

# Dinámica nutrimental en hoja y fruto de arándano tipo Ojo de Conejo (*Vaccinium ashei* Reade)

## Nutrient dynamics in leaf and fruit of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade)

ANA MARÍA CASTILLO-GONZÁLEZ<sup>1,4</sup>, EDILBERTO AVITIA-GARCÍA<sup>1</sup>, LUIS ALONSO VALDEZ-AGUILAR<sup>2</sup>, JOEL PINEDA-PINEDA<sup>3</sup> Y SANDRA AGUILAR-SÁNCHEZ<sup>1</sup>

Recibido: Mayo 23, 2016

Aceptado: Junio 30, 2016

### Resumen

El arándano azul tipo Ojo de Conejo (*Vaccinium ashei* Reade) se ha convertido en una excelente alternativa para diversificar la actividad frutícola en México, desafortunadamente, su reciente introducción está acompañada de escasa información en su manejo agronómico, destacando el desconocimiento de las demandas nutrimentales del cultivo. Con el objetivo de conocer la dinámica nutrimental en las hojas y frutos durante las diferentes etapas de desarrollo del mismo, e identificar las etapas críticas de los diferentes nutrientes, en una plantación de arándano tipo Ojo de Conejo en Zacatlán, Puebla, se recolectaron muestras de hojas y frutos en cinco etapas de desarrollo del fruto: fruto verde, cambio de color de verde a rosa (V-Rs), inicio de maduración (fruto rosa-rojo, Rs-Rj), durante la maduración (fruto rojo-azul, Rj-A) y fruto maduro (azul). Se determinó la concentración de macro y micronutrientes. En las hojas, la concentración de todos los elementos mostró dos picos, uno en la etapa de fruto verde y el otro cuando el fruto alcanzó su madurez (fruto azul). El orden de concentración en las hojas fue: N>Ca>K>Mg>P>Fe>Mn>B>Zn. La concentración de todos los elementos en los frutos presentó un descenso con el avance de la maduración. El orden de concentración nutrimental en los frutos fue: N>K>Ca>Mg>P>Zn>B>Mn>Fe. Estos resultados indican que las etapas de mayor demanda nutrimental son las dos primeras (fruto verde y V-Rs). Por lo que los elementos se deben suministrar en la floración, previo al desarrollo del fruto para garantizar una producción y calidad del fruto satisfactorias.

**Palabras clave:** *Vaccinium ashei* Reade, desarrollo del fruto, macronutrientes, micronutrientes, distribución nutrimental.

### Abstract

The Rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) has become an excellent alternative to diversify the array of fruits produced in Mexico; unfortunately, its recent introduction is accompanied by scarce information in its agronomic management, highlighting the lack of knowledge of the nutritional demands of the crop. With the objective of knowing the nutritional dynamics in the leaves and fruits during their different stages of development, and to identify the critical stages of the different nutrient in a rabbiteye blueberry plantation located in Zacatlan, Puebla, samples of leaves and fruits were collected in five fruit developmental phases: green fruit (G), fruit changing from green to pink (G-P), beginning of ripening (fruit from pink to red, P-R), ripening (fruit from red to blue, R-B) and mature fruit (blue, B). Macro and micronutrient concentration were determined. In the leaves, the concentration of all the elements exhibited two peaks, one in the stage of green fruit and the other when the fruit reached maturity (blue fruit). The order of nutrient concentration in the leaves was: N>Ca>K>Mg>P>Fe>Mn>B>Zn. In the fruits, nutrient concentration exhibited a decrease as maturity was reached. The order of nutritional concentration in the fruits was: N>K>Ca>Mg>P>Zn>B>Mn>Fe. These results suggest that the higher nutritional demand occur in the G and the G-P phases; therefore, the elements must be supplied in blooming, prior to the development of the fruit to ensure a satisfactory production and fruit quality.

**Keywords:** *Vaccinium ashei* Reade, fruit development, macronutrients, micronutrients, nutritional distribution.

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Carr. México-Texcoco Km 38.5, Chapingo, 56230 Texcoco de Mora, Estado de México. Tel. 01 (595) 952-1500 Exts. 6416 y 6417.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Horticultura. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coah. Tel. 01(844) 411-0209.

<sup>3</sup> Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Suelos. Carr. México Texcoco Km 38.5, Chapingo, 56230 Texcoco de Mora, Estado de México. Tel. 01(595) 952-1500. Exts. 1633 y 6198

<sup>4</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: anasofiacasg@hotmail.com.

## Introducción

**H**ay evidencias muy fuertes de que los antioxidantes presentes en los frutos y vegetales protegen a los lípidos, proteínas y ácidos nucleicos del daño oxidativo que inician los radicales libres, evitando el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y cáncer en humanos (Howard *et al.*, 2003). Dentro de 41 frutos y vegetales estudiados por su capacidad antioxidante, los arándanos tienen el más alto valor (You *et al.*, 2011); es por ello que el consumo de arándanos, sobre todo en fresco, se ha duplicado en los últimos 12 años (Retamales y Hancock, 2012).

El arándano azul es una especie arbustiva, su producción comercial proviene principalmente de los llamados arándanos tipo alto del norte, *Vaccinium corymbosum* L.; arándano tipo Ojo de Conejo, *V. ashei* Reade; y arándano bajo proveniente de *V. angustifolium* Ait. y *V. myrtilloides* Michx., todos ellos nativos de Norteamérica; y de los híbridos de *Vaccinium corymbosum* por *V. darrowi* o *V. ashei*, llamados arándanos altos del sur (Rieger, 2006).

El arándano tipo Ojo de Conejo es nativo de la rivera de los ríos y pantanos del sur de Georgia y de Alabama hasta el norte de Florida (Rieger, 2006). Aunque la mayor parte de la producción comercial viene de los tipos altos y bajos, los tipos Ojo de Conejo son importantes debido a la maduración tardía de su fruto (Retamales y Hancock, 2012), mayor vida poscosecha y su amplia adaptabilidad a diferentes tipos de suelo, ya que tolera un intervalo de pH más amplio que el arándano alto; tolera altas temperaturas y ausencia de humedad (Rieger, 2006). Se cultiva principalmente en Estados Unidos (Retamales y Hancock, 2012).

En el Continente Americano, los arándanos azules también se producen en Chile, Argentina, México y Uruguay; en donde se cultivan principalmente los tipos alto del sur y Ojo de Conejo, debido a que se acumulan de 0 a 800 horas-frío (< 7 °C); las temperaturas invernales generalmente se ubican por arriba de los 0 °C, las temperaturas del verano fluctúan de 28 a 30 °C y se tiene un período libre de heladas mayor a los 250 días (Retamales y Hancock, 2012).

En México se cultivan los arándanos tipos alto del sur y Ojo de Conejo y en los últimos años se ha incrementado notablemente su cultivo, sumando una superficie de 1,803 ha, con una producción de 18,031 toneladas, con rendimientos promedio de 10 a 12 t ha<sup>-1</sup>. Los principales estados productores del tipo alto del sur son Jalisco, Colima, Baja California y Michoacán. Puebla es el único estado de la república en el que se cultiva el tipo Ojo de Conejo, con una superficie cosechada de 97 ha, producción de 441.1 t y rendimiento de 4.55 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2014).

La demanda nutrimental de los arándanos azules se considera baja, comparada con la de otros frutales; algunos autores reportan crecimiento y fructificación satisfactorios en el tipo Ojo de Conejo durante varias estaciones en suelos con baja fertilidad y sin fertilización (Retamales y Hancock, 2012; Spiers y Marshall, 2012). Sánchez-García (2009) reporta que el arándano azul, sin especificar tipo ni cultivar, extrae por tonelada de fruto 4.7 kg de N, 0.5 kg de P, 4 kg de K, 1.4 kg de Ca y 0.8 kg de Mg.

Los estudios de extracción de nutrimentos contribuyen en forma cuantitativa a dar solidez a los programas de fertilización recomendados; pues permiten conocer la cantidad de un nutrimento que se absorbe por un cultivo para producir un rendimiento determinado en un tiempo definido (Bertsch, 2003). El conocimiento de la dinámica de absorción nutrimental es de suma importancia, ya que permite sincronizar la disponibilidad de los nutrimentos con las

necesidades de la planta durante su desarrollo y producción, y con la adaptación de técnicas adecuadas de suplemento nutrimental se puede tener un control fino sobre la disponibilidad de los nutrientes, especialmente en suelos con baja fertilidad y en cultivos sin suelo; lo que puede conducir a mantener producciones y calidad de fruto satisfactorias, con un mínimo de fertilización y en consecuencia con bajo impacto en el ambiente (Tagliavini *et al.*, 2005).

El aspecto nutrimental de los cultivos es básico para obtener no sólo buena producción, sino también buena calidad del fruto. Se reconoce que existe una relación directa entre la absorción nutrimental y la calidad del fruto. El problema es conocer la concentración crítica y óptima de cada elemento y las interacciones entre elementos que conducen al desarrollo de la calidad de los frutos (Tagliavini *et al.*, 2000).

Los estudios de la dinámica y distribución nutrimental en los arándanos, y particularmente en el arándano tipo Ojo de Conejo, es muy escasa; lo que limita generar programas de fertilización pertinentes y sustentables; es por ello que en esta investigación se plantearon los objetivos de conocer la dinámica nutrimental en las hojas y frutos de este arándano durante las diferentes etapas de desarrollo del fruto e identificar las etapas críticas de los macro y micronutrientes.

## Materiales y métodos

La investigación se realizó en una plantación de arándano tipo Ojo de Conejo en plena producción, con una edad de 8 años; ubicada en el municipio de Zacatlán, Puebla, que se localiza en la parte noroeste del estado; sus coordenadas geográficas son 19° 50' de latitud norte y 97° 51' de longitud oeste. Sus colindancias son al norte con Chiconcuautla y Huauchinango, al sur con Aquixtla y Chignahuapan, al oeste con Ahuacatlán, Tepetzintla y Tetela de Ocampo y al poniente con Ahuazotepic y el estado de Hidalgo. Con clima templado húmedo, con abundantes lluvias en verano, temperatura media anual entre 12 y 18 °C y precipitación en el mes más seco menor de 40 mm (García, 1973).

La densidad de plantación de la huerta fue de 2,500 plantas·ha<sup>-1</sup>, con un diseño de plantación en marco real de 2 X 2 m; con una extensión de 3.5 ha. El manejo nutrimental fue nulo y de temporal, la incorporación de materia orgánica al suelo provenía de los residuos de malezas y podas.

*Muestreos.* Para llevar a cabo este trabajo se realizaron cinco muestreos de hojas y frutos en cinco etapas de desarrollo de fruto: fruto verde; en cambio de coloración de verde a rosa (V-Rs); inicio de maduración, indicado por el cambio de color del fruto de rosa a rojo (Rs-Rj); durante la maduración, fruto 95% azul, 5% rojo (Rj-A); y fruto completamente maduro (fruto azul). Las plantas (seis) de donde se obtuvieron las hojas y frutos fueron seleccionadas al azar en toda la huerta. Se recolectaron 100 hojas de reciente maduración por planta; así como los 20 frutos más cercanos a ellas, en el estado de maduración correspondiente a cada muestreo. La unidad experimental fue una planta.

*Determinación nutrimental.* De cada muestra, tanto de hojas como de frutos, se determinó la concentración de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn) y boro (B). Para ello, las muestras se sometieron a una digestión húmeda con una mezcla de ácido sulfúrico-ácido perclórico (relación 2:1, v/v) y peróxido de hidrógeno al 30%. La determinación de la concentración de N se realizó por el método microkjeldahl; la de P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn y B se hizo en un espectrofotómetro de emisión atómica de plasma por inducción acoplada (AES) de Varian (Australia), para todos los casos se siguió la metodología descrita por Alcántar y Sandoval (1999).

Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), utilizando el paquete estadístico SAS versión 9 (SAS Institute, 1999). Las gráficas se elaboraron con el paquete SigmaPlot, versión 9.

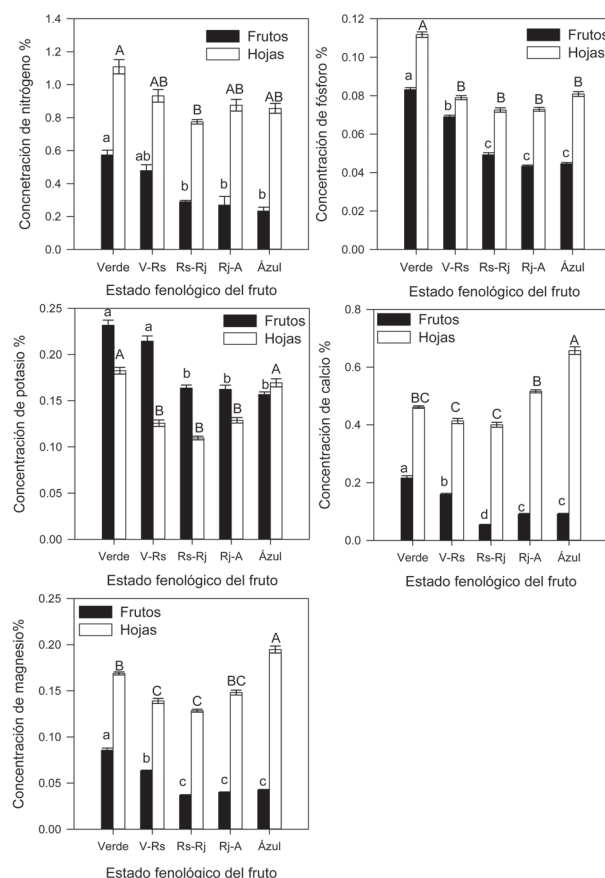
## Resultados

**Concentración nutrimental en hojas.** La mayor concentración de nitrógeno en las hojas se presentó en la etapa de fruto verde (1.1%); ésta disminuyó hasta la etapa de inicio de maduración, indicada por el cambio de color del fruto de rosa a rojo (Rs-Rj); la concentración de las siguientes etapas se elevó y llegó a ser similar a la etapa de fruto verde. La concentración de fósforo fue superior en la etapa de fruto verde (0.11%), disminuyó en la etapa de cambio de coloración a rosa (V-Rs) y se mantuvo constante hasta el término de maduración del fruto (fruto azul). La mayor concentración de potasio se presentó en la etapa de fruto verde (0.18%), en las siguientes etapas disminuyó, y luego se incrementó; de tal manera que en la de fruto maduro (azul) alcanzó una concentración estadísticamente semejante a la de fruto verde. La concentración de calcio presentó una dinámica diferente a la de los elementos anteriores, ya que ésta se fue incrementando con el avance del desarrollo del fruto; de tal forma que la mayor concentración se presentó cuando éste finalizó su maduración (azul). El magnesio presentó una dinámica semejante a la de calcio, en la etapa de fruto maduro (azul) fue cuando las hojas presentaron la máxima concentración (0.19%) (Figura 1). La concentración de hierro en las hojas varió de 63.9 a 79.3 mg kg<sup>-1</sup> de materia seca, pero sin diferencias estadísticas. La concentración de zinc y manganeso fue alta en la primera etapa (fruto verde), disminuyó en las siguientes dos etapas (V-Rs y Rs-Rj), durante la maduración (Rj-A), la concentración de los dos elementos se elevó hasta que en el fruto maduro (azul) se alcanzó un nivel similar a la de fruto verde. La concentración de boro no varió en las hojas durante el desarrollo del fruto (Figura 2). El orden de acumulación nutrimental fue N>Ca>K>Mg>P>Fe>Mn>B>Zn.

**Concentración nutrimental en frutos.** Todos los elementos evaluados se presentaron más concentrados en la primera etapa de desarrollo (fruto verde). Conforme avanzó el proceso de maduración la concentración de cada uno de ellos disminuyó; aunque en el caso de la concentración de hierro no se presentaron dife-

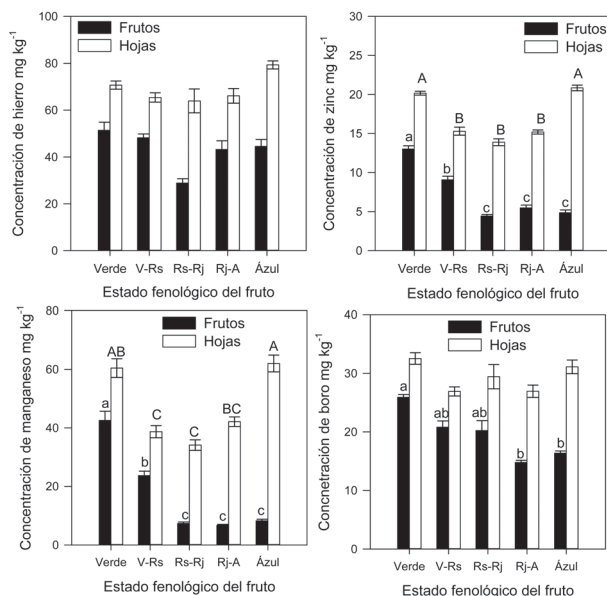
rencias estadísticas entre las etapas. Cuando el fruto inició el proceso de maduración (Rs-Rj) hasta que ésta finalizó (fruto azul), las concentraciones variaron muy poco, incluso sin diferencias estadísticas (Figuras 1 y 2). El calcio presentó una dinámica diferente, la mayor concentración (0.22%) se observó en el fruto verde, siguiéndole un descenso importante en la etapa de cambio de color a rosa (V-Rs) hasta registrar una concentración de 0.05%, valor más bajo, en el inicio de maduración (Rs-Rj); a esto le siguió un ligero incremento cuando el fruto inició el cambio de rojo a azul (Rj-A), y la concentración se mantuvo constante hasta el fruto maduro (azul) (Figura 1). El orden de acumulación de los elementos en los frutos fue N>K>Ca>Mg>P>Zn>B>Mn>Fe.

**Figura 1.** Dinámica de macronutrientes durante el desarrollo del fruto en arándano azul tipo Ojo de Conejo en Zacatlán, Puebla. V-Rs = cambio de color de verde a rosa; Rs-Rj = cambio de color de rosa a rojo; Rj-A = cambio de color de rojo a azul. Letras diferentes en barras del mismo color son estadísticamente diferentes (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ).





**Figura 2.** Dinámica de micronutrientos durante el desarrollo del fruto en arándano azul tipo Ojo de Conejo en Zacatlán, Puebla. V-Rs = cambio de color de verde a rosa; Rs-Rj = cambio de color de rosa a rojo; Rj-A = cambio de color de rojo a azul. Letras diferentes en barras del mismo color son estadísticamente diferentes (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ).



## Discusión

**Concentración nutrimental en hojas.** Las concentraciones foliares de nutrientes varían con la edad de la hoja y con el estado fenológico de la planta. En este trabajo con arándano Ojo de Conejo, las concentraciones foliares de los macronutrientes y micronutrientes como Zn y Mn variaron con el desarrollo del fruto, los niveles de todos ellos disminuyeron hasta la etapa de inicio de maduración, representada por el cambio de color del fruto de rosa a rojo (Rs-Rj); en las etapas posteriores, el N y P se mantuvieron constantes, mientras que el K, Ca, Mg, Zn y Mn se incrementaron para igualar o incluso superar (Ca y Mg) las concentraciones foliares en la etapa de fruto verde; en tanto que el Fe y B se mantuvieron constantes (Figura 1). El descenso en las concentraciones foliares de los elementos se debe a su translocación hacia los frutos para sostener su desarrollo. El aumento o constancia en las concentraciones foliares en las etapas posteriores se explica por

la disminución de la translocación de los elementos hacia los frutos, debido a que éstos alcanzaron su máximo tamaño bajando su fuerza de demanda. Resultados similares se han registrado en otros frutales, Castro-López *et al.* (2012) observaron en tres cultivares de mango, que las concentraciones foliares de macro y micronutrientes fueron influidas por el cultivar, flujo vegetativo y fase fenológica; de tal manera que las hojas del flujo de primavera fueron más afectadas por las últimas etapas de desarrollo floral; mientras que las del flujo de verano-otoño, por el crecimiento del fruto. Tagliavini *et al.* (2005) mencionan que la distribución de nutrientes en fresa varió con el elemento; de tal forma que el Ca estuvo principalmente concentrado en las hojas, el Mg fue igualmente repartido entre las hojas y el fruto; mientras que el N, P y K se encontraron en mayor concentración en los frutos. En un estudio de distribución nutrimental en arándano tipo Ojo de Conejo cv. Tifblue, con fertilización y sin fertilización, se encontró que independientemente del grado de fertilización, las hojas fueron los órganos con la mayor acumulación de N, P, K, Ca y Mg en comparación con las otras partes de la planta, excepto los frutos en los que no se hicieron las evaluaciones (Spiers y Marshall, 2012). Esto coincide con lo registrado en este estudio, ya que todos los elementos evaluados, excepto el K, se encontraron más concentrados en las hojas que en los frutos (Figuras 1 y 2).

**Concentración nutrimental en frutos.** En los frutos la dinámica de acumulación de N, P, K, Ca, Mg, Zn y Mn fue similar a la de las hojas. El fruto verde presentó la más alta concentración de estos elementos, debido al tamaño pequeño del fruto; conforme avanzó el desarrollo las concentraciones disminuyeron hasta la etapa de inicio de maduración (Rs-Rj), debido a un efecto de dilución provocado por el aumento en tamaño del fruto, la estabilidad de los niveles nutrimentales en las etapas posteriores se debió a que el fruto dejó de crecer, puesto que en la etapa de cambio de color (Rs-Rj) alcanzó su máximo tamaño. El N fue el elemento más

concentrado en el fruto de arándano, seguido por el K y Ca (Figura 1). Esto se explica porque el N incide en el crecimiento e intensidad del color del fruto (Tagliavini *et al.*, 2000); en fresa la distribución del N absorbido hacia los frutos representó una cantidad significativa, especialmente durante la etapa de maduración del fruto; al final de la maduración de los frutos, estos representaron la única demanda de N y K, elementos que entonces disminuyeron su concentración en las hojas, que fueron las fuentes de estos elementos para los frutos (Tagliavini *et al.*, 2005). En este caso, en arándano Ojo de Conejo el comportamiento fue diferente, ya que todos los elementos no elevaron su concentración con el avance de la maduración del fruto, y las hojas al final del proceso elevaron su concentración (Figura 1). En frambuesa cvs. Heritage (Quezada *et al.*, 2007) y Veten (Heiberg, 2002) al hacer aplicaciones de N se observó que a mayor dosis se incrementó el peso promedio y calibre del fruto. Los resultados de K registrados en este arándano, en donde su concentración disminuyó después de las dos primeras etapas de desarrollo (Figura 1), también se han observado en otros frutos como naranja navel 'Bellamy' (Storey y Treeby, 2000); en donde la concentración de K y P en el fruto completo varió de un máximo justo después del amarre del fruto a un mínimo a la madurez del mismo. El K es el elemento más abundante en los frutos frescos, participa en el transporte de agua y azúcares hacia los frutos (Dilmaghani *et al.*, 2004). Algunos parámetros de calidad del fruto; tales como la concentración de sólidos solubles y ácidos orgánicos están positivamente relacionados con la concentración de K (Tagliavini *et al.*, 2000). En manzano 'Gala/M9' el K fue el elemento más acumulado en los frutos (Scandillari *et al.*, 2010). En plantas de kiwi 'Qin Mei' la acumulación de N, P y K en los frutos a cosecha fue del 52, 48 y 62%, respectivamente; mientras que en las hojas fue del 19, 17 y 23%, en el tallo fue del 22, 19 y 12% y en las raíces tan solo del 7, 16 y 3%, respectivamente (Zhao y Wang, 2013).

El Ca a pesar de su limitada movilidad en el floema casi igualó la concentración de K en los frutos de arándano Ojo de Conejo (Figura 1); lo cual difiere con lo observado en otros frutos como chabacano, cereza, uva, kiwi, durazno, pera y ciruelo (Tagliavini *et al.*, 2000), banano (Castillo-González *et al.*, 2011) y manzana (Dilmaghani *et al.*, 2004), en donde la concentración de K superó por mucho a la de Ca. Aunque el Ca es un catión muy absorbido por los frutales, su distribución hacia los frutos es relativamente pequeña, debido como ya se mencionó, a su baja movilidad en el floema (Marschner, 1995). El Ca estabiliza y da fuerza a la pared celular, otorgando la firmeza al fruto, y es requerido para la fase de división y expansión celular del mismo (Tagliavini *et al.*, 2000). En manzano 'Golden Delicious', Dilmaghani *et al.* (2004) observaron una correlación positiva entre la concentración de Ca en el fruto y la firmeza del mismo. Bajo una condición de deficiencia de Ca en el fruto la integridad de la pared celular se pierde, lo que conduce a pérdida de la firmeza y desarrollo de desórdenes fisiológicos (Fallahi *et al.*, 1997). En el fruto de arándano evaluado, la acumulación de Mg disminuyó con el avance en su desarrollo, hasta la etapa de inicio de maduración (cambio de color Rs-Rj); después de la cual se mantuvo baja pero constante, comportamiento observado también en kiwi, pero no en otras especies en donde se incrementa con el crecimiento del fruto y antes de la maduración del fruto como en duraznero y manzano (Tagliavini *et al.*, 2000). El patrón de disminución en las concentraciones de micronutrientes como el Zn, Mn y B registrados en el fruto en desarrollo de arándano (Figura 2) se debió muy posiblemente a un efecto de dilución causado por la expansión del fruto hasta que éste alcanzó su máximo tamaño. El zinc está estrechamente relacionado con la calidad del fruto; Poltronieri *et al.* (2011) observaron que la aplicación foliar de Zn como sulfato, incrementó el tamaño de los granos de café (*Coffea arabica*). En manzano cultivares Gala y Fuji, las aplicaciones foliares de Zn quelatado en periodos críticos; tales como floración y desarrollo de fruto, mejoraron parámetros de calidad del fruto como el peso promedio, la firmeza, el contenido de azúcares

solubles totales y de vitamina C (Zhang *et al.*, 2013). El Mn parece no tener efecto importante en la calidad del fruto, sólo se ha observado efecto en la disminución del tamaño en fresa 'Elsanta' cuando está en insuficiencia para la planta (Nesby *et al.*, 2005). En el caso del B, se observó en fresa que cuando la solución nutritiva carece del elemento se redujo considerablemente el número de frutos y se presentó un alto porcentaje de frutos malformados (Lieten, 2000). Se ha observado que en los frutos de fresa cosechados, se encuentra una más alta acumulación de N, P, K y B que en otros órganos de la planta y que durante el desarrollo del fruto casi todo el N, P, K, Mg, Zn y B de la planta se acumula en el fruto; lo que indica que al menos estos elementos son importantes para el desarrollo y calidad del mismo. El B y el Zn tienen un efecto directo sobre la calidad del fruto, su deficiencia conduce a frutos más pequeños. El B se relaciona con el contenido de la vitamina C y azúcares. El P, Mg, Cu, Fe y Mn parece no tener un efecto directo sobre la calidad del fruto de fresa (Nesby *et al.*, 2005).

## Conclusiones

La dinámica nutrimental en las hojas, durante el desarrollo del fruto, fue similar para todos los elementos. La concentración más alta se registró en la etapa de fruto verde y disminuyó en las siguientes etapas, cuando exportó los nutrientes hacia los frutos; posteriormente se elevó, cuando el fruto alcanzó su maduración y dejó de ser una demanda importante. El orden de concentración nutrimental en las hojas fue: N>Ca>K>Mg>P>Fe>Mn>B>Zn.


La dinámica nutrimental en el fruto fue similar para todos los elementos, excepto el Fe. El fruto verde presentó la más alta concentración y disminuyó conforme avanzó el proceso de maduración. Las etapas críticas en el cultivo de arándano fueron las de frutos en cambio de coloración de verde a rosa y al inicio de la maduración (Rs-Rj). El orden de concentración nutrimental en los frutos fue: N>K>Ca>Mg>P>Zn>B>Mn>Fe. Considerando que el desarrollo del fruto es una etapa altamente demandante de nutrientes para la planta, se debe tener un

suministro suficiente antes de la fructificación para obtener no sólo una producción óptima, sino también buena calidad en los frutos, dado que elementos como el N, K, Ca, Zn y B parecen tener un efecto directo sobre ésta en el arándano tipo Ojo de Conejo.

## Literatura Citada

- ALCÁNTAR, G. G. y V. M. Sandoval. 1999. Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. México. 156 p.
- BERTSCH, F. 2003. Absorción de Nutrientes por los Cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 307 p.
- CASTILLO-GONZÁLEZ, A. M., J. A. Hernández-Maruri, E. Avitia-García, J. Pineda-Pineda, L. A. Valdéz-Aguilar y T. Corona-Torres. 2011. Extracción de macronutrientes en banano 'Dominico' (*Musa* spp.). *PHYTON* 80:65-72.
- CASTRO-LÓPEZ, M. G., S. Salazar-García, I.J.L. González-Durán, R. Medina-Torres y J. González-Valdivia. 2012. Evolución nutrimental foliar en tres cultivares de mango en Nayarit, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(4):685-700.
- GARCÍA, E. 1973. Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köpen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 156 p.
- DILMAGHANI, M.R., M.J. Malakouti, G.H. Neilsen, and E. Fallahi. 2004. Interactive effects of potassium and calcium on K/Ca ratio and its consequences on apple fruit quality in calcareous soils of Iran. *Journal of Plant Nutrition* 27(7):1149-1162.
- FALLAHI, E., W.S. Conway, K.D. Hickey, and C.E. Sams. 1997. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. *HortScience* 32:831-835.
- HEIBERG, N. 2002. Effect of vegetation control and nitrogen fertilization in red raspberry. *Acta Horticulturae* 2(585):579-583.
- HOWARD, L. R., J. R. Clark, and C. Brownmiller. 2003. Antioxidant capacity and phenolic content in blueberries as affected by genotype and growing season. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83:1238-1247.
- LIETEN, F. 2000. Boron deficiency of strawberries grown in substrate culture. *Acta Horticulturae* 567:451-454.
- MARSCHNER, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2<sup>nd</sup> Ed. Academic Press Inc. San Diego, CA. 889 p.
- NESTBY, R., F. Lieten, D. Pivot, C.R. Lacroix, and M. Tagliavini. 2005. Influence of mineral nutrients on strawberry fruit quality and their accumulation in plant organs: a review. *International Journal of Fruit Science* 5(1):139-156.
- POLTRONIERI, Y., H.E.P. Martínez, and P.R. Cecon. 2011. Effect of zinc and its form of supply on production and quality of coffee beans. *Journal of Science Food and Agriculture* 91:2431-2436.
- QUEZADA, C., I. Vidal, L. Lemus y H. Sánchez. 2007. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre rendimiento y calidad de fruta en frambueso (*Rubus idaeus* L.) bajo dos programas de fertilización. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 7(3):1-15.
- RETAMALES, J. B., and J. F. Hancock. 2012. Blueberries. CAB International. UK. 323 p.
- RIEGER, M. 2006. Introduction to Fruit Crops. Food Products Press. NY, USA. 462 p.
- SÁNCHEZ-GARCÍA, P. 2009. Nutrición de zarzamora, frambuesa y arándano. p. 83-89. In: II Simposio Nacional de Producción Forzada en Frutales. I Curso de Producción Forzada en Frutillas y Durazno. Colegio de Posgraduados Campus Montecillo. 25 de noviembre de 2009. Montecillo, Estado de México.
- SAS Institute. 1999. SAS/STAT Guide for Personal Computers. Version 9. Cary, N. C. USA. 1028 p.



- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. [http://infosiap.siap.gob.mx/agricola\\_siap/cultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/agricola_siap/cultivo/index.jsp).
- SCANDOLLARI, F., M. Ventura, D. Malaguti, C. Cecon, G. Menarini, and M. Tagliavini. 2010. Net primary productivity and partitioning of absorbed nutrients in field-grown apple trees. *Acta Horticulturae* 868:115-122.
- SPIERS, J. M., and D. A. Marshall. 2012. Macronutrient distribution in 'Tifblue' Rabbiteye blueberry. *International Journal of Fruit Science* 12:48-53.
- STOREY, R., and M.T. Treeby. 2000. Seasonal changes in nutrient concentrations of navel orange fruit. *Scientia Horticulturae* 84:67-82.
- TAGLIAVINI, M., C. Zavalloni, A.D. Rombola, M. Quartieri, D. Malaguti, F. Mazzanti, P. Millars, and B. Marangoni. 2000. Mineral nutrient partitioning to fruits of deciduous trees. *Acta Horticulturae* 512:131-140.
- TAGLIAVINI, M., E. Bali, P. Lucchi, M. Antonelli, G. Sorrenti, G. Baruzzi, and W. Faedi. 2005. Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (*Fragaria x Ananassa* Dutch.) grown in soil and soilless culture. *European Journal of Agronomy* 23:15-25.
- YOU, Q., B. Wang, E. Chen, Z. Huang, X. Wang, and P. G. Luo. 2011. Comparison of anthocyanins and phenolics in organically and conventionally grown blueberries in selected cultivars. *Food Chemistry* 125:201-208.
- ZHANG, Y., F. Ch. Yan., Y. Wang, M. Li, M. Chen, J. Qian, X. Yang, and S. Cheng. 2013. Zinc sulfate and sugar alcohol zinc sprays at critical stages to improve apple fruit quality. *HortTechnology* 23(4):490-497.
- ZHAO, Z., and T. J. Wang. 2013. Nutrient uptake and distribution in field-grown kiwifruit vines. *Acta Horticulturae* 984:219-226. 

Este artículo es citado así:

Castillo-González, A. M., Edilberto Avitia-García, Luis A. Valdez-Aguilar, Joel Pineda-Pineda y Sandra Aguilar-Sánchez. 2016. Dinámica nutrimental en hoja y fruto de arándano tipo Ojo de Conejo (*Vaccinium ashei* Reade). *TECNOCENCIA Chihuahua* 10(2):64-71.

## Resumen curricular del autor y coautores

**ANA MARÍA CASTILLO GONZÁLEZ.** Terminó su licenciatura en 1986, año en que le fue otorgado el título de Bióloga por la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Realizó sus estudios de posgrado en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México; donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Fruticultura en 1990 y el grado de Doctor en Ciencias en el área de Fisiología Vegetal en 1996. Labora en el Departamento de Fitotecnia desde 1986 con el nombramiento de Profesor-Investigador de Tiempo Completo. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1993 como Candidato, a partir de 1997 Nivel I. Su área de especialización es la Nutrición de Cultivos Hortícolas. Ha dirigido 14 tesis de licenciatura, 11 de maestría y 3 de doctorado. Es autora de 59 artículos científicos 4 libros científicos, 61 ponencias en congresos. Es evaluadora de proyectos del CONACYT y revisora de artículos de la Revista Terra Latinoamericana, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Agrociencia, Fitotecnia Mexicana, Polibotánica y HortScience.

**EDILBERTO AVITIA GARCÍA.** Terminó su licenciatura en 1980, obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia por el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, Estado de México. En 1985 obtuvo la Maestría en Ciencias en Fruticultura en el Centro de Fruticultura del Colegio de Postgraduados, en Chapingo, Estado de México; y en 1996 el grado de Doctor en Ciencias en Botánica en el Programa de Botánica del Instituto de Recursos Naturales del Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Estado de México. De 1981-1983 laboró en la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria de la Secretaría de Educación Pública. De 1981-1983 fue Ayudante de Investigación Adjunto en la Sección de Fruticultura del Centro de Genética del Colegio de Postgraduados. De 1985-1992 fue Investigador Docente en el Centro de Fruticultura del Colegio de Postgraduados. De 1992 a la fecha es Profesor Investigador C2 TC en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores (candidato de 1986-1993; investigador nivel I de 1999-2013). Su área de investigación ha sido la fruticultura, con un enfoque hacia la anatomía. Ha dirigido 6 tesis de licenciatura, 6 de maestría y 2 de doctorado. Es autor o coautor de al menos 33 artículos científicos, 6 folletos, 3 capítulos de libros, 47 ponencias en congresos y 9 en conferencias y cursos de actualización. Es árbitro de tres revistas científicas, y ha impartido al menos 70 cursos en licenciatura y 20 en posgrado.

**LUIS ALONSO VALDEZ-AGUILAR.** Terminó su licenciatura en 1983, año en que le fue otorgado el título de Agrobiólogo por la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Horticultura en 1994 por la Universidad Autónoma de Chapingo (UACH) y el grado de Doctor en Filosofía también en Horticultura en 2004 por la Universidad de Texas A&M en College Station, TX, USA. Desde 2011 labora en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, México, en donde tiene la categoría de Profesor-Investigador C. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2008 (Nivel 1, de 2008 al 2009, Nivel 2 desde 2010 hasta la actualidad). Su área de especialización es la de nutrición de cultivos hortícolas en invernadero, cultivos hidropónicos, floricultura, salinidad y alcalinidad en agua de riego. Ha dirigido 50 tesis de licenciatura, 10 de maestría y 3 de doctorado. Es autor de 70 artículos científicos, con más de 30 ponencias en congresos, y 5 capítulos de libros científicos; además ha impartido 10 conferencias por invitación y ha dirigido 5 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de proyectos de investigación del CONACYT (fondos institucionales, mixtos y sectoriales) y Fundación Produce Chihuahua, es editor adjunto de Revista Chapingo serie Horticultura y Terra Latinoamericana, así como miembro del Comité de Revisores de las revistas Scientific Pages of Botany y Cogent.

**JOEL PINEDA PINEDA.** Ingeniero Agrónomo Especialista en Suelos con Maestría y Doctorado en Ciencias en Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). De 1989 a la fecha se desempeña como Profesor de tiempo completo en el Departamento de Suelos de la UACH. Ha impartido más de 100 cursos curriculares: Edafología, Fertilidad de Suelos, Fisiología Vegetal, Nutrición Vegetal, Sistemas Hidropónicos y Fertirrigación, en las carreras de Ingeniero Agrónomo Especialista en Suelos, Agronomía en Horticultura Protegida, Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia, Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola. En el Posgrado en Horticultura imparte el curso Nutrición de Plantas Hortícolas. Desarrolla las líneas de investigación en Diagnóstico Nutrimental de Cultivos, Sustratos para Cultivo sin Suelo, Dinámica Nutrimental en Sistemas Acuapónicos. Ha dirigido o asesorado alrededor de 100 tesis (licenciatura y posgrado). Es autor o coautor de 30 artículos publicados en revistas científicas indexadas. Autor o coautor en más de 35 trabajos publicados en memorias de diversos congresos nacionales e internacionales en el área de Ciencia Agronómicas. Obtuvo mención honorífica en exámenes de grado de Maestría y Doctorado en Ciencias. A partir de 2011 es integrante del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I (CONACYT). De 2002 a 2004 es editor adjunto del Comité Editorial de la revista TERRA Latinoamericana. Es árbitro de varias revistas científicas: Revista Chapingo Serie Horticultura, Revista TERRA Latinoamericana, Agrociencia, Fitotecnia Mexicana, Revista de Ciencias Agrícolas y Bio ciencias.