayo 2015 hasta noviembre 2015.

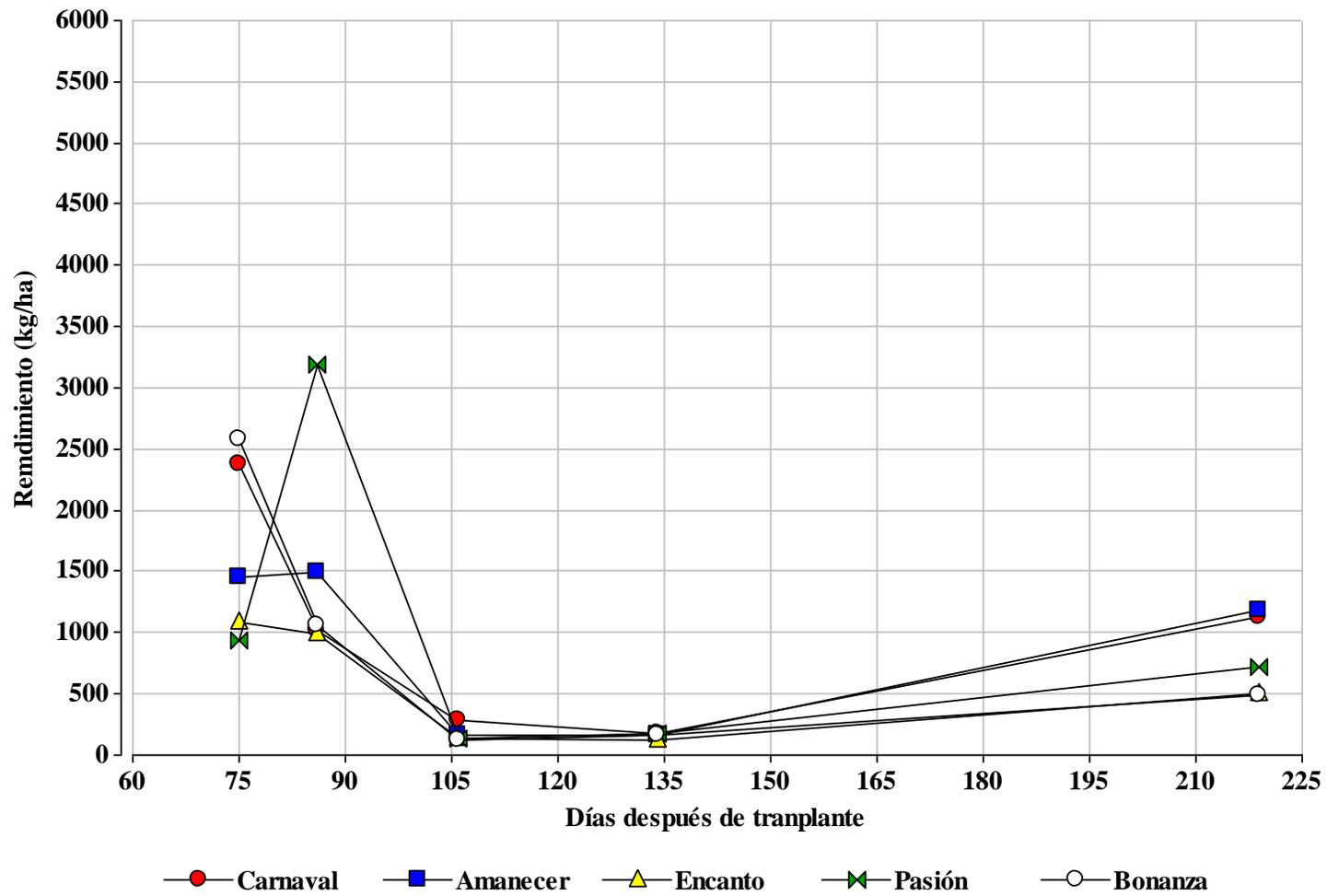


Figura 9. Rendimiento de cinco líneas de ají dulce en Isabela, Puerto Rico desde julio 2014 hasta febrero 2015.

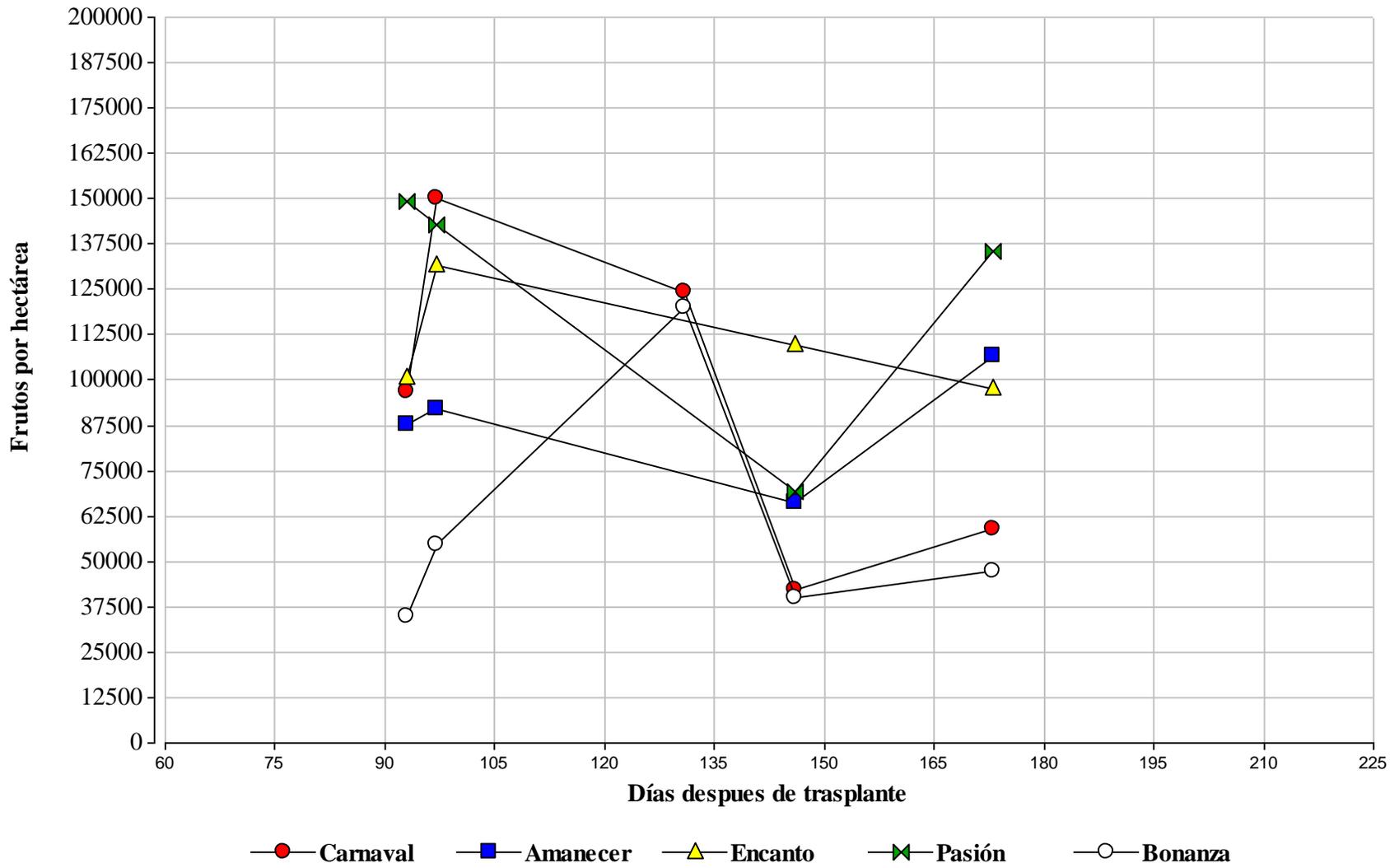


Figura 10. Rendimiento de cinco líneas de ají dulce en Lajas, Puerto Rico desde octubre 2015 hasta abril 2015.

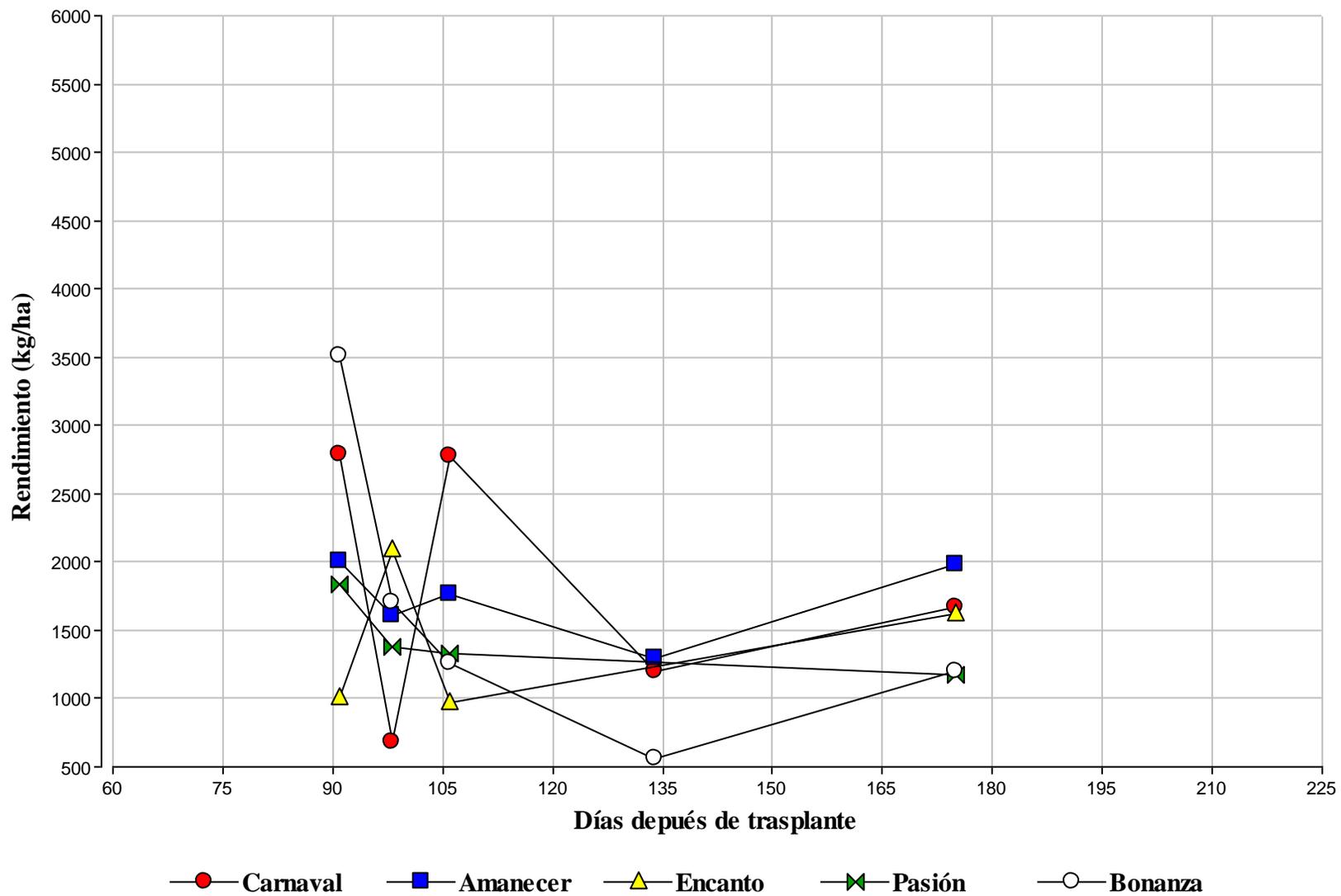


Figura 11. Rendimiento de cinco líneas de ají dulce en Mayagüez, Puerto Rico desde abril 2015 hasta octubre 2015.

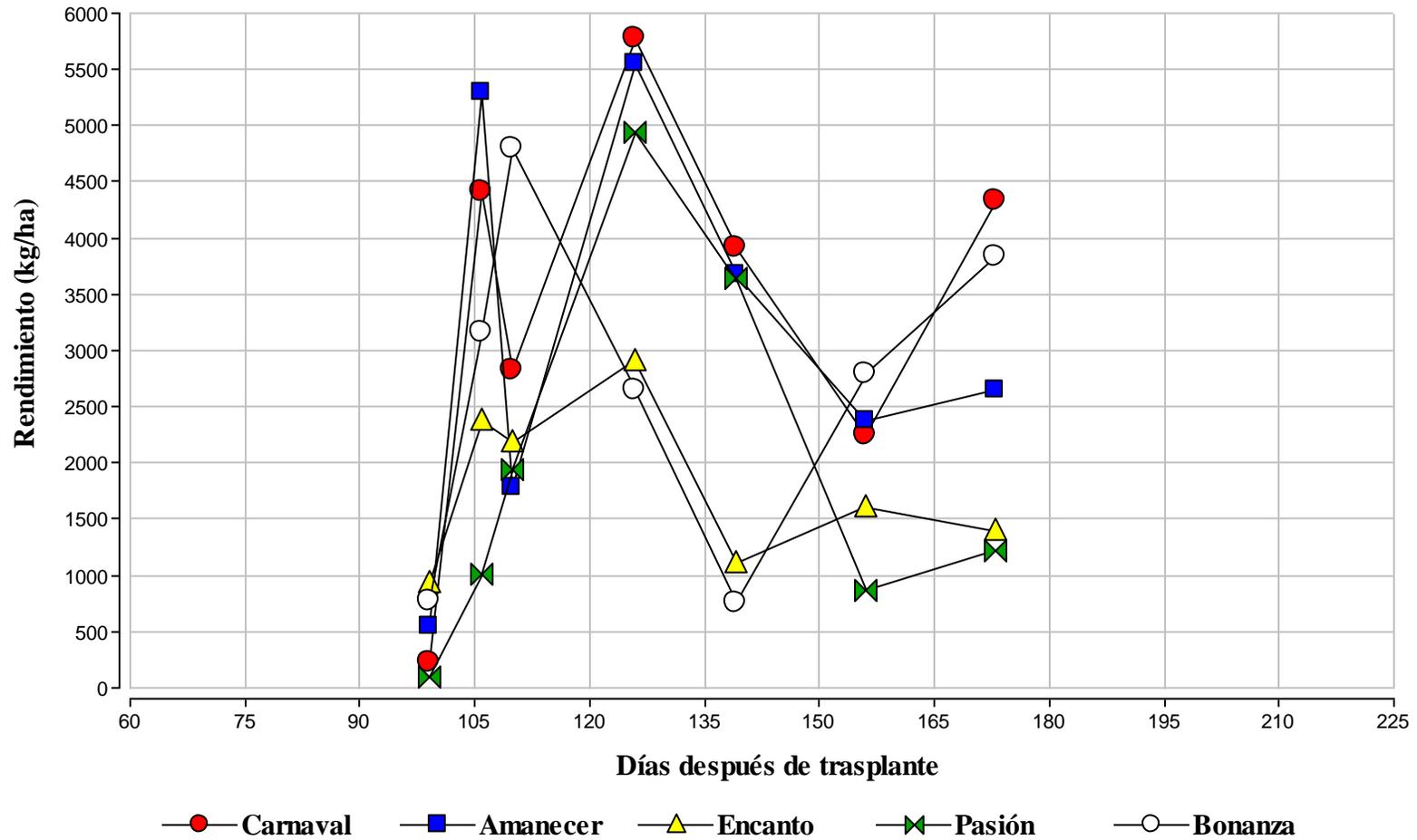


Figura 12. Rendimiento de cinco líneas de ají dulce en Juana Díaz, Puerto Rico desde mayo 2015 hasta noviembre 2015.

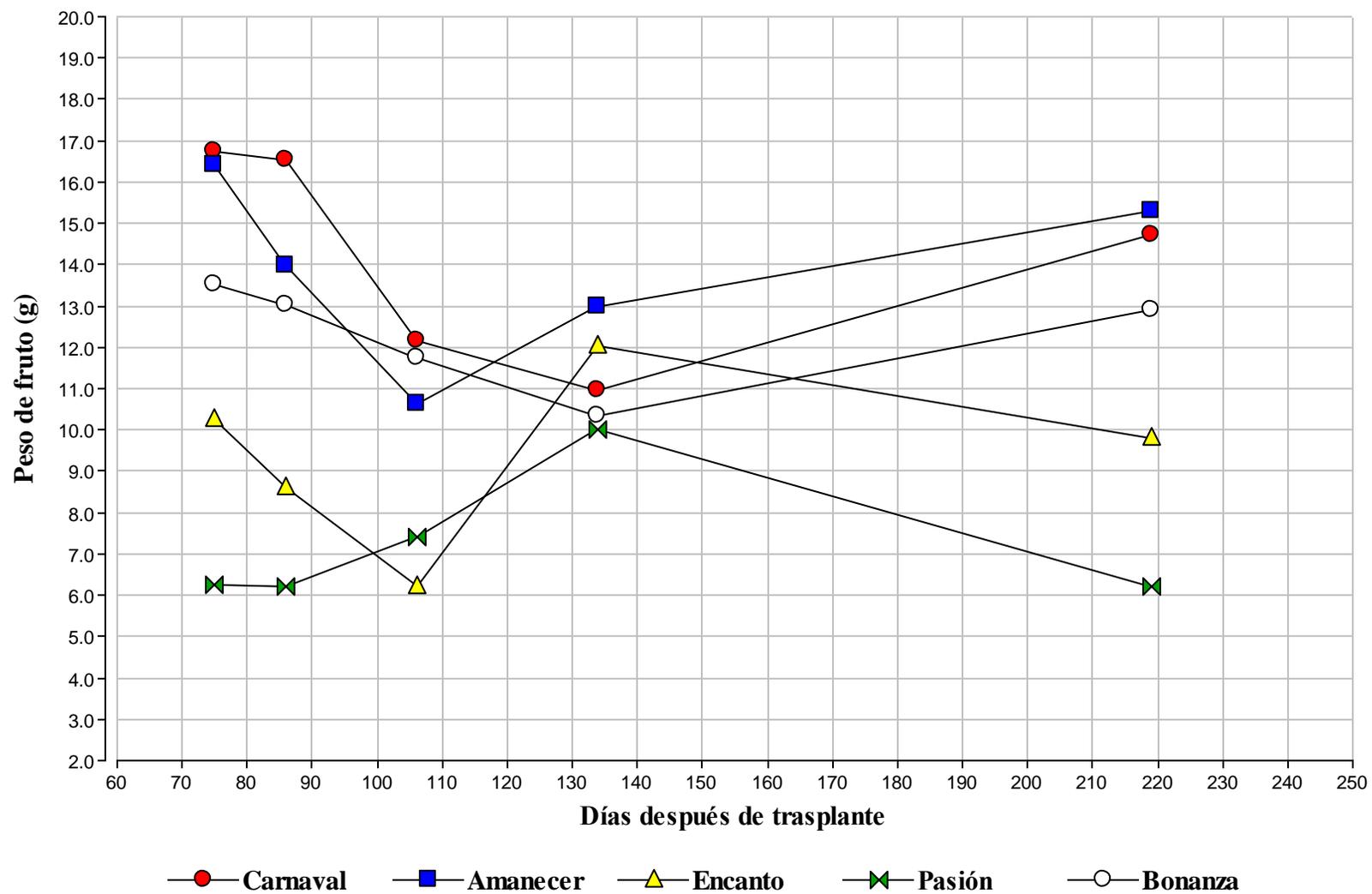


Figura 13. Peso promedio de frutos de cinco líneas de ají dulce en Isabela, Puerto Rico desde julio 2014 hasta febrero 2015.

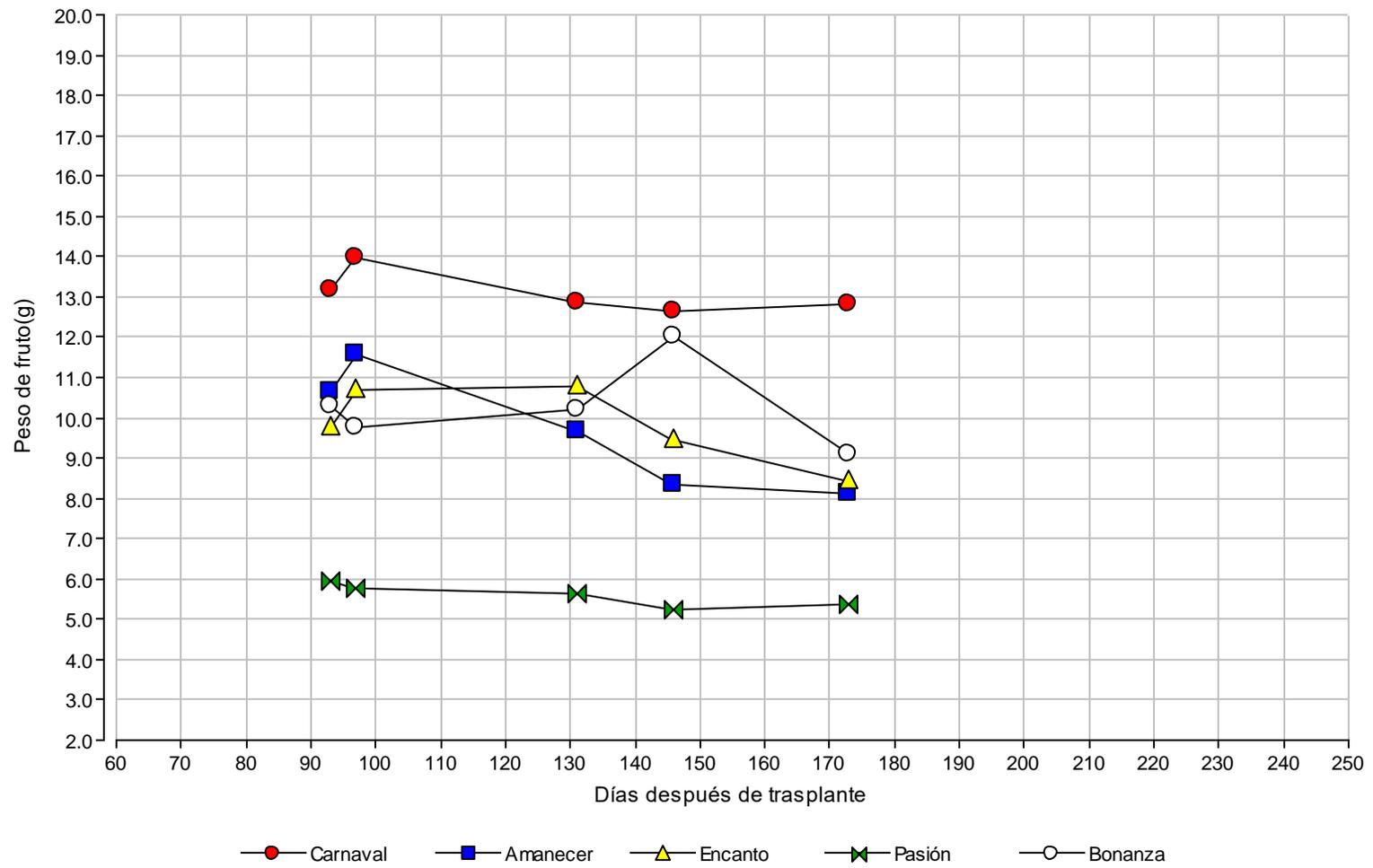


Figura 14. Peso promedio de frutos de cinco líneas de ají dulce en Lajas, Puerto Rico desde octubre 2014 hasta abril 2015.

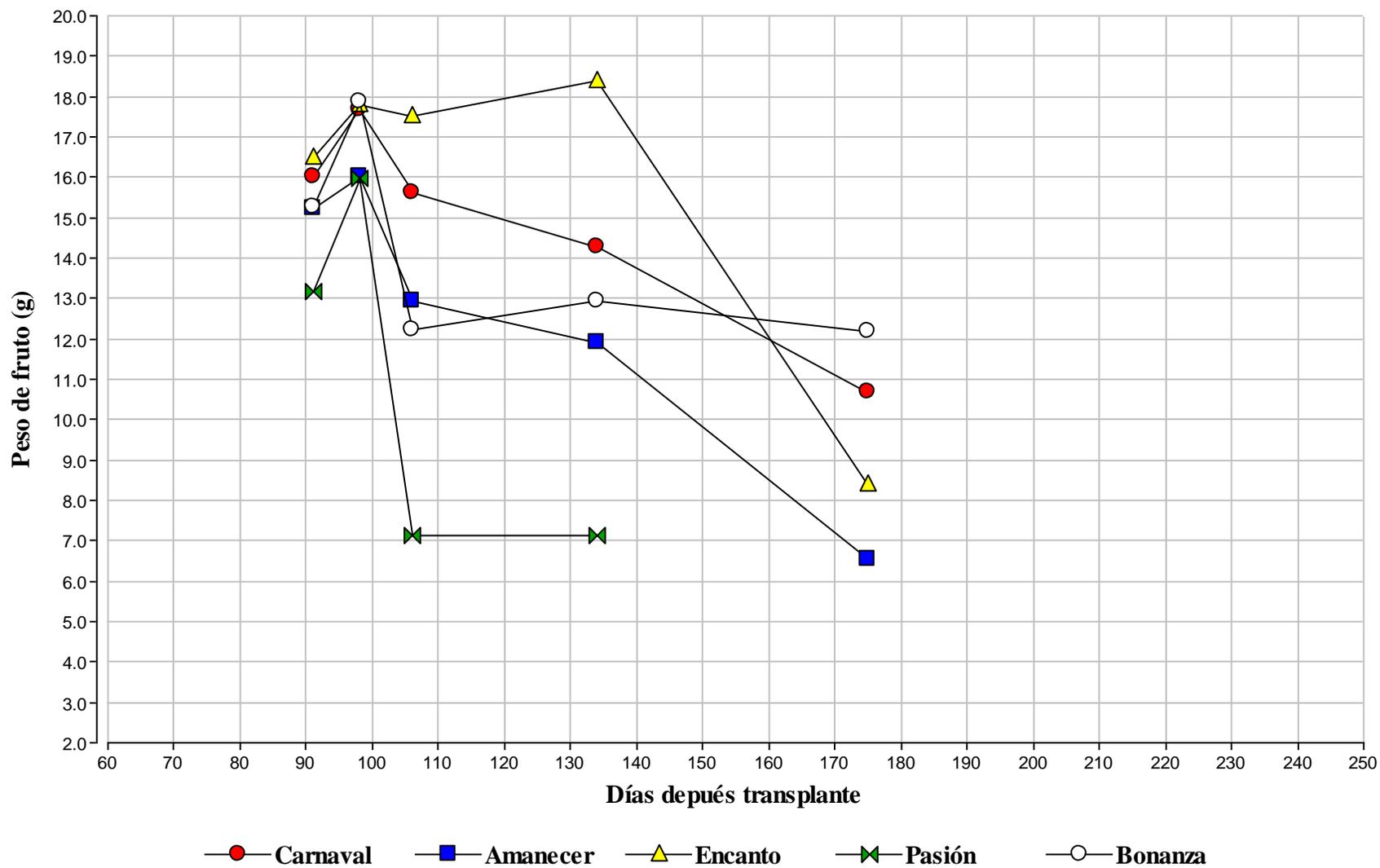


Figura 15. Peso promedio de frutos de cinco líneas de ají dulce en Mayagüez, Puerto Rico desde abril 2015 hasta octubre 2015.

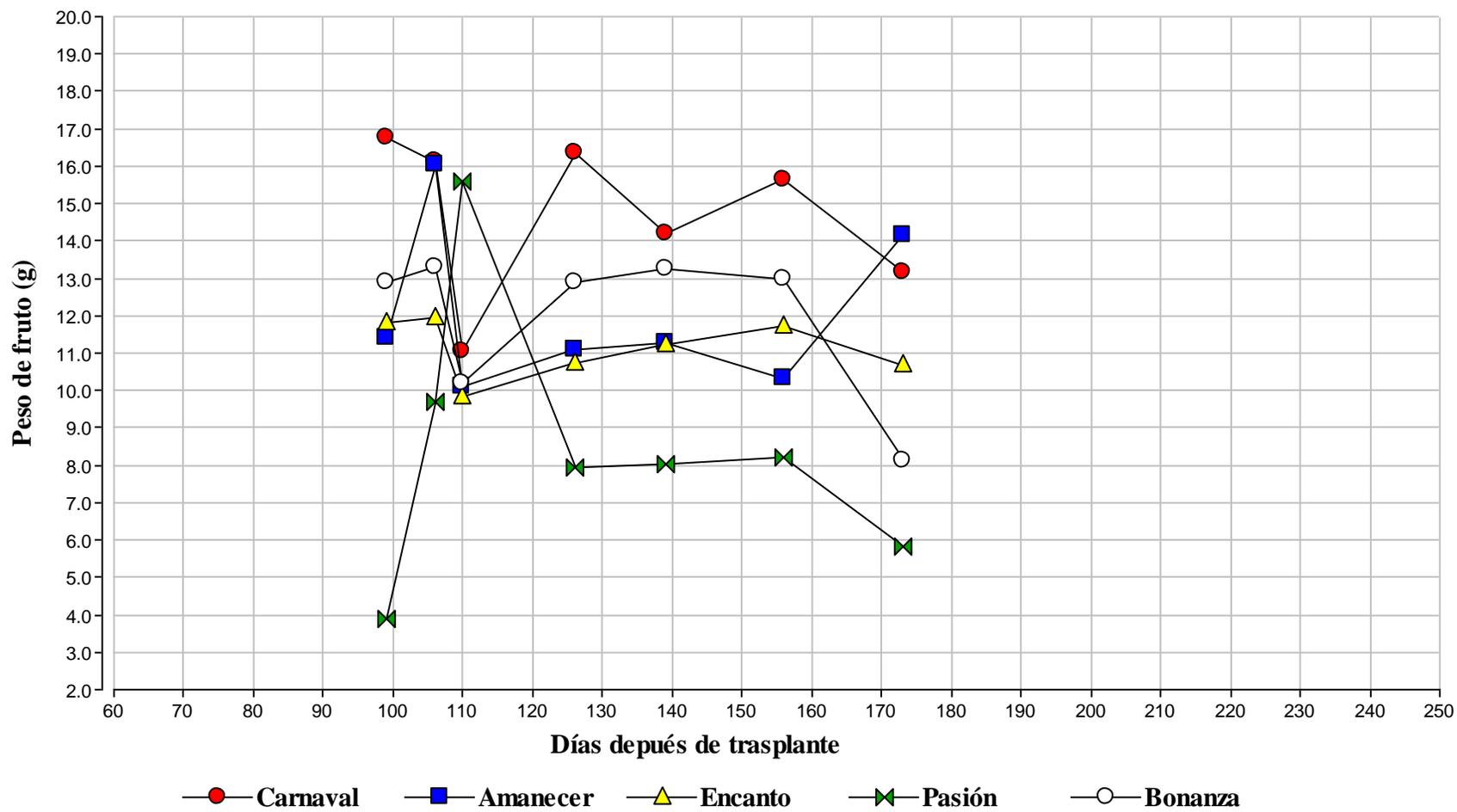


Figura 16. Peso promedio de frutos de cinco líneas de ají dulce en Juana Díaz, Puerto Rico desde mayo 2015 hasta noviembre 2015.

Ancho del fruto El ancho del fruto no varió mucho (4.0 a 4.3 cm) entre las cuatro localidades. Dentro de localidades, no se encontraron diferencias significativas entre los anchos de los frutos de las líneas ‘Amanecer’, ‘Bonanza’, ‘Carnaval’ y ‘Encanto’, pero todas ellas fueron más anchas que la línea ‘Pasión’ en las siembras de Mayagüez y Juana Díaz (Tabla 4).

Largo del fruto El largo del fruto varió de 2.2 a 3.0 cm entre las cuatro localidades (Tabla 5). ‘Amanecer’ generalmente fue más largo en la mayoría de las localidades. En Isabela no fue significativamente diferente de las otras líneas, aunque la tendencia de ser más largo continuó. En Lajas los frutos de ‘Amanecer’ fueron más largos y significativamente diferentes a los frutos de las demás líneas, pero entre ellas no hubo diferencias. En Mayagüez los frutos de ‘Amanecer’ fueron más largos a los demás, ‘Bonanza’ y ‘Encanto’ tuvieron un largo intermedio, mientras que los frutos de ‘Carnaval’ y ‘Pasión’ fueron los más cortos. En Juana Díaz nuevamente los frutos de ‘Amanecer’ fueron más largos, le siguió ‘Bonanza’ que también fue diferente a todas. Los frutos de ‘Encanto’ y ‘Carnaval’ no tuvieron diferencias entre ellas al igual que ‘Carnaval’ y ‘Pasión’ quienes fueron los frutos más cortos.

Grosor del pericarpio Los frutos de ‘Carnaval’ tuvieron un grosor del pericarpio significativamente superior al de las demás líneas con una media general de 4.3 mm para todas las localidades (Tabla 6). ‘Amanecer’, ‘Bonanza’ y ‘Encanto’ no fueron significativamente diferentes entre ellas en ninguna de las localidades. La media general para cada una de ellas fue: ‘Amanecer’ 3.1 mm, ‘Bonanza’ 3.2 mm y ‘Encanto’ 3.3 mm. ‘Pasión’ fue la línea con el menor grosor del pericarpio en las cuatro localidades; su media general fue de 1.7 mm de grosor.

Forma del fruto El resultado de la división entre el largo por el ancho, una medida de la forma de fruto, fue muy igual en cuatro de las cinco variedades en todas las localidades. Las pocas diferencias que hubo se observó en ‘Amanecer’ cuyo resultado fue 1 lo que significa que su largo y ancho es de igual diámetro resultando en una forma de trompo. ‘Carnaval’ tuvo un cociente de la L/A de 0.454 resultando en una forma de disco o chato. Los frutos de las demás líneas tenían valores parecidos resultando en una forma chata (Tabla 7).

Tabla 4. Ancho (cm) del fruto de cinco líneas de ají dulce en cuatro localidades.

Línea	Isabela	Lajas	Mayagüez	Juana Díaz	Media
Amanecer	3.9 a	4.0 a	4.2 a	4.2 a	4.1
Bonanza	4.5 a	4.4 a	4.3 a	4.1 a	4.3
Carnaval	4.6 a	4.4 a	4.4 a	4.1 a	4.4
Encanto	4.5 a	3.9 a	4.5 a	4.1 a	4.3
Pasión	3.9 a	3.8 a	3.7 b	3.3 b	3.7
Media	4.3	4.1	4.2	4.0	4.2
p-valor <sup>1</sup>	0.3716	0.1733	0.0377	0.0440	
DMS <sup>2</sup>	N/A	N/A	0.4258	0.5336	

En una columna, medias seguidas de las mismas letras no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad de 0.05.

<sup>1</sup>Probabilidad en la prueba F.

<sup>2</sup>Diferencia mínima significativa de Fisher a 5% de probabilidad.

N/A = valor del DMS no está reportado cuando el p-valor fue mayor a 0.05.

Tabla 5. Largo (cm) del fruto de cinco líneas de ají dulce en cuatro localidades.

Línea	Isabela	Lajas	Mayagüez	Juana Díaz	Media
Amanecer	4.0 a	3.4 a	4.4 a	4.4 a	4.1
Bonanza	2.6 a	2.4 b	3.2 b	2.2 b	2.6
Carnaval	2.6 a	2.5 b	1.5 c	1.5 cd	2.0
Encanto	2.9 a	2.4 b	3.1 b	1.9 c	2.6
Pasión	3.0 a	2.6 b	2.0 c	1.4 d	2.3
Media	3.0	2.7	2.2	2.3	
p-valor <sup>1</sup>	0.1876	0.0024	0.0059	<0.0001	
DMS <sup>2</sup>	N/A	0.3940	0.9613	0.1415	

En una columna, medias seguidas de las mismas letras no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad de 0.05.

<sup>1</sup>Probabilidad en la prueba F.

<sup>2</sup>Diferencia mínima significativa de Fisher a 5% de probabilidad.

N/A = valor del DMS no está reportado cuando el p-valor fue mayor a 0.05.

Tabla 6. Grosor (mm) del pericarpio de cinco líneas de ají dulce en cuatro localidades.

Línea	Isabela	Lajas	Mayagüez	Juana Díaz	Media
Amanecer	3.1 b	3.3 b	2.6 b	3.4 b	3.1
Bonanza	3.1 b	3.4 b	2.9 b	3.4 b	3.2
Carnaval	4.0 a	4.4 a	4.2 a	4.4 a	4.3
Encanto	3.2 b	3.4 b	3.3 b	3.3 b	3.3
Pasión	2.1 c	1.5 c	1.6 c	1.4 c	1.7
Media	3.1	4.0	3.7	4.0	
p-valor <sup>1</sup>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	
DMS <sup>2</sup>	0.3766	0.2419	0.4864	0.3963	

En una columna, medias seguidas de las mismas letras no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad de 0.05.

<sup>1</sup>Probabilidad en la prueba F.

<sup>2</sup>Diferencia mínima significativa de Fisher a 5% de probabilidad.

N/A = valor del DMS no está reportado cuando el p-valor fue mayor a 0.05.

Tabla 7. Cociente de largo/ancho de ají dulce en cuatro localidades.

Línea	Isabela	Lajas	Mayagüez	Juana Díaz	Media	Forma <sup>1</sup>
Amanecer	1.025	0.850	1.047	1.047	1.000	trompo
Bonanza	0.577	0.545	0.744	0.536	0.604	chato
Carnaval	0.565	0.568	0.340	0.365	0.454	chato
Encanto	0.644	0.615	0.688	0.463	0.604	chato
Pasión	0.789	0.684	0.540	0.424	0.621	chato
Media	0.721	0.653	0.672	0.568	0.657	

<sup>1</sup> Frutos redondos o trompo tienen un cociente = 1; frutos chato o aplastado tienen un cociente <1; frutos alargados tienen un cociente >1.

Color de los frutos El ángulo de matiz es una indicación del color del fruto (ángulo de matiz  $0^{\circ}$  = rojo o violeta,  $90^{\circ}$  = amarillo,  $180^{\circ}$  = azulado o verde y  $270^{\circ}$  = azul), el chroma da información sobre la intensidad o saturación del color (entre más alto el chroma mayor saturación) y  $L^*$  o luminosidad nos dice cuán lejos o cerca está el color del blanco y el negro, lo cual se puede usar para interpretar lo claro u oscuro del color en el fruto ( $0$  = negro y  $100$  = blanco) (McGuire, 1992).

Para las variables de ángulo de matiz, chroma y  $L^*$ , hubo diferencias significativas ( $p < 0.005$ ) entre las líneas. En frutos inmaduros, ‘Pasión’ resultó ser línea con la media más alta para el valor de ángulo de matiz (aunque no diferente a ‘Carnaval’) y con el valor más bajo de chroma y  $L^*$  (Tabla 8). Los cultivares ‘Amanecer’, ‘Bonanza’, ‘Carnaval’ y ‘Encanto’ tuvieron valores de ángulo de matiz no significativamente diferentes. En cuanto a  $L^*$ , ‘Encanto’ resultó ser diferente a ‘Amanecer’, ‘Bonanza’ y ‘Pasión’; pero entre ‘Amanecer’ y ‘Bonanza’ no hubo diferencia.

En los frutos maduros para la variable  $L^*$  no hubo diferencia entre ‘Amanecer’, ‘Bonanza’ y ‘Encanto’, pero ‘Carnaval’ y ‘Pasión’ fueron diferentes a las demás líneas (Tabla 8). Datos similares se encontraron para la variable de chroma, mientras que para ángulo de matiz no hubo diferencias entre ‘Bonanza’ y ‘Carnaval’, pero si de estas con las demás. Tampoco hubo diferencia entre ‘Amanecer’ y ‘Encanto’, pero estas tuvieron diferencias con las demás líneas.

La forma y los colores de los frutos de las cinco líneas de ají dulce se pueden apreciar en la Figuras 17, 18, 19, 20 y 21. Estas líneas tuvieron formas diferentes, pero cuatro de las cinco, tuvieron colores similares. ‘Pasión’ tuvo un color de frutos maduros e inmaduro muy diferente a las demás.

Tabla 8. Color del fruto de cinco variedades de ají dulce.

Línea	Frutos inmaduros			Frutos maduros		
	L*	chroma	ángulo de matiz	L*	chroma	ángulo de matiz
Amanecer	59.29 ab	46.18 a	100.18 b	34.66 b	48.68 b	31.58 c
Bonanza	60.41 a	44.06 a	99.35 b	36.22 b	49.80 b	34.26 ab
Carnaval	56.93 bc	45.95 a	106.34 ab	39.49 a	53.79 a	35.56 a
Encanto	55.98 c	44.85 a	100.29 b	33.72 b	49.84 b	33.12 bc
Pasión	38.55 d	38.53 b	111.22 a	30.27 c	42.89 c	29.02 d
Media	54.23	43.91	103.48	34.87	49.00	32.71
p-valor <sup>1</sup>	0.0219	<0.0001	0.0039	<0.0001	<0.0001	<0.0001
DMS <sup>2</sup>	5.08	2.69	7.17	2.40	2.64	1.75

En una columna, medias seguidas de las mismas letras no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad de 0.05

<sup>1</sup>Probabilidad en la prueba F.

<sup>2</sup>Diferencia mínima significativa de Fisher a 5% de probabilidad.



Figura 17. Fotografía de frutos de línea 'Amanecer'.



Figura 18. Fotografía de frutos de línea 'Bonanza'.



Figura 19. Fotografía de frutos de línea 'Carnaval'.



Figura 20. Fotografía de frutos de línea 'Encanto'.



Figura 21. Fotografía de frutos de línea 'Pasión'.

## **Discusión**

Desarrollo vegetativo (altura) Las alturas de las plantas tomadas desde la base del tallo hasta el ápice fueron diferentes entre todas las localidades (Figura 1, 2, 3 y 4). Dentro de cada localidad no hubo diferencias significativas, pero si se observó una tendencia en el tamaño final, donde 'Pasión' fue la más alta en tres de las cuatro localidades y 'Carnaval' la más baja en todas las localidades. Con esto podemos decir que 'Pasión' es la línea de ají dulce con la postura más alta, 'Encanto', 'Bonanza' y 'Amanecer' son de postura mediana, y 'Carnaval' es baja. En estudios realizados por Montañó y Núñez (2003), encontraron que a los 86 días las plantas de ají dulce tenían una altura promedio de 60.8 cm en la primera cosecha y en la última llegaron a 82.5 cm. Por lo tanto, el crecimiento de las variedades de ají en mi experimento estuvo por debajo del promedio al compararlo con el crecimiento de las plantas en el estudio de Montañó y Núñez. Aunque no se compararon estadísticamente las localidades pude ver que las plantas de Isabela resultaron más altas que las de las demás localidades. Esta diferencia fue debido al ataque temprano y agresivo del picudo del pimiento en Isabela (A. Segarra, comunicación personal). Dependiendo de la etapa fenológica de la planta es el flujo de energía de esta hacia sus diferentes partes. Cuando la planta está en la etapa de reproducción esta lleva más energía hacia la producción de flores y frutos, pero al verse interrumpida esta etapa por condiciones externas, como lo es el picudo que causa aborto de flores y frutas, la planta lleva su energía a la formación de ramas y follaje.

Numero de frutos, rendimiento y peso del fruto individual No hubo diferencia en el número de frutos por parcela entre cada línea, pero si se observó que la cantidad de frutos por hectárea y el rendimiento varió considerablemente entre las localidades, específicamente entre Isabela y Juana Díaz. En Juana Díaz la cantidad de frutos y

rendimiento por hectárea fue poco más de tres veces que la cantidad en Isabela. Aunque no tengo evidencia estadística de esa diferencia, creo que pudo darse debido al ataque temprano del picudo del pimiento *Anthonomus eugeni* Cano en Isabela. En la tercera cosecha en Isabela había una fuerte presión de este insecto. En Lajas y Mayagüez se observó muy poco y en Juana Díaz no hubo ataque del insecto mientras duró la cosecha. El periodo de ovoposición de este insecto se ve afectado por la disponibilidad de alimento y la temperatura (Gordon y Armstrong, 1990). Una hembra puede depositar de 1 hasta 9 huevos por día, de acuerdo a condiciones ambientales y de disponibilidad de alimento con un máximo de 500 durante toda su vida. Las condiciones ambientales favorables para este insecto son una temperatura de 22-27 °C (Gordon y Armstrong, 1990; Rodríguez, 2006; Torres y Rodríguez, 2012) y una humedad relativa de 60-70%. Por lo tanto, la fecha de cosecha pudo jugar un papel importante en el rendimiento. Otro factor que pudo influenciar la producción de frutos y el rendimiento fue la forma de abonamiento (Locascio et al., 1981). En Juana Díaz la aplicación del fertilizante fue por fertigración y en las demás localidades fueron aplicaciones en bandas con fertilizante granular. Crespo et al. (1988) encontraron un uso más eficiente del nitrógeno cuando es fraccionado en aplicaciones semanales en el riego por goteo.

La Organización de Investigación y Desarrollo Agrícola del Caribe (CARDI, por sus siglas en inglés) publicó que en Trinidad y Tobago la producción de *C. chinense* fluctúa entre 16,815–39,235 kg·ha<sup>-1</sup> (Adams et al., 2011). Holanda, el país que más rendimiento tiene por hectárea, logra producir 262,500 kg·ha<sup>-1</sup>, pero cabe destacar que su producción es en invernaderos con condiciones controladas con un área de siembra de sólo 1,200 hectáreas (CONAPROCH, 2007 y Bota y Valeria, 2015). China es el principal productor con un área de siembra de 612,800 hectáreas y un rendimiento promedio de 20,450 kg·ha<sup>-1</sup>.

México como segundo mayor productor, tiene un total de área sembrada de 140,693 hectáreas con un rendimiento promedio de 13,170 kg·ha<sup>-1</sup>. Por lo tanto, el rendimiento por hectárea promedio en el estudio actual (Tabla 2) se fue por debajo del rendimiento al compararlo con el rendimiento de Trinidad y Tobago, Holanda, China y México en las localidades de Isabela, Lajas y Mayagüez, pero en Juana Díaz fue parecido. La producción muchas veces depende de la densidad de la población de las plantas (Añes y Figuereto, 1993; Adams et al., 2011). Con una distancia de siembra pequeña se obtiene una mayor población de plantas y por lo tanto un mayor rendimiento. Actualmente en la EEA-UPRM se están realizando estudios sobre el efecto de distancia de siembra sobre el rendimiento en algunas de las mismas líneas en este estudio (L. Wessel-Beaver, comunicación personal).

En el estudio de las 330 accesiones que hizo Lawrence y Burke (2008) se observó un peso promedio del fruto de 6.31 g con un rango de 0.18 g - 22.7 g. Quintal et al., (2012), encontraron que con un 50-60% de humedad relativa los frutos de chile habanero (la especie *C. chinense* igual al ají dulce) pueden llegar a pesar 6.4 g. En un estudio hecho por Reyes et al., (2014), para probar la efectividad de inoculantes microbianos en el crecimiento de chile habanero encontraron que éstos obtuvieron su mayor peso (8.1 g) al inocular con *Pseudomonas* spp. y su peso mínimo (7.2 g) al inocular con *Azospirillum brasilense*. Cuando vemos el peso promedio individual en las cinco localidades y vemos el peso promedio general percibimos que el ají dulce sembrado para este estudio estuvo generalmente por encima de los valores obtenidos en estudios hechos en otros lugares. Si fuéramos a clasificar los frutos obtenidos en este estudio como los clasificó Borges et al. (2010), la mayoría fueran de calidad primera ya que sobrepasaron los 6.5g de peso.

Numero de frutos, rendimiento y peso del fruto individual por días después de trasplante El número de frutos por hectárea para cada localidad variaba en el transcurso de

las cosechas. En la primera cosecha para cada localidad la cantidad de frutos fue regular en comparación con todo el ciclo de cosecha. En la segunda y tercera cosecha hubo un aumento, pero en la cuarta volvió a disminuir la cantidad de frutos y siguió variando según pasaban los DDT (Figuras 5, 6,7 y 8). El rendimiento tuvo un comportamiento parecido al de la cantidad de frutos. Las graficas para rendimiento y número de frutos por hectárea tienen formas parecidas, lo que sugiere que el rendimiento y el número de frutos están relacionados (Figuras 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12). En general el tiempo no tuvo influencia sobre el peso promedio de los frutos. Los frutos de cada línea tuvieron pesos promedio diversos entre las diferentes cosechas.

Largo, ancho y forma de frutos La media general del ancho de todas las líneas fue mayor a la encontrada por Lawrence y Berke (2008) en su estudio sobre una colección de 330 accesiones de *C. chinense*. Ellos encontraron que la media de la anchura de los frutos fue de 2.1 cm. Aun ‘Pasión’ siendo la línea con los frutos menos anchos tuvo una media mayor a la del estudio mencionado (3.7 cm). Esto podría ser que ellos trabajaron con accesiones muy parecidas entre sí a diferencia de las líneas utilizadas en este estudio que son diferentes. La media del largo para el mismo estudio de Lawrence y Berke (2008) fue de 4.7 cm. Ellos dividieron el largo por el ancho (L/A) de los frutos que estudiaron para así tener una idea matemática de la forma de los frutos. Un valor cercano a 1 indica que el fruto tiene una forma más o menos redonda. Un valor menor a 1 sería una forma aplastada (chato) y mayor a 1, frutos alargados. Los frutos de las 330 accesiones estudiadas por ellos obtuvieron un resultado de L/A de 2.379 lo que indica que la mayoría de los frutos estudiados tenía una forma alargada. Este resultado concuerda con lo observado en el experimento por ellos. En el caso de mi estudio (Tabla 7), ‘Amanecer’ tuvo un valor de 1, lo que indica que puede ser un tipo redondo, pero sabemos que su forma era de trompo

(cono) y los demás fueron de tipo chato o aplastado. ‘Carnaval’ fue el cultivar cuyos frutos eran más aplastados, tipo disco. Los datos que obtuve también concuerdan con lo observado en cada uno de los frutos.

Grosor del pericarpio Una de las características más importantes para añadir peso a los frutos de *C. chinense* es el grosor del pericarpio, por lo tanto, esta se refleja directamente en el rendimiento. También esta característica está asociada a la concentración de capsaicina en el fruto. Cázares et al. (2005) y Borges et al. (2010) dicen que a menor grosor del pericarpio más concentración de capsaicina tiene la fruta y viceversa.

El rendimiento en este experimento no tuvo diferencias significativas entre las líneas estudiadas, pero ‘Carnaval’ fue la línea que tuvo un mayor rendimiento al mirar su media general de todas las localidades (Tabla 2). Aunque esta línea no tuvo la mayor cantidad de frutos por hectárea, siendo la línea número tres en orden descendente, si tuvo los frutos más pesados. Este peso de los frutos está asociado directamente al grosor del pericarpio ya que el tamaño de los frutos de todas las líneas era parecido (Tablas 4, 5 y 6).

Color de los frutos Como se esperaría en frutos inmaduros tuvieron un ángulo de matiz cerca o por encima de 100, que corresponde a un color verde-amarillo (Tabla 8). El ángulo de matiz promedio para los frutos maduros fue 32.71°, que corresponde a un color rojo-anaranjado. Frutos inmaduros fueron más luminosos ( $L^* = 54.23$ ) comparado con frutos maduros ( $L^* = 34.87$ ). Chroma o saturación de color, no varió substancialmente entre frutos inmaduros versus maduros.

Hubo algunas diferencias notables entre las líneas. Los frutos de ‘Pasión’ fueron bastante distintos a las otras líneas. Esta línea produjo frutos inmaduros y maduros menos luminosos que en las otras. Los frutos inmaduros de esta línea fueron de un color más verde y sus frutos maduros fueron más rojos que los frutos de las demás líneas, además el color

de sus frutos fue menos saturado. Hubo otras diferencias entre líneas en cuanto a su color, pero estas fueron menos notables. Se observó que, a plena vista, el color de los frutos de 'Carnaval' fue muy distinto al color de las demás líneas. Esta línea tiene frutos con un color lila particularmente en su estado inmaduro, sin embargo, los datos recolectados no mostraron esta diferencia.

## Conclusiones

El ají dulce en Puerto Rico es una de las hortalizas de mayor importancia, ya que es uno de los ingredientes del sofrito utilizado en la gastronomía puertorriqueña. Por lo tanto, es necesario una mayor producción local y de esa forma garantizar cumplir con la demanda del producto. Un estudio de mercadeo realizado por Del Rio (2016), concluyó que los puertorriqueños están dispuestos a pagar más dinero por el ají dulce producido en la isla y que el producto esté identificado como producido localmente garantiza la preferencia del consumidor sobre el mismo producto de otro país. En Puerto Rico existen muchos cultivares de ají dulce adaptados a las condiciones ambientales de la isla, pero no hay datos publicados suficientes para que el agricultor tenga una guía de producción de acuerdo a las características de cada cultivar.

El programa de mejoramiento de ají dulce de la Estación Experimental Agrícola de la UPR de Mayagüez tiene cinco líneas avanzadas que ofrecen un gran potencial para la producción local. Estas líneas fueron estudiadas en este experimento y se nombran de la siguiente manera: ‘Amanecer’, ‘Bonanza’, ‘Carnaval’, ‘Encanto’ y ‘Pasión’. Se estudiaron algunas de las características hortícolas de estas líneas para así tener datos suficientes y liberarlas como nuevos cultivares.

Para este experimento se realizaron cuatro siembras en cuatro localidades diferentes: Isabela, Lajas, Mayagüez y Juana Díaz. El periodo desde la siembra hasta la cosecha de las cuatro localidades fue de abril 2014 a septiembre 2015. Aunque en la mayoría de las características evaluadas no existen diferencias significativas, los datos obtenidos y observaciones visuales, me permiten describir a cada una de las líneas evaluadas.

‘Amanecer’ Crecimiento aproximado hasta 71.8 cm de alto, con producción de sobre 800,000 /ha, peso promedio de fruto individual de 11.6 g y un rendimiento de entre

10,100-10,600 kg·ha<sup>-1</sup>. El fruto es en forma de trompo, con un diámetro de 12.7 cm, grosor del pericarpio de 3.1 mm y verde-amarillo claro en el fruto inmaduro y rojo-anaranjado al madurar.

'Bonanza' Crecimiento aproximado hasta 63.5 cm de alto, con producción de sobre 700,000 frutos/ha, peso promedio de fruto de 11.8 g y un rendimiento de entre 8,300-8,800 kg·ha<sup>-1</sup>. El fruto es en forma aplastada y ancho con un diámetro de 13.8 cm, grosor de pericarpio 3.2 mm y de color verde-amarillo en el fruto inmaduro y al madurar es rojo-anaranjado.

'Carnaval' Crecimiento aproximado hasta 53.3 cm, producción de sobre 700,000 frutos/ha, con un peso promedio de fruto individual de 14.1 g y rendimientos entre 10,700-11,200 kg·ha<sup>-1</sup>. El fruto es en forma disco, con un diámetro de 19 cm, grosor del pericarpio 4.3 mm y de color verde-amarillo en frutos inmaduros, algunos de los frutos tienen una especie de tonalidad purpura (lila) en la parte cercana al pedúnculo en su estado inmaduro, al madurar se torna de color rojo-anaranjado.

'Encanto' Crecimiento aproximado hasta 67.5 cm de alto, producción de sobre 666,000 frutos/ha, con un peso promedio de fruto de 10.5 g y rendimiento de entre 6,700-7,200 kg·ha<sup>-1</sup>. El fruto es en forma aplastada y ancho, con un diámetro de 14.2 cm, grosor del pericarpio de 3.3 cm y de color verde-amarillo claro en frutos inmaduros y al madurar se torna rojo-anaranjado.

'Pasión' Crecimiento aproximado hasta 72.9 cm, producción de sobre 900,000 frutos/ha, con un peso promedio de fruto de 6.3 g y rendimientos entre 7,200-7,700 kg·ha<sup>-1</sup>. El fruto es aplastado y ancho, con una forma particular conocido vulgarmente en Puerto Rico como “cachucha o chato”, tiene un diámetro de 6.3 cm, grosor del pericarpio de 1.7 mm, los frutos inmaduros son de color verde y al madurar se tornan de color rojo oscuro.

Estas características están basadas en los datos obtenidos en este estudio, cada una de ellas puede variar de acuerdo al manejo que se le dé. La distancia de siembra, fertilización y buen riego son fundamentales para obtener buenos resultados. Aunque empíricamente se ven diferencias en la producción entre localidades, para efecto de este estudio no puedo decir que una localidad es superior a la otra ya que no hice análisis estadísticos comparándolas. Pero estas descripciones podrían ser suficientes para que un agricultor evaluara que cultivar de ají dulce desea sembrar ya que los datos que obtuve corresponden a cuatro localidades en cuatro diferentes zonas de Puerto Rico.

Cada cultivar tiene características interesantes que pueden ser usadas como partida para nuevas líneas en el programa de mejoramiento de la EEA, luego de que estas sean evaluadas y objetadas de acuerdo al gusto de los consumidores, chef, empresas sofriteras y agricultores. Del Rio (2016) reportó que la característica más importante a la hora de elegir un tipo de ají dulce es el color. Los cultivares preferidos fueron ‘Amanecer’ y ‘Bonanza’, por lo que el verde-amarillo y el rojo-anaranjado, son los colores favoritos de los consumidores a la hora de comprar ají dulce.

## Literatura citada

- Abreu, E. y C. Cruz. 1985. Occurrence of pepper weevil, *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera; Curculionidae). J. Agric. Univ. P. R. 59 (2): 223-24.
- Adams, H. y P. Umaharan, R. Brathwaite y K. Mohammed. 2011. Hot pepper production manual for Trinidad and Tobago. The Caribbean Agricultural Research and Development Institute. Trinidad and Tobago.
- Añes, B. y C. Figuereto. 1993. Crecimiento y producción de ají dulce en respuesta a diferentes distancias entre hilera y dosis de nitrógeno. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 11:113-125.
- Bennett, D. J. y G.W. Kirby. 1968. Constitution and biosynthesis of capsaicin. J. Chem. Soc. C: Organic 2:442-446.
- Bharath, S. M. 2012. Morphological characterisation of Caribbean germplasm collection of *Capsicum chinense* Jacq. M Phil thesis, The University of West Indies, Trinidad & Tobago.
- Bosland, P.W. 1996. *Capsicum*: Innovative uses of an ancient crop. P. 479-487. En: J. Janick (ed.), Progress in new crops. ASHS Press, Arlington, VA.
- Borges, L. L. Cervantes, J. Ruiz, M. Soria, V. Reyes y E. Villanueva. 2010. Capsaicinoides en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo diferentes condiciones de humedad y nutrición. Terra Latinoamericana 28: 35-41.
- Bota, A. y V. Valeria. 2015. El chile en el mundo. Seminario de Integración. Instituto superior en gestión gastronómica, Santa Fe, Argentina.
- Cázares, E., M. T. Rodríguez, R. Soto, J. L. Chávez, F. Castillo y P. Ramírez. 2005. Capsaicinoides y preferencia de uso en diferentes morfotipos de chile (*Capsicum annum* L.) del centrooriente de Yucatán. Agrociencia 39:627-238.
- Climate Data. 2007. Clima de Puerto Rico. Recuperado de: <https://es.climate-data.org/location/361567/>.
- Collins, M., L. Wasmund y P. Bosland. 1995. Improved method for quantifying capsaicinoids in *Capsicum* using high-performance liquid chromatography. HortSci 30:137-139.
- Commission Internationale de l'Éclairage. 1978. Recommendation on uniform color spaces-color difference equation-psychometric color terms. Supplement 2, CIE Publ. 15 (E-1.3.1) 1971/(TC-1.3), Bur. Centrale de la CIE, Paris.

- CONAPROCH. 2017. Plan Rector Nacional del Sistema Producto Chile. 13 de noviembre del 2007. Recuperado de:  
[www.conaproch.org/documentos/planrectorSPchile\\_13nov2007pdf](http://www.conaproch.org/documentos/planrectorSPchile_13nov2007pdf).
- Contreras, M. y E. M. Yahia. 1998. Changes in capsaicinoids during development, maturation and senescence of chili pepper and the relation with peroxidase activity. *J. Agr. Food Chem.* 46: 2075-2079.
- Crespo, M., M.R. Goyal, C. Chao y L.E. Rivera. 1988. Nutrient uptake and growth characteristics of nitrogen fertilized sweet peppers under drip irrigation and plastic mulch. *J. Agr. Univ. P.R.* 72 (4):575-584.
- Del Rio, Y. 2016. Disponibilidad a pagar por ají dulce de Puerto Rico y preferencia de los consumidores de cinco nuevos cultivares. Tesis sometida para grado de maestría en Economía Agrícola. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.
- Departamento de Agricultura de Puerto Rico. 2015. Ingreso bruto de la agricultura de Puerto Rico. Años fiscales 2009-2015. Recuperado de:  
[http://www.estadisticas.gobierno.pr/iepr/Estadisticas/InventariodeEstadisticas/tabid/186/ctl/view\\_detail/mid/775/report\\_id/4620ba9c-04fb-4b9c-8075-17fc1245af7d/Default.aspx?f=1.3,1.4,2](http://www.estadisticas.gobierno.pr/iepr/Estadisticas/InventariodeEstadisticas/tabid/186/ctl/view_detail/mid/775/report_id/4620ba9c-04fb-4b9c-8075-17fc1245af7d/Default.aspx?f=1.3,1.4,2)
- Di Rienzo J.A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C. W. Robledo. 2014. InfoStat versión 2014, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Estrada, A. B., F. Pomar, J. Díaz, F. Merino y M.A. Bernal. 1999. Pungency level fruit of Padrón pepper with different water supply. *Scientia Hort.* 81:385-396.
- Gordon, R. y A. Armstrong. 1990. Biología del picudo del pimiento *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae) en Puerto Rico. *J. Agric. Univ. P.R.* 74(1):1483-1488.
- Greenleaf, W. 1986. Pepper Breeding. *Breeding Vegetable Crops*. AV Publishing Company. Westport, Connecticut. pp 67-134.
- Gutiérrez C. 1998. Evaluación de la asociación maíz-chile para el manejo de *Anthonomus eugenii* en Nicaragua. *Acciones MIP en hortalizas*. INTA, Managua, Nicaragua.
- Harvell, K.P. and P.W. Bosland. 1997. The environment produces a significant effect on pungency of chiles (*Capsicum annum* L.). *HortSci* 32:1292.

- Hernández-Verdugo, S., P. Aranda, y K. Oyama. 1999. Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 64:65-84.
- Lawrence, R. y T. Berke. 2008. Variation for fruit morphological characteristics in a *Capsicum chinense* Jacq. HortSci. 43(6):1694-1697.
- Lillywhite J.M., J.E. Simons y M. E. Uchanski. 2013. Spicy pepper consumption and preferences in United States. Dept. of Agri. Eco y Agri business. University of New Mexico.
- Locascio, S.J., J.G.A. Fiskell, y F.G. Martin. 1981. Response of bell pepper to nitrogen sources. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106(5):628-632.
- López, E. y L. Medina. 2004. Manejo integrado del picudo de la chiltoma, *Anthonomus eugenii* Cano. Tesis Ingeniero en Agroecología. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. HortSci 27 (12):1254-1255.
- Montaño, N.J. y J.C. Nuñez. 2003. Evaluación del efecto de la edad de trasplante sobre el rendimiento en tres selecciones de ají dulce *Capsicum chinense* Jacq. en Jusepín, estado Monagas. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 20:144-155.
- Moses, M. y P. Umaharan, 2012. Genetic structure and phylogenetic relationships of *Capsicum chinense*. J. Amer. Soc. Hort.Sci. 137(4):250-262.
- Orengo, E., N. Semidey y A. Armstrong. 1999. Conjunto tecnológico para la producción de ají dulce. University of Puerto Rico, Mayaguez Campus, College of Agricultural Sciences, Agricultural Experiment Station, Publication No. 157. Río Piedras, Puerto Rico.
- Perry, L., R. Dickau, S. Zarrillo, I. Holst, D. M. Pearsall, D. R. Piperno, M. J. Berman, R. G. Cooke, K. Rademaker, A. J. Ranere, J. S. Raymond, D. H. Sandweiss, F. Scaramelli, K. Tarble y J. A. Zeidler. 2007. Starch fossils and the domestication and dispersal of chilli peppers (*Capsicum* spp.) in the Americas. Science 315 (5814):986-988.
- Quintal, W., A. Pérez, L. Latournerie, C. May, E. Ruiz y A. Martínez. 2012. Uso de agua, potencial hídrico y rendimiento de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Rev. Fitotec. Mex. 35(2):155-160.
- Reyes, A., M. López, E. Ruiz, L. Latournerie, A. Pérez, M G. Lozano y M. J. Zavala. 2014. Efectividad de inoculantes microbianos en el crecimiento y productividad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Agrociencia 48:285-294.

- Rodríguez, E. 2006. Life history of *Triaspis eugenii* Wharton and Lopez-Martínez (Hymenoptera: Braconidae) and evaluation of its potential for biological control of pepper weevil *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera:Curculionidae). Ph. D. Dissertation, University of Florida. 110 p.
- Ruiz, N., L. Medina, y Y. Minero. 2010. Capsaicinoids are absent in habanero pepper vegetative organs (*Capsicum chinense* Jacq.). HortSci. 45(2):323.
- Salgado, R. y N. Ochoa. 1990. Increased capsaicin content in PFP-resistant cells of chilli pepper (*Capsicum annum* L.). Plant Cell Rep. 8:617-620.
- SCRIBD, Black Bullet. 2015. Recuperado 14-01-15 de:  
<http://es.scribd.com/doc/14174423/8-DETERMINACION-DE-CAPSAICINA#scribd>.
- Torres, A. y E. Rodríguez. 2012. Guía para el manejo integrado de plagas del pimiento bajo invernadero, con énfasis en el picudo del chile. Koppert México S.A. de C.V. 48 p. ISBN: 978-607-95939-1-9. Publicación digital.
- Zewdie, Y. y P.W. Bosland. 2000. Evaluation of genotype, environment, and genotype-by environment interaction for capsaicinoids in *Capsicum annum* L. Euphytica 111:185-190.