

# Concentración de fructosa en frutos de toronja (*Citrus paradisi* Macf.) en desarrollo

## Fructose concentration in fruit development in grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.)

HÉCTOR ROJAS PÉREZ<sup>1</sup>, JESÚS MARTÍNEZ-DE LA CERDA<sup>1,3</sup>, ADALBERTO BENAVIDES-MENDOZA<sup>2</sup>, EMILIO OLIVARES-SÁENZ<sup>1</sup>, JUANA ARANDA-RUIZ<sup>1</sup>, ADRIANA GUTIÉRREZ-DIEZ<sup>1</sup>, ALEJANDRO I. LUNA-MALDONADO<sup>1</sup>, ERIKA N. RIVAS-MARTÍNEZ<sup>2</sup>

Recibido: Abril 12, 2016

Aceptado: Mayo 17, 2016

### Resumen

El estudio se realizó en el ciclo 2014-2015, en una huerta de toronja (*Citrus paradisi* Macf.) variedad Rio Red, del Municipio de General Terán, N.L. México. El objetivo fue evaluar la concentración de fructosa en frutos de toronja en desarrollo procedentes de árboles de producción elevada («on») y producción escasa («off»), en un ciclo de producción en respuesta a la aplicación de ácido giberélico (Acigib 10% de GA<sub>3</sub>, 25 ppm), urea foliar (1 kg 100 L<sup>-1</sup>) y anillado de ramas. La fructosa fue cuantificada en frutos de toronja a los 30, 60 y 90 dda (días después de antesis). El análisis de fructosa se realizó mediante Cromatografía Líquida de Alta Presión (HPLC). A los 30 dda, las aplicaciones de urea foliar y GA<sub>3</sub> en árboles «on» resultaron en los valores más altos en la concentración de fructosa en frutos. A los 60 dda no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos. A los 90 dda los frutos de árboles «on» con urea foliar y con anillado se comportaron estadísticamente diferentes al resto de los tratamientos, con menor concentración de fructosa. El comportamiento de la concentración de fructosa en frutos de toronja entre muestreos fue de un incremento en todos los tratamientos de árboles «on» y «off».

**Palabras clave:** anillado, carbohidratos, cítricos, ácido giberélico, urea foliar.

### Abstract

This research was conducted during the production year 2014-15 on a 18-year in a grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) grove, Rio Red variety in the municipality of General Teran, N.L. Mexico. The objective was to evaluate the concentration of fructose in small fruits from trees with a high production year («on») and others with a low production year («off») throughout the whole productive cycle, as a result of the application of gibberellic acid (Acigib 10% of GA<sub>3</sub>, 25 ppm), foliar urea (1 kg 100 L<sup>-1</sup>) and girdling. Fructose was quantified in fruits of grapefruit at 30, 60 and 90 days after anthesis (DDA). Fructose analysis was done by High Pressure Liquid Chromatography (HPLC). According with the results, application of foliar urea and GA<sub>3</sub> on trees «on» at 30 DDA, resulted in the highest values in the concentration of fructose in fruit. Treatments applied at 60 DDA resulted in not statistically differences for fructose concentration in fruits. Fruit fructose concentration from samples at 90 DDA showed statistical differences in trees «on» treated with foliar urea and girdling obtained the lowest concentration of fructose. The behavior of the concentration of fructose between samples was increased in all treatments of trees «on» and «off».

**Keywords:** Girdling, carbohydrates, citrus, gibberellic acid, foliar urea.

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. Av. Francisco Villa S/N, Ex Hacienda el Canadá. Gral. Escobedo N.L. México, 66050. Tel. (81) 1340-4399.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Horticultura. Calz. Antonio Narro 1923. Buenavista, Saltillo, Coah. México, 25315. Tel. 01 (844) 411-0200.

<sup>3</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: jemarcer@gmail.com.

## Introducción

La alternancia de cosecha se refiere a un patrón de producción irregular que está internamente regulada por la planta y puede conducir a irregularidades en el ingreso del productor. Los cítricos inician la formación de yemas florales de la próxima producción un ciclo anterior, y la alternancia de cosecha elevada ("on") y escasa ("off") es causada por la competencia entre la producción de la cosecha actual y los botones florales de la cosecha de la próxima temporada.

La producción excesiva en el año «on» agota los nutrimentos, carbohidratos y almidón, necesarios para formar nuevos brotes reproductivos (Martínez *et al.*, 2012); sin embargo, hay pruebas que indican que las hormonas de las semillas producidas en los óvulos en desarrollo tienen un efecto inhibitorio directo sobre la iniciación floral (Martínez *et al.*, 2012). Esta secuencia de «on-off» normalmente sigue un patrón bianual. La variedad de toronja Rio Red es altamente susceptible a la alternancia, puede presentar dos años consecutivos «off» seguido de una cosecha elevada (Martínez *et al.*, 2012). Si bien regulada internamente, la alternancia es a menudo provocada por factores externos (clima o manejo del cultivo). Una vez activado, la fluctuación es probable que continúe durante algunos años. La alternancia es un problema económico en la industria cítrica de todo el mundo, en una producción elevada, año «on», debido a que los frutos cosechados obtienen precios bajos como resultado de su tamaño pequeño y sobreproducción (Martínez *et al.*, 2012). En cambio, en un año, «off», la fruta es generalmente demasiado grande y de mala calidad, con un mayor número de frutos con corteza gruesa (*Sheepnose*). El rendimiento neto para el productor es bajo en un año de cosecha «off», porque hay pocos frutos (Martínez *et al.*, 2012). Por lo tanto, la alternancia de cosecha da lugar a inestabilidad de los precios y rendimientos anuales erráticos. La alternancia de cosecha en toronja (variedad Rio Red), es un problema que se presenta en todo el mundo y está directamente relacionada con el cuajado de frutos, y este a la vez con la disponibilidad de

carbohidratos (glucosa, fructosa y sacarosa) para los frutos en desarrollo, ya que en esta etapa del fruto se producen cambios intensos en donde los azúcares son los sustratos preferidos para la biosíntesis y suministro de energía, la cual queda disponible para la biosíntesis de otros componentes (ácidos orgánicos, ácido ascórbico, proteínas, nucleótidos azucarados, glucósidos, etc.); además una reducción en el suministro de metabolitos durante el desarrollo temprano del fruto, puede desarrollar daños irreversibles en la capacidad de asimilación y reducir la tasa de crecimientos del fruto en estados posteriores, cuando el suministro no constituye un factor limitante, por lo tanto, entre mayores concentraciones de carbohidratos estén presentes en los frutos al inicio del desarrollo, mayores serán las reservas disponibles y la probabilidad de alternancia se reduce (Guardiola y García-Luis, 2000; Espinoza, 2012). Laskowski (2010) encontró en frutos de naranja dulce (*Citrus sinensis*), variedad Salustiana, un incremento progresivo en el contenido de carbohidratos solubles, aumento a partir de los 48 días después de anthesis (dda), coincidió inicialmente con el incremento en masa seca del pericarpio, y después de los 76 dda, con el desarrollo de las vesículas. Al final del ciclo, el fruto presentó 25% de carbohidratos reductores (glucosa y fructosa) y 18.5% de sacarosa, principalmente en las vesículas, las cuales constituyen al pericarpio como órgano de reserva.

Una técnica para incrementar las concentraciones de carbohidratos de frutos en desarrollo, disminuyendo la alternancia de cosecha, es el

anillado de ramas. El anillado de ramas en mandarina 'Clemenules' (*Citrus reticulata* Blanco), provoca la interrupción temporal del transporte de foto-asimilados por el floema hacia las raíces y la acumulación de sustancias en la copa del árbol. Los cambios provocados en el balance endógeno de carbohidratos y elementos minerales, son considerados como la acción primaria del anillado que ayudan al cuajado y desarrollo del fruto (Rivas *et al.*, 2010). Mahouachi *et al.* (2009), analizaron la fructosa en mandarina Satsuma (*Citrus unshiu* (Mak) Marc.) cv. Okitsu, en frutos en desarrollo con ramas anilladas y sin anillar (testigo) desde la antesis hasta 69 días después de antesis (dda), encontraron que en los frutos de los árboles sin tratar, la fructosa varió de 3.4 a 4.4 mg g<sup>-1</sup> de peso seco (p.s.) durante los primeros 32 dda y posteriormente disminuyó drásticamente al mostrar su concentración más baja (1 mg g<sup>-1</sup> de p.s.) a los 41 dda. A partir de entonces, la fructosa se acumuló para llegar a 6.3 mg g<sup>-1</sup> de p.s. al final del experimento. En frutos de árboles con ramas anilladas, los cambios de concentración de fructosa a lo largo del crecimiento del fruto fueron similares a los registrados en los frutos testigo, a excepción de una sola fecha. Por lo tanto, los frutos en las ramas anilladas a los 21 dda, contenían concentraciones más altas de fructosa (40%) que las frutas de las ramas de testigo.

El aumento del cuajado en variedades de cítricos con reducida capacidad partenocárpica, como es el caso de la mandarina 'Clemenules' (Talón *et al.*, 1992), se consigue con aplicaciones de GA<sub>3</sub>, que aumenta la demanda por asimilados de los ovarios y así su crecimiento, o mediante el anillado de ramas en mandarina 'Fortune', que aumenta directamente la disponibilidad de carbohidratos (Rivas *et al.*, 2006). Por lo tanto, existen fuertes evidencias que soportan el hecho que las GAs juegan un papel clave en el proceso de transición de flor a fruto a través de su estímulo como activadores de la división y crecimiento celular (Talón *et al.*, 1992; Ben-Cheikh *et al.*, 1997).

En la variedad Clementina 'Cadoux', la aplicación de urea foliar (1 kg por 100 litros de agua), aumentó la superficie de las hojas con mayor área fotosintética incrementando los foto-asimilados (carbohidratos), los cuales promovieron un aumento en el diámetro de frutos (El-Otmani *et al.*, 2004a y 2004b).

La toronja (*Citrus paradisi* Macf.) variedad Rio Red tiene una gran importancia económica en el mundo debido a su demanda para el consumo en fresco, procesado y jugo. Es una variedad que puede mantener frutos maduros en el árbol durante varios meses sin perder sus cualidades organolépticas. Sin embargo, esta variedad de toronja presenta alternancia de cosecha, la cual está directamente relacionada con el cuajado de frutos, y este a la vez con la disponibilidad de fructosa para los frutos en desarrollo; al no encontrarse referencias de la concentración de fructosa en frutos de toronja de la variedad Rio Red, se planteó el objetivo de evaluar las concentraciones y la tendencia (comportamiento) de fructosa en frutos de toronja en desarrollo, en un ciclo de producción en respuesta al anillado de ramas, aplicación de GA<sub>3</sub> y urea foliar.

## Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el periodo 2014-15 en una huerta de toronja (*Citrus paradisi* Macf.) de la variedad Rio Red de 18 años de edad, injertada sobre patrón agrio (*Citrus aurantium*), con una densidad de plantación de 250 árboles por hectárea (8m x 5m), ubicada en la hacienda «Las Anácuas» del Municipio de General Terán N.L México, con coordenadas geográficas: 25° 18' 38" latitud norte y 99° 35' 25" longitud oeste y 261 msnm. La precipitación media anual en la región es de 550 mm y la temperatura media anual es de 23 °C, con temperaturas máximas que llegan a 45 °C durante el verano y mínimas por debajo de los 0 °C durante el invierno, con una humedad relativa promedio de 62%, y lluvias fuertes normalmente en mayo, agosto, septiembre y octubre (Martínez *et al.*, 2012).

El diseño experimental que se utilizó fue completamente al azar, con 8 tratamientos y 3 repeticiones, la unidad experimental consistió de un árbol. Los tratamientos fueron T1: árboles «on» y testigo, T2: árboles «on» con urea foliar (1 kg 100 L<sup>-1</sup> de agua), T3: árboles «on» con ácido giberélico (Aciggib al 10% de GA<sub>3</sub>, 25 ppm), T4: árboles «on» con anillado de ramas, T5: árboles «off» y testigo, T6: árboles «off» con urea foliar (1 kg 100 L<sup>-1</sup> de agua), T7: árboles «off» con ácido giberélico (Aciggib al 10% de GA<sub>3</sub>, 25 ppm) y T8: árboles «off» con anillado de ramas. En la misma huerta se presentaron árboles con abundante («on») y con escasa cosecha («off»).

A los 35 días antes de antesis (daa) (25/02/2014) a las 7:00 am, a temperatura de 20 °C y humedad relativa del 60%, se realizaron aplicaciones foliares de GA<sub>3</sub> (25 ppm) y urea foliar (1 kg 100 L<sup>-1</sup> de agua), utilizando un aspersor manual, se aplicaron 7 L árbol<sup>-1</sup>. La antesis (plena floración) se tomó como referencia cuando se presentó el 80% de la floración (31/03/2014). A los 17 dda (17/04/2014), se realizó el anillado de ramas, el cual consistió en eliminar 3 mm de corteza (floema) alrededor de las ramas terciarias (con un diámetro aproximado de 3"), evitando dañar el xilema, el corte se efectuó con navaja de filo circular.

Para el análisis de concentración de fructosa en frutos, se tomaron muestras de frutos a los 30, 60 y 90 dda, se colectaron tres frutos por unidad experimental de la parte media de la copa del árbol cada mes hasta los 90 dda. A las muestras se les retiró la cáscara, dejando únicamente la pulpa, se pesaron y almacenaron en un congelador a -15 °C, se liofilizaron y molieron hasta dejar un polvo fino.

Para la extracción de fructosa, se pesaron 100 mg de muestra y colocaron en un microtubo de centrifuga etiquetado, a cada microtubo se le añadió 1 ml de agua grado HPLC y se agitó en vortex durante 30 segundos, posteriormente, las muestras fueron transferidas a baño María a 85 °C en donde fueron incubadas por 1 h (sin

enzimas). Trascurrido el tiempo, las muestras fueron centrifugadas a 15,000 g por 10 min (Rivas *et al.*, 2006, modificado). Finalmente, para la purificación, cada una de las muestras se filtró mediante un filtro Pirinola de PVDF de 0.45 µm de diámetro de poro, el extracto filtrado fue colocado en un microtubo de centrifuga y etiquetado con la correspondiente clave. Las muestras fueron almacenadas a -20 °C hasta su análisis cromatográfico.

Para el análisis de fructosa, los extractos fueron analizados mediante un equipo de Cromatografía Líquida de Alta Presión (HPLC) Agilen (Modelo 1120 LC), con detector de índice de refracción, para lo cual se inyectaron 20 µl del extracto. Los parámetros utilizados para la cuantificación de la fructosa fue un flujo de 0.6 ml/min, con agua al 100% grado HPLC como fase móvil, como fase estacionaria se utilizó una columna de la marca PHENOMENEX (Modelo Rezex RPM-Monosaccharide con 8% de Plomo [Pb<sup>2+</sup>] con una longitud de 30 cm y 7.8 mm de diámetro interno), la temperatura del horno de columna fue de 80 °C, mientras el detector de Índice de Refracción se mantuvo a una temperatura de 40 °C. La fructosa fue identificada mediante el tiempo de retención.

Para el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias por DMS ( $P \leq 0.05$ ), se utilizó el paquete estadístico versión 1.0, elaborado por Emilio Olivares Sáez (2012). El modelo estadístico fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij}$$

$i = 1, 2, \dots$ , tratamiento;  $j = 1, 2, \dots$ , repetición

Donde:

$Y_{ij}$  es la observación del tratamiento  $i$  en la repetición  $j$ .

$\mu$  es la media verdadera general.

$\tau_i$  es el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$e_{ij}$  es el error experimental de la  $ij$ -ésima observación.

## Resultados y discusión:

### Concentración de fructosa en frutos 30 dda

El análisis para la concentración de fructosa en frutos, mostró diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 1).

A los 30 dda, los árboles «on» con urea foliar (T2), árboles «on» con ácido giberélico (T3) y árboles «off» (T5 [testigo, sin aplicación]), se comportaron estadísticamente similares, siendo el T2 el de mayor concentración de fructosa, esto manifiesta que la aplicación de urea foliar incrementa la concentración de fructosa en frutos de árboles «on». Los valores más bajos en la concentración de fructosa se presentaron en árboles «on» con anillado (T4) y «off» con GA<sub>3</sub> (T7), estos resultados confirman lo encontrado por El-Otmani *et al.* (2004a) en Clementina 'Cadoux', donde manifiestan que la aplicación de urea foliar incrementó la concentración de carbohidratos, debido al incremento del área foliar.

**Cuadro 1.** Concentración de fructosa (mg g<sup>-1</sup> de p.s.) en frutos de toronja variedad Rio Red, de árboles tratados con GA<sub>3</sub>, urea foliar y anillado durante el ciclo productivo 2014-2015 en General Terán, Nuevo León, Méx.

Tratamientos	Concentración Fructosa (30 dda) (mg g <sup>-1</sup> p.s.)	Concentración Fructosa (60 dda) (mg g <sup>-1</sup> p.s.)	Concentración Fructosa (90 dda) (mg g <sup>-1</sup> p.s.)
T1 ("on" T)	7.60 <sup>b</sup>	31.72 <sup>NS</sup>	80.86 <sup>a</sup>
T2 ("on" UF)	13.60 <sup>a</sup>	30.46 <sup>NS</sup>	55.50 <sup>b</sup>
T3 ("on" GA3)	9.69 <sup>ab</sup>	29.83 <sup>NS</sup>	86.28 <sup>a</sup>
T4 ("on" A)	5.04 <sup>b</sup>	27.82 <sup>NS</sup>	57.03 <sup>b</sup>
T5 ("off" T)	8.93 <sup>ab</sup>	31.13 <sup>NS</sup>	81.05 <sup>a</sup>
T6 ("off" UF)	6.22 <sup>b</sup>	28.37 <sup>NS</sup>	83.07 <sup>a</sup>
T7 ("off" GA3)	5.31 <sup>b</sup>	43.51 <sup>NS</sup>	74.22 <sup>ab</sup>
T8 ("off" A)	7.60 <sup>b</sup>	37.73 <sup>NS</sup>	85.32 <sup>a</sup>

(\*) = Significativo (p ≤ 0.05). Letras iguales dentro de columnas son estadísticamente similares (Prueba de medias DMS). T=Testigo, UF=Urea foliar, GA<sub>3</sub>= Ácido giberélico, A= Anillado de ramas, dda= Días después de anthesis y mg g<sup>-1</sup> p.s.= miligramos por gramo de peso seco.

### Concentración de fructosa en frutos 60 dda

A los 60 dda no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, para la concentración de fructosa en frutos de toronja (Cuadro 1).

En el caso de los frutos de los árboles «off» a los 60 dda, la concentración de fructosa se incrementó al aplicar GA<sub>3</sub> y anillado de ramas, con respecto al testigo («off»), coincide con lo reportado por Talón *et al.* (1992) en árboles «off» de mandarina 'Clemenules', donde mencionan que el incremento de la concentración de fructosa se observó con la aplicación de GA<sub>3</sub>, ya que aumenta la demanda de asimilados de los ovarios y así su crecimiento, o mediante anillado de ramas en mandarina 'Fortune', que aumenta directamente la disponibilidad de carbohidratos (Rivas *et al.*, 2006).

### Concentración de fructosa en frutos 90 dda

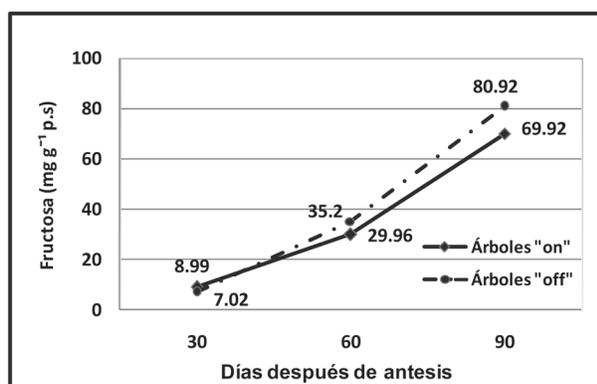
Los frutos de los árboles «on» tratados con urea foliar y anillado fueron estadísticamente diferentes al resto de los tratamientos, presentando menor concentración de fructosa. Se observó que los frutos de los árboles «on» tratados con GA<sub>3</sub>, fueron los de mayor concentración de fructosa, pero resultaron estadísticamente similar a los del control de los árboles «on» y todos los tratamientos en los árboles «off». Existen fuertes evidencias que soportan el hecho que las GAs juegan un papel clave en el proceso de transición de flor a fruto, ya que aumentan la demanda por asimilados de los ovarios y como activadores de la división y crecimiento celular (Talón *et al.*, 1992; Ben-Cheikh *et al.*, 1997).

### Tendencia de concentración de fructosa

La tendencia de la concentración de fructosa en frutos de toronja entre muestreos de los árboles «on» (Figura 1), fue de un incremento en promedio de todos los tratamientos de 3.30 veces más a los 60 dda, (29.96 mg g<sup>-1</sup> de p.s.) con respecto a los 30 dda (8.99 mg g<sup>-1</sup> de p.s.) y 2.33 veces más a los 90 dda (69.92 mg g<sup>-1</sup> de p.s.) con respecto a los 60 dda (29.96 mg g<sup>-1</sup> de p.s.), mientras que en los árboles «off», fue de un incremento en promedio de todos los tratamientos de 5 veces más a los 60 dda (35.20 mg g<sup>-1</sup> de p.s.) con respecto a los 30 dda (7.02 mg g<sup>-1</sup> de p.s.) y 2.30 veces más a los 90 dda (80.92 mg g<sup>-1</sup> de p.s.) con respecto a los 60 dda (35.20 mg g<sup>-1</sup> de p.s.) mostrando mayor

incremento de fructosa en los frutos de toronja a partir de los 30 dda en frutos de árboles «off», coincidiendo inicialmente con el incremento en masa seca del pericarpio, y después de 60 dda, con el desarrollo de las vesículas, esto debido a que a menor número de frutos, menos competencia por fructosa, similar a lo encontrado por Laskowski (2010), en el fruto de naranja dulce (*Citrus sinensis*), variedad 'Salustiana'.

**Figura 1.** Tendencia de concentración de fructosa ( $\text{mg g}^{-1}$  de peso seco [p.s.]) en frutos pequeños de toronja variedad Rio Red, en el ciclo de producción 2014-2015, en General Terán, Nuevo León, Méx.



## Conclusiones

Las aplicaciones de urea foliar y  $\text{GA}_3$  incrementan las concentraciones de fructosa en frutos de toronja al inicio del crecimiento de los frutos (30 dda).

La concentración de fructosa en frutos de toronja a los 60 dda no presentó diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo, el comportamiento en la concentración de fructosa fue de un incremento en árboles «off» con la aplicación de  $\text{GA}_3$ .

A los 90 dda se encontraron mayores concentraciones de fructosa en los frutos de árboles testigos («on» y «off»), esto indica que los tratamientos con urea foliar y  $\text{GA}_3$  fueron efectivos solo al inicio del crecimiento del fruto (30 dda) para incrementar las concentraciones de fructosa en frutos de toronja.

La tendencia de la concentración de fructosa en frutos de toronja entre muestreos, fue de un incremento en todos los tratamientos de árboles «on» y «off».

## Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por la beca otorgada para la realización del Doctorado en Ciencias Agrícolas y a la Facultad de Agronomía de la UANL por la realización de este proyecto, así como a todos los participantes que de alguna forma contribuyeron para hacer posible el presente trabajo de investigación.

## Literatura citada

- BEN-CHEIKH, W., J. Pérez-Botella, F. R. Tadeo, M. Talón, and E. Primo-Millo. 1997. Pollination increases gibberellin levels in developing ovaries of seeded varieties of citrus. *Plants Physiology* 114:557-564.
- EL-OTMANI, M., F. Z. Taibi, B. Lmoufid, A. Ait-Oubahou, and C. J. Lovatt. 2004a. Improved use of foliar on clementine mandarin to manipulate cropping in a sustainable production system. *Acta Horticulturae* 632:167-175.
- EL-OTMANI, M., A. Ait-Oubahou, C. J. Lovatt, F. El-Hassainate, and A. Kaanane. 2004b. Effect of gibberellic acid, urea and  $\text{KNO}_3$  on yield and on composition and nutritional quality of clementine mandarin fruit juice. *Acta Horticulturae* 632:149-157.
- ESPINOZA, P. F. L. 2012. Metabolismo de Carbohidratos. Universidad Católica Agropecuaria del Trópico Seco. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Nicaragua. Pp. 100.
- GUARDIOLA, J. L. y A. García-Luis. 2000. Increasing fruit size in Citrus. Thinning and stimulation of fruit growth. *Plant Growth Regulation* 31:121-132.
- LASKOWSKI, L. E. 2010. Determinación de carbohidratos solubles en pedicelo y fruto de *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, durante el crecimiento inicial. *Interciencia* 35:388-392.
- MAHOUACHI, J., D. Iglesias, M. Agustí, and M. Talón. 2009. Delay of early fruitlet abscission by branch girdling in citrus coincides with previous increases in carbohydrate and gibberellins concentrations. *Plant Growth Regulation* 58:15-23.
- MARTÍNEZ DE LA C., J., H. Rojas P., A. Gutiérrez D., E. Olivares S. y J. Aranda R. 2012. Effect of organic and synthetic fertilization in grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) yield and juice quality. *Journal of Horticulture and Forestry* 4:61-64.
- OLIVARES, S. E. 2012. Diseños Experimentales. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Escobedo N.L. México. Versión 1.0 en disco compacto.
- RIVAS, F., A. Martínez-Fuentes, C. Mesejo, C. Reig, and M. Agustí. 2010. Efecto hormonal y nutricional del anillado en frutos de diferentes tipos de brotes de cítricos. *Agrociencia Uruguay* 14:155-160.
- RIVAS, F., Y. Erner, E. Alós, M. Juan, V. Almela, and M. Agustí. 2006. Girdling increases carbohydrate availability and fruit-set in citrus cultivars irrespective of parthenocarpic ability. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 81:289-295.
- TALÓN, M., L. Zacarías, and E. Primo-Millo. 1992. Gibberellins and parthenocarpic ability in developing ovaries of seedless mandarins. *Plants Physiology* 99:1575-1581. 

Este artículo es citado así:

Rojas-Pérez, H., J. Martínez-de la Cerda, A. Benavides-Mendoza, E. Olivares-Sáenz, J. Aranda-Ruiz, A. Gutiérrez-Diez, A. Luna-Maldonado, E. Rivas-Martínez. 2016. Concentración de fructosa en frutos de toronja (*Citrus paradisi* Macf.) en desarrollo. *TECNOCIENCIA Chihuahua* 10(1): 6-12.

## Resumen curricular del autor y coautores

**HÉCTOR ROJAS PÉREZ.** Terminó su licenciatura en 1986, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo en Horticultura por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Realizó su posgrado en Monterrey Nuevo León, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Productividad Agropecuaria en 1991 por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), Campus Monterrey y el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agrícola en el 2012 por la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Es co-autor de un artículo científico y de 14 ponencias en seminarios y congresos. De 1992-2010 laboró en empresas particulares en el área de administración, producción y comercialización de plantas ornamentales, árboles frutales y de ornato, así como diseño, construcción y mantenimiento de jardines, parques y campos deportivos. Certificación en Producción de Hortalizas en Sistemas protegidos por la Universidad de Almería en el 2012. Desde el 2010 labora en la Corporación para el Desarrollo Agropecuario de N.L. como extensionista, vinculado en la actividad de consultoría integral, asesoría estratégica y capacitación a productores de cítricos y hortalizas.

**JESÚS MARTÍNEZ DE LA CERDA.** Concluyó la licenciatura como Ing. Agrónomo Fitotecnista en la Facultad de Agronomía de la UANL en el año de 1985, cursó la Maestría en Tecnología de Semillas en UAAAN en 1992 y el Doctorado en Facultad de Agronomía de la UANL en Ciencia Agrícolas con mención CUM LAURO en el 2003. Auxiliar de Investigador de 1986 al 2009 y Maestro de tiempo completo en la Facultad de Agronomía, UANL desde el 2009. Con especialización en Hortalizas, Frutales, Nutrición y Aguas Residuales. SNI del 2005 al 2008. Tesis de licenciatura 25, 10 de maestría y 6 de doctorado. Artículos científicos publicados: 5 y conferencias nacionales e internacionales: 30. Investigador de proyectos de investigación en Fundación Produce Nuevo León del 2004 al 2012 y evaluador desde el 2010. Responsable del Proyecto de Hortalizas (2010) en la Facultad de Agronomía, UANL. Director de Organización y Capacitación de Productores del 2003 al 2009 y Director de Desarrollo Rural del 2009 al 2015 en la Corporación para el Desarrollo Agropecuario de N.L. Certificación en Producción de Hortalizas en Sistemas Protegidos por la Universidad de Almería en el 2012. Director general honorífico de FIDESUR del 2013 al 2015 con premio nacional "Miguel Alemán Valdés" a la Innovación para la Productividad Agropecuaria 2010.

**ADALBERTO BENAVIDES MENDOZA.** Terminó su licenciatura en 1985, recibiendo el título de Licenciado en Biología por el ICCAC-UAAAN. Terminó una Maestría en Fitomejoramiento en la UAAAN en 1989, y el Doctorado en Ciencias, en la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL en 1998. Trabajó en la Secretaría de Agricultura de 1989-1990, en el Centro de Investigación en Química Aplicada de 1990-1994, en el Grupo Industrial Bimbo de 1994-1998 y en la UAAAN de 1998 a la fecha. Es profesor Investigador del Departamento de Horticultura de la UAAAN. Cuenta con perfil PRODEP de la SEP y es miembro del SNI del CONACYT con nivel 2. Ha publicado 93 artículos científicos en revistas especializadas, cuenta con libros y capítulos de libros publicados en México y otros países. Ha dirigido 11 tesis de doctorado, 22 de maestría y 81 de licenciatura. Ha coordinado múltiples proyectos con financiamiento de fuentes privadas, del CONACYT y otras instituciones. Sus áreas de investigación son la ecofisiología y nutrición vegetal así como la relación entre la calidad nutricional de los cultivos y la tolerancia al estrés.

**EMILIO OLIVARES SÁENZ.** Terminó su licenciatura en 1971, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero por la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Realizó una maestría en estadística en el Colegio de Postgraduados en Chapingo, Méx. De 1974 a 1975. Posteriormente obtuvo una maestría en fertilidad de suelos y un doctorado en nutrición vegetal en la Universidad Estatal de Nuevo México E.U. Desde 1975 labora en la Facultad de Agronomía de la UANL. Fue miembro del Sistema Nacional de Investigadores del 2003 al 2011 con Nivel I. Su área de especialización es agricultura protegida, nutrición vegetal y estadística. Ha dirigido 17 tesis de maestría y 9 de doctorado. Es autor de 50 artículos científicos, más de 40 ponencias en congresos; además ha impartido 45 conferencias por invitación y ha dirigido 10 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de proyectos de investigación Fundación Produce Nuevo León y del Programa de Docencia Universitaria.

**JUANA ARANDA RUIZ.** Terminó su licenciatura en 1989, año en que le fue otorgado el título de Biólogo por la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL. Realizó su posgrado en México donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Producción Animal, 1993 por la FAUANL y el grado de Doctor en Ciencia Animal en el año 2000. Labora en la Facultad de Agronomía de la UANL y posee la categoría de Profesor de Tiempo Completo titular A. Cuenta con el reconocimiento de Perfil Deseable, proporcionado por el PRODEP desde el 2009. Su área de especialización es influencia de los microorganismos en la alimentación y utilización de extractos vegetales en el control de microorganismos. Ha dirigido 6 tesis de licenciatura y 1 de maestría. Es autora de 10 artículos científicos, más de 10 ponencias en congresos, y 2 capítulos de libros científicos; además ha impartido 4 conferencias por invitación y dirigido 3 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Ha evaluado proyectos de Fundación Produce Nuevo León, y ha sido árbitro de tres revistas científicas de circulación nacional.

**ADRIANA GUTIÉRREZ-DIEZ.** Terminó su licenciatura en 1993, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista por la Facultad de Agronomía de la UANL. Realizó su posgrado en la misma Facultad de Agronomía, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agrícola en el año de 1998 y el grado de Doctor en Ciencias Agrícolas en 2002. Desde 2004 labora en la Facultad de Agronomía de la UANL y posee la categoría de Profesor de Tiempo Completo titular B. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2004 a 2006 Nivel Candidato y Nivel 1 de 2014-2016, 2017-2020. Su área de especialización es la aplicación de marcadores moleculares para caracterización de recursos fitogenéticos, entre otras. Ha dirigido 3 tesis de licenciatura. En 2007 ganó el Premio a la Mejor Tesis de Licenciatura de la UANL. Es autora de 25 artículos científicos, 4 artículos de divulgación, 3 capítulos de libros, ha participado como compiladora de un libro, ha dirigido 13 proyectos de investigación financiados por fuentes internas y externas a la UANL. Es líder del cuerpo académico en consolidación de Agrobiotecnología de la UANL. Es evaluadora de proyectos de investigación del CONACYT, evaluadora desde 2008 a la fecha del Premio a la Mejor Tesis de Licenciatura y Maestría de la UANL, y revisora de artículos científicos de revistas científicas de circulación nacional e internacional.

**ALEJANDRO ISABEL LUNA MALDONADO.** Terminó su licenciatura en 1990, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrícola por la Facultad de Agronomía de la UANL. Realizó estudios de posgrado en UAAAN, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de diseño mecánico agroindustrial en 2004. Sus estudios de doctorado los realizó en Japón, donde obtuvo el grado de Doctor en Filosofía en la ciencia agrícola, con especialidad en desarrollo de tecnología para ecosistemas, en 2009 por la Universidad de Kyushu. Desde 1992 labora en la Facultad de Agronomía de la UANL y posee la categoría de Profesor titular C. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2010 (candidato 2010-2012; Nivel 1 2013-2015; 2016-2019). Obtuvo el Reconocimiento Profesional FAUANL 2014 por su aportación al ámbito científico en el sector agroindustrial. Su área de especialización es el desarrollo de tecnología y automatización para la agricultura y la industria alimentaria. Ha realizado 4 estancias de investigación internacional. Ha dirigido 2 tesis de licenciatura, 4 de maestría y 2 de doctorado. Es autor de 27 artículos científicos, más de 50 ponencias en congresos, y 3 capítulos de libros científicos; además ha impartido 10 conferencias por invitación y ha dirigido 5 proyectos de investigación financiados por fuentes externas y 3 proyectos de investigación financiados por fuentes internas. Es evaluador de proyectos de investigación del CONACYT y revisor del seguimiento de los Fondos sectoriales Sagarpa-Conacyt. Es evaluador de la Agencia Centroamericana de Acreditación de Posgrados (ACAP) y del Consejo de Acreditación para la Ingeniería y Tecnología (ABET, pos sus siglas en inglés) y árbitro de cuatro revistas científicas de circulación internacional.

**ERIKA NOHEMI RIVAS MARTÍNEZ.** Terminó su licenciatura en 2007, año en que le fue otorgado el título de Químico Farmacobiólogo por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila (UAC). Obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Ciencia y Tecnología de los Alimentos en 2010 por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila (UAC) y el grado de Doctor en Ciencias en el área de Manejo y Administración de Recursos Vegetales por la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL en 2016. Laboró como técnico académico desde año 2010 hasta 2014 en el Departamento de Horticultura de la UAAAN y como docente en la Universidad del Valle de México durante el 2015 y 2016. Actualmente labora como docente por asignatura para el Departamento de Botánica de la UAAAN durante el semestre Agosto-Diciembre del presente año. Ha dirigido 3 tesis de licenciatura. Es autora de 2 artículos científicos y coautora de 1 artículo científico. Comparte autoría de 1 capítulo de libro científico.