

**MÁSTER EN HORTICULTURA MEDITERRÁNEA BAJO INVERNADERO**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**“DESARROLLO FLORAL Y CALIDAD DEL FRUTO EN  
PAPAYA (*Carica papaya* L.)”**

**Alumna: Flor María Chango Chipantiza**

**Tutor: Julián Cuevas González**

**Cotutor: Juan José Hueso Martín**

**Curso: 2016/2017**

**Almería, España**

# **DESARROLLO FLORAL Y CALIDAD DEL FRUTO EN PAPAYA (*Carica papaya* L.)**

## **FLORAL DEVELOPMENT AND FRUIT QUALITY IN PAPAYA (*Carica papaya* L.)**

### **RESUMEN:**

La papaya (*Carica papaya* L.) es uno de los frutos de mayor crecimiento en consumo en Europa por su valor nutritivo y digestivo. El cultivo de papaya supone una alternativa que contribuye a la diversificación de la producción agrícola en Almería, debido al alto grado de especificación alcanzado con otros cultivos y a las condiciones climáticas favorables para el cultivo protegido de frutales tropicales. Sin embargo, para hacer de la papaya una alternativa efectiva, múltiples aspectos del cultivo deben ser dilucidados, entre ellos el conocimiento de los factores determinantes del tamaño del fruto. Con este fin este estudio contempla tres objetivos: 1) determinar las relaciones morfométricas de las flores tipo *elongata*, la preferida por producir los mejores frutos comerciales, 2) establecer qué relación existe entre el tamaño de la flor y el tamaño del fruto y 3) mejorar el tamaño del fruto a través del aclareo de flores en pre antesis. El estudio se realizó en un invernadero ubicado en la Estación Experimental de Cajamar "Las Palmerillas", dividido en dos zonas: una zona con control activo del clima y otra zona con control pasivo de clima. Los resultados indican que existe una relación lineal, significativa y estrecha entre el diámetro y el peso fresco y seco de la flor. Se verifica además, que el control del clima tiene efectos positivos sobre el tamaño de las flores, siendo las flores de la zona con control activo del clima más grandes. La posición de la flor en el nudo influyó en el tamaño del fruto, siendo los frutos procedentes de flores reinas más grandes y pesados que los frutos originados de flores secundarias. Esto se debe a que existe una relación significativa entre el diámetro de la flor, mayor en las flores reinas, y el peso del fruto. Sin embargo, su influencia es limitada de acuerdo a los análisis de correlación realizados. El último ensayo indica que no hay apenas respuesta positiva al aclareo de flores ya que el cuajado de frutos fue coincidente para ambos tratamientos y el tamaño de sus frutos fue muy similar también.

**Palabras clave:** *Carica papaya*, tamaño de la flor, tamaño fruto, calidad, aclareo, flor, fruto.

### **ABSTRACT:**

Papaya (*Carica papaya* L.) is one of the fruit highest increasing consumption rate of in Europe, due to its healthy properties for the human body. Papaya farming is proposed as an interesting complement for the much needed crop diversification for greenhouse vegetable cultivation in Almería. This is due to the favorable climate conditions that foster protected cultivation of tropical fruits, and the high specialization of other kinds of fruits and vegetables. However, multiple aspects of papaya cultivation must be considered before making it effective and profitable. For

instance, the knowledge of the factors determining papaya fruit size. This master thesis intends to determine some of these factors, addressing three main objectives: 1) To determine the morphometric relations of the *elongata* flowers, chosen because they produce the best commercial fruits. 2) To establish if there is a relation and the kind of it, between the size of the flowers and fruits. 3) To check if an improvement of the size of the fruits can be achieved by thinning flowers in preantesis. A study conducted in a greenhouse located in an experimental farm of Cajamar, "Las Palmerillas" showed that there is a positive, linear, and significant relation among all parameters characterizing flower size, especially between the diameter and the fresh and dried weights of the flower. It was also verified that improving climate inside the greenhouse has positive effects on the size of the flowers, making them bigger than the flowers developed in the greenhouse equipped solely with a passive control climate system. In addition, the size of the fruits was influenced by the position of flowers in the node, so king flowers were bigger and heavier than secondary lateral flowers. This is due to a significant relation between the diameter of the flower and the weight of the fruits. However, their influence is limited according to the correlation analyses performed. The last trial indicated that there was very limited response to flower bud thinning. Fruit set was consistently the same thinned and control treatments and the weight of fruits produced were similar as well.

**Keywords:** *Carica papaya*, flower size, fruit size, quality, morphometric relations, king flower, thinning.

## INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya* L.) pertenece a la familia *Caricaceae*, orden Brassicales, clase Magnoliopsida. La especie es una planta tropical originaria del sur de México y Centro América (Chan y Paull, 2008). Sin embargo, como cultivo se halla muy extendido por todo el trópico, particularmente en África y Asia, y más recientemente en áreas subtropicales, especialmente en cultivos bajo abrigo.

Económicamente, la papaya es la planta más importante de las *Caricaceae*. Se estima que hay 411.355 ha de cultivo de papaya en el mundo, con una producción anual de más de 12,6 millones de toneladas (Mt) de fruta fresca (FAOSTAT, 2017). Los principales productores de papaya son India (5,64 Mt en 133.360 ha), Brasil (1,60 Mt en 32.031 ha), Nigeria (0,85 Mt en 94.200 ha), Indonesia (0,84 Mt en 9.384 ha) y México (0,83 Mt en 14.533 ha) (FAOSTAT, 2017). En España el cultivo de papaya se concentra en las Islas Canarias (14.000 t en 310 ha) (Hueso, 2014) siendo el único país productor dentro de la Unión Europea.

La papaya es un fruto muy demandado en los países más desarrollados debido a sus propiedades nutricionales y medicinales. Es un fruto codiciado por consumidores de alto poder adquisitivo que buscan beneficiarse de sus innumerables propiedades. Es rica en antioxidantes (carotenos, vitamina C y flavonoides), Vitamina B (ácido fólico y ácido pantoténico) y minerales (potasio y magnesio). Previene y trata enfermedades y trastornos digestivos y cardiacos (Kaliyaperumal, 2014).

El cultivo protegido de papaya representa una alternativa o complemento al cultivo de hortalizas en invernadero que tiene como objetivo diversificar la producción agrícola de Almería y enriquecer la oferta hacia el mercado europeo. Este modelo pretende convertir a

Almería en una región productora capaz de competir en este mercado con las producciones de Centroamérica y Brasil. La planta de la papaya presenta un rápido crecimiento y entrada en producción comparado con otros frutos tropicales, empezando a producir a los 8-9 meses desde el trasplante. Esto constituye una ventaja que ha despertado el interés de los productores de horticolas acostumbrados a ciclos cortos de cultivo. El ciclo de cultivo se extiende de 18 a 36 meses, dependiendo de diversos factores, alcanzándose producciones de hasta 200 t/ha. (Hueso, 2014).

La papaya es una planta polígama, clasificada como dioica, aunque se producen también pies hermafroditas que son, de hecho, los preferidos por los agricultores. Las flores nacen de inflorescencias en las axilas de las hojas. Las flores femeninas se mantienen cerca del tallo como flores solitarias o en grupos de 2-3 (Chay-Prove, 2000). Las flores masculinas son más pequeñas y numerosas y nacen en inflorescencias cimosas pendulares (Nakasone y Paull, 1998). Las flores bisexuales (hermafroditas) son intermedias entre las dos formas unisexuales, aunque surgen de yemas axilares en grupos poco numerosos. Las condiciones ambientales, especialmente la temperatura, pueden alterar la funcionalidad del género de las flores. En este sentido, en la papaya se puede observar un número variable de formas florales, entre las que destacan y son comunes seis tipos florales: tipo I (femeninas), tipo II (pentándrica), tipo III (carpeloide), tipo IV (elongata), tipo IV+ (pitillos) y tipo V (masculina) (Parés-Martínez et al., 2004).

La fruta de los pies femeninos es esférica con una cavidad central notable, mientras que la forma de la fruta de las plantas hermafroditas es generalmente alargada y cilíndrica. Estos últimos frutos son más adecuados y demandados por el mercado. Sin embargo, la forma del fruto en las plantas hermafroditas puede verse afectada también por factores ambientales, particularmente la temperatura, que modifican la morfología floral y por ende la del fruto. Los frutos más comerciales, de forma piriforme, provienen de flores hermafroditas del tipo elongata (IV). Las flores hermafroditas pentándricas y carpeloides producen frutos globosos y asurcados o deformes con poco valor comercial. Los frutos alcanzan la madurez cinco o seis meses después de la floración y presentan una longitud que varía entre 7-30 cm y un peso entre 250 y 3000 g de peso fresco (OECD, 2003).

La regulación de la carga de cultivo en árboles frutales reduciendo el número de frutos es una medida importante en la producción intensiva. Esta técnica reduce el rendimiento total. Sin embargo, esta pérdida de producción es compensada económicamente con el aumento de la calidad del fruto (Untiedt y Blanke, 2001). El aclareo de flores o frutos es un método eficaz para gestionar la calidad de la cosecha, buscando una mejora del tamaño, color y calidad interna del fruto (Greene y Costa, 2012). La flor es el órgano antecesor de la fruta, por esa razón, la calidad de la flor es esencial en la calidad y la producción de frutos.

El tamaño del fruto a comercializar depende de las exigencias del mercado (Marin et al. 2006). Para la obtención de frutos con mayor calidad y tamaño es necesario reducir el número de frutos por árbol. Esta reducción se puede realizar sobre frutos ya cuajados o sobre flores, actuación posible cuando se tiene seguridad en el cuaje. En este sentido cuanto más temprano se produce el aclareo, mayor es su efecto para el desarrollo futuro del fruto

(Wertheim, 2000). El aclareo temprano de flores persigue la selección de flores que produzcan frutos de más calidad y potencialmente más tamaño. En manzano, la flor más desarrollada tiene un mayor número de células y un mejor desarrollo vascular (Westwood et al., 1967), así como mayor potencial como sumidero lo que facilita alcanzar mayor tamaño a las manzanas, aunque el aclareo temprano permite que las flores laterales puedan alcanzar un tamaño similar al de las flores centrales o reinas (Ferree, 2001; Goffi, 1996).

En la actualidad, aunque la demanda sostenida de papaya garantiza una buena venta, lo cierto es que la calidad del fruto es variable, en gran medida debido a factores en pre-antesis que afectan el desarrollo floral. La variación en las características de las flores en papaya es notable, y su capacidad de emitir nuevas flores en los mismos nudos acentúa las diferencias en el tamaño y calidad de la flor. Es por eso, que el presente estudio tiene como objetivos: 1) determinar las relaciones morfométricas de las flores tipo *elongata* en el momento de su antesis en dos ambientes de cultivo, uno con control de clima activo y otro con control de clima pasivo, 2) establecer si existe relación y de qué tipo entre el tamaño de la flor y del fruto maduro y 3) analizar las posibilidades de incrementar el tamaño del fruto mediante un aclareo extra temprano de botones. Estas determinaciones se realizarán sobre el cultivar de papaya 'Siluet' mantenido en invernaderos con control activo (calefacción y nebulización) y pasivo del clima (sólo ventilación natural y blanqueo de cubiertas).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se realizó en la Estación Experimental de Cajamar "Las Palmerillas" en El Ejido (Almería, España), situada a una Longitud de 2°43'W y Latitud de 36°48'N, a 10 Km del litoral mediterráneo y a 155 msnm. Los ensayos se realizaron sobre papayas de la variedad 'Siluet' trasplantadas en abril del 2016 en un invernadero multitúnel de acero galvanizado con cubierta asimétrica de 2400 m<sup>2</sup>. El invernadero está dividido en dos sectores, un sector, Sur, con control de clima activo (sistema de nebulización y calefacción) y otro sector, Norte, con control de clima pasivo y ventilación natural. El marco de plantación era de 2,5x1,5 m y orientación de las filas Norte-Sur. Sobre esta parcela se realizaron tres ensayos tendentes a indagar sobre algunos determinantes del tamaño del fruto en papaya.

### **Ensayo 1. Relaciones morfométricas en flores de papaya tipo *elongata*. Efecto del control activo del clima sobre su tamaño.**

El 31 de enero de 2017 y coincidiendo con la floración del cultivo estudiado, se recolectaron un total de 100 flores tipo *elongata* en su día de antesis procurando que estas fueran de diferentes tamaños y procedentes de diferentes plantas (10-12 plantas muestreadas). Se muestrearon 50 flores en cada sector del invernadero. Sobre estas flores se midió el diámetro (cm) y longitud (cm) con un calibre digital; el peso fresco (g) y el peso seco (g) con una balanza digital de precisión (modelo D-12KCBC; COBOS). El peso seco se obtuvo dejando las flores en estufa a temperatura de 70°C hasta alcanzar peso seco constante. Una vez obtenidos los datos se realizaron análisis de estadística descriptiva, prueba t, ANOVA, matrices de correlación y regresión lineal.

## **Ensayo 2. Relaciones entre el tamaño de la flor y del fruto en flores tipo elongata. Efecto del número de semillas sobre el tamaño del fruto.**

Entre los días 3 y 24 de febrero del 2017 se marcaron 72 flores tipo *elongata* en su día de antesis procedentes de 6 plantas seleccionadas al azar, 12 flores por cada planta. Se escogieron flores “Reinas”, que son aquellas que ocupan una posición apical y flores secundarias, es decir, aquellas laterales consideradas de menor interés. Con un calibre digital se midió el diámetro (cm) de la flor (parámetro considerado en el Ensayo 1 como mejor predictor del peso) y posteriormente en cosecha se midió el calibre, la longitud y el peso del fruto. Adicionalmente se determinó el contenido en sólidos solubles totales del jugo de los frutos con un refractómetro digital (modelo PAL-1, Atago), expresando el resultado como °Brix. Para valorar la potencia del fruto como sumidero se estimó el número de semillas de cada fruto. Para ello se determinó el número de semillas por gramo y se estimó el número total de semillas a partir de peso total de las mismas. Los análisis estadísticos realizados fueron: prueba t, estadística descriptiva, correlación y regresión lineal.

## **Ensayo 3. Efecto del aclareo de botones florales sobre el tamaño de la flor y del fruto.**

El 14 de marzo del 2017 se eligieron 8 nuevas plantas para ejecutar un ensayo con un diseño experimental en bloques al azar actuando la planta como bloque y repetición. Sobre ellas se marcaron 4 flores por planta, que actuaron como submuestra. Sobre estas plantas se realizaron dos tratamientos: (A) un aclareo de botones florales en preantesis dejando una sola flor tipo *elongata* “Reina” y un segundo tratamiento (C) en el que los nudos floríferos quedaron intactos sin aclareo. Posteriormente al alcanzar la antesis se midió la longitud de la flor reina y se computó la fecha de antesis. Una vez cosechado el fruto se midió su diámetro, longitud y peso y se estableció su relación con el tamaño de la flor mediante análisis de correlación lineal y regresión. Para determinar el efecto del aclareo de botones florales se realizaron los pertinentes análisis de la varianza.

Para los análisis estadísticos de los tres ensayos se utilizó el programa estadístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS 18.0.0).

## **RESULTADOS**

### **Ensayo 1. Relaciones morfométricas en flores de papaya tipo elongata. Efecto del control activo del clima sobre su tamaño.**

Las flores tipo *elongata* de la variedad ‘Siluet’, recolectadas a finales de enero, presentaron diferencias de tamaño y de peso entre los sistemas de control de clima (activo versus pasivo). El análisis de varianza mostró la existencia de diferencias significativas en el diámetro ( $p=0,014$ ), peso seco ( $p=0,01$ ) y peso fresco ( $p=0,01$ ) entre ambos sistemas de control del clima. El diámetro medio fue de 1,1 cm, siendo las flores del sistema con control activo mayores que las flores del sistema con control pasivo (1,55 vs 0,62 cm). La longitud media fue de 2,62 cm, existiendo una ligera diferencia no significativa ( $p=0,19$ ) entre ambos sistemas (3,53 vs 1,58 cm). El valor medio del peso fresco fue de 3,57 g (4,12 vs 3,02), mientras que valor medio del peso seco estuvo en 0,35 g (0,42 vs 0,28). Ambos parámetros mostraron diferencias significativas entre la zona con control activo del clima y la de control

pasivo del mismo (Cuadro 1). Tanto el peso fresco como el peso seco presentaron mayor variabilidad, con un Coeficiente de Variación (CV) de 37% y 35%, respectivamente (hay que recordar que se recolectaron flores buscando variabilidad), mientras que el parámetro más estable fue la longitud con un CV del 13%.

Cuadro 1: Análisis estadísticos de las variables morfométricas de flores tipo elongata del cultivar de papaya "Siluet" cultivado en invernadero con control activo versus control pasivo del clima.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Tip.	Varianza	CV	p
Diámetro (cm)	100	0,62	1,55	1,1	0,18	3,5	0,16	0,014
Longitud (cm)	100	1,58	3,53	2,62	0,35	12,39	0,13	0,19
Peso Fresco (g)	100	1,12	7,31	3,57	1,35	1,2	0,37	0,01
Peso Seco (g)	100	0,12	0,72	0,34	0,12	0,014	0,35	0,01

La matriz de correlación construida con los valores del invernadero con control activo del clima muestra una correlación significativa entre todos los parámetros medidos, siendo esta relación cercana a la unidad entre el diámetro de la flor y el peso fresco y peso seco de la flor (Cuadro 2). Mientras que la correlación fue significativa, aunque ligeramente inferior en el caso de la longitud y el peso de la flor. La menor relación se observó entre el diámetro y la longitud de la flor siendo, no obstante, altamente significativa. La relación más estrecha se obtuvo lógicamente entre el peso fresco y seco de la flor (Cuadro 2).

Cuadro 2. Matriz de correlación de las variables morfométricas de flores de tipo elongata del cultivar "Siluet" cultivado en invernadero con control activo del clima.

	Diámetro	Longitud	Peso Fresco	Peso Seco
Diámetro	1			
Longitud	0,810**	1		
Peso Fresco	0,957**	0,842**	1	
Peso Seco	0,947**	0,842**	0,987**	1

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)

La matriz de correlación construida con los valores del invernadero con control pasivo del clima muestra una correlación significativa entre los parámetros medidos, siendo esta relación estrecha entre el diámetro de la flor y el peso fresco y seco de la flor (Cuadro 3). Mientras que en el caso de la longitud y el peso fresco y seco de la flor la relación fue bastante inferior, aunque significativa. Nuevamente, la relación más estrecha ocurrió entre el peso fresco y peso seco (Cuadro 3).

Cuadro 3. Matriz de correlación de las variables morfométricas de flores de tipo elongata del cultivar "Siluet" cultivado en invernadero con control pasivo del clima.

	Diámetro	Longitud	Peso Fresco	Peso Seco
Diámetro	1			
Longitud	0,705**	1		
Peso Fresco	0,890**	0,582**	1	
Peso Seco	0,895**	0,627**	0,974**	1

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)

La figura 1 muestra la recta de regresión con los parámetros diámetro y longitud de la flor y su peso fresco del conjunto total de datos (N=100). Se observa una relación lineal y

significativa con un coeficiente de determinación elevado entre el peso fresco y el diámetro de las flores ( $r^2=0,83$ ). En el caso de la longitud, la relación fue menos estrecha ( $r^2=0,51$ ).

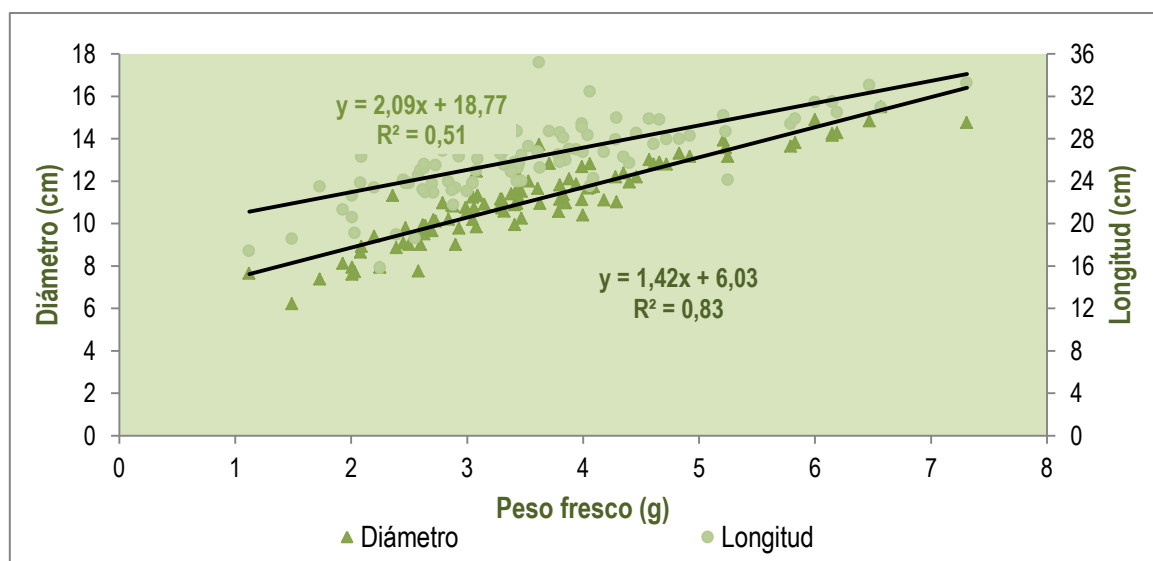


Figura 1. Rectas de regresión lineal entre el diámetro, longitud y peso fresco del total de las flores ( $n=100$ ) del cultivar de papaya 'Siluet'.

La recta de regresión entre los parámetros diámetro, longitud y su peso seco (estrechamente relacionado con el peso fresco) mostró una relación bastante estrecha tanto en el invernadero con control activo como el invernadero con control pasivo del clima. En ambos casos se observó una relación lineal y altamente significativa con un coeficiente de determinación muy elevado entre el peso seco y el diámetro de las flores del invernadero con control activo del clima ( $r^2=0,90$ ). Este valor resultó algo menor en el invernadero de control pasivo del clima aunque también bastante elevado ( $r^2=0,80$ ). En el caso de la longitud, se observó una relación lineal y significativa ( $r^2=0,71$ ) en el invernadero de control activo del clima. El valor del coeficiente de determinación fue más bajo en el invernadero con control pasivo del clima ( $r^2=0,39$ ) (Figura 2).

La regresión lineal entre el diámetro, longitud y peso fresco en el invernadero con control activo y en el invernadero con control pasivo del clima mostró una relación muy parecida a lo obtenido con el peso seco. En ambos casos se observó una relación altamente significativa con un coeficiente de determinación muy elevado entre el peso fresco y el diámetro de las flores del invernadero con control activo del clima ( $r^2= 0,91$ ). Este valor resultó algo menor en el invernadero de control pasivo del clima ( $r^2=0,80$ ). En el caso de la longitud, se observó una relación lineal y significativa ( $r^2=0,71$ ) en el invernadero de control activo del clima. Sin embargo, el valor del coeficiente de determinación fue de nuevo más bajo en el invernadero con control pasivo del clima ( $r^2=0,34$ ).



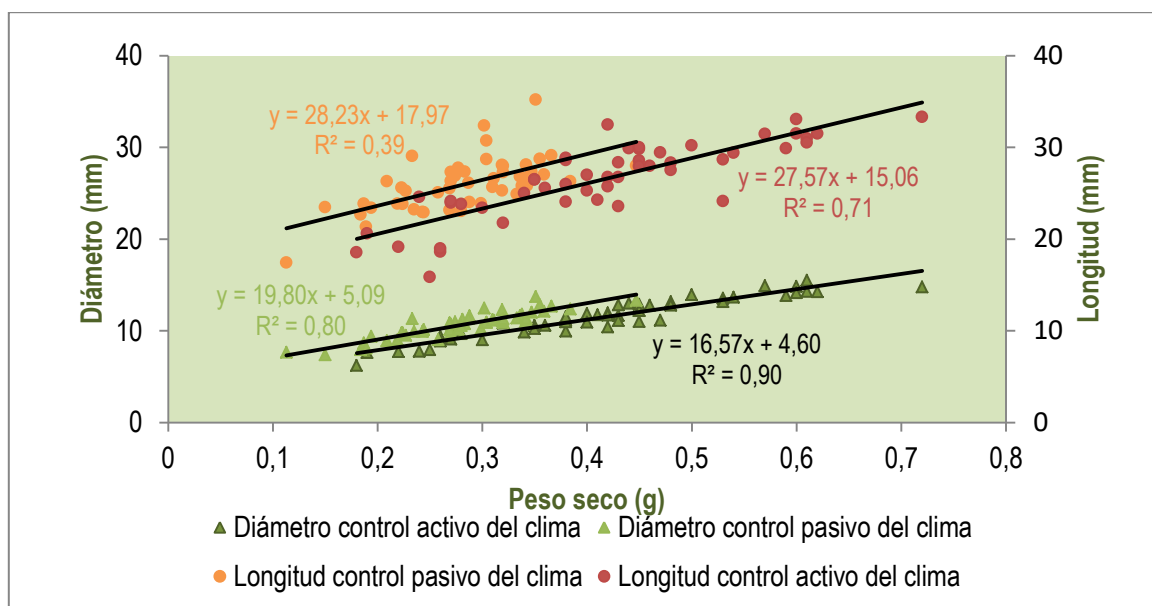


Figura 2. Rectas de regresión entre el diámetro, longitud y peso seco de las flores del cultivar de papaya “Siluet” en invernadero con control activo versus invernadero con control pasivo del clima.

## Ensayo 2: Relaciones entre el tamaño de la flor y del fruto en flores tipo elongata. Efecto del número de semillas sobre el tamaño del fruto.

En este ensayo se marcaron y siguieron en su desarrollo 72 flores tipo elongata, 38 reinas y 34 secundarias. De ellas, se recolectaron 48 frutos, lo que equivale a un cuajado de frutos del 66,6%. En las flores reinas el cuajado alcanzó el 78,9% (30 frutos) mientras que las flores “secundarias” cuajaron en un porcentaje del 52,9% (18 frutos). Las flores reinas no sólo cuajaron en mayor medida, sino que también generaron frutos de mayor tamaño, aspecto apreciado en su peso, longitud y calibre (Cuadro 4). Estas diferencias en el potencial para cuajar y generar frutos de mayor tamaño se produjeron a pesar de que el tamaño de la flor no resultó significativamente diferente, ni tampoco el número de semillas encontradas y con ello la potencia del fruto como sumidero (Cuadro 4).

Cuadro 4. Prueba t para igualdad de medias de las variables morfométricas, número de semillas, SST y días a cosecha de las flores de tipo elongata y de los frutos cuajados del cultivar de papaya “Siluet”.

	T	gl	P
Diámetro de la flor	1,490	45	0,143
Diámetro del fruto	2,496	45	0,016
Longitud del fruto	2,751	45	0,009
Peso del fruto	2,295	45	0,026
Número de semillas	1,320	45	0,194
SST (°Brix)	0,733	45	0,468
Días a cosecha	-0,426	45	0,672

El calibre medio de las flores marcadas fue de 1,25 cm, y aunque las flores reinas fueron algo más gruesas que las secundarias (1,3 vs 1,2 cm), las diferencias fueron ligeras y no significativas ( $p=0,143$ ). A pesar de ello, las flores reinas fueron capaces de generar

frutos de mayor calibre (36,9 vs 30,9 cm) con diferencias significativas ( $p=0,016$ ) y longitud (26 vs 23,2 cm) ( $p=0,09$ ). El peso del fruto fue también significativamente superior para los frutos procedentes de flores reinas (1327 vs 1012 g;  $p=0,026$ ). El peso medio del fruto resultó ser superior a 1,2 Kg (1213 g), elevado para una variedad como “Siluet”. Esta capacidad para engrosar los frutos en mayor medida no se explica, o al menos no totalmente, por un mayor número de semillas por fruto ya que las diferencias no alcanzaron significación estadística ( $p=0,194$ ) (ver más adelante, no obstante, la correlación existente entre el peso del fruto y el número de semillas del mismo). Aunque las diferencias no alcanzaron significación estadística, lo cierto es que el fruto procedente de flor reina contenía un número de semillas bastante superior (702 vs 545).

En cuanto a otros parámetros de calidad, los frutos de las flores reinas fueron ligeramente más dulces (10,34 °Brix), que los frutos de las flores secundarias (10,14 °Brix) sin diferencias significativas entre ellos ( $p=0,468$ ). Resulta igualmente interesante destacar que los días precisos para que una flor se convierta en fruto maduro resultaron esencialmente los mismos (179 días), independientemente de la posición de la flor en el nudo ( $p=0,672$ ).

Los datos obtenidos del análisis de las flores reinas muestran que en ellas existe una correlación significativa entre el diámetro de la flor y los parámetros que definen el tamaño del fruto. La correlación, significativa, tuvo índices de correlación entre 0,36 y 0,54 dependiendo del parámetro del fruto evaluado. El peso, calibre y longitud del fruto estuvieron como es lógico, estrechamente relacionados, oscilando el índice de correlación entre 0,92 y 0,73. Más interesante fue la relación detectada entre los parámetros que definen el tamaño del fruto y el número de semillas contenidas (Cuadro 5). Esta circunstancia ilustra la importancia de la polinización y fecundación de la flor, y la potencia del fruto como sumidero como resultado del éxito de lo anterior. Por el contrario, la relación entre el tamaño de la flor (su diámetro) y el número de semillas que se generaron en su fruto fue menor y no significativa ( $r=0,33$ ). La correlación más estrecha fue la que se estableció entre el peso y el calibre del fruto ( $r=0,92$ ) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Matriz de correlación entre los parámetros morfométricos y de calidad de flores reinas y frutos del cv de papaya “Siluet”

	Diámetro de la flor	Diámetro del fruto	Longitud del fruto	Peso del fruto	Número de semillas
Diámetro de la flor	1				
Diámetro del fruto	0,47**	1			
Longitud del fruto	0,36**	0,73**	1		
Peso del fruto	0,54**	0,92**	0,78**	1	
Número de semillas	0,33	0,83**	0,68**	0,84**	1

\*\*La correlación es significativa a nivel 0,01 (bilateral)

El diámetro de las flores secundarias mostró relaciones similares a las mostradas en las flores reinas, aunque con valores del coeficiente de correlación claramente menores y no significativos. Los coeficientes fluctuaron entre  $r=0,01$  y 0,18, mientras que se detectó una

relación aún más escasa y curiosamente negativa entre el número de semillas y el diámetro de la flor ( $r=-0,09$ ) (Cuadro 6). Las correlaciones entre los parámetros que definen el tamaño del fruto fueron de nuevo lógicamente elevadas, pero de nuevo merece destacarse el papel del número de semillas. En este caso la correlación más alta fue la establecida entre el número de semillas y el peso del fruto ( $r=0,93$ ) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Matriz de correlación entre los parámetros morfométricos y de calidad de flores laterales y frutos del cv de papaya "Siluet"

	Diámetro de la flor	Diámetro del fruto	Longitud del fruto	Peso del fruto	Número de semillas
Diámetro de la flor	1				
Diámetro del fruto	0,01	1			
Longitud del fruto	0,05	0,71**	1		
Peso del fruto	0,18	0,87**	0,84**	1	
Número de semillas	-0,09	0,83**	0,72**	0,93**	1

\*\* La correlación es significativa a nivel 0,01 (bilateral)

Las ecuaciones de regresión lineal muestran una escasa relación entre el tamaño de la flor y del fruto, con coeficientes de determinación entre 0,13 y 0,29 (calibre,  $r^2=0,22$ ), longitud ( $r^2=0,13$ ), peso ( $r^2=0,29$ ) para las flores reinas (Figura 3) y una relación aún menor en las flores secundarias tal y como lo muestran sus coeficientes de determinación (Figura 4). Como se puede apreciar en la figura 4, las flores secundarias muestran valores bastante dispersos, siendo la relación entre parámetros casi nula tal como lo muestran los coeficientes de determinación del fruto (0,016), longitud del fruto (0,015) y peso del fruto (0,026) (Figura 4).

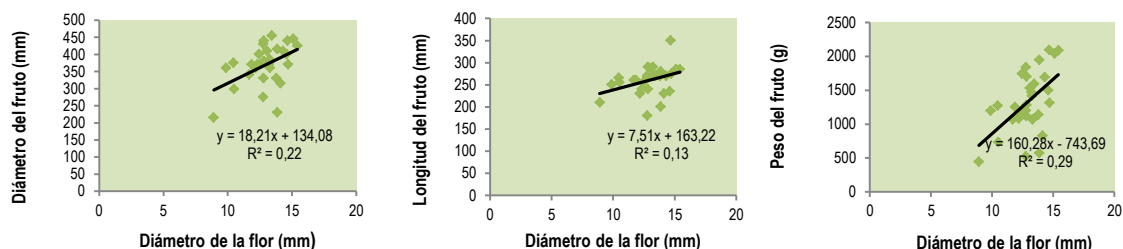


Figura 3. Rectas de regresión entre el diámetro de la flor vs diámetro del fruto, longitud del fruto y peso del fruto en flores reinas del cv de papaya "Siluet".

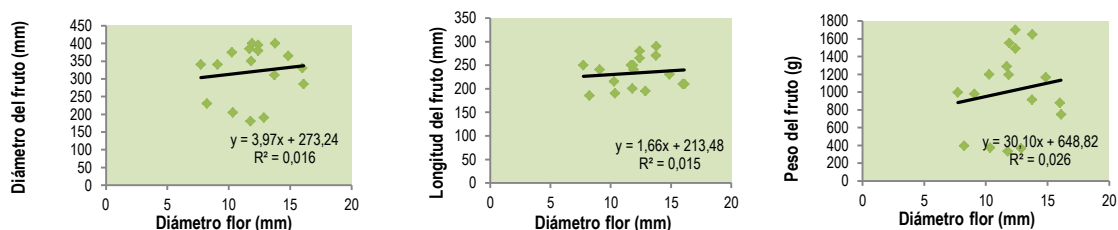


Figura 4. Rectas de regresión entre el diámetro de la flor vs diámetro del fruto, longitud del fruto y peso del fruto en flores secundarias del cv de papaya "Siluet".

Si los análisis previos muestran una relación baja, aunque significativa, entre el tamaño de la flor y el fruto que se genera, las relaciones se tornan muy estrechas, por el contrario, entre el tamaño del fruto y el número de semillas que contienen; una relación por otra parte conocida en muchos frutos multisemillados. El análisis de regresión en las flores reinas muestra que existe un relación lineal estrecha entre el número de semillas y el diámetro ( $r^2=0,70$ ), peso ( $r^2=0,71$ ) y longitud del fruto ( $r^2=0,46$ ) (Figura 5). Los coeficientes de determinación resultaron más elevados en las flores secundarias (Figura 6). Como se puede apreciar en la figura 6, las rectas de regresión lineal en las flores secundarias muestran valores más dispersos. Sin embargo, la relación fue algo mayor con el diámetro del fruto ( $r^2= 0,82$ ), longitud ( $r^2=0,51$ ) y peso ( $r^2=0,86$ ) (Figura 6), que en las flores reina.

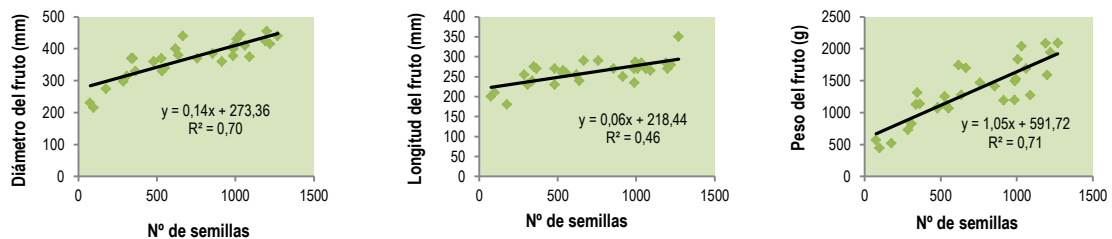


Figura 5. Rectas de regresión entre el número de semillas vs diámetro del fruto, longitud del fruto y peso del fruto en flores reinas del cv de papaya “Siluet”.

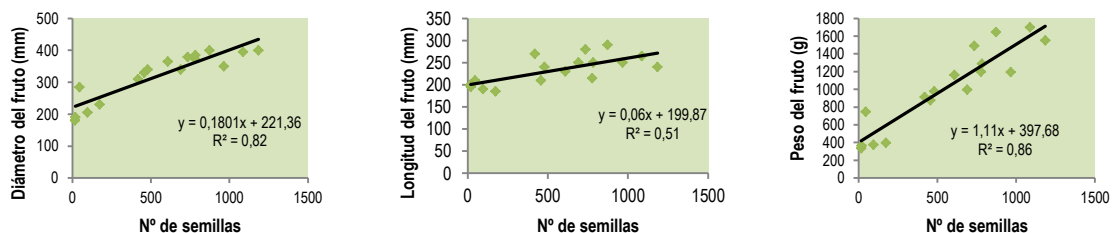


Figura 6. Rectas de regresión entre el número de semillas vs diámetro del fruto, longitud del fruto y peso del fruto en flores secundarias del cv de papaya “Siluet”.

### Ensayo 3: Efecto del aclareo de botones florales sobre el tamaño de la flor y del fruto

De las 32 flores elongatas marcadas en este ensayo cuajaron un total de 19 flores, 10 flores del tratamiento con aclareo y 9 flores del tratamiento sin aclareo. El calibre de los frutos del tratamiento con aclareo de flores (A) resultó ligeramente mayor (35,2cm) que el calibre de los frutos procedentes de nudos donde las flores no fueron aclaradas (C) (32,7 cm). La longitud de los frutos en el tratamiento A fue también mayor que en el C (24,2 vs 23,1 cm). Por el contrario, el peso de los frutos fue prácticamente el mismo (1152 vs 1118 g). El análisis de varianza mostró que en ningún caso estas diferencias fueron estadísticamente significativas (Cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis de Varianza para el diámetro, longitud y peso fresco de los frutos de papaya del cultivar "Siluet"

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Diámetro	306,6,72	1	306,6,72		
Residuos	2161,8,22	17	127,1,66	2,41	0,14
Total	2468,4,947	18			
Longitud	56,7,383	1	56,7,38		
Residuos	672,4,72	17	39,5,57	1,43	0,25
Total	729,2,10	18			
Peso	5457,195	1	5457,19		
Residuos	6724,72	17	29039,62	0,19	0,67
Total	499130,71	18			

## DISCUSIÓN

Los resultados del primer ensayo muestran un efecto positivo del control del clima sobre el tamaño de la flor, regulando además su desarrollo y haciendo más homogéneas las flores formadas. Estos resultados confirman trabajos anteriores donde la temperatura y la humedad se revelan como factores importantes en la determinación de las dimensiones de los órganos florales (Rodrigo y Herrero, 2002). Nakasone y Paull (1998) señalan que los rangos óptimos de temperatura para el crecimiento adecuado de la papaya se encuentran entre 20-35°C, con humedades relativas entre 65 y 85. Los resultados muestran también que los diferentes parámetros que caracterizan el tamaño de las flores de papaya muestran correlaciones lógicas y fuertes. La relación es lineal y altamente significativa entre el diámetro y el peso fresco y peso seco de las flores del control activo del clima, algunas correlaciones entre los parámetros fueron más altas que otras, sobre todo en las flores de control pasivo del clima. Subrayando de nuevo que en ambientes de temperatura controlada la relación entre parámetros resulta más estrecha y por ende mejora la capacidad predictiva de unos sobre los otros.

La relación propone que flores con diámetros más grandes serán también flores más pesadas. Esta situación puede permitir conocer el tamaño de fruto con enorme antelación y con ello la selección de las flores para producir frutos de tamaño deseado (siempre con algún grado de imprecisión). Por otro lado, algunos autores como Grange (1993) señalan que el tamaño final del fruto está determinado por un proceso de expansión celular en la fase de división celular después de la antesis y la polinización. Sin embargo, nuestros resultados confirman estudios anteriores en otras especies donde se expresa que el tamaño final del fruto está relacionado con el tamaño de la flor (Jackson y Combe, 1966). De la misma manera, esta situación nos permite manifestar que el peso del fruto en la madurez se correlacionará con el peso de la flor, tal y como lo subraya Ramirez (1993). Por tanto, el peso del fruto puede ser controlado a través del peso de la flor aunque debemos tener en cuenta que no es el único factor que determina el peso final del fruto ya que también depende en gran medida de las condiciones ambientales y de la planta.

Los resultados del ensayo 2 muestran que las flores reinas son ligeramente más grandes que las flores secundarias, siendo esta diferencia poco relevante, al menos con las flores secundarias marcadas. Hay que hacer mención aquí que la papaya tiene una capacidad marcada de reflorar en el nudo, lo que deriva en la aparición posterior de flores, estas sí, aparentemente más pequeñas. En el caso de las flores reinas el porcentaje de frutos cuajados superó al de las flores secundarias. El cuajado a su vez, está relacionado con la competencia por carbohidratos así, las flores reinas con mejor conexión vascular con el tallo se ven beneficiadas. Además, se ha podido ratificar que existen relaciones significativas entre el tamaño de la flor y el tamaño del fruto aunque estas relaciones son mucho más fuertes entre los parámetros que miden el calibre, longitud, peso y número de semillas.

Los frutos de flores reinas presentaron mayor peso y número de semillas, por tanto el peso del fruto está relacionado positivamente con el número de semillas. Este resultado es consistente con otros estudios realizados donde la fuerza de demanda del fruto y la competición entre frutos dependen del número de semillas (Stephenson et al, 1988), resultados similares fueron reportados por (Jalilop y Kumar, 2007) quienes además encontraron que el polen tiene un efecto significativo sobre el peso del fruto.

La mayoría de plantas con grandes superficies de área foliar tienen una capacidad fotosintética mayor a una determinada carga de frutas, lo cual se traduce en mayores niveles de sólidos solubles por fruto (Hubbard et al. 1990). En nuestro estudio el contenido de sólidos solubles totales fue prácticamente el mismo para ambos tipos de frutos, por lo que podemos decir que el contenido de azúcares en el fruto no está relacionado con el tipo de nudo en que se desarrolla sino más bien con el índice foliar que posee la planta.

El aclareo de botones florales no produjo diferencias significativas aunque aumentó ligeramente el calibre de los frutos. Esta situación difiere con lo escrito por Day y DeJong (1998) en melocotonero, especie en la que esta práctica se realiza en cultivares extratempranos y en la que los autores proponen el aclareo como una práctica para mejorar la calidad del fruto recomendando su ejecución temprana. Los estudios de Santori y Marodin (2003), demuestran que las plantas donde no se realiza aclareo tienen una mayor productividad, pero sus frutos son pequeños y de baja aceptación en el mercado.

Por otro lado, se puede justificar la ausencia de diferencias en respuesta al aclareo de botones en base a lo manifestado por autores como Cunha Barros (2006) quien expresa que los brotes multi florales de papaya pueden mantener hasta dos frutos sin disminuir su tamaño. Según Miranda et al., (2005), el rendimiento de racimos enteros en cantidad y calidad es similar al obtenido de racimos aclarados. El similar comportamiento productivo de los frutos con y sin aclareo corrobora los resultados obtenidos por Vargas et al (2003) quienes indican que esta práctica no provoca un mejoramiento del peso ni de las dimensiones del fruto. El aclareo de botones florales pretendía disminuir la cantidad de sumideros para desviar más recursos a sumideros restantes y así poder obtener frutos con mayores cualidades para el mercado. Sin embargo, aunque los resultados no fueron significativos tampoco causaron un efecto negativo, así es posible pensar que es necesario tener en cuenta más factores del tipo agronómico.

## CONCLUSIONES:

- 1) Existe una asociación estrecha entre todos los parámetros que definen el tamaño de la flor, siendo lineal y casi perfecta la observada entre el diámetro y el peso de la flor. De ello se deduce que el diámetro de la flor es un ajustado predictor de su masa.
- 2) La asociación entre los parámetros morfométricos de la flor resultó más estrecha en el invernadero con control activo del clima, indicando que la calefacción del invernadero durante el desarrollo floral, uniformiza e incrementa el tamaño de la flor.
- 3) Las condiciones de clima benigno (control activo) afectaron positivamente al tamaño de las flores, siendo las flores de mayor tamaño aquellas que se desarrollan bajo un sistema de control activo del clima.
- 4) La posición de las flores en el nudo afecta al calibre y calidad de los frutos ya que los frutos de flores reinas fueron más pesados que los frutos de flores secundarias. El número de semillas contenidas en el fruto se relaciona fuertemente con el diámetro, longitud y peso del mismo, independientemente de la disposición de la flor.
- 5) La realización de un aclareo de botones florales apenas incrementó levemente el tamaño de los frutos.

## BIBLIOGRAFÍA:

- Bielicki P., Czynczyk A., Bartosiewicz B. (1999). Effects of new Polish rootstocks and M.9 clones on growth, cropping and fruit quality of three apple cultivars. Proc. of Int. Seminar, 15-16.
- Breen, K., Tustin, D., Palmer, J W., Hedderley, D I, Close, D C. (2016). Effects of environment and floral intensity on fruit set behaviour and annual flowering in apple. *Scientia Horticulturae*, 210: 258-267
- Chan, Y. (2009). Breeding Papaya (*Carica papaya* L.) Horticulture Research Centre, Malaysian Agricultural Research and Development Institute 121-159.
- Cuevas, J., Rallo, L., Rapoport H.F. (1994). Crop load effects on floral quality in olive. *Scientia Horticulturae*, 59: 123-130.
- Cunha Barros, M., Gravina, A. (2006). Influencia del tipo de brote en el cuajado y crecimiento del fruto Tangor. *Agrociencia*, 37-46.
- Cruz-Castillo, J.G., D.J. Woolley, D.J., Lawes, G.S. (2002). Kiwifruit size and CPPU response are influenced by the time of anthesis. *Scientia Horticulturae*, 95: 23-30.
- Dantas, J.L.L., Lima, J.F. (2001). Seleção e recomendação de variedades de mamoeiro- avaliação de linhagens e híbridos. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal*, 23: 617-621.
- Font Quer, P. 1965. Diccionario de botánica. Editorial Labor S.A., Barcelona. pp. 182-183.
- Gil, A., Miranda, D. (2005). Morfología de la flor y de la semilla de papaya (*Carica papaya* L.): variedad Maradol e híbrido Tainung-1. *Agronomía Colombiana*, 23: 217-222.
- Gourieroux, A., Mccully, M., Holzappel, B., Scollary, G., Rogiers, S. (2016). Flowers regulate the growth and vascular development of the inflorescence rachis in *Vitis vinifera* L. *Plant Physiology et Biochemistry*, 118: 519-529.

- Guardiola, J. (1992). Fruit set and growth. In: Donadío (Ed.) Second International Seminar on Citrus. Bebedouro, Sao Pablo, Brazil, 1-30.
- Harada, T., Kurahashi, W., Yanai, M., Wakasa, Y., Satoh, T. (2005). Involvement of cell proliferation and cell enlargement in increasing the fruit size of *Malus* species. *Scientia Horticulturae*, 105: 447-456.
- Herrera, J. (1987). Flower and Fruit Biology in Southern Spanish Mediterranean Shrublands. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 74(1), 69-78.
- Kaliyaperumal, K., Hyung-Min, K., Kaliyaperumal, J., Jerome, X., Jayaraman, V. (2014). Papaya: A gifted nutraceutical plant - a critical review of recent human health research. *TANG* 4: 1-17.
- Lobos, A., Yuri, J. (2006). Inducción y Diferenciación Floral de Cuatro Cultivares de Manzano en Chile. *Agricultura Técnica*, 66: 141-150.
- Mazorra, M. F., Quintana, Á. P., Miranda, D., Fischer, G., & Chaparro de Valencia, M. (2006). Aspectos anatómicos de la formación y crecimiento del fruto de uchuva *Physalis peruviana* (Solanaceae). *Acta Biológica Colombiana*, 11(1): 69-81.
- Miranda, S., Fagundes, G., Filho, J., De Moraes, A., De Lima, L., Yamanishi, O. (2002). Características físicas e químicas de mamões dos grupos 'Solo' e 'Formosa' cultivados em Brasília- DF. In: XVII Congresso Brasileiro de Fruticultura, 18-22 nov, 2002, Belen-Pará-Brasil.
- Nakasone, H.Y., Paull, R.E. (1998). *Papaya tropical fruits*. Cab International, New York. 422 pp.
- Oliveira, E., Luiz, J., Dantas, L., Castellen, S., Lima, D. (2007). Marcadores moleculares na predição do sexo em plantas de mamoeiro. *Pesq. agropec. bras.*, 42: 1747-1754.
- Ramirez, N. (1993). Producción y costo de frutos y semillas entre formas de vida. *Biotropica*, 46-60.
- Rodrigo, J., Herrero, M. (2002). Effects of pre-blossom temperatures on flower development and fruit set in apricot. *Scientia Horticulturae*, 92: 125-135.
- Rosati, A., Zipančić, M., Caporali, S., Paoletti, A. (2010). Fruit set is inversely related to flower and fruit weight in olive (*Olea europaea* L.). *Scientia Horticulturae*, 126: 200-204.
- Rosati, A., Zipančić, M., Caporali, S., Padula, S. (2009). Fruit weight is related to ovary weight in olive (*Olea europaea* L.). *Scientia Horticulturae*, 122: 399-403.
- Sartori, I. A., & Marodin, G. A. B. (2003). Aplicação de auxinas e incisão anelar de ramos em pessegueiros cv. Diamante. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25 (1) : 1-4.
- Sippel, A. D., Claassens, N.J.F., Holtzhausen, L.C. (1989). Floral differentiation and development in *Carica papaya* cultivar 'Sunrise Solo'. *Scientia Horticulturae*, 40: 23-33.
- Wociór, S. (2008). Influence of hand thinning of flowers and fruit on yielding and fruit quality of apples cultivar Szampion. *Acta Agrobotanica*, 61: 141-146.
- Vargas, A. (2003). Efecto de tres intensidades de desdese sobre el desarrollo del racimo de banano (*Musa* AAA, cvs. Grande Naine y Valery). *CORBANA* 28(56):27-38
- Zhang, L., Ampatzidis, Y., Whiting, M.D. (2015). Sweet cherry floral organ size varies with genotype and temperature. *Scientia Horticulturae*, 182: 156-164.