



## **Manejo del tamaño de fruto y la calidad de la tuna (*Opuntia ficus-indica*, m) mediante regulación de carga frutal**

Management the size of fruit and quality of tuna (*Opuntia ficus-indica*, m) by crop load regulation

**Autores:** Adriana Celi Soto<sup>1</sup>  
Juan Alcívar Hidrovo<sup>2</sup>

**Dirección para correspondencia:** [aceli@utm.edu.ec](mailto:aceli@utm.edu.ec)

Recibido: 8-06-2018

Aceptado: 2-08-2018

### **Resumen**

Con el objetivo de evaluar el efecto de la carga frutal en la tuna (*Opuntia ficus-indica*, M) sobre el rendimiento y la calidad de los frutos, se realizó un ensayo que consistió en ajustar diferentes niveles de carga frutal por cladodios individuales (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 y 16 frutos/cladodio) en la localidad de El Noviciado, de la comuna Pudahuel en Santiago de Chile. Los tratamientos con menor carga frutal redujeron el rendimiento de frutos pero aumentó la calidad de los frutos en peso fresco, tamaño, relación pulpa/cáscara y firmeza, sin embargo el porcentaje de jugo de la pulpa se redujo al disminuir la carga frutal; la carga no afectó al contenido de sólidos solubles, pH y la acidez titulable de la pulpa. Al comparar las plantas con carga ajustada con aquellas de carga natural, se concluyó que el ajuste de carga permite obtener mayores rendimientos y pesos frescos de frutos para un mismo nivel de carga y que la carga natural tiene un efecto más acentuado en la reducción del peso promedio y rendimiento (al aumentar la carga).

**Palabras clave:** carga frutal; peso fresco; peso pulpa; peso cáscara; pH; sólidos solubles; acidez titulable; firmeza; contenido de jugo.

<sup>1</sup> Universidad Técnica de Manabí, Docente-Facultad de Ingeniería Agronómica. Vía a Santa Ana. Manabí, Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad Técnica de Manabí, Docente-Facultad de Ingeniería Agronómica, Vía a Santa Ana. Manabí, Ecuador. E-mail: [jhalcivar@utm.edu.ec](mailto:jhalcivar@utm.edu.ec)

## Abstract

With the aim of studying the effect of fruit load of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*, M) on fruit yield and quality, two trials were carried out: one in which different fruit loads were adjusted at the cladode levels (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 y 16 fruits/cladode) in The Noviciado of commune Pudahuel in Santiago de Chile. In the test crop load it decreased fruit yield decreased but increased the following variables of fruit quality: fresh weight, size (polar and equatorial diameters), relationship pulp / peel and firmness. Furthermore, in percentage of juice from pulp it was reduced by decreasing the crop load, while no effects of the load on the content of soluble solids, pH and titratable acidity of the pulp was observed. Comparing the adjusted load plants with those of natural load in the town of Novitiate concluded that the load adjustment allows for higher yields and fresh fruit pesos for the same charge level and the natural load has an effect more accentuated in reducing the average weight and performance (by increasing the load). These differences indicate that the growth of the fruits of tuna supply depends mainly assimilated and cladode nutrients on which they develop.

**Keywords:** fruit load; fresh mass; pulp mass; peel mass; pH; soluble solids; titratable acidity; firmness; juice content.

## Introducción

La tuna (*Opuntia ficus-indica*), es una fruta jugosa y dulce, con una cáscara espinosa y una gran cantidad de semillas pequeñas y duras (Galati et al., 2003). En los últimos años, muchos países han aumentado la producción de tuna (también conocida como: higo-chumbera en España, fico d'India en Italia, figue de barbarie en Francia, sabras en Israel, palma forrageira en Brasil, prickly pear en Estados Unidos, nombre que está evolucionando a cactus pear, por su término peyorativo y tuna que es reconocido por México y América en general). Stintzing et al., (1999) manifiesta que una característica interesante de los frutos de *Opuntia ficus-indica* reportada en cultivos de México y Sudáfrica, es el alto contenido de taurina, con un rango de 323,6 a 572,1 mg/l, este aminoácido, cuya presencia no es común en una gran cantidad de plantas, es importante por su influencia en el desarrollo de la retina y en la síntesis de ácidos biliares, a lo que se suma la baja capacidad del ser humano para sintetizarlo. Además reduce notablemente los marcadores plasmáticos de daño oxidativo a lípidos, tales como: MDA (marcador de la peroxidación lipídica), e incrementos de vitaminas antioxidantes como: Vitamina C y vitamina E (Tesoriere et al., 2004).

La tuna pertenece al grupo de las cactáceas y posee metabolismo CAM (ácido crasuláceo). Franck (2006) manifiesta que el metabolismo CAM de *Opuntia*, tiene la particularidad de separar temporalmente las distintas fases de la fotosíntesis: (i), el carbono ambiental CO<sub>2</sub>, es absorbido durante la noche y transformado en ácido málico por acción de la enzima PEP carboxilasa (PEPC),

y es almacenado en las vacuolas del clorénquima de los tallos, (ii) durante el día se libera el malato de la vacuola hacia el citosol donde este es descarboxilado, liberando CO<sub>2</sub>. Finalmente se asimila en los cloroplastos por la enzima Rubisco, seguida por el ciclo de Calvin-Benson y la generación de carbohidratos (Andrade et al., 2007).

La carga frutal es el factor más importante, de todos aquellos que influyen en el tamaño del fruto, por lo que la eliminación de parte de esta carga es la manera más efectiva para mejorar el tamaño de la fruta (Racskó, 2006). Sin embargo, al reducir la carga frutal, se reduce también el rendimiento, razón por la que se debe llegar al óptimo económico, en función al tamaño de la fruta, rendimiento y precio (Reginato et al., 2007). La regulación de la carga frutal mediante el raleo de flores y/o frutos sirve para incrementar el tamaño del fruto, adelantando la maduración del mismo y teniendo control de la alternancia en la producción interanual de los frutales. El grado de raleo del fruto está regulado por: la relación hoja/fruto, la edad del árbol y las prevalentes condiciones ambientales, (Barone et al., 1994; Havis, 1962, citados por Inglese et al., 1995). Por otro lado Chaar y Sánchez (2010) mencionan que el raleo de frutos, junto con disminuir el rendimiento y aumentar el tamaño de los frutos, aumenta el porcentaje de sólidos solubles incrementando así la proporción de la fruta de un elevado valor comercial. En cerezos por ejemplo, se ha visto que el calibre es un factor de calidad importante y depende de muchos factores como: variedad, porta-injerto, carga frutal, poda, raleo de dardos, yemas flores y frutos (Elorriaga, 2010), por esa razón la investigación consistió en conocer el efecto de distintos niveles de carga frutal ajustados homogéneamente por cladodio individual en Chile.

## Metodología

Los ensayos se realizaron durante la temporada 2011/2012, en un huerto comercial de tuna (*Opuntia ficus-indica*) del ecotipo verde, ubicados en la Comuna Pudahuel de Santiago de Chile, huerto de cuarenta y cinco años de edad en plena producción. A mediados de primavera (finales del mes de septiembre del año 2011), se seleccionaron 16 plantas homogéneas en el huerto de El Noviciado. A estas plantas se les contabilizó el número de frutos presentes en cada cladodio y el número de cladodios productivos. Posteriormente se dejó un número idéntico de cladodios productivos por planta, eliminando todas las flores de los cladodios sobrantes. En los cladodios productivos se eliminó una porción de las flores de modo de obtener tratamientos con una distribución de cargas frutales homogéneamente distribuidas entre un nivel muy bajo y otro muy alto. Dichas cargas frutales se ajustaron a nivel de cladodio individual dejando un número idéntico de frutos en todos los cladodios productivos, de las plantas pertenecientes a cada uno de los siguientes tratamientos 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 y 16 frutos/cladodio.

## Resultados

### *Efecto de la carga frutal sobre el rendimiento*

En la Figura 1, se observa que la respuesta del rendimiento expresado en kilogramos por unidad de superficie ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ ) de la fruta a la carga frutal siguió una curva potencial. Los coeficientes de determinación fueron cercanos al 50% y similares para ambas variables explicativas

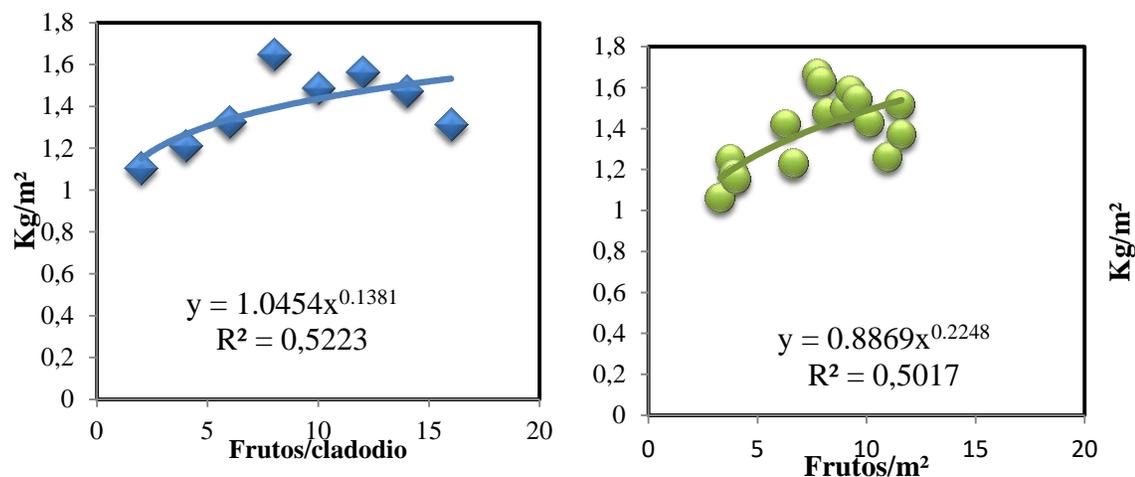


Figura 1. Relación entre (a) rendimiento y carga frutal por cladodio, y (b) rendimiento y frutos por unidad de superficie  $\text{m}^2$ .

Al disminuir la carga frutal se redujo el rendimiento, caso similar se informó en un estudio realizado en cultivos de cerezos, en el que, al incrementar la intensidad de raleo (menos fruta/rama) el rendimiento disminuyó (Cittadini et al., 2013). Al reducir la carga frutal el rendimiento también se ve afectado (Figura 1), lo que coincide con reportes anteriores que indican que en la tuna a menor carga frutal incrementa el peso fresco del fruto y en menor proporción la reducción del rendimiento (Inglese et al., 1995), existiendo un óptimo en la producción para lograr obtener los rendimientos y pesos frescos de la fruta adecuados. Chaar y Sánchez (2010), manifiestan que, al aumentar la carga frutal se ve favorecida la producción total, al mismo tiempo se afecta de forma negativa el tamaño de los frutos, por lo cual se debe lograr llegar a un equilibrio entre el crecimiento vegetativo y productivo (Lemus y Donoso, 2008). La mayoría de las prácticas agrícolas son capaces de cambiar la partición de carbono dentro de la planta, así, modelos de asignación de carbono para las especies anuales sugieren que se obtiene el máximo rendimiento reproductivo al cambiar el crecimiento vegetativo al reproductivo que se da en el momento cuando la masa vegetativa es proporcional al rendimiento reproductivo final (Cannell, 1985).

### Peso fresco del fruto, la pulpa y la cáscara

Tanto el peso fresco del fruto como el de la pulpa y el de la cáscara se redujeron al aumentar la carga frutal, ya sea expresada por unidad de cladodio o unidad de superficie de suelo (Figura 2). El peso fresco en función a la carga por cladodio mostró una reducción al aumentar la carga frutal siguiendo un ajuste cuadrático, con un valor de  $R^2$ : 0,93, tendencia similar se aprecia para el peso de la pulpa  $R^2$ : 0,91, a diferencia del peso de la cáscara cuyo coeficiente de determinación corresponde a 0,21.

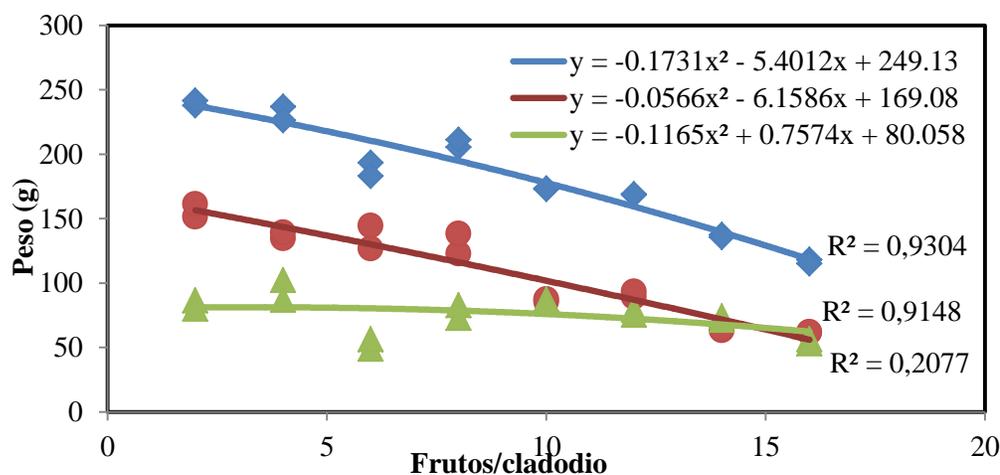


Figura 2. Relación entre Peso fresco (◆), Peso pulpa (●), Peso cáscara (▲) en función a carga por cladodio.

La Mantia et al. (1997) manifiestan que el tamaño de la tuna depende ampliamente del cultivar, número de semillas, carga frutal y manejo de huerto como: raleo, riego y forma de crecimiento del fruto. La relación entre el tamaño de fruto y el número de frutos es variable, las diferencias se reflejan por el vigor del árbol y condiciones de crecimiento del mismo (Elfvig y Schechter, 1993).

El peso del fruto promedio varió entre 25,4 y 98,34 g, obteniéndose los mayores pesos al dejar dos frutos por cladodio, y los de menor peso al dejar 16 frutos por cladodio. Árboles frutales con altas cargas tienen frutos más densos que aquellos de carga frutal ligera. La densidad de la fruta es el resultado de la diferencia entre los espacios intercelulares que son mayores en los frutos pequeños que en los grandes, los frutos pequeños usualmente tienen menor cantidad de células y de menor tamaño, a diferencia de los frutos grandes (Racskó, 2006).

A medida que aumenta la carga frutal, se obtienen frutos de menor peso, esto se debe a que se modifica la relación tallo/fruto (como dicho anteriormente, en la tuna, el tallo realiza la actividad fotosintética), desviándose parte de la producción de metabolitos al crecimiento vegetativo de la planta (Ojer et al., 2009). Reduciendo el número de frutos por árbol incrementará el área de tallo/fruto, lo que resulta en un aumento en la disponibilidad de asimilados para los frutos (Racskó, 2006).

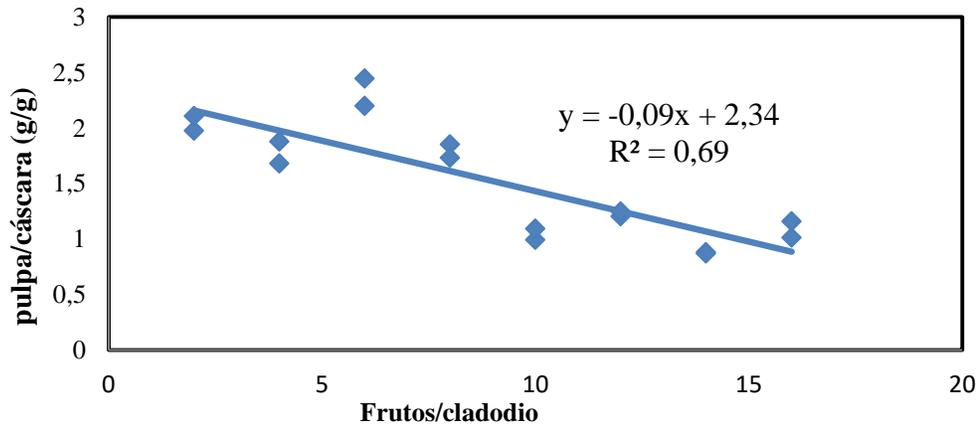


Figura 3. Relación pulpa/cáscara en función a la carga por cladodio (Frutos/cladodio)

Por otro lado, la reducción pulpa/cáscara al aumentar la carga frutal (Figura 3) indica que la competencia entre frutos afecta de mayor manera el crecimiento de la pulpa que el de la cáscara. Este efecto podría explicarse porque al momento de realizar el ajuste de carga, el crecimiento de la cáscara, que ocurre en la primera fase de crecimiento, ya se encontraba avanzado, mientras el crecimiento de la pulpa, durante la segunda fase del crecimiento del fruto (Barbera et al, 1992; citado por Inglese et al., 1999) se produciría una vez que el ajuste de carga ya se había realizado y, por ende, tuvo mayor efecto sobre el segundo componente del crecimiento del fruto.

#### *Diámetro ecuatorial y polar*

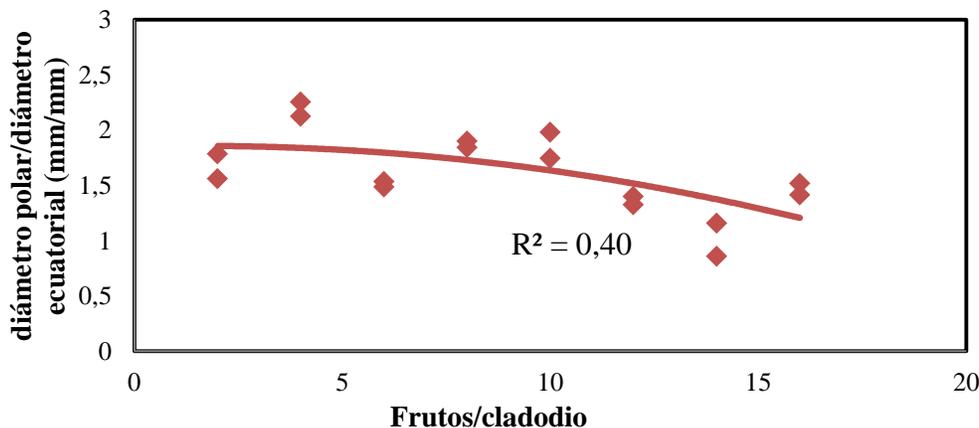


Figura 4. Relación entre diámetro polar/diámetro ecuatorial (mm/mm) y carga por cladodio (Frutos/cladodio).

La relación diámetro polar/diámetro ecuatorial, sigue una tendencia cuadrática (Figura 4) y su tamaño se ve afectado a medida que incrementan los frutos por cladodio, sin embargo el diámetro polar se ve más afectado en relación al diámetro ecuatorial, dicho anteriormente esto se atribuye a la competencia por asimilados, así como también podría deberse a la ubicación del fruto en el cladodio y a la ubicación del cladodio en la planta.

### Firmeza

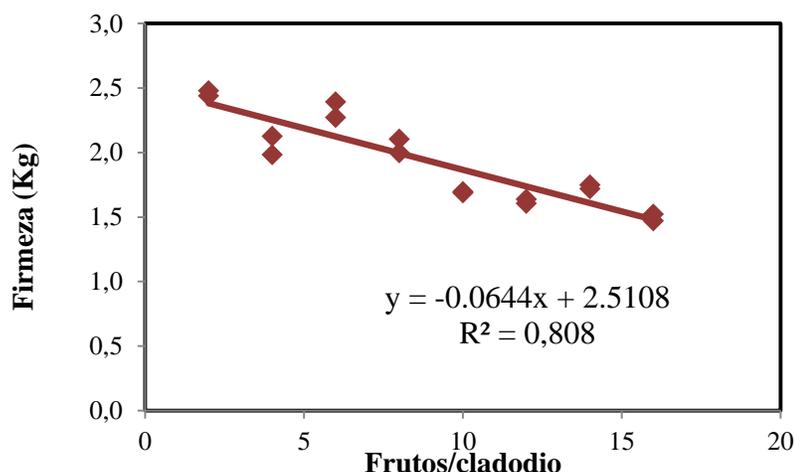


Figura 5. Firmeza, en función a carga frutal por cladodio

En la figura 5 se observa que la firmeza se ve afectada a medida que incrementa el número de frutos por cladodio, existiendo un efecto inverso de la carga en la firmeza de la fruta de tuna. Dicho aumento de la firmeza al reducirse la carga frutal podría relacionarse con una menor competencia por los asimilados entre los frutos, como lo proponen Ruess y Stösser (1993, citado por Corelli-Grappadelli y Lakso, 2004). La pérdida de la firmeza se debe a que los espacios intercelulares (IS) incrementan cuando la fruta va madurando, cambiando la relación en la composición de la pared celular lo que se traduce en una reducción de la firmeza (DeEll et al., 2001). La firmeza del fruto ha sido fuertemente correlacionada con la disponibilidad de nutrientes. Por ejemplo en frutos de kiwi al desarrollarse tardíamente, cuando la competencia con las hojas es grande, está en una situación desfavorable en cuanto a la absorción de Ca, elemento que juega un importante rol en la mantención de la firmeza de los frutos. Según Ferguson, (1980) por otro lado manifiestan que altos contenidos de K disponible influyen positivamente en la firmeza del fruto y, a su vez, el P en la planta se encuentra íntimamente relacionado con el rendimiento y la firmeza de frutos (Girona et al., 2005). Por lo tanto, la reducción de la firmeza de los frutos de tuna al aumentar la carga frutal podría estar relacionada con una competencia por los nutrientes antes mencionados. Se ha visto también que altas temperaturas acortan la tercera fase de crecimiento del fruto, momento en el que se produce mayor crecimiento de la pulpa, producto de ello los frutos son más pequeños y con menor firmeza (Inglese et al., 1999). Existe poca investigación sobre el efecto de la firmeza en función de la carga frutal, por lo que sería recomendable incrementar futuras investigaciones en este campo.

### Contenido de jugo

Los coeficientes de determinación son bajos, ello podría llevar a hipotetizar que existen otras variables asociadas al contenido de jugo, además de la regulación de la carga, que no han sido consideradas en esta investigación. Tampoco se

encontró una relación fuerte entre el contenido de jugo expresado como porcentaje del peso del fruto y la carga frutal pero si se encontró una relación de incremento del porcentaje de jugo de la pulpa al aumentar la carga frutal con una respuesta cuadrática con un  $R^2=0,40$  (Figura 6).

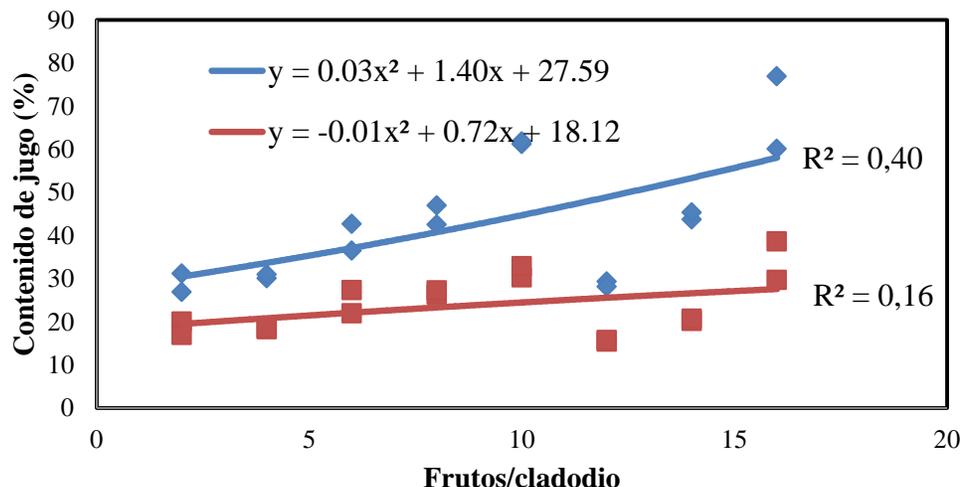


Figura 6. Contenido de jugo en la pulpa (◆), y contenido de jugo en el fruto con cáscara (■) en función a los frutos/cladodio.

Los porcentajes de jugo en la pulpa fluctuaron entre 26,9 y 80%, lo que corresponde a un rango más amplio que los valores de 59,85 y 49,7 % de jugo, reportados para tunas cosechadas en Santiago de Estero, Argentina (Cerezal y Duarte, 2005). La literatura reporta que las variaciones en el contenido de jugo de una misma variedad se pueden deber a condiciones ambientales y, en menor grado a tratamientos de relación fuente-demanda (Ribeiro y Machado, 2007). El contenido de jugo está en función de la disponibilidad de agua en el suelo para la planta, del material genético y de la fertilización con calcio y potasio (Zhenming et al., 2008).

## Conclusiones

Al regular la carga frutal a nivel de cladodio así como al mantener la carga frutal natural, se logra apreciar:

- Al dejar 8 frutos por cladodio se obtuvo mejor calibre.
- Mayor carga frutal incrementó el rendimiento de fruta pero se vio castigada la calidad de la fruta.
- Una menor carga frutal tuvo un efecto positivo sobre la calidad, aumentando el peso fresco, el tamaño (mayores diámetros ecuatorial y polar), la relación pulpa/cáscara, la firmeza de los frutos y aumentó el porcentaje de jugo en la pulpa., lo que podría explicarse por una menor competencia entre los frutos por asimilados y nutrientes.
- Los sólidos solubles, el pH y la acidez titulable de la pulpa no se vieron afectados con relación a la carga frutal.

**Referencias bibliográficas**

- Andrade, J., E. de la Barrera. C. Reyes-García. M. Ricalde. G. Vargas y C. Cervera. 2007. El metabolismo ácido de las crasuláceas: Diversidad, fisiología ambiental y Productividad. Soc.Bot.Méx. (81): 37-50.
- Cannell M. 1985 Attributes of trees as crop plants. Pp 160–193. In: Cannell MGR, Jackson JE . Dry matter partitioning in tree crops (Eds), National Environment Research Council. Penicuik, Great Britain.
- Cerezal, P and G. Duarte. 2005. Some Characteristics of Cactus Pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) Harvested in the Andean Altiplane of Region 2 of Chile. J. PACD: 34-60.
- Chaar, J y E. Sánchez. 2010. Efecto de la carga frutal y del ambiente lumínico en ciruelo D'Agen (*Prunus domestica* L.). Revista de la Facultad
- Cittadini, E., J. Balul, G. Romano and A. Pugh. 2013. Efecto de la intensidad y época de realización del raleo sobre el rendimiento y la calidad de fruto en el cultivo de cerezos. INTA-EEA RIA/Trabajos en prensa. Argentina. 9p.
- Corelli-Grappadelli, L and A. Lakso. 2004. Fruit Development in Deciduous Tree Crops as Affected by Physiological Factors and Environmental Conditions. Acta Hort. (636): 425-441.
- DeEll, J., S. Khanizadeh, F. Saad and D. Ferree. 2001. Factors affecting apple fruit firmness - a review. J. Amer. Pom. Soc. 55:8-27.
- Elfving, D and I. Schechter. 1993. Fruit count, fruit weight, and yield relationships in 'Delicious' apple trees on nine rootstocks. HortScience 28(8): 793-795
- Elorriaga, A. 2010. Regulación de la carga frutal en cerezos. Rev. Frutícola (2): 18-27.
- Ferguson, A. 1980. Movement of mineral nutrients into the developing fruit of the kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch.) New Zealand Journal of Agricultural Research (23): 349-353.
- Galati, E., M. Mondello, D. Giuffrida, G. Dugo, N. Miceli, S. Pergolizzi and M. Taviano. 2003. Chemical Characterization and Biological Effects of Sicilian *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Fruit Juice: Antioxidant and Antiulcerogenic Activity. J. Agric. Food Chem. 51(17): 4903-4908.
- Girona, J., M. Gelly, M. Mata, A. Arbonés, J. Rufat y J. Marsal. 2005. Peach tree response to single and combined deficit irrigation regimes in deep soils. Agricultural Water Management 72: 97-108.
- Inglese, P., and L. Pace. 1999. Contenuto in elementi minerali e fertilità dei cladodi di *O.ficus-indica* Mill. In *Atti Convegno "Fruttiferi Tropicali e Subtropicali in Italia* Ragusa, Italy. pp. 91-92.
- Inglese, P., G. Barbera. T. La Mantia and S. Portolano.1995. Crop Production, Growth, and Ultimate Size of Cactus Pear Fruit following Fruit Thinning. Horticultural Science 30(2):227–230.
- La Mantia, G., G. Barbera, G. Gugliuzza and P. Inglese. 1997. Effect of cladode shading on growth and ripening of fruits of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Miller). Pp 21-28. In: (Eds.) P. Inglese and M.O. Brutsch III Int. Congress on Cactus Pear and Cochenille. Acta Hort. (ISHS). Palermo e Italia.

- Lemus, G y J. Donoso. 2008. La poda en árboles frutales de carozo. Informativo N°9, INIA Rayentué. 8p.
- Ojer, M., G. Reginato and F. Vallejos. 2009. Management of fruit load and productivity in cling peaches. Rev. FCA UNCuyo. Tomo XLI 1(41): 65-76.
- Racskó, J. 2006. Crop load, fruit thinning and their effects on fruit quality of Apple (*Malus domestica* Borkh). Journal of Agricultural Science (24): 29-35.
- Reginato, G., V. García de Cortázar and Robinson. 2007. Predicted crop value for nectarines and cling peaches of different harvest season as a function of crop load. Hort Science 42(2): 239-245.
- Ribeiro, R.V., y E.C. Machado-Braz. 2007. Some aspects of citrus ecophysiology in subtropical climates: re-visiting photosynthesis under natural conditions. Braz. J. Plant Physiol. 19(4): 393-411.
- Stintzing, F., A. Schieber and R. Carle. 1999. Amino acid composition and betaxanthin formation in fruits from *Opuntia ficus-indica*. Planta Medica 65: 632-635.
- Tesoriere, L., D. Butera. A. Pintaudi. M. Allegra and M. Livrea. 2004. Supplementation with cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit decreases oxidative stress in healthy humans: a comparative study with vitamin C<sup>1-3</sup> Am. J Clin. Nut. (80): 391-395.
- Zhenming, N., X. Xuefeung, L. Tianzong y K. Jin. 2008. Effects of leaf applied potassium and gibberellins and source sink ratio on potassium absorption and distribution in grape fruit. Scientia Hort. (115): 164-167.