



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

**FERTILIZACIÓN EDÁFICA Y FOLIAR EN DURAZNO
EN TEPEYAHUALCO DE HIDALGO, PUEBLA**

TESIS

Que como requisito parcial
para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

PRESENTA:

ISABEL NATIVITAS LIMA

Junio de 2015, Chapingo, México.



La presente investigación fue realizada por la Ing. Isabel Nativitas Lima bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

COMITÉ ASESOR

DIRECTOR



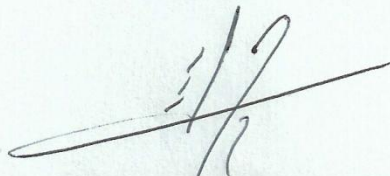
Dr. Raúl Nieto Ángel

ASESOR



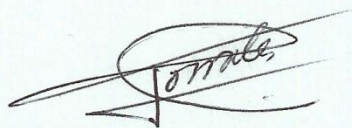
Dr. Joel Pineda Pineda

ASESOR



Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez

ASESOR



Dr. Joel Corrales García

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar a este momento. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorar la vida cada día más.

A mis padres Conrado y Herlinda por todo el amor, cariño, apoyo y confianza.

A mis abuelitos, los cuales con sus oraciones y consejos me han brindado fortaleza para seguir adelante.

A la hermosa familia que Dios me dio, la cual cada día va creciendo más.

A Efrén, a quién Dios puso en mi camino en el momento indicado.

A ustedes les dedico este trabajo, con todo mi cariño, respeto y admiración.

“Aunque tuviera el don de la profecía y conociera todos los misterios y toda la ciencia, aunque tuviera toda la fe, una fe capaz de trasladar montañas, si no tengo amor, no soy nada”

1 Corintio 13:2

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por su infinito amor y por permitirme culminar esta etapa de mi formación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico brindado para la realización de mis estudios de posgrado.

A la Universidad Autónoma Chapingo, por permitir seguir formándome en su seno.

A los miembros de mi comité asesor, por su paciencia para la realización de esta investigación.

A mi hermano Reyes por haberme apoyado en la fase de campo, a mi hermana Vero y mi cuñada Itzel que me apoyaron en el laboratorio.

A mis amigas Diana y Lorena que sin lugar a duda hicieron más agradable mi estancia en la Universidad.

DATOS BIOGRÁFICOS

Isabel Nativitas Lima nació en Tepeyahualco, Puebla el 20 de agosto de 1989, pero vivió en la comunidad de Tezontepec donde cursó hasta la primaria. La secundaria la estudió en la Escuela Secundaria Técnica No. 9 en Tepeyahualco, Puebla. En 2003 ingreso al Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No 86 en Perote, Veracruz para cursar el nivel medio superior, en donde egreso con el título de Técnico Agropecuario. En 2006 ingreso a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana campus Xalapa y en 2011 obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo. En 2013 fue aceptada para cursar los estudios correspondientes a la Maestría en Ciencias en Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Como requisito para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Horticultura defendió la presente investigación.

FERTILIZACIÓN EDÁFICA Y FOLIAR EN DURAZNO EN TEPEYAHUALCO DE HIDALGO, PUEBLA

FOLIAR AND SOIL FERTILIZATION IN PEACH TEPEYAHUALCO DE HIDALGO, PUEBLA

Isabel Nativitas Lima¹ y Raúl Nieto Ángel²

RESUMEN

En el Estado de Puebla, la producción de durazno tiene importancia económica. Considerado sus bajos rendimientos y baja calidad de los frutos, es necesario utilizar técnicas que mejoren la producción, una de ellas es la fertilización. El objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de nutrimentos, mediante fertirrigación y fertilización foliar, para mejorar el estado nutrimental de los árboles de durazno, producción y calidad poscosecha de los frutos. Se aplicó solución nutritiva a diferentes concentraciones por el método fertirriego y foliar, complementando ésta última con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ y K_2SiO_3 . Se evaluó el estado nutrimental de los árboles y las características fisicoquímicas de los frutos almacenados en condiciones ambientales. La aplicación foliar con solución nutritiva al 0.5 % más $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ incrementó los sólidos solubles totales, disminuyó la acidez, modificó el máximo climatérico y aumentó el contenido de nitrógeno, hierro y calcio en hojas. Ningún tratamiento afectó significativamente la producción de frutos.

Palabras clave: *Prunus persica* (L.) Batsch, solución nutritiva, fertirriego, foliar y fisicoquímicas.

¹ Tesista

² Director

ABSTRACT

In the state of Puebla, peach yield has economic significance. Considering its low production and low fruit quality, it is necessary the use of techniques to improve yield, one of them is fertilization. The objective was to evaluate the effect of the administration of nutritional supplements using fertirrigation and foliar fertilization, in order to make better the nutrimental status of peach trees, yield and overall postharvest quality. Nutrient solutions were administered through foliar and fertirrigation methods, the last one was complemented with $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ and K_2SiO_3 . The nutrimental status of the trees and the physicochemical qualities of fruit stored at room temperature were evaluated. Foliar application of solution at 0.5 % plus the use of $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ increased total soluble solutes, decreased acidity, changed the climacteric maximum and increased the nitrogen, calcium and iron concentrations in leaves. No treatment affected significantly fruit production.

Key words: *Prunus persica* (L.) Batsch, nutrient solution, fertirrigation, foliar and physiochemical properties.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	vii
ABSTRACT	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FÍGURAS.....	x
I. INTRODUCCIÓN	11
1. OBJETIVO.....	12
2. HIPÓTESIS.....	12
II. REVISIÓN DE LITERATURA	13
1. Importancia del cultivo	13
2. Nutrición del cultivo del durazno.	14
3. Requerimientos minerales por el cultivo.....	25
4. Determinación del estado nutrimental.....	27
5. Silicio en las plantas.....	29
6. Calidad poscosecha de frutas	30
7. Factores biológicos que causan el deterioro de las frutas.....	32
8. Efecto de los nutrimentos en la calidad poscosecha del durazno.....	34
III. MATERIALES Y MÉTODOS	37
1. Sitio experimental.....	37
2. Material vegetal.....	39
3. Factores en estudio y diseño de tratamientos	39
4. Diseño experimental.....	43
5. Caracteres a evaluar.....	43

6.	Análisis estadístico	48
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
1.	Producción y número de frutos.....	49
2.	Concentración nutrimental en hoja.....	55
3.	Calidad poscosecha de los frutos.....	61
	Firmeza del fruto	64
	Sólidos solubles totales del fruto (°Brix)	65
	Acidez del fruto (ácido málico %)	66
	Respiración del fruto	68
	Porcentaje de pérdida de peso del futo	73
V.	CONCLUSIONES	77
VI.	LITERATURA CITADA.....	78

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Demanda nutrimental (kg) del duraznero por tonelada de fruta producida.....	26
Cuadro 2. Contenido de nutrimentos en hojas de duraznero según varios autores.....	28
Cuadro 3. Clasificación de productos hortícolas de acuerdo a su tasa de respiración (Kader, 2002).	34
Cuadro 4. Cantidades de elementos minerales del suelo (establecimiento de árboles de durazno de 8 años de edad) del sitio experimental.	38
Cuadro 5. Resultado de análisis de agua de la planta tratadora de aguas residuales utilizada para el experimento.	38
Cuadro 6. Solución nutritiva aplicada a árboles de durazno cv. Diamante de 8 años de edad en el ciclo productivo 2014 en el Municipio de Tepeyahualco de Hidalgo, Puebla.	40

Cuadro 7. Descripción de los tratamientos aplicados en el cultivo de Durazno en el ciclo productivo 2014.	42
Cuadro 8. Cantidad total de nutrimentos aportados a árboles de durazno con los tratamientos aplicados en el ciclo productivo 2014.	42
Cuadro 9. Análisis de varianza del peso y número total de frutos por árbol de durazno cultivados con diferentes dosis y métodos de fertilización.	49
Cuadro 10. Comparación de medias de la producción y número total de frutos cultivados con diferentes dosis de fertilización.	50
Cuadro 11. Correlación de las variables concentración nutrimental, parámetros de calidad y producción de duraznos cultivados con diferentes dosis de fertilización y conservados en condiciones ambientales de $24^{\circ}\text{C} \pm 1$ y humedad relativa de 35 % ± 2	52
Cuadro 12. Análisis de varianza de los contenidos nutrimentales del análisis foliar en durazno cultivado con diferentes dosis y métodos de fertilización.	55
Cuadro 13. Comparación de medias del contenido nutrimental en hoja de duraznos cultivados con diferentes métodos y dosis de fertilización.	56
Cuadro 14. Comparación de medias de la concentración nutrimental en hoja de duraznos cultivados con siete dosis diferentes de fertilización.	60
Cuadro 15. Análisis de varianza de caracteres de calidad poscosecha de frutos de durazno cultivados con diferentes dosis y métodos de fertilización, conservados a condiciones ambientales de $24^{\circ}\text{C} (\pm 1)$ y humedad relativa de 35 % (± 2).	61
Cuadro 16. Comparación de medias de contrastes de parámetros de calidad poscosecha de frutos de durazno cultivados con diferentes métodos y dosis de fertilización, conservados a condiciones ambientales de $24^{\circ}\text{C} \pm 1$ y humedad relativa de 35 % ± 2	63
Cuadro 17. Comparación de medias de parámetros de calidad poscosecha de frutos de durazno cultivados con diferentes métodos y dosis de fertilización, conservados a condiciones ambientales de $24^{\circ}\text{C} \pm 1$ y humedad relativa de 35 % ± 2	67
Cuadro 18. Análisis de varianza de la respiración de frutos de durazno durante 8 días cultivados con diferentes dosis y métodos de fertilización, conservados en condiciones ambientales de $24^{\circ}\text{C} \pm 1$ y humedad relativa de 35 % ± 2	68
Cuadro 19. Comparación de medias de contrastes de respiración de frutos de durazno durante 8 días cultivados con diferentes métodos y dosis de fertilización y	

conservados en condiciones ambientales de $24^{\circ}\text{C} \pm 1$ y humedad relativa de 35 % ± 2	69
Cuadro 20. Comparación de medias de respiración de frutos de durazno durante 8 días cultivados con diferentes métodos y dosis de fertilización y conservados en condiciones ambientales de $24^{\circ}\text{C} \pm 1$ y humedad relativa de 35 % ± 2.	70
Cuadro 21. Análisis de varianza del porcentaje de pérdida de peso de frutos de durazno cultivados con diferentes dosis y métodos de fertilización, conservados en condiciones ambientales de $24^{\circ}\text{C} \pm 1$ y humedad relativa de 35 % ± 2.	73
Cuadro 22. Comparación de medias de contrastes del porcentaje de pérdida de peso de frutos de durazno cultivados con diferentes métodos y dosis de fertilización, conservados en condiciones ambientales de $24^{\circ}\text{C} \pm 1$ y humedad relativa de 35 % ± 2.	74
Cuadro 23. Comparación de medias del porcentaje de pérdida de peso de frutos de durazno cultivados con diferentes métodos y dosis de fertilización, conservados en condiciones ambientales de $24^{\circ}\text{C} \pm 1$ y humedad relativa de 35 % ± 2.	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación del comportamiento climatérico de frutos de durazno con fertilización tradicional y fertirriego conservados en condiciones ambientales de $24^{\circ}\text{C} \pm 1$ y humedad relativa de 35 % ± 2.	71
Figura 2. Comparación del comportamiento climatérico de frutos de durazno con fertilización tradicional y foliar conservados en condiciones ambientales de $24^{\circ}\text{C} \pm 1$ y humedad relativa de 35 % ± 2.	72

1. INTRODUCCIÓN

En el Estado de Puebla el durazno (*Prunus persica* (L.) Batsch) representa una alternativa para generar ingresos a los productores; la superficie sembrada es de 3,000 hectáreas aproximadamente, con producción de alrededor de 12,000 toneladas anuales; sin embargo, el rendimiento obtenido es de apenas 3.3 t·ha⁻¹ de temporal y 9.27 t·ha⁻¹ de riego (SIAP, 2015) debido a que en el proceso de producción se presentan diversos problemas como heladas tardías (en el mes de abril e incluso mayo), escasa precipitación con distribución irregular, erosión o baja fertilidad, mal manejo de las plantaciones y presencia de plagas y enfermedades.

En la zona también se tienen bajos rendimientos y calidad inadecuada de los frutos, lo cual implica pérdidas poscosecha y bajos ingresos para los productores, siendo la nutrición uno de los principales factores en el mal manejo de las plantaciones; por lo que es necesario mejorar este factor mediante técnicas como el fertirriego y fertilización foliar para conocer cómo los nutrientes afectan la producción y calidad poscosecha de los frutos. La cantidad de nutrientes aplicados también influye directamente en la calidad de la fruta; se ha reportado que afecta la apariencia, firmeza, sabor y vida de anaquel de los frutos; debido a que un desbalance nutricional en los árboles

provoca susceptibilidad a daños mecánicos y desórdenes fisiológicos, por lo cual, es necesario conocer una dosis óptima para mejorar la producción y calidad de los frutos.

1. OBJETIVO

Evaluar el efecto de la aplicación de nutrimentos mediante fertirrigación y fertilización foliar sobre el estado nutrimental de los árboles de durazno, en la producción y calidad poscosecha de los frutos en el Municipio de Tepeyahualco de Hidalgo, Puebla.

2. HIPÓTESIS

El abastecimiento nutrimental tanto con el método de fertirriego como foliar mejora la producción y calidad de los frutos del durazno, debido a que le proporciona a la planta los nutrimentos necesarios para un buen desarrollo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

1. Importancia del cultivo

El durazno es una de las especies frutales de mayor demanda que se cultivan en las zonas templadas del mundo. Pertenecce a la familia Rosaceae y su nombre científico es *Prunus persica* (L.) Batsch. A nivel mundial los mejores rendimientos los obtuvo Israel, Irán, Turquía y, Francia y Estados Unidos en el ciclo productivo 2013. El rendimiento promedio mundial es de 6.64 t $\cdot$ ha⁻¹, influenciado éste por los bajos rendimientos de China de apenas 3.18 t $\cdot$ ha⁻¹ (FAOSTAT, 2014).

En México de acuerdo a datos del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2013) se tiene una superficie total de 43,325.17 hectáreas con una producción de 162, 865 toneladas; sin embargo, los rendimientos alcanzan tan solo las 4.90 t $\cdot$ ha⁻¹ por lo que resulta indispensable generar actividades que eleven el rendimientos y mejoren la calidad; para el 2013 los Estados de Aguascalientes, Sonora, México, Morelos y Nayarit con 18.08, 13.86, 9.90, 9.79 y 7.42 t $\cdot$ ha⁻¹ respectivamente fueron los que obtuvieron los mejores rendimientos.

En las últimas dos décadas el rendimiento promedio del durazno se ha mantenido constante, mientras que la población y por lo tanto la demanda, casi se han duplicado; el precio del producto en el mercado nacional es aproximadamente el doble del que se registra en los Estados Unidos y Europa. En nuestro país el precio al mayoreo oscila de los 13 a los 30 pesos en Centrales de abasto (Secretaría de Economía, 2013).

2. Nutrición del cultivo del durazno

El cultivo de esta especie requiere suelos profundos, franco-arenosos, ligeros, con buen drenaje, sin excesos de humedad en todo el año pero presentando una capacidad de reserva hídrica suficiente. Sus raíces son muy sensibles a la asfixia debido a que en general presenta un tipo de enraizamiento superficial (Reighard *et al.*, 2001). Otro factor importante respecto al suelo es el pH, el durazno prospera en suelos neutros a ligeramente ácidos. Se considera que el pH ideal para este caducifolio debe estar entre 5.5 y 6.0, con un buen balance de nutrimentos.

La nutrición del árbol está estrechamente relacionada con la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, la cual está determinada por la fertilidad nativa del suelo y la fertilización que se aplique. Aunque la mayoría de los frutales utilizan cantidades pequeñas de nutrimentos, con excepción de N, P y K, la escasez de alguno de ellos puede afectar su ciclo biológico y rendimiento (Faust, 1989).

Debido a que la producción intensiva de frutas requiere el uso de fertilizantes, el desafío es suministrar cantidades adecuadas de nutrimentos para mantener

altos rendimientos, evitando excesos que puedan conducir a la contaminación ambiental, especialmente de las aguas subterráneas (Sánchez y Curetti, 2009). Las formas de aplicación de fertilizantes pueden ser: al suelo, al follaje (foliares) y con el agua de riego (fertirriego).

La práctica de aplicar fertilizantes a los cultivos por vía del agua de riego se llama fertirrigación o fertirriego (Bar-Yosef, 1992). La fertirrigación es una técnica agrícola que provee la excelente oportunidad de maximizar los rendimientos y a la vez reducir la contaminación ambiental (Hagin y Lowengart-Aycicegi, 2002).

La aplicación de pequeñas pero constantes cantidades de nutrientes a lo largo de la temporada economiza considerables cantidades de fertilizantes en comparación con la fertilización tradicional (Neilsen *et al.*, 1999).

La fertilización foliar, que es la nutrición a través de las hojas, se utiliza como un complemento a la fertilización al suelo, bajo este sistema de nutrición la hoja juega un papel importante en el aprovechamiento de los nutrimentos. Muchos factores influyen en el buen aprovechamiento de los fertilizantes foliares, pero por simplicidad se pueden agrupar en las propiedades fisicoquímicas de la formulación, el medio ambiente en el que se aplican o las características de la planta a la que se aplican (Fernández y Eichert, 2009).

Varios trabajos de fertilización foliar han demostrado su bondad en la respuesta positiva de los cultivos; sin embargo, los incrementos de rendimiento por el uso de esta práctica han sido muy variables, lo que sugiere, se hagan más trabajos

de investigación en busca de optimizar la capacidad productiva de las cosechas de diferentes cultivos, utilizando la fertilización foliar como un apoyo a la fertilización al suelo (Trinidad y Aguilar, 1999).

Tal parece que los fertilizantes foliares que llevan una solución nutritiva completa influyen más en el incremento global de rendimiento que cuando se aplican sólo 2 ó 3 elementos minerales (Trinidad y Aguilar, 1999).

Nitrógeno

El Nitrógeno (N) es el “motor” del crecimiento de las plantas ocupando el 1.5 % del peso seco total. Forma parte de compuestos orgánicos como la clorofila, aminoácidos, alcaloides y hormonas, y es el nutrimento requerido en mayor cantidad (Marshner, 1998). Este elemento activa el crecimiento de brotes vegetativos y raíces, la formación de flores, el desarrollo de semillas y frutos (Childers *et al.*, 1995). Los incrementos estimulados por el nitrógeno en el rendimiento de durazno están asociados al periodo de desarrollo del fruto y al incremento de la capacidad de la demanda (Sanz *et al.*, 1992).

Las deficiencias de N en el duraznero reducen el crecimiento de los árboles, las hojas son pequeñas, cloróticas y están expuestas a una caída anticipada, los pétalos son rectos y de colores opacos, así como un diámetro menor del tronco (Childers *et al.*, 1995), además se obtienen frutos pequeños con sabor insípido (Taylor, 2009). La deficiencia de nitrógeno en árboles frutales de hueso provoca bajo rendimiento (Taylor, 2009) debido a la caída prematura de las hojas, las

cuales son responsables de la acumulación de reservas para el ciclo productivo posterior (Monte- Serrat *et al.*, 2004; Tratch *et al.*, 2010).

Fosforo

El fósforo (P) es un macronutriente esencial para las plantas, es componente de proteínas con y sin actividad catalítica, la adenosina trifosfato (ATP), el ácido ribonucleico (ARN), el ácido desoxirribonucleico (ADN) y la fitina. Además participa en la mayoría de las reacciones de transferencia de energía. Los ARN y ADN son componentes fundamentales en la transferencia de información genética, con concentraciones entre 0.10 y 0.30 % en los tejidos de hojas maduras (Faust, 1989).

La carencia de P es causa de una reducción en el ciclo reproductivo y desarrollo del fruto, en cambio, un exceso produce efectos negativos en la absorción de algunos micronutrientes (Fe, B, Zn y Cu). El porcentaje de P en hojas de durazno, mostró su máximo a inicios de la etapa I de crecimiento de fruto, se estabiliza relativamente durante la etapa II y al finalizar desciende rápidamente (Westwood, 1982).

Las deficiencias de P raramente se mencionan para los frutales caducifolios, y cuando se presentan, reducen el tamaño de las hojas, mostrando una disminución del color verde y un aumento en la coloración intervenal; puede ocurrir defoliación de las hojas basales, las raíces se tornan cafés y reducen su volumen, los frutos se tornan ácidos y la calidad y el rendimiento son bajos (Childers *et al.*, 1995).

Potasio

El potasio (K) tiene efecto sustancial en la activación de enzimas, síntesis de proteínas, la fotosíntesis, la apertura de estomas, regulación de la turgencia y ajuste osmótico en las plantas (Marschner, 1998). Se ha demostrado que el aumento de la aplicación de K^+ mejora la tasa de fotosíntesis, crecimiento de las plantas, el rendimiento y la resistencia a la sequía en diferentes cultivos en condiciones de estrés hídrico (Egilla *et al*, 2001).

El primer síntoma observable de deficiencia de potasio es la clorosis moteada o marginal, que luego desarrolla en necrosis principalmente en los ápices de las hojas, en los márgenes, y entre las venas. En muchas monocotiledóneas, estas lesiones necróticas pueden formarse inicialmente en las puntas de las hojas, de los márgenes y luego se extienden hacia la base de la hoja. Debido a que el potasio se puede movilizar a las hojas más jóvenes, los síntomas de deficiencia aparecen inicialmente en las hojas maduras y sale hacia la base de la planta (Taiz y Zeiger, 2002). El K está asociado con el movimiento de los azúcares dentro y fuera de las células guarda de los estomas. Para Baldini (1992), las drupáceas son los frutales con mayores requerimientos de K, extrayendo anualmente hasta $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de K_2O intercambiable.

Calcio

El calcio (Ca) es un elemento estructural en la planta ya que constituye la lámina media, las paredes y membranas de la célula y, además, participa en la división y extensión celulares, influye en la compartimentalización de la célula,

modula la acción de hormonas y señales, estabiliza la pared y membrana, y contribuye al equilibrio iónico de la célula (Marschner, 1998), ha sido implicado como un segundo mensajero para diversas respuestas de las plantas a señales ambientales y hormonales (Sanders *et al.*, 1999).

Los síntomas característicos de la deficiencia de calcio incluyen necrosis de las regiones meristemáticas jóvenes, tales como las puntas de raíces u hojas jóvenes, donde la división celular y formación de la pared son más rápido (Taiz y Zeiger, 2002).

Comúnmente se acepta que durante la maduración del fruto se produce un aumento de poliuronidos solubles. El calcio, en la pared celular, sirve como un agente de unión intermolecular que estabiliza el complejo proteína-pectina de la lamela media, manteniendo la estructura de la pared celular. El contenido de calcio de la fruta se expresa generalmente como un porcentaje de peso fresco o peso seco, lo que justifica la disminución en la concentración de calcio con el aumento de la masa de fruta (Rato *et al.*, 2012).

Magnesio

El magnesio (Mg) tiene un papel específico en la activación de enzimas que intervienen en la respiración, fotosíntesis, y la síntesis de ADN y ARN. Una proporción importante de el magnesio total está implicado en la regulación de pH celular y el equilibrio catiónico-aniónico (Marschner, 1998).

El Mg es un nutriente esencial muy bien conocido por su papel central en la estructura de la molécula de clorofila, que les confiere el color verde a las hojas

de las plantas, Sin embargo, tiene otras importantes funciones en el metabolismo vegetal, incluyendo la síntesis de proteínas, la síntesis y activación de compuestos de ATP de alta energía y distribución de carbohidratos dentro de la planta (Marschner, 1998). Los síntomas característicos la deficiencia de magnesio son la clorosis intervenal de las hojas, que ocurre por primera vez en las hojas adultas, debido a la movilidad del elemento. A consecuencia de la deficiencia puede haber una abscisión foliar prematura (Taiz y Zeiger, 2002).

Hierro

Los dos principales grupos de proteínas que contiene Hierro (Fe) son las proteínas hemo y las proteínas Fe-S. Las proteínas hemo se caracterizan por la presencia de un complejo Fe hemo-porfirina, el cual actúa, por ejemplo como grupo prostético de citocromos que facilitan el transporte de electrones en la respiración. El papel del Fe en la biosíntesis de esas proteínas se debe a que activa algunas enzimas, incluyendo el ácido aminolevulínico sintetasa y la coproporfininogénio oxidasa. A pesar de que la clorofila es una molécula que no contiene Fe, necesita de este micronutriente en tres periodos de su biosíntesis (Kirkby y Römheld, 2008).

En la hoja, uno de los síntomas típicos de la clorosis férrica es el amarilleamiento intervenal que se desarrolla comenzando en las hojas apicales (Abadía *et al.*, 2004).

En algunas especies como el peral, la clorosis es atípica, ya que el amarilleamiento puede afectar a toda la hoja de manera homogénea. A nivel de

árbol, en el melocotonero la clorosis suele ser bastante homogénea y afecta por igual a todas las ramas, también a diferencia de lo que ocurre en el peral. En esta especie la clorosis afecta a menudo a algunas ramas que exhiben diferentes grados de clorosis, mientras que otras ramas del mismo árbol pueden permanecer verdes. La clorosis afecta también al crecimiento de los brotes, principalmente debido a la disminución de la fotosíntesis, y causa defoliación, disminución de la cosecha y una reducción en la vida productiva del árbol de hasta cinco o seis años (Rombolà y Tagliavini, 2006).

Cobre

Varias proteínas que contienen cobre (Cu) desempeñan un papel fundamental en procesos tales como la fotosíntesis, respiración, desintoxicación de radicales superóxido y lignificación. Cuando se presenta una deficiencia de Cu, la actividad de estas enzimas se reduce drásticamente. La reducción del transporte fotosintético de electrones, como consecuencia de menores contenidos de plastocianina, una proteína que contiene Cu, disminuye la tasa de fijación de CO₂, de modo que el contenido de almidón y de carbohidratos solubles (especialmente sacarosa) también se reduce. Este es el principal factor que provoca la reducción de la producción de materia seca en plantas que sufren de deficiencia de Cu durante el crecimiento vegetativo (Kirkby y Römheld, 2008).

El papel de Cu en el metabolismo secundario puede ser más bien el agente que provoca la presencia de síntomas de deficiencia. Las enzimas polifenol oxidasa,

ascorbato oxidasa y diamino oxidasa que contienen Cu aparecen en las paredes celulares y desempeñan un papel importante en la biosíntesis del fenol, vía quinona, a sustancias melanóticas y a lignina (Kirkby y Römheld, 2008).

Zinc

El zinc (Zn) es absorbido por las plantas principalmente como catión bivalente Zn^{+2} tanto por vía radical como por vía foliar. Este elemento se requiere en pequeñas cantidades y se relaciona con la mayoría de las funciones de regulación básica de las plantas (Marschner, 1998).

La movilidad del Zn dentro de la planta es muy baja, de forma que se encuentra concentrado en gran parte en la raíz, mientras que en los frutos su contenido es siempre el mínimo. Se acumula primero en venas principales y secundarias y luego es translocado al mesófilo de las hojas (Marschner, 1998).

En términos generales, la acción del Zn en las plantas consiste en activar diversos procesos enzimáticos como la fosforilación de la glucosa, permitiendo así la formación de almidón, peptidasas, la transformación de aminoácidos a proteínas y la síntesis de ácido indolacético y de triptófano (Silva y Rodríguez, 1995). Uno de los roles más importantes que se le atribuyen al Zn está relacionado con la síntesis del triptófano precursor de la auxina, hormona que cumple un rol fundamental en el crecimiento de hojas, brotes y frutos (Gil, 1995).

El transporte del Zn se ve severamente afectado debido a que estos elementos compiten por los mismos lugares de absorción, de allí que altos contenidos de

Cu, Fe y P reducen notoriamente la absorción y el transporte del Zn en las plantas (Valdés, 1995).

Manganeso

El manganeso desempeña un importante papel en los procesos de redox, tales como el transporte de electrones en la fotosíntesis y en la desintoxicación de radicales de oxígeno libres. El Mn también actúa como un importante co-factor para varias enzimas fundamentales en la biosíntesis de los metabolitos secundarios de la planta asociados con la ruta del ácido shiquímico, incluyendo aminoácidos aromáticos fenólicos, cumarinas, ligninas y flavonoides (Burnell, 1988). Se han detectado concentraciones más bajas de compuestos fenólicos, ligninas y flavonoides en tejidos deficientes en Mn, lo que puede ser, en parte, la causa de la mayor susceptibilidad a enfermedades de las plantas deficientes en este micronutriente (Graham, 1983).

Los cloroplastos son los más sensibles de todos los organelos de la célula a la deficiencia de Mn, lo que lleva a la desorganización del sistema lamelar y a síntomas visibles de clorosis. Por esta razón, la deficiencia de Mn se parece a la deficiencia de Mg, porque ambas aparecen como clorosis intervenal en las hojas. La deficiencia de Mg aparece en las hojas viejas mientras que los síntomas de deficiencia de Mn son inicialmente visibles en las hojas más jóvenes. En las dicotiledóneas aparecen frecuentemente pequeñas manchas amarillas en las hojas más jóvenes. En las monocotiledóneas, los síntomas de deficiencia de Mn aparecen en la parte basal de las hojas como manchas o tiras

de color gris-verdosas. El nivel crítico de deficiencia de este micronutriente, para la mayoría de las especies, se sitúa en el rango de 10-20 mg kg⁻¹ (Kirkby y Römheld, 2008).

Boro

A diferencia de los micronutrientes metálicos, el Boro (B) no está presente en ninguna enzima, pero una escasez de B deprime fuertemente el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Por ejemplo, la elongación de las raíces se detiene completamente dentro de las 100 horas después de transferirse a una solución sin B (Chapman y Jackson, 1974). Más aún, el B es absolutamente crítico para la germinación del polen, la elongación del tubo polínico y la mitosis generativa de las células (Jackson y Linskens, 1978).

Cantidades sustanciales de B pueden estar presentes en la pared celular. Una función primaria de este nutrimento en la pared celular se refleja en un cambio completo de la composición química y de la ultraestructura de los tejidos deficientes de B. Kobayashi *et al.* (1996) descubrieron un complejo polisacárido péptico que contiene B (boro-ramnogalacturona II, RG II) que está compuesta por ácido bórico y dos cadenas de polisacáridos pépticos enlazados por medio del di-éster borato, formando una red de polisacáridos en las paredes celulares y esta presente en todas las plantas superiores.

La intervención del B en la germinación del polen y en el crecimiento del tubo polínico es particularmente importante para la producción de los cultivos. Ambos procesos se inhiben severamente cuando existe deficiencia de B. Son

necesarias altas concentraciones de B para promover el crecimiento del tubo polínico en el estigma y en el estilo, esto se logra por la desactivación fisiológica de la calosa mediante la formación de borato de calosa en la interfase del tubo polínico con el estilo (Lewis, 1980).

En los frutales caducifolios el boro interviene en la absorción de agua y cationes, especialmente el calcio, en la formación de pectina de las membranas celulares y en el metabolismo de los glúcidos (Childers *et al.*, 1995).

3. Requerimientos minerales por el cultivo

Un concepto importante que debemos recordar al momento de evaluar los requerimientos de los cultivos es la diferencia terminológica que se presenta entre las palabras, “absorción” y “extracción” de los cultivos. Se entiende por absorción la cantidad total de nutrientes que el cultivo requiere durante su ciclo de desarrollo. El término extracción, es la cantidad total de nutrimentos en los órganos cosechados, grano, forraje u otros. La diferencia entre los términos es significativa al momento de las recomendaciones de fertilización, bajo el criterio de reposición. La reposición utilizando la absorción del cultivo implica la aplicación de todos los nutrientes que fueron tomados por el cultivo y que se encuentran presente en todos sus tejidos y órganos cosechables y no cosechables. Sin embargo, la práctica de fertilización por los niveles de extracción de los cultivos, generalmente la más utilizada, sólo busca reponer los nutrientes que son absorbidos y depositados en tejidos y órganos cosechables,

y que por lo tanto no son reciclados debido a que no vuelven a ingresar al sistema suelo (Ciampitti y Garcia 2007).

La necesidad de agregar algún nutriente específico por medio de la fertilización, ya sea al suelo o foliar, surge de la necesidad de que en muchas circunstancias lo que el suelo entrega y lo que el árbol necesita para mantener un crecimiento y rendimiento es negativo, es decir la necesidad es mayor que la oferta del suelo.

Las necesidades nutrimentales son diferentes para cada región debido a que diversos factores pueden afectar la absorción de un elemento por lo que encontramos en la literatura diferentes datos referentes a absorción y extracción de cada elemento (Cuadro 1).

Cuadro 1. Demanda nutrimental (kg) del duraznero por tonelada de fruta producida.

N	P	K	Ca	Mg		Fuente
-----kg-----						
5.1	0.7	4.6	0.8		Absorción total	IFA, 1992
2.8	0.5	3.0	0.2	0.3	Extracción	IFA, 1992
3.2	0.6	3.3	3	0.7	Absorción total	Burt <i>et al.</i> , 1995
3.3	0.5	3.2	2.4	0.4	Absorción total	Sánchez, 2010

En los frutales de clima templado se observa que durante los primeros estadios de la etapa de obtención de cosecha las necesidades nutritivas se aportan en un gran porcentaje con las reservas del propio árbol. Después de la brotación las necesidades nutritivas del árbol aumentan y es uno de los momentos en los que se deberá actuar para generar biomasa de forma rápida que sintetice los carbohidratos. Esto se debe de llevar a cabo hasta el momento de

endurecimiento del hueso, en este período se bajará la concentración de N (Cadahí, 2005).

4. Determinación del estado nutrimental

El análisis foliar permite determinar el contenido actual de nutrientes en el cultivo y es comúnmente utilizado en frutales para realizar un diagnóstico de la nutrición mineral, lo cual se realiza comparando los resultados obtenidos con estándares elaborados para cada cultivo, e incluso para grupo de variedades, zonas de producción, o áreas geográficas específicas. Para durazno existen diferentes intervalos de suficiencia nutrimental reportados por diversos autores (Cuadro 2).

El análisis del contenido mineral en las hojas y aún en los frutos, junto con el análisis físico y químico del suelo constituye el indicador más adecuado de la demanda nutricional en un huerto con frutales de hoja caduca (Ruíz, 1995).

La concentración de nutrimentos en las hojas de los frutales caducifolios cambia con la edad de estas. Algunos elementos como el Nitrógeno, el Fósforo y el Potasio, disminuyen con la edad de las hojas; otros como el Calcio y el Magnesio, aumentan (Faust, 1989).

Cuadro 2. Contenido de nutrimentos en hojas de duraznero según varios autores.

Elemento	Nivel adecuado*	Fuente
N (%)	> 3 2.63 - 3.34 2.5 – 3.36 2.75 – 3.50	Chapman y Pratt, 1979. Ballinger <i>et al.</i> , 1966, Westwood, 1982, Jones <i>et al.</i> , 1991 y Johnson, 1993. Childers <i>et al.</i> , 1995. Lippert y Campbell, 2000.
P (%)	0.14 – 0.25 0.14 – 0.27 0.15 – 0.30 0.12 – 0.30	Chapman y Pratt, 1979 Ballinger <i>et al.</i> , 1966, Westwood, 1982, Jones <i>et al.</i> , 1991 y Johnson, 1993. Childers <i>et al.</i> , 1995. Lippert and Campbell, 2000
K (%)	1.5 – 3.0 1.30 – 2.85 1.25 – 3.0 1.30 – 3.20	Chapman y Pratt, 1979 Ballinger <i>et al.</i> , 1966, Westwood, 1982, Jones <i>et al.</i> , 1991 y Johnson, 1993. Childers <i>et al.</i> , 1995. Lippert and Campbell, 2000
Ca (%)	2.1 – 2.8 1.34 – 2.68 1.9 – 2.5 1.5 – 2.5	Chapman y Pratt, 1979 Ballinger <i>et al.</i> , 1966, Westwood, 1982, Jones <i>et al.</i> , 1991 y Johnson, 1993. Childers <i>et al.</i> , 1995. Lippert and Campbell, 2000
Mg (%)	0.25 - 0.80 0.24 – 0.67 0.25 – 0.54 0.25 – 0.50	Chapman y Pratt, 1979 Ballinger <i>et al.</i> , 1966, Westwood, 1982, Jones <i>et al.</i> , 1991 y Johnson, 1993. Childers <i>et al.</i> , 1995. Lippert and Campbell, 2000
Fe (mg·kg ⁻¹)	99 – 364 124 – 152 > 60	Ballinger <i>et al.</i> , 1966, Westwood, 1982, Jones <i>et al.</i> , 1991 y Johnson, 1993. Childers <i>et al.</i> , 1995. Lippert and Campbell, 2000
Mn (mg·kg ⁻¹)	40 – 220 20 – 142 > 20	Ballinger <i>et al.</i> , 1966, Westwood, 1982, Jones <i>et al.</i> , 1991 y Johnson, 1993. Childers <i>et al.</i> , 1995. Lippert and Campbell, 2000
Zn (mg·kg ⁻¹)	20 – 50 15 – 30	Ballinger <i>et al.</i> , 1966, Westwood, 1982, Jones <i>et al.</i> , 1991 y Johnson, 1993. Lippert and Campbell, 2000. Childers <i>et al.</i> , 1995.
Cu (mg·kg ⁻¹)	5 – 16 4.0 – 11.9 5 – 20	Jones <i>et al.</i> , 1991. Childers <i>et al.</i> , 1995. Lippert and Campbell, 2000
B (mg·kg ⁻¹)	20 – 58 20 – 80	Ballinger <i>et al.</i> , 1966, Westwood, 1982, Jones <i>et al.</i> , 1991 y Johnson, 1993. Childers <i>et al.</i> , 1995.

*Valores por debajo de los rangos están con deficiencia y valores por encima del máximo están con excesos.

5. Silicio en las plantas

Los elementos que podrían favorecer el crecimiento o que tienen una función en algunas plantas, pero no en todas, se conocen como elementos benéficos (Barker y Pilbeam, 2007). Entre los elementos benéficos están el silicio (Si), cobalto (Co) y el sodio (Na). (Asher, 1991; Epstein y Bloom, 2005).

Los fisiólogos vegetales no consideran al Si como un elemento esencial para las plantas; sin embargo, se ha reportado que la presencia de silicio beneficia a los cultivos, por inducción de resistencia y protección contra diversos factores bióticos y abióticos (Epstein, 1999). Todas las plantas terrestres contienen Si en sus tejidos aunque el contenido de Si varía considerablemente con la especie, que van desde 0,1 a 10 % de Si en base a peso seco (Ma y Takahashi 2002). Sin embargo, Si no ha sido reconocido como un elemento esencial elemento para el crecimiento de las plantas. La razón principal es que no hay pruebas que demuestren que el Si está involucrado en el metabolismo de la planta, que es uno de los tres criterios requerido para la esencialidad establecido por Arnón y Stout (1939).

La similitud química con fósforo y boro, ha hecho que algunos autores piensen en la posibilidad de que el silicio pueda remplazar o interferir en determinadas funciones de aquéllos, como por ejemplo condensarse con azúcares-alcoholes o ácidos orgánicos (Navarro, 2003).

Numerosos experimentos de campo en diferentes suelos y condiciones climáticas y con varias plantas demuestran claramente los beneficios de la

aplicación de fertilizantes de silicio para la productividad y calidad de los cultivos (Snyder *et al.*, 2007).

El ácido silícico mejora la utilización del fósforo al reducir la absorción de manganeso y en menor grado la del hierro del suelo. El ácido silícico dentro de la planta también reduce los niveles internos del manganeso y otros metales pesados a través de la precipitación de compuestos como Si-Mn o Si-Fe. Esto mejora la tolerancia de las plantas (al reducir la toxicidad potencial) a los metales pesados al asegurar su dilución o distribución más uniforme (Epstein, 1999).

Las aplicaciones foliares de ácido silícico reemplaza el tratamiento de las plantas con potasio para endurecer y promover la maduración de los frutos (Epstein, 1999).

6. Calidad poscosecha de frutas

La definición de calidad es muy amplia y puede variar según los criterios con la cual se evalúe. En frutas y hortalizas, puede tener distintas acepciones según los distintos actores involucrados en la cadena de distribución. Pero principalmente puede ser dividida en calidad orientada al producto y calidad orientada al consumidor. La importancia relativa de cada componente de la calidad depende del producto y de los intereses individuales del consumidor (Kader, 2001).

La percepción de calidad en la industria de frutas y hortalizas ha estado circunscrita durante muchos años a atributos externos como color y apariencia,

relegando a otros atributos muy importantes como la percepción del sabor, textura, color y defectos internos a ser evaluados durante el consumo. Actualmente, el sector hortofrutícola ha comenzado a considerar los atributos internos de cada producto junto a los externos en todas las etapas de producción como un criterio integrado del control de calidad, tratando de dar respuesta a las altas exigencias de un mercado altamente competitivo como es el de las frutas y hortalizas frescas (Bruhn, 2007).

La calidad y rendimiento de la producción hortofrutícola es derivada del manejo de los factores pre-cosecha (Moccia *et al.*, 2006) los cuales deberían orientarse a la optimización de su impacto en la calidad poscosecha (Crisosto y Mitchell, 2007).

El tamaño, color y forma apropiados son otros de los criterios de calidad más importantes. Un color y olor característico es deseable pues indica madurez y refleja calidad de consumo. Generalmente, a los productos de mayor tamaño se les asigna el precio máximo. Las cicatrices, rasguños y otras marcas disminuyen la preferencia del consumidor en términos de calidad (Bruhn, 2007).

El cambio de color ocurre debido a que al iniciarse la maduración, el etileno comienza a interactuar y a nivel de ADN y ARN se suspende la biosíntesis de clorofila lo que implica el inicio de la degradación de ésta, proteínas y lípidos (Saucedo, 1991).

La firmeza de las frutas va sufriendo ciertos cambios que se traducen en un ablandamiento debido a los cambios en la composición de las sustancias

pécticas. La etapa óptima de cosecha varía en función de la región y manejo y va disminuyendo al llegar la madurez de consumo (Gutiérrez, 2004).

Al ser una fruta climatérica, los cambios en color, firmeza, sabor, producción de etileno, y otros, continúan después de ser cosechado (Brummell *et al.*, 2004). La velocidad de ablandamiento de los frutos es el principal factor que determina su deterioro poscosecha e influye en su vida de anaquel, en infecciones poscosecha por patógenos, y limita el transporte y almacenamiento de los frutos. Por ello el durazno se cosecha antes de alcanzar su madurez completa para mantener los frutos firmes, reducir daños durante el manejo y prolongar su vida de anaquel (Sherma *et al.*, 1990).

7. Factores biológicos que causan el deterioro de las frutas

Entre los factores biológicos que causan el deterioro de las frutas se incluye la respiración, producción y acción del etileno y cambios composicionales (color, textura, aroma, sabor y valor nutritivo); desordenes fisiológicos, daños por macro y microorganismos. También se incluyen los daños mecánicos y el déficit hídrico. La intensidad del deterioro biológico depende de los factores ambientales como temperatura, humedad relativa, velocidad del aire y composición atmosférica (Kader, 2005).

Respiración

La respiración es el proceso mediante el cual las reservas orgánicas (carbohidratos, proteínas, grasas) son degradadas a productos finales simples con una liberación de energía.

El durazno es un fruto climatérico y como tal, una vez que ha alcanzado su desarrollo total en cuanto a peso y calibre en el árbol, su comportamiento respiratorio presenta un mínimo, luego un máximo respiratorio (climaterio) y posteriormente un descenso. Cuando los frutos alcanzan el climaterio se encuentran en el estado de madurez comercial, que se manifiesta mediante una modificación progresiva de los frutos adquiriendo coloraciones amarillas (carotenoides), rojas (antocianinas), pérdida de textura (degradación de protopectinas), sabor (azúcares) y aroma (compuestos orgánicos volátiles), que proporcionan las características específicas de cada cultivar (Crisosto, *et al.*, 2004). Durante la maduración los cambios más relevantes involucran un aumento en el contenido de carotenoides y azúcares, y una disminución de la firmeza, contenido de clorofila y acidez total (por pérdidas de ácido málico) (Saucedo, 1991).

La tasa de deterioro (percecibilidad) de los productos cosechados es, generalmente, proporcional a la tasa respiratoria. Los productos hortícolas son clasificados de acuerdo a su velocidad de respiración (Cuadro 3) (Kader, 2002).

Cuadro 3. Clasificación de productos hortícolas de acuerdo a su tasa de respiración (Kader, 2002).

Clasificación	Rango a 5 ° C (41° F) (mL CO ₂ · kg ⁻¹ h ⁻¹)	Productos
Muy baja	<5	Nueces, dátiles, frutas y hortalizas secas.
Baja	5-10	Manzana, cítricos, uva, kiwi, ajo, cebolla, papa (madura), camote, betabel, apio, arándano, melón honeydew, papaya, pèrsimo, piña, sandia.
Moderada	10-20	Chabacano, banana, cereza, durazno , nectarina, pera, ciruela, higo, col, zanahoria sin hojas, lechuga (cabeza), pimienta, jitomate, papa inmadura, pepino, aceituna, rábano sin hojas, calabacita, arándano, melón cataloupe, mango, higo.
Alta	20-40	Aguacate, zarzamora, zanahoria con hojas, coliflor, poro, lechuga, frijol lima, raano con hojas.
Muy alta	40-60	Alcachofa, germinados, brócoli, col de Bruselas, flor cortada, cebollin, oca, ejote, endivia, berro, col de hoja.
Extremadamente alta	>60	Espàrragos, champiñón, perejil, chicharo, espinacas, maíz dulce.

8. Efecto de los nutrimentos en la calidad poscosecha del durazno

La nutrición durante el crecimiento del fruto constituye uno de los factores importantes que afectan su calidad y comportamiento poscosecha (Duarte, 1991).

Muchos estudios a través del mundo se han centrado en como favorecen los elementos nutritivos, especialmente calcio y boro, en la calidad de los frutos (Biggs *et al.*, 1997). Las deficiencias de nutrientes pueden ser una de las causas de la ocurrencia de trastornos fisiológicos en los frutos.

Un exceso de N retarda la maduración, reduce la absorción de K y puede ser causa de menor fructificación debido a la gran competencia nutricional ejercida

por el crecimiento de los brotes. Asimismo, existe evidencia de que los árboles fertilizados con dosis altas de nitrógeno resultan más susceptibles al ataque de patógenos como pudrición café y a desórdenes fisiológicos (Scott, 1995).

Johnson y Uriu (1989) concluyeron que la mala coloración de la fruta, ya sea que porque carece de color o tengan una apariencia opaca, se observó bajo la deficiencia de potasio en durazno pero un alto nivel de potasio aumenta la acidez de la fruta (Kader y Rolle, 2004).

La deficiencia de K provoca necrosis del margen de las hojas y los ápices vegetativos, la formación de frutos pequeños, mas coloreados y menos aptos para la conservación, disminuye la resistencia al frio a causa del metabolismo deficiente de carbohidratos (Ryugo, 1993).

El calcio es el principal constituyente de las paredes celulares y membranas. Cuando se suministra en bajas cantidades, la división celular y el desarrollo de los puntos de crecimiento son afectados. Concentraciones adecuadas en el fruto, contribuyen a una larga vida de almacenaje, mayor consistencia y resistencia del fruto al transporte (Weir y Cresswell, 1993).

El efecto más importante inducido por la clorosis férrica en melocotonero fue una gran reducción de la producción, incluso cuando la clorosis se considera moderada. El tamaño del fruto se incrementó con la clorosis moderada y disminuyó en el caso de clorosis severa. Los dos grados de clorosis estudiados afectaron uniformemente a todas las ramas, dando lugar a frutos con mayor firmeza, una alta acidez y mayor contenido de compuestos fenólicos totales y

una menor relación azúcares/ácidos orgánicos. Estos resultados sugieren un retraso en la maduración que puede ser atribuido a una baja disponibilidad de carbono para los frutos. Todos los niveles de clorosis incrementaron la heterogeneidad en la apariencia de los frutos (Álvarez *et al.*, 2011).

Uno de los síntomas más generalizados de la deficiencia de Zn es la disminución del tamaño de las hojas y un acortamiento de los entrenudos, dando como resultado grupos compactos de hojas muy pequeñas en las ramillas terminales, síntoma conocido como arrositado. Además de su menor tamaño, las hojas se presentan angostas, elongadas y muchas veces con un moteado amarillo entre las venas primarias. Como resultado de su deficiencia, el área foliar y la fotosíntesis disminuye y en casos severos, hay muerte de ramillas, disminución en la formación de yemas florales, frutos deformados y de menor tamaño (Silva y Rodríguez, 1995).

La importancia de la concentración de B en la flor se centra en el hecho de que el B influye en el amarre de frutos (Hanson y Breen, 1985) en gran número de especies frutales (Wojcik y Wojcik, 2003); el boro puede aumentar la división celular o la síntesis de ácido nucleico en frutos en desarrollo (Peryea, 1994).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Sitio experimental

El experimento se llevó a cabo en el ciclo productivo 2014 en la comunidad de Tezontepec, Municipio de Tepeyahualco de Hidalgo, Puebla; dicha comunidad se localiza en la parte noreste del Estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 19° 23' 06" y 19° 42' 42" de latitud norte y los meridianos 97° 21' 54" y 97° 21' 18" de longitud occidental a 2450 msnm (INAFED, 2014). En el Municipio se presenta la transición de los climas secos de los Llanos de San Juan a los templados de la Sierra Norte del Estado de Puebla, en donde se identifican dos climas: Clima semiseco templado con lluvias en verano, mismo que se presenta al sur del Municipio y clima templado subhúmedo, con lluvias en verano, característico de la parte septentrional y extremo norte del Municipio (INAFED, 2014).

De acuerdo a los datos de la Estación Meteorológica 00021052 Alchichica ubicada en el Municipio de Tepeyahualco, la temperatura promedio máxima fue de 22.2 °C y la temperatura mínima fue de 5.5 °C y una temperatura promedio de 13.9 °C. La precipitación total acumulada fue de 392 mm, con una humedad relativa de 70.21 %, una evapotranspiración de referencia acumulada de 1,685.9 mm (CONAGUA, 2014).

Características del suelo

Los nutrientes presentes en el suelo del sitio experimental se presentan en el Cuadro 4, además con las siguientes características fisicoquímicas: textura franco limosa (42 % de arena, 24 % de limo y 10 % de arcilla), pH neutro (6.9), muy bajo en materia orgánica (0.77 %) y libre de sales (CE 0.13 dS m⁻¹).

Cuadro 4. Cantidades de elementos minerales del suelo (establecimiento de árboles de durazno de 8 años de edad) del sitio experimental.

	Nutrientes (mg·kg ⁻¹)									
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Resultado de análisis	21.06	34.03	958	1563	236	19.83	0.61	0.57	7.10	0.69
Interpretación (Castellanos et al., 2000)	B*	A	A	M	M	M. A	M. B	B	M	B

*B = Bajo; M. B = Moderadamente bajo; M = Medio; M. A = Moderadamente alto; A= Alto

Agua de riego

El agua que se utilizó provino de la planta tratadora de aguas residuales (Cuadro 5) de la comunidad de Tezontepec, Tepeyahualco de Hidalgo, Puebla; la cual presentaba pH de 7.60 y C.E de 1.18 dS·m⁻¹.

Cuadro 5. Resultado de análisis de agua de la planta tratadora de aguas residuales utilizada para el experimento.

	Cationes (me L ⁻¹)					Aniones (me L ⁻¹)				
	Ca	Mg	K	Na	CO ₃	HCO ₃	SO ₄	Cl	B	
Resultado de análisis	5.03	1.00	1.28	0.35	0	4.10	2.21	0.00	2.60	

El agua y la solución nutritiva se aplicó mediante un sistema de riego por goteo, se colocaron cuatro goteros autocompensantes con capacidad de 8 l·h⁻¹ en cada árbol. El programa de riego fue diseñado de acuerdo a la metodología de

Blaney-Criddle (1950) y la dosis de agua de riego fue 600 litros por árbol durante todo el ciclo productivo para todos los tratamientos.

2. Material vegetal

La unidad experimental la constituyó un árbol de durazno cv. Diamante de 8 años de edad injertado en patrón criollo, establecidos en un marco de plantación de 5 x 4 m con arreglo tres bolillo y densidad de plantación de 500 árb·ha⁻¹. El experimento se llevó a cabo en el ciclo productivo 2014.

3. Factores en estudio y diseño de tratamientos

Se evaluaron siete tratamientos de fertilización, tres aplicados por el método fertirriego, tres por método foliar y uno aplicado directo al suelo. Los tratamientos consistieron en la aplicación de diferentes dosis y métodos de una solución nutritiva formulada con base en la dosis óptima de fertilización para lo cual se utilizó la fórmula propuesta por Etchevers (1987):

$$\text{Dosis de fertilización} = \frac{f(a-b)}{c}$$

Donde:

f = es función de D, es decir, la dosis de fertilización.

a = es la demanda de nutrimentos por el cultivo.

b = es la disponibilidad de nutrimentos en el suelo más el aporte del agua de riego.

c = es la eficiencia del fertilizante.

Al aplicar la fórmula, **a** fue la demanda de nutrimentos por el durazno, **b** la cantidad de nutrimentos que el árbol tiene disponible para lo cual, se multiplicó el peso del suelo por la cantidad de nutrimentos (Cuadro 4); el peso del suelo se calculó con base a la superficie de exploración de las raíces, se utilizó la siguiente formula:

$$\text{peso del suelo (kg)} = [\text{área del suelo (cm)} \times \text{profundidad (cm)} \times \text{densidad aparente (g} \cdot \text{cm}^3)]$$

Dónde: área del árbol = $A = \pi r^2$ (se midió el radio de los árboles); profundidad = 30 cm y densidad aparente = $1.21 \text{ g} \cdot \text{cm}^3$.

Para **b** también se consideró los nutrimentos que contiene el agua de riego y **c** fue la eficiencia de los fertilizantes (60 % para N, Ca y Mg y 50 % para K, P y micros).

El balance de cationes y aniones fue de $26 \text{ meq} \cdot \text{L}^{-1}$, para este balance se consideraron $3.5 \text{ meq} \cdot \text{L}^{-1}$ de iones H^+ que fueron suministrados con el ácido nítrico (HNO_3) para eliminar los carbonatos del agua de riego. La solución nutritiva aplicada se describe en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Solución nutritiva aplicada a árboles de durazno cv. Diamante de 8 años de edad en el ciclo productivo 2014 en el Municipio de Tepeyahualco de Hidalgo, Puebla.

Nutrimentos										
pH	C. E.	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe	Mn	Cu	Zn
		----- meq·L ⁻¹ -----					----- ppm -----			
5.5	2.6	24	2	6.5	9	7	3	2	0.2	0.5

Los fertilizantes que se utilizaron para la preparación de la solución nutritiva fueron nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), nitrato de magnesio ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), nitrato de potasio (KNO_3), fosfato monopotásico (KH_2PO_4), hierro

quelatado (Fe-EDTA), sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), sulfato de zinc ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), sulfato de manganeso ($\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) y silicato de potasio (K_2SiO_3).

Se determinó que la solución nutritiva (S.N.) calculada con base a la dosis óptima de fertilización sería el tratamiento fertirriego S.N. 100 %; con base a esta solución también se probaron concentraciones al 75 y 125 %. Las aplicaciones de las tres concentraciones fueron realizadas cada siete días, de las 9.0 a 10.0 h del día, a partir del día 12 de abril y hasta el 23 de agosto de 2014.

Se probaron tres dosis de fertilización foliar. Para lo cual se aplicó la solución nutritiva antes descrita a una concentración del 1 % con una proporción de 0.8 % de macronutrientes y 0.2 % de micronutrientes estos últimos con una relación $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{3}{20}$, $\frac{1}{4}$ para Fe, Cu, Zn y Mn, respectivamente. Otro tratamiento fue la aplicación de la solución nutritiva antes mencionada al 0.5 % más 0.5 % de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, y el último tratamiento fue la aplicación de la solución nutritiva al 0.5 % más 0.5 % de K_2SiO_3 . Se ajustó el pH de la solución al asperjar con regulador de pH Buffex® $1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ y adherente Inex-A® $0.5 \text{ ml} \cdot \text{L}^{-1}$. Las aplicaciones foliares se realizaron antes de las 8 h, cada 15 días a partir del día 19 de abril y hasta el 23 de agosto.

Otro tratamiento fue la fertilización tradicional, la cual consistió en la aplicación de fosfato diamónico (106 g por árbol) y urea (102 g por árbol) directamente al suelo (Cuadro 7).

Cuadro 7. Descripción de los tratamientos aplicados en el cultivo de Durazno en el ciclo productivo 2014.

Tratamiento	Método de aplicación	Descripción
Tradicional	Directa al suelo	Fosfato diamónico y urea.
S.N. 75 %	Fertirriego	Solución nutritiva al 75 %.
S.N. 100 %	Fertirriego	Solución nutritiva al 100 %.
S.N. 125 %	Fertirriego	Solución nutritiva al 125 %.
S.N. 1 %	Foliar	Solución nutritiva a una concentración de 1,000 mg·L ⁻¹
S.N. 0.5 % + Ca (NO ₃) ₂	Foliar	Solución nutritiva a una concentración de 5,000 mg·L ⁻¹ más 5,000 mg·L ⁻¹ de nitrato de calcio.
S.N. 0.5 % + K ₂ SiO ₃	Foliar	Solución nutritiva a una concentración de 5,000 mg·L ⁻¹ más 5,000 mg·L ⁻¹ silicato de potasio.

Las aportaciones totales de nutrimentos de cada tratamiento durante todo el ciclo productivo se indican en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Cantidad total de nutrimentos aportados a árboles de durazno con los tratamientos aplicados en el ciclo productivo 2014.

Nutrimento (gramos por árbol)	S.N. 75 %	S.N. 100 %	S.N. 125 %	S.N. 1 %	S.N. 0.5 % + Ca (NO ₃) ₂	S.N. 0.5 % + K ₂ SiO ₃
N	151	201	252	17.16	22.54	8.58
P	27	37	46	3.30	1.64	1.65
K	114	152	190	12.93	6.46	15.76
Ca	81	108	135	10.80	22.50	5.40
Mg	37	50	63	4.56	2.25	2.28
Fe	1.35	1.80	2.25	2.34	1.17	1.17
Mn	0.90	1.20	1.50	2.7	1.35	1.35
Cu	0.09	0.12	0.15	0.93	0.46	0.46
Zn	0.22	0.30	0.37	1.16	0.58	0.58
Si						18.39

4. Diseño experimental

La unidad experimental estuvo constituida por un árbol de durazno cv. Diamante de ocho años de edad. El experimento se organizó en un diseño experimental en bloques completos al azar con 5 repeticiones.

5. Caracteres a evaluar

Número total de frutos

Se contó el número total de frutos por árbol, para el corte de los frutos se consideró un cuarto de coloración amarilla y firmeza aproximada de 4.25 kg de fuerza (con puntal de 11 mm de diámetro).

Producción

Se pesó el número total de frutos por árbol con una báscula, tomando en cuenta estos datos de producción, se calculó el rendimiento considerando una densidad de plantación de 500 árb·ha⁻¹.

Contenido nutrimental

El contenido nutrimental se hizo mediante un análisis foliar (N, P, K, Ca, Mg, Mn, Cu, Fe, Zn y Si); el día 1 de septiembre de 2014; se colectaron al azar hojas sanas y maduras de la parte media de las ramas de los cuatro puntos cardinales (N, S, E, O) las cuales se trasladaron en bolsas de papel al Laboratorio de Nutrición del Departamento de Suelos, posteriormente se secaron dichas hojas en bolsas de papel a la estufa (marca BINDER) de aire forzado a una temperatura de 70 °C por 72 horas o hasta peso constante;

posteriormente se molieron las hojas para tomar una muestra de 0.5 g, a la cual se agregó una mezcla de 4 ml de solución diácida de H_2SO_4 y HClO_4 (2:1, v/v), y 2 ml de peróxido de hidrógeno a 30 % y se colocaron en la placa de digestión (la temperatura no debe pasar de 200 °C, ya que a mayor temperatura se puede volatilizar parcialmente el fósforo). Se consideró como punto final de la digestión cuando el líquido se encontró totalmente transparente. Posteriormente se aforó a 50 ml con agua desionizada; dicha digestión sirvió para cuantificar todos los elementos nutrimentales.

La determinación de nitrógeno se realizó por el método de Microkjeldahl (Chapman y Pratt, 1979).

El fósforo se cuantificó por el método amarillo vanadato-molibdato (Chapman y Pratt, 1979) y haciéndose la lectura en un espectrofotómetro marca Genesys 10UV.

El potasio se determinó a partir del digestado, se tomándose una alícuota de 1 ml aforado en 25 ml con agua desionizada y se determinó con el espectrofotómetro marca Jenway PFP7 flame Photometer 410.

El calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre y zinc fueron determinados directamente del digestado utilizando el espectrofotómetro GBC Scientific Equipment Modelo: SAVANT AA.

Para la determinación de silicio se pesó una muestra de 0.15 g de materia seca de las hojas y se sometió a una digestión húmeda con una mezcla de solución triácida (HNO_3 , HClO_4 y H_2SO_4) (10:2:1, v/v); después de la digestión se aforó a

10 ml con agua desionizada, finalmente se realizó la determinación en un espectrofotómetro de absorción atómica ICP-OES, Series 725, Agilent.

Calidad del fruto

Se hicieron dos mediciones de los parámetros de calidad, una al inicio del almacenamiento y la otra, ocho días después del periodo de almacenamiento. Los frutos fueron almacenados en condiciones ambientales de $24\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1$ y humedad relativa de $35\% \pm 2$. Los frutos cosechados fueron trasladados del campo al Laboratorio de Poscosecha del Departamento de Agroindustrias en un lapso menor a 24 horas.

La firmeza se determinó a partir de 30 frutos por tratamiento con un texturómetro Modelo TA-XT2I, marca Stable Micro Systems (Reino Unido) con una celda de carga de 5 kg. Se aplicó una rutina de medición de punción (con una sonda de aguja Batch No.3426) en la superficie del fruto con velocidad de preensayo de $2\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, ensayo de $1\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ y postensayo de $2\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$; a temperatura ambiente ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Los datos fueron obtenidos con el software NEXIGEN. Los resultados se representaron como la fuerza necesaria (kgf) para la penetración de la cáscara del durazno, definida como firmeza.

Para evaluar el color de la cáscara de los frutos se siguió la metodología propuesta por McGuire (1992), se utilizó un colorímetro Hunter Lab Modelo MiniScan XE Plus No. 45/O-L (EUA) en donde se determinaron las lecturas a, b y L, con las cuales se calculó:

$$1. \text{ Angulo de tono (Hue)} = \text{Arc tan} \left(\frac{b}{a} \right)$$

$$2. \text{ Índice de saturación (Croma)} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

3. Luminosidad, fue la lectura L obtenida de manera directa.

La acidez se midió por titulación con NaOH de una alícuota (5 ml) proveniente de 20 g de pulpa macerada en 100 ml de agua destilada y usando fenolftaleína 1 % como indicador, los resultados se expresó como % de ácido málico (A.O.A.C, 1990).

$$\text{acidez (\%)} = \frac{(V_{\text{NaOH}})(N_{\text{NaOH}})(\text{MEQ}_{\text{AC MAL}})(100)}{V_{\text{muestra}}}$$

Donde:

V_{NaOH} = Volumen gastado de NaOH

N_{NaOH} = Normalidad de NaOH (0.01)

$\text{MEQ}_{\text{AC MAL}}$ = Miliequivalentes del ácido málico (0.067)

V_{muestra} = Volumen total de la muestra

Los sólidos solubles totales (°Brix) se determinaron con un refractómetro digital ATAGO modelo PAL-1, siguiendo la metodología propuesta por la A.O.A.C, (1990).

Para la pérdida de peso, se pesaron los frutos en una balanza granataria electrónica Ohaus Corporation modelo CT 1200 (EUA), con una precisión de 0.1 g haciéndose esta evaluación todos los días durante una semana; la pérdida de peso se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$PP(\%) = \frac{(PI-PF)}{PI} * 100$$

Donde:

PP (%) = pérdida de peso en porcentaje.

PI = peso inicial.

PF = peso final de cada día.

Para la determinación de la respiración se colocaron los frutos en recipientes de vidrio con tapa hermética durante 1 h, pasado este tiempo se extrajeron 7 mL de muestra gaseosa del espacio de cabeza con una jeringa (10 mL) y se colocaron en un recipiente de vidrio al vacío (vacutainer) de 6 mL; posteriormente se almacenaron en refrigeración a 4 °C hasta su evaluación. Para la evaluación, se tomó 1 mL de muestra gaseosa del espacio de cabeza del vacutainer con una jeringa (1 mL) y se inyectó a un cromatógrafo de gases, marca Varian Star 3400® (USA), columna SS empacada Poropak N, 2 m x 3 mm de diámetro externo y 2 mm de diámetro interno, con detector TCD (detector de conductividad térmica) y FID (detector de ionización de flama). Las temperaturas del cromatógrafo fueron de 80, 150, 250 y 170 °C en columna, inyector, auxiliar y detector, respectivamente; el gas de arrastre fue Helio. El tiempo de retención para identificar CO₂ fue de 0.99 min con estándares comerciales de CO₂ (INFRA®, México).

La tasa de respiración se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \text{h}^{-1} (\text{mL}) = \frac{\left\{ \left[\frac{(\text{Am}-\text{AT}) \cdot (\text{CP})}{\text{Abc P}} \right] / (1000) \right\}}{100} * \frac{\text{esp vacio (L)}}{\text{peso fruto (kg)}}$$

Donde:

Am = área de la muestra

AT = área del testigo

CP = concentración patrón ($\text{CO}_2 = 460 \text{ ppm}$).

Abc P = área del blanco patrón (8565)

esp vacío = volumen del frasco (L) - volumen del fruto (kg).

Para obtener la tasa de respiración total se sumó la concentración de CO_2 de los ocho días en que se realizó la evaluación de la respiración.

6. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza, contrastes ortogonales y pruebas de comparación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Se realizó un análisis de correlación entre pares de variables. Se empleó el programa SAS (Statistical Analysis System) Software Versión 9.0.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Producción y número de frutos

El análisis de varianza (Cuadro 9) de la producción y el número total de frutos por árbol no mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$), la media de la producción de frutos por árbol fue de 34.2 kg y el número total de frutos por árbol fue de 800.

Cuadro 9. Análisis de varianza del peso y número total de frutos por árbol de durazno cultivados con diferentes dosis y métodos de fertilización.

FV	GL	Cuadrados Medios	
		Producción	NT
Fertilización	6	189.24647	96070.683
Bloque	4	60.7515	30675.1536
Error	24	115.6838	91392.96
CV (%)		31.4	37.7
Media		34.2	800.9

Significancia con $\alpha \leq 0.01^{**}$; $P \leq 0.05^{*}$; FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; CV: coeficiente de variación; NT: número total de frutos por árbol.

Con la aplicación de los tratamientos no se observaron diferencias significativas; sin embargo, realizando cálculos de rendimiento por hectárea utilizando los datos de producción por árbol, se observa (Cuadro 10) que existe una tendencia a incrementar el rendimiento. Estos resultados concuerdan con Gazolla *et al.* (2007) quienes probaron diferentes dosis de fertilización en el ciclo productivo 2005 y no encontraron ninguna mejora en la calidad y productividad del durazno cv Maciel. En un experimento

realizado por Riter (1988) en árboles de durazno, por un período de 15 años, con N, P y K, se observó que durante los primeros 6 años no hubo respuesta a P, en el año siguiente hubo un mejor desarrollo de brotes, hojas, color de fruto y una mayor cantidad de sólidos solubles. Es probable que en años consecutivos se observen diferencias estadísticas significativas en cuanto a la aplicación de los elementos minerales en la producción.

Cuadro 10. Comparación de medias de la producción y número total de frutos cultivados con diferentes dosis de fertilización.

Tratamiento	Producción (kg·árb ⁻¹)	Rendimiento ¹ (t·ha ⁻¹)	Número total de frutos por árbol
TRADICIONAL	30.0 a ²	15.0	754 a
FERTIRRIEGO			
S.N. 75 %	32.5 a	16.2	632 a
S.N. 100 %	36.0 a	18.0	833 a
S.N. 125 %	46.7 a	23.3	1058 a
FOLIAR			
S.N. 1 %	31.1 a	15.5	689 a
S.N. 0.5 % + Ca (NO ₃) ₂	35.0 a	17.5	842 a
S.N 0.5 % + K ₂ SiO ₃	28.2 a	14.1	728 a
DMSH	21.6		596

¹Datos calculados de acuerdo a la producción considerando 500 árb·ha⁻¹. DMSH: diferencia mínima significativa honesta; ²valores con la misma letra dentro de la columna son estadísticamente iguales (Tukey P ≤ 0.05). S.N.: Solución nutritiva.

A partir del análisis de correlación de Pearson (Cuadro 11) se deduce que los nutrientes aplicados afectan la producción, número total de frutos por árbol y la calidad del fruto.

El zinc se correlacionó de manera negativa con la producción ($r = -0.84$), estos resultados no concuerdan con Rodríguez *et al.* (2005) quienes encontraron que la fertilización con altas dosis de KCl con el agregado de Zn en naranjo dulce, incrementan la producción; sin embargo, Torres *et al.* (2009), encontraron que el efecto del Zn varía de acuerdo al contenido foliar de otros nutrientes, lo cual podría explicar los resultados de este experimento. La respuesta de la fertilización varía no solo por el tipo de fertilizante sino también depende del genotipo, Chatzitheodorou *et al.* (2004), encontraron que la respuesta de la aplicaciones de diferentes combinaciones de fertilizantes no fue igual entre cultivares 'Spring Time' y 'Red Haven'.

Cuadro 11. Correlación de las variables concentración nutrimental, parámetros de calidad y producción de duraznos cultivados con diferentes dosis de fertilización y conservados en condiciones ambientales de $24^{\circ}\text{C} \pm 1$ y humedad relativa de $35\% \pm 2$.

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	B	Si	F1	F2	SST1	SST2	A1	A2	L1	H1	C1	L2	H2	C2
N		0.63	0.76	-0.16	-0.58	-0.05	0.08	0.12	-0.49	-0.42	-0.20	-0.40	0.27	0.38	-0.13	0.39	-0.96**	0.18	-0.16	-0.42	0.23	0.57
P			0.28	0.56	-0.20	0.61	0.79	0.77	-0.60	-0.43	-0.35	-0.03	0.77	0.91*	0.39	0.02	-0.55	0.55	0.42	-0.93**	0.65	0.65
K				-0.15	-0.70	-0.20	-0.16	-0.15	-0.73	-0.29	0.29	0.07	0.24	0.20	-0.31	0.80	-0.87*	0.02	-0.27	0.05	0.14	0.64
Ca					0.02	0.66	0.92	0.90	-0.55	-0.37	0.03	0.53	0.90	0.82	0.76	0.01	0.21	0.57	0.86	-0.58	0.62	0.56
Mg						0.57	-0.01	-0.06	0.58	0.81	-0.62	-0.18	-0.26	-0.09	-0.26	-0.89	0.64	-0.55	0.13	0.05	-0.51	-0.44
Fe							0.69	0.63	-0.26	0.28	-0.57	0.12	0.60	0.75	0.16	-0.48	0.12	0.02	0.57	-0.60	0.17	0.36
Zn								0.99*	-0.48	-0.47	-0.18	0.29	0.89*	0.90*	0.79	-0.11	0.02	0.69	0.79	-0.85*	0.73	0.53
Mn									-0.46	-0.53	-0.20	0.20	0.90*	0.90	0.83*	-0.10	0.02	0.68	0.84*	-0.83*	0.68	0.58
B										0.48	-0.35	-0.51	-0.79	-0.69	-0.24	-0.71	0.57	-0.45	-0.28	0.34	-0.60	-0.85*
Si											-0.37	-0.11	-0.54	-0.39	-0.74	-0.55	0.35	-0.81	-0.36	0.42	-0.70	-0.49
F1												0.74	-0.01	-0.29	0.16	0.78	-0.01	0.40	-0.26	0.38	0.39	-0.05
F2													0.36	0.17	0.28	0.46	0.20	0.44	0.10	0.04	0.54	0.10
SST1														0.95**	0.66	0.24	-0.20	0.59	0.78	-0.67	0.66	0.84*
SST2															0.52	0.03	-0.29	0.49	0.71	-0.81*	0.59	0.79
A1																0.04	0.25	0.80	0.75	-0.54	0.69	0.30
A2																	-0.55	0.33	-0.19	0.21	0.37	0.47
L1																		-0.18	0.33	0.30	-0.27	-0.52
H1																			0.31	-0.66	0.97**	0.26
C1																				-0.44	0.27	0.56
L2																					-0.71	-0.38
H2																						0.34
C2																						
PP1																						
PP2																						

Continuación....

	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5	PP6	PP7	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	RT	PTF	NTF
N	0.61	0.57	0.47	0.51	0.38	0.43	0.41	-0.82*	-0.49	-0.65	-0.76	-0.37	-0.61	-0.57	0.10	-0.54	0.14	-0.65
P	0.79	0.80	0.79	0.72	0.69	0.64	0.63	-0.58	-0.60	-0.58	-0.93**	-0.15	-0.83*	-0.66	-0.11	-0.68	-0.58	-0.81
K	0.60	0.50	0.27	0.33	0.19	0.22	0.17	-0.57	-0.09	-0.75	-0.37	-0.84*	-0.51	-0.26	0.39	-0.23	0.38	-0.60
Ca	0.63	0.68	0.73	0.61	0.71	0.61	0.62	0.07	0.01	-0.18	-0.44	-0.03	-0.54	-0.09	0.19	-0.14	-0.73	-0.43
Mg	-0.49	-0.55	-0.45	-0.66	-0.53	-0.61	-0.55	0.12	-0.42	0.15	0.33	0.35	0.13	-0.29	-0.84*	-0.32	-0.04	0.58
Fe	0.40	0.34	0.36	0.10	0.21	0.07	0.10	-0.30	-0.65	-0.47	-0.43	-0.09	-0.67	-0.67	-0.58	-0.72	-0.49	-0.26
Zn	0.66	0.74	0.83*	0.73	0.80	0.71	0.72	-0.10	-0.22	-0.19	-0.68	0.13	-0.61	-0.28	0.05	-0.32	-0.84*	-0.57
Mn	0.69	0.77	0.88*	0.77	0.85*	0.78	0.80	-0.15	-0.21	-0.18	-0.71	0.17	-0.61	-0.27	0.11	-0.30	-0.78	-0.52
B	-0.90*	-0.86*	-0.67	-0.67	-0.61	-0.56	-0.52	0.34	0.01	0.71	0.55	0.75	0.75	0.21	-0.47	0.23	0.23	0.84*
Si	-0.59	-0.72	-0.77	-0.92**	-0.87*	-0.93**	-0.90*	0.06	-0.34	-0.06	0.55	-0.09	0.21	-0.25	-0.78	-0.27	0.36	0.54
F1	0.00	0.06	-0.08	0.15	0.06	0.09	0.03	0.61	0.87*	0.25	0.41	-0.35	0.36	0.80	0.79	0.78	-0.05	-0.21
F2	0.18	0.21	0.08	0.14	0.13	0.05	0.01	0.60	0.55	0.02	0.27	-0.42	0.01	0.48	0.42	0.41	-0.46	-0.36
G1	0.90*	0.92**	0.91*	0.81	0.85*	0.77	0.77	-0.29	-0.16	-0.49	-0.73	-0.26	-0.80	-0.31	0.28	-0.34	-0.58	-0.68
G2	0.87*	0.87*	0.87*	0.72	0.76	0.67	0.68	-0.47	-0.46	-0.59	-0.84*	-0.21	-0.89*	-0.58	-0.02	-0.60	-0.59	-0.70
A1	0.41	0.57	0.74	0.77	0.84*	0.82*	0.83*	0.25	0.31	0.31	-0.40	0.43	-0.13	0.27	0.48	0.26	-0.72	-0.28
A2	0.47	0.47	0.27	0.44	0.31	0.35	0.29	-0.02	0.50	-0.30	-0.09	-0.67	-0.15	0.34	0.82*	0.35	0.18	-0.53
L1	-0.57	-0.51	-0.34	-0.42	-0.26	-0.31	-0.26	0.70	0.38	0.68	0.61	0.56	0.54	0.46	-0.15	0.44	-0.17	0.72
H1	0.46	0.62	0.66	0.81	0.76	0.76	0.72	0.23	0.27	0.15	-0.45	0.13	-0.16	0.25	0.52	0.22	-0.80	-0.69
C1	0.54	0.59	0.73	0.55	0.71	0.63	0.68	-0.11	-0.07	-0.09	-0.47	0.23	-0.48	-0.17	0.13	-0.17	-0.44	-0.09
L2	-0.56	-0.64	-0.71	-0.66	-0.66	-0.61	-0.61	0.33	0.52	0.26	0.82	-0.17	0.60	0.51	0.18	0.54	0.78	0.68
H2	0.55	0.67	0.66	0.77	0.71	0.68	0.64	0.16	0.16	-0.04	-0.49	-0.07	-0.31	0.12	0.43	0.08	-0.83*	-0.82*
C2	0.97**	0.91*	0.82*	0.72	0.73	0.68	0.68	-0.64	-0.24	-0.76	-0.76	-0.53	-0.88	-0.45	0.34	-0.44	-0.06	-0.62
PP1		0.98**	0.89*	0.82*	0.81	0.76	0.75	-0.58	-0.25	-0.72	-0.83*	-0.48	-0.89*	-0.44	0.35	-0.44	-0.27	-0.78
PP2			0.95**	0.92**	0.91*	0.87*	0.86*	-0.47	-0.15	-0.57	-0.84*	-0.34	-0.81	-0.32	0.44	-0.32	-0.40	-0.80
PP3				0.95**	0.98**	0.95**	0.95**	-0.41	-0.15	-0.37	-0.86*	-0.05	-0.72	-0.29	0.39	-0.28	-0.49	-0.66

Continuación...

	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5	PP6	PP7	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	RT	PTF	NTF
PP4					0.98**	0.98**	0.97**	-0.27	0.05	-0.23	-0.79	-0.04	-0.55	-0.08	0.58	-0.07	-0.50	-0.72
PP5						0.99**	0.99**	-0.25	0.03	-0.19	-0.77	0.05	-0.56	-0.09	0.52	-0.08	-0.53	-0.61
PP6							0.99**	-0.25	0.08	-0.13	-0.76	0.09	-0.48	-0.04	0.58	-0.02	-0.46	-0.58
PP7								-0.26	0.05	-0.12	-0.76	0.14	-0.49	-0.06	0.55	-0.04	-0.45	-0.53
R1									0.77	0.79	0.74	0.32	0.76	0.86**	0.26	0.82**	-0.31	0.33
R2										0.60	0.58	0.06	0.62	0.97**	0.77	0.97**	0.02	0.20
R3											0.58	0.78	0.88	0.76	0.15	0.76	-0.17	0.57
R4												0.09	0.83**	0.67	-0.02	0.65	0.34	0.70
R5													0.50	0.22	-0.19	0.24	-0.28	0.50
R6														0.77	0.10	0.78	0.19	0.67
R7															0.64	0.99**	-0.03	0.30
R8																0.66	0.00	-0.27
RT																	0.03	0.33
PTF																		0.50
NTF																		

N: nitrógeno; P: fosforo; K: potasio; Ca: calcio; Mg: magnesio; Fe: hierro; Cu: cobre; Zn: zinc; Mn: manganeso; B: boro; Si: silicio; F1: firmeza inicial; F2: firmeza final; SST1: solidos solubles totales inicial; SST2: solidos solubles totales final; A1: acidez inicial; A2: acidez final; L1, C1 y H1: luminosidad, croma, Hue inicial; L2, C2 y H2: luminosidad, croma y Hue final; PP1-7: pérdida de peso día 1-7; R1-8: tasa de respiración día 1-8; RT: tasa de respiración total; PTF: peso total de frutos por árbol; NTF: número total de frutos por árbol.

2. Concentración nutrimental en hoja

El análisis de varianza de los contenidos nutrimentales en hojas de durazno del muestreo realizado el día 1 de septiembre de 2014 (Cuadro 12), no mostraron diferencias significativas por efecto de los tratamientos en cuanto a la concentración de potasio, magnesio y boro, para el resto de las concentraciones de los elementos sí hubo diferencias significativas.

Cuadro 12. Análisis de varianza de los contenidos nutrimentales del análisis foliar en durazno cultivado con diferentes dosis y métodos de fertilización.

FV	GL	Cuadrados Medios									GL	Si
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	B		
Fert.	6	0.22*	0.0014*	0.18	0.36*	0.002	6283**	2360**	5602**	32.1	6	3091**
Bloq	4	0.27	0.0004	0.53	0.38	0.003	4448	150	547	20.2	4	291.7
Error	94	0.08	0.0003	0.11	0.15	0.003	1221	94	99	18	24	245.9
CV (%)		13.0	15.2	20.0	17.6	11.28	18.85	34.4	18.47	17.61		20
Media		2.24	0.12	1.68	2.24	0.51	185.3	28.26	54	24.1		77.4

Significancia con $P \leq 0.01^{**}$; $P \leq 0.05^{*}$; FV: Fuentes de Variación; GL: Grados de Libertad; Fert.: fertilización; Bloq: bloque; CV: Coeficiente de Variación.

El boro no se incluyó dentro de los tratamientos aplicados debido a que este elemento se encontraba en el agua de riego en cantidades suficientes, por lo tanto su contenido en la hoja fue estadísticamente igual. El potasio y magnesio tampoco se vieron afectadas por la aplicación de los tratamientos de fertilización por lo tanto se descartan de las pruebas de comparación de medias.

En la comparación de medias de los métodos de aplicación de nutrimentos (Cuadro 13), indica que no hubo diferencias significativas en el contenido de nitrógeno en las hojas de durazno; estos resultados indican que con una menor cantidad de fertilizantes aplicados por el método foliar se tienen

concentraciones similares de nitrógeno en la hoja, en comparación con el método de aplicación mediante fertirriego y tradicional. Para el caso del fósforo y calcio el método foliar fue el que presentó la mayor concentración con respecto al tradicional. El método fertirriego fue estadísticamente igual con los dos métodos evaluados.

La aplicación por el método foliar fue el tratamiento que presentó el mayor contenido de hierro, zinc y manganeso, en comparación con los métodos fertirriego y tradicional, los cuales fueron estadísticamente iguales. La respuesta positiva de la aplicación de micronutrientes a la hoja se puede deber a que en el suelo, éstos (Fe, Cu, Zn y Mn) son muy reactivos con las partículas de arcilla y otros componentes del suelo; por lo tanto, cuando se les suministra por esta vía, su disponibilidad para las plantas se ve muy reducida y es probable que pasen rápidamente a formas no disponibles para la raíz (Kafkafi y Tarchitzky, 2012). Para el caso del manganeso, una disminución rápida (en una escala de segundos o minutos) de la concentración en la solución de suelo, hasta llegar a un nivel de deficiencia, ha sido atribuido a la rápida reacción de adsorción en las partículas de arcilla del suelo (Davies y Morgan, 1989; Morgan, 2005).

Cuadro 13. Comparación de medias del contenido nutrimental en hoja de duraznos cultivados con diferentes métodos y dosis de fertilización.

Método de aplicación	N ----- (%) -----	P	Ca	Fe	Zn	Mn	Si
	-----ppm-----						
Tradicional	2.10 a ^z	0.117 b	2.05 b	165.7 b	18.33 b	40.0 b	74.73 b
Fertirriego	2.27 a	0.126 ab	2.23 ab	170.1 b	18.68 b	38.6 b	66.16 b
Foliar	2.28 a	0.134 a	2.31 a	207.1 a	41.15 a	73.9 a	89.6 a

N: nitrógeno, P: fósforo; Ca: calcio; Fe: hierro; Zn: zinc; Mn: manganeso; ^zvalores con la misma letra dentro de la columna son estadísticamente iguales.

En la comparación de medias de los tratamientos (Cuadro 14) el valor más alto de N (2.4 %) se obtuvo con el tratamiento foliar de S.N. 0.5 % + Ca (NO₃)₂ presentando igualdad estadística con todos los tratamientos, excepto con los tratamientos tradicional y foliar S.N. 0.5 % + K₂SiO₃. Varios estudios indican que con aplicaciones foliares de N se incrementa su contenido en la hoja (Fisher, 1952; Gooding y Davies, 1992; Johnson *et al.*, 2001; Krogmeier *et al.*, 1989; Strik *et al.*, 2004; Witte, 2011), aunque intervalos de suficiencia para este elemento indican que las concentraciones obtenidas con los tratamientos se encuentran ligeramente por debajo de lo normal (2.5 - <3 %); es importante mencionar que factores como el cultivar, abióticos, bióticos y época de muestreo influyen en el contenido de la hoja del nitrógeno.

Para fósforo, el tratamiento foliar S.N. 1 % fue el que presentó la mayor concentración con 0.14 %, presentando igualdad estadística con los tratamientos foliar S.N. 0.5 % + Ca (NO₃)₂ y fertirriego S.N. 75 % y S.N. 100 % (Cuadro 14). Estos resultados concuerdan con Saleh *et al.* (2007) que demostraron que la aplicación foliar de fosfato monopotásico (KH₂PO₄) aumentó la concentración de P en hoja y mejoró el rendimiento de fruto de uva Thompson Seedless. Los valores más bajos se obtuvieron con los tratamientos de fertirriego S.N. 125 %, foliar S.N. 0.5 % + K₂SiO₃ y tradicional; sin embargo, este último fue el único que presentó niveles por debajo del intervalo óptimo para el cultivo del durazno (0.12 - 0.30 %), lo que indica que todos los niveles de fertilización, suministraron las cantidades de P requeridas por la planta y que un exceso en la concentración del elemento aplicado por el método de

fertirriego no conlleva a un incremento del contenido en la hoja, lo que se explica por su menor eficiencia de utilización en comparación con la fertilización foliar.

El mayor contenido de hierro y calcio se encontró en el tratamiento foliar S.N. 0.5 % + Ca (NO₃)₂ con una concentración de 208.4 mg·kg⁻¹ y 2.56 %, respectivamente, el cual fue estadísticamente superior al tratamiento tradicional (Cuadro 14). Estos resultados son similares a los de Brunetto *et al.* (2007) en donde encontraron que la aplicación foliar de cloruro de calcio y nitrato de calcio durante el ciclo de producción del durazno, aumentó el contenido de calcio en hoja. El incremento de hierro se puede deber a que existe un efecto benéfico entre la aplicación de nitrato de calcio y la concentración de hierro en la hoja, tal como lo indica Barrientos *et al.* (1998) quienes encontraron que las aplicaciones de nitrato de calcio incrementaron los niveles de K, Ca, Mg, Fe, Zn y Mn en hoja de aguacate.

En el caso del zinc, el análisis de suelo indicó un bajo contenido de Zn, por lo que al realizar aplicaciones foliares de sulfato de zinc la respuesta fue positiva, encontrando la mayor concentración de zinc (46.06 mg·kg⁻¹) con el tratamiento foliar S.N. 1%, en comparación con los tratamientos fertirriego y tradicional (Cuadro 14); Peryea (2006) indicó que la concentración de Zn en hoja de manzana se incrementó a niveles deseables, con aplicaciones al follaje de Zn. Al evaluar la eficacia de diferentes métodos de aplicación de sulfato de zinc en manzana Rasouli *et al.* (2002) señalaron que con aplicaciones foliares el contenido de Zn se incrementa en la hoja.

Para manganeso el tratamiento S.N. 1 % también incrementó el contenido de manganeso ($83 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) y fue estadísticamente superior a los otros tratamientos. Estos resultados concuerdan con Papadakis *et al.* (2005) quienes al probar dos fuentes de Mn (MnSO_4 y MnEDTA) aplicado foliarmente, en arboles de naranja 'Washington Navel', concluyeron que MnSO_4 fue más eficaz que Mn-EDTA, además se han observado resultados similares con árboles de manzana (Thalheimer y Paoli, 2002).

Para el caso del silicio, el tratamiento S.N 0.5 % + K_2SiO_3 fue estadísticamente mejor respecto al resto de los tratamientos (Cuadro 14). Este resultado era de esperarse debido a que fue el único tratamiento con el que se hicieron aplicaciones foliares de silicio. Lalithya *et al.* (2014) encontraron que el mayor contenido de silicio en hoja de zapote fue con la aplicación foliar de silicato de potasio (8 ml por litro) en comparación con otros tratamientos; se ha llegado a la misma conclusión con otros cultivos como en cítricos (Matchinkov *et al.*, 2001), en arroz (Ma y Yamaji, 2006), en espinacas (Eraslan *et al.*, 2008) y en lechuga (Milne *et al.*, 2012).

Cuadro 14. Comparación de medias de la concentración nutrimental en hoja de duraznos cultivados con siete dosis diferentes de fertilización.

TRAT	N	P	Ca	Fe	Zn	Mn	Si
	(%)			(mg·kg ⁻¹)			
TRADICIONAL	2.1 b ^z	0.117 b	2.05 b	165.73 c	18.33 c	40.00 c	74.73 b
FERTIRRIEGO							
S.N. 75 %	2.2 ab	0.129 ab	2.24 ab	169.40 bc	20.53 c	41.13 c	69.18 b
S.N. 100 %	2.3 ab	0.129 ab	2.22 ab	171.20 abc	16.93 c	38.13 c	70.57 b
S.N. 125 %	2.1 ab	0.122 b	2.25 ab	169.73 bc	18.60 c	36.80 c	58.75 b
FOLIAR							
S.N. 1 %	2.2 ab	0.145 a	2.23 ab	205.73 ab	46.06 a	83.26 a	64.22 b
S.N. 0.5 % + Ca (NO ₃) ₂	2.4 a	0.138 ab	2.56 a	208.47 a	34.86 b	68.13 b	72.37 b
S.N. 0.5 % + K ₂ SiO ₃	2.1 b	0.121 b	2.16 ab	207.27 ab	42.53 ab	70.60 b	132.55 a
DMSH	0.3217	0.0216	0.4394	38.44	10.71	10.97	31.84

S.N: Solución Nutritiva; N: nitrógeno, P: fosforo; Ca: calcio; Fe: hierro; Zn: zinc; Mn: manganeso; DMS: diferencia mínima significativa honesta; ^zvalores con la misma letra dentro de la columna son estadísticamente iguales (Tukey P ≤ 0.05).

3. Calidad poscosecha de los frutos

El análisis de varianza de los parámetros de calidad poscosecha de los frutos de durazno (Cuadro 15) mostró diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) por efecto de los tratamientos, en firmeza (kgf), sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$) y acidez titulable (% de ácido málico), en las evaluaciones realizadas al momento de la cosecha y al final del periodo de almacenamiento (8 días).

Cuadro 15. Análisis de varianza de caracteres de calidad poscosecha de frutos de durazno cultivados con diferentes dosis y métodos de fertilización, conservados a condiciones ambientales de 24°C (± 1) y humedad relativa de 35 % (± 2).

		Cuadrados Medios Al momento de la cosecha					
FV	GL	Firmeza	SST	Acidez	L	Color Hue	Croma
Fertilización	6	0.934*	13.5**	0.00876**	24.68	63.81	9.90
Bloque	4	0.413	2.92	0.00013	16.35	136.79	15.26
Error	129	0.368	1.894	0.00056	12.99	36.76	7.44
CV (%)		26	9.9	19.5	7.3	10.4	11.1
Media		2.28	13.8	0.121	49.3	58.23	24.54
8 días después de la cosecha							
Fertilización	6	0.183*	21.7**	0.00298**	28.68	32.18	4.79
Bloque	4	0.136	15.8	0.00014	27.36	79.23	38.17
Error	129	0.085	3.56	0.00012	18.35	37.05	5.12
CV (%)		23	11.4	15	9.75	12.7	8
Media		1.25	16.5	0.07	43.91	47.93	28.26

Significancia con $P \leq 0.01^{**}$; $P \leq 0.05^{*}$; FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; CV: coeficiente de variación; SST: sólidos solubles totales.

De acuerdo al análisis de varianza no hubo diferencias significativas del color en ninguno de sus tres parámetros evaluados; sin embargo el análisis de correlación (Cuadro 17) indica una asociación negativa entre la luminosidad del color y nitrógeno ($r = -0.96$); varios estudios han reportado consistentemente los efectos negativos que tienen aplicaciones con alto contenido de N en la reducción de color rojo o el aumento del color verde de fondo de las manzanas

(Marcelle, 1995; Neilsen *et al.*, 2009; Tahir *et al.*, 2008) debido a una disminución tanto de la degradación de clorofila como la síntesis de antocianinas en la cutícula del fruto (Wang y Cheng, 2009). El K ha sido correlacionado de manera positiva con el color (Bussi *et al.*, 2003); sin embargo, en esta investigación se correlacionó de manera negativa ($r = -0.87$). La asociación negativa de fósforo ($r = -0.93$) se puede deber a que una disminución de este elemento conlleva a un incremento en la coloración de los frutos, lo cual ha sido observado en frutos de durazno con deficiencias de este elemento (Johnson y Uriu, 1989). El Mn y Zn se correlacionaron de manera negativa con la luminosidad del color, sin embargo en un estudio realizado en naranja 'Valencia Late' se concluyó que las aplicaciones de Zn y Mn solo, o combinados, no tuvieron efecto sobre el color de los frutos (Rodríguez *et al.* 2014).

El método de aplicación de los nutrimentos afectó la firmeza, sólidos solubles totales y acidez del fruto (Cuadro 16). La firmeza al momento de la cosecha fue superior por el método fertirriego y foliar con respecto al tradicional; sin embargo, en la evaluación final los métodos tradicional y foliar fueron estadísticamente superiores, ya que presentaron la mayor firmeza a los 8 días de la cosecha. El mayor contenido de sólidos solubles totales (°Brix) fue con los tratamientos aplicados por el método foliar, tanto al momento de la cosecha como en la evaluación final. Para la acidez, al momento de la cosecha el método foliar, fue el que presentó el mayor contenido; los métodos fertirriego y

tradicional fueron estadísticamente iguales. En la evaluación final, el mayor contenido de acidez fue para los tratamientos tradicional y fertirriego.

El método de aplicación foliar fue el que presentó mayor respuesta en la calidad de los frutos; ésta se puede deber a que cuando se aplican los nutrimentos como fertilizantes foliares, la respuesta es más rápida ya que seguramente a la planta le cuesta menos que los nutrimentos lleguen a las moléculas y reacciones en donde tienen que participar, y además pueden interactuar positivamente con otros nutrientes y por lo tanto mejora la calidad de los cultivos (Fernández *et al.*, 2013). Los micronutrimentos juegan un papel importante en la calidad de la fruta, se ha observado que el contenido foliar de Mn presenta una relación directa con los caracteres de calidad interna de los frutos (acidez y sólidos solubles) e inversa con el tamaño de los mismos (Calgaro *et al.*, 2007). El Zn tiene efectos indirectos sobre la calidad de los frutos de naranjo dulce y su acción varía de acuerdo al contenido foliar de otros nutrientes (Torres *et al.*, 2009), estos resultados concuerdan con la correlación positiva entre manganeso, zinc y fósforo con sólidos solubles totales (Cuadro 20).

Cuadro 16. Comparación de medias de contrastes de parámetros de calidad poscosecha de frutos de durazno cultivados con diferentes métodos y dosis de fertilización, conservados a condiciones ambientales de $24^{\circ}\text{C} \pm 1$ y humedad relativa de $35 \% \pm 2$.

Método de aplicación	Al momento de la cosecha			8 días después de la cosecha		
	Firmeza (kgf)	SST ($^{\circ}\text{Brix}$)	Acidez (% ac. málico)	Firmeza (kgf)	SST ($^{\circ}\text{Brix}$)	Acidez (% ac. Málico)
Tradicional	2.00 b ^z	12.7 b	0.110 b	1.31 a	15.5 b	0.079 a
Fertirriego	2.33 a	13.3 b	0.104 b	1.18 b	15.8 b	0.079 a
Foliar	2.31 a	14.5 a	0.142 a	1.30 a	17.3 a	0.064 b

SST: sólidos solubles totales; ^zvalores con la misma letra dentro de la columna son estadísticamente iguales.

Firmeza del fruto

Entre tratamientos, de acuerdo al análisis estadístico, el mejor tratamiento para firmeza del fruto al momento de la cosecha, fue con el de fertirriego S.N. 100 %, el cual incrementó la firmeza en un 30.5 % más con respecto al tradicional (Cuadro 17); estos resultados concuerdan con un estudio realizado por Lordan *et al.* (2011) en donde evaluaron la aplicación de la solución Hoagland modificada (Hoagland y Arnon, 1950) en diferentes concentraciones y encontraron que los tratamientos con la concentración al 100 y 50 % fueron los que presentaron la mayor firmeza en los frutos; el periodo de almacenamiento influyó de manera significativa en la pérdida de firmeza de los frutos (Cuadro 17), en la evaluación final, el tratamiento foliar S.N. 0.5 % + K_2SiO_3 fue el que presentó la mayor firmeza con un 25.4 % más con respecto al tratamiento fertirriego S.N. 75 %; el resto de los tratamientos presentaron igualdad estadística. La respuesta a la aplicación del silicio en la firmeza puede estar relacionado con evidencias que apuntan a que el Si después de la absorción, se acumula en la epidermis de diversos tejidos, principalmente en forma de polímero amorfo de sílice hidratado (Ma y Takahashi, 2002).

En este experimento se esperaba que el mejor tratamiento para firmeza fuera con el tratamiento foliar S.N. 0.5 % + $Ca(NO_3)_2$; sin embargo, no hubo diferencias significativas con respecto al resto de los tratamientos; se considera que la aplicación de calcio foliar es la forma más sencilla para incrementar su contenido en el fruto (Gastol y Domagala, 2006); sin embargo, se han

encontrado inconsistencias en los resultados debido a que en muchos casos es difícil la absorción, penetración y movilización del calcio hacia el fruto (Mengel, 2002). Vizzotto *et al.* (2002), no encontraron efecto de las aplicaciones foliares de calcio en durazno a diferencia de Val y Fernández (2011) que sí encontraron un aumento significativo en la firmeza de duraznos cv Calrico al hacer aplicaciones foliares de calcio en diferentes épocas.

Sólidos solubles totales del fruto (°Brix)

Los sólidos solubles totales, al momento de la cosecha, se incrementaron en un 17.3 % con el tratamiento foliar S.N. 0.5 % + Ca (NO₃)₂, el cual fue estadísticamente superior a los tratamientos con fertirriego: S.N. 100 %, S.N. 75 % y tradicional (Cuadro 17). Estos resultados no coinciden con Gazolla *et al.* (2007), quienes no encontraron mejoras en la calidad del fruto y la productividad de durazno cv. Maciel con la aplicación foliar de fertilizantes con nitrógeno, potasio y calcio; sin embargo, en guayaba la aplicación de calcio (27 g Ca(NO₃)₂) durante la pre cosecha tuvo efecto positivo sobre el contenido de sólidos solubles totales (Castellano *et al.*, 2005).

Después del periodo de almacenamiento los tratamientos foliares S.N. 0.5 % + Ca (NO₃)₂ y S.N. 0.5 % + K₂SiO₃, incrementaron los sólidos solubles totales en un 17.5 y 20.2 % respectivamente y fueron estadísticamente superiores a los tratamientos fertirriego S.N. 75 % y tradicional. Estos resultados concuerdan con lo que dicen Lalithya *et al.* (2014) quienes sugieren que la aplicación de silicato de potasio ayuda a la síntesis de azúcares y éstos representan una alta

porción de los sólidos solubles totales en frutos maduros. Una vez cosechado el fruto, el incremento en la concentración de sólidos solubles se debe a la conversión del almidón en azúcares simples durante el proceso de maduración.

El tratamiento fertirriego S.N. 125 % fue estadísticamente igual a todos los tratamientos por lo que aplicar un exceso de fertilizantes no incrementó los sólidos solubles totales al momento de la cosecha; sin embargo, una aplicación con un contenido menor de fertilizantes (S.N. 75 % y tradicional) si redujo los sólidos solubles totales.

Acidez del fruto (ácido málico %)

En la evaluación inicial los tratamientos foliares S.N. 1 % y S.N. 0.5 % + K_2SiO_3 fueron los que estadísticamente presentaron el mayor porcentaje de acidez con respecto al tratamiento fertirriego S.N. 75 % (Cuadro 17). El tratamiento fertirriego S.N. 125 % fue estadísticamente igual a los tratamientos foliar S.N. 0.5 % + $Ca(NO_3)_2$, fertirriego S.N. 100 % y tradicional, a medida que avanza la maduración, los ácidos orgánicos son respirados o convertidos en azúcares, disminuyendo su contenido (Seymour *et al.* 1993). En la evaluación final, estadísticamente, el menor contenido de acidez fue con el tratamiento foliar S.N. 0.5 % + $Ca(NO_3)_2$ el cual presentó una disminución de 55 % de acidez con respecto al tratamiento fertirriego S.N. 100 %; estos resultados coinciden con Lordan *et al.* (2011) donde al hacer aplicaciones con la solución Hoagland modificada (Hoagland y Arnon, 1950) a una concentración al 100 y 50 % presentaron el mayor porcentaje de acidez, por otro lado estos resultados no

coinciden con Val y Fernández (2011) ya que al hacer aplicaciones foliares de calcio durante diferentes etapas de crecimiento no encontraron diferencias significativas en la acidez titulable en durazno. Los tratamientos fertirriego: S.N. 75 %, S.N. 125 %, foliares: S.N. 1 % y S.N. 0.5 % + K_2SiO_3 fueron estadísticamente iguales entre sí, lo que indica que tanto aplicaciones foliares como fertirriego modifican la acidez.

Cuadro 17. Comparación de medias de parámetros de calidad poscosecha de frutos de durazno cultivados con diferentes métodos y dosis de fertilización, conservados a condiciones ambientales de $24^{\circ}C \pm 1$ y humedad relativa de $35 \% \pm 2$.

TRAT	Al momento de la cosecha			8 días después de la cosecha		
	Firmeza (kgf)	SST ($^{\circ}$ Brix)	Acidez (% ac. málico)	Firmeza (kgf)	SST ($^{\circ}$ Brix)	Acidez (% ac. málico)
TRADICIONAL	2.00 b ^z	12.7 c	0.110 cd	1.31 ab	15.5 bc	0.079 ab
FERTIRRIEGO						
S.N. 75 %	2.05 ab	12.7 c	0.090 d	1.10 b	14.8 c	0.075 b
S.N. 100 %	2.61 a	13.5 bc	0.108 cd	1.17 ab	16.3 abc	0.087 a
S.N. 125 %	2.34 ab	13.9 abc	0.115 bc	1.29 ab	16.5 abc	0.076 b
FOLIAR						
S.N. 1 %	2.40 ab	14.2 ab	0.145 a	1.30 ab	16.8 ab	0.073 b
S.N. 0.5 % + Ca (NO ₃) ₂	2.17 ab	14.9 a	0.137 ab	1.22 ab	17.4 a	0.048 c
S.N. 0.5 % + K ₂ SiO ₃	2.38 ab	14.4 ab	0.144 a	1.38 a	17.8 a	0.073 b
DMSH	0.57	1.30	.0225	0.27	1.78	0.0105

S.N: solución nutritiva; SST: sólidos solubles totales; DMSH: diferencia mínima significativa honesta; ^zvalores con la misma letra dentro de la columna son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$).

El manganeso ($r = 0.90$) y el zinc ($r = 0.89$) mostraron tener una asociación positiva con los sólidos solubles totales al momento de la cosecha, el zinc ($r = 0.90$) mantuvo esta relación en la evaluación final (Cuadro 11). Estos resultados no coinciden con Rasouli *et al.* (2002) quienes no encontraron efecto en los

sólidos solubles totales, acidez, contenido de azúcar y pH en frutos de manzana tratadas con diferentes aplicaciones de sulfato de zinc. Sin embargo, las aplicaciones foliares de Zn y Mn influenciaron positivamente la calidad interna de frutos de naranja 'Valencia Late' (Rodríguez *et al.*, 2014). El fósforo ($r = 0.91$) también se asoció de manera positiva con los sólidos solubles totales y el manganeso fue el único elemento que se correlacionó de manera positiva con la acidez ($r = 0.83$) al momento de la cosecha.

Respiración del fruto

De acuerdo al análisis de varianza la respiración del fruto de durazno (Cuadro 18) evaluada durante ocho días, conservados a condiciones ambientales (de $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$ y humedad relativa de $35\% \pm 2$), mostraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) por efecto de la aplicación de las diferentes dosis de fertilización. Las medias de cada día de la respiración indican el comportamiento climatérico del fruto de durazno.

Cuadro 18. Análisis de varianza de la respiración de frutos de durazno durante 8 días cultivados con diferentes dosis y métodos de fertilización, conservados en condiciones ambientales de $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$ y humedad relativa de $35\% \pm 2$.

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS								RT
		Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	
Fert.	6	44.4**	109.2**	67.7**	220.8**	141.1**	312.4**	279.3*	675.9**	3110*
Bloque	4	18.94	36.93	26.98	9.99	10.23	60.91	59.20	116.15	817
Error	24	11.07	28.10	15.73	12.61	21.80	28.49	97.15	156.56	1012
CV (%)		24.3	21.5	26.4	25.7	27.6	11.8	26.2	26.7	14.9
Media		13.67	24.6	15.01	13.81	16.89	45.02	37.51	46.8	213.3

Fert: Fertilización; RT: respiración total; Significancia con $P \leq 0.01^{**}$; $P \leq 0.05^{*}$; FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; CV: coeficiente de variación.

El comportamiento de la respiración durante los ocho días de evaluación fue variable por el efecto climatérico del fruto y por efecto del método de aplicación de los fertilizantes (Cuadro 19). La tasa de respiración total fue mayor con el tratamiento tradicional y menor con el método fertirriego y foliar los cuales fueron estadísticamente iguales. Esto se puede deber a la mayor cantidad de nutrimentos que benefician la calidad poscosecha del fruto; lo cual se comprobó con las correlaciones (Cuadro 11) en donde se observa, que a mayor cantidad de nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio, existe una menor tasa de respiración para algunos días evaluados.

Cuadro 19. Comparación de medias de contrastes de respiración de frutos de durazno durante 8 días cultivados con diferentes métodos y dosis de fertilización y conservados en condiciones ambientales de $24^{\circ}\text{C} \pm 1$ y humedad relativa de $35 \% \pm 2$.

Método de aplicación	RD1	RD2	RD3	RD4	RD5	RD6	RD7	RD8	RT
	----- (mL CO ₂ *kg ⁻¹ h ⁻¹) -----								
Tradicional	16.6 a	30.4 a	20.8 a	22.3 b	16.3 a	51.8 a	47.1 a	31.4 b	253.1 a
Fertirriego	12.2 b	23.8 b	15.3 b	15.7 c	13.0 b	46.1 b	39.5 a	42.9 b	209.3 b
Foliar	13.8 b	22.5 b	12.2 c	25.3 a	20.2 a	39.4 c	31.3 b	55.7 a	205.3 b

RD1: respiración día 1; RT: respiración total; valores con la misma letra dentro de la columna son estadísticamente iguales.

En el Cuadro 20, se presenta la comparación de medias de cada tratamiento según su tasa de respiración de los días que fueron almacenados los frutos de durazno a una temperatura ambiente; los tratamientos fertirriego S.N. 100 % y foliar S.N. 0.5 % + Ca (NO₃)₂ fueron los que presentaron la menor tasa de respiración total con una disminución de 27.9 y 26.5 %, respectivamente, en comparación con el tratamiento tradicional. Estos resultados coinciden con Saucedo *et al.* (2005) quienes al hacer aplicaciones al follaje de árboles de

aguacate con 0.5 % de calcio presentaron los menores niveles de producción de CO₂ por lo que concluyeron que la presencia de calcio disminuye la respiración y retarda el pico climatérico del fruto, debido a que mantiene la integridad del sistema de membranas en la célula; esto disminuye la actividad de algunas enzimas respiratorias (Lester, 1995). Cabe señalar que en este trabajo, la nutrición equilibrada con la aplicación fertirriego de la S.N. 100 % fue estadísticamente igual a la aplicación foliar de S.N. 0.5 % + Ca (NO₃)₂ en la tasa respiratoria total.

Cuadro 20. Comparación de medias de respiración de frutos de durazno durante 8 días cultivados con diferentes métodos y dosis de fertilización y conservados en condiciones ambientales de 24°C± 1 y humedad relativa de 35 % ±2.

TRAT.	RD1	RD2	RD3	RD4	RD5	RD6	RD7	RD8	RT
	----- (mL CO ₂ *kg ⁻¹ h ⁻¹) -----								
TRADICIONAL	17 a ^z	32 a	22 a	23 a	18 abc	58 a	49 a	31 c	253 a
FERTIRRIEGO									
S.N 75 %	15 ab	28 ab	16 ab	21 ab	12 c	48 ab	43 ab	42 abc	229 ab
S.N 100 %	9 b	18 b	16 ab	10 cd	13 bc	42 bc	37 ab	33 bc	182 b
S.N 125 %	11 ab	25 ab	13 b	14 bc	13 c	47 ab	37 ab	52 abc	215 ab
FOLIAR									
S.N 1 %	11 ab	22 ab	11 b	8 cd	12 c	46 b	32 ab	58 ab	204 ab
S.N 0.5 % + Ca (NO ₃) ₂	14 ab	20 b	11 b	6 d	22 ab	35 c	26 b	47 abc	185 b
S.N 0.5 % + K ₂ SiO ₃	15 ab	24 ab	13 b	10 cd	25 a	35 c	35 ab	61 a	222 ab
DMS	6.75	10.76	8.05	7.21	9.48	10.84	20.01	25.41	64.1

TRAT.: Tratamiento. S.N: Solución nutritiva; RD1: respiración día 1; RT: respiración total; DMSH: diferencia mínima significativa honesta; ^zvalores con la misma letra dentro de la columna son estadísticamente iguales (Tukey P ≤ 0.05).

En los resultados obtenidos observamos que no solo se modificó la tasa respiratoria de los frutos sino que también el pico climatérico se vio modificado

por el efecto de los diferentes métodos y concentraciones de los nutrimentos (Figura1 y 2).

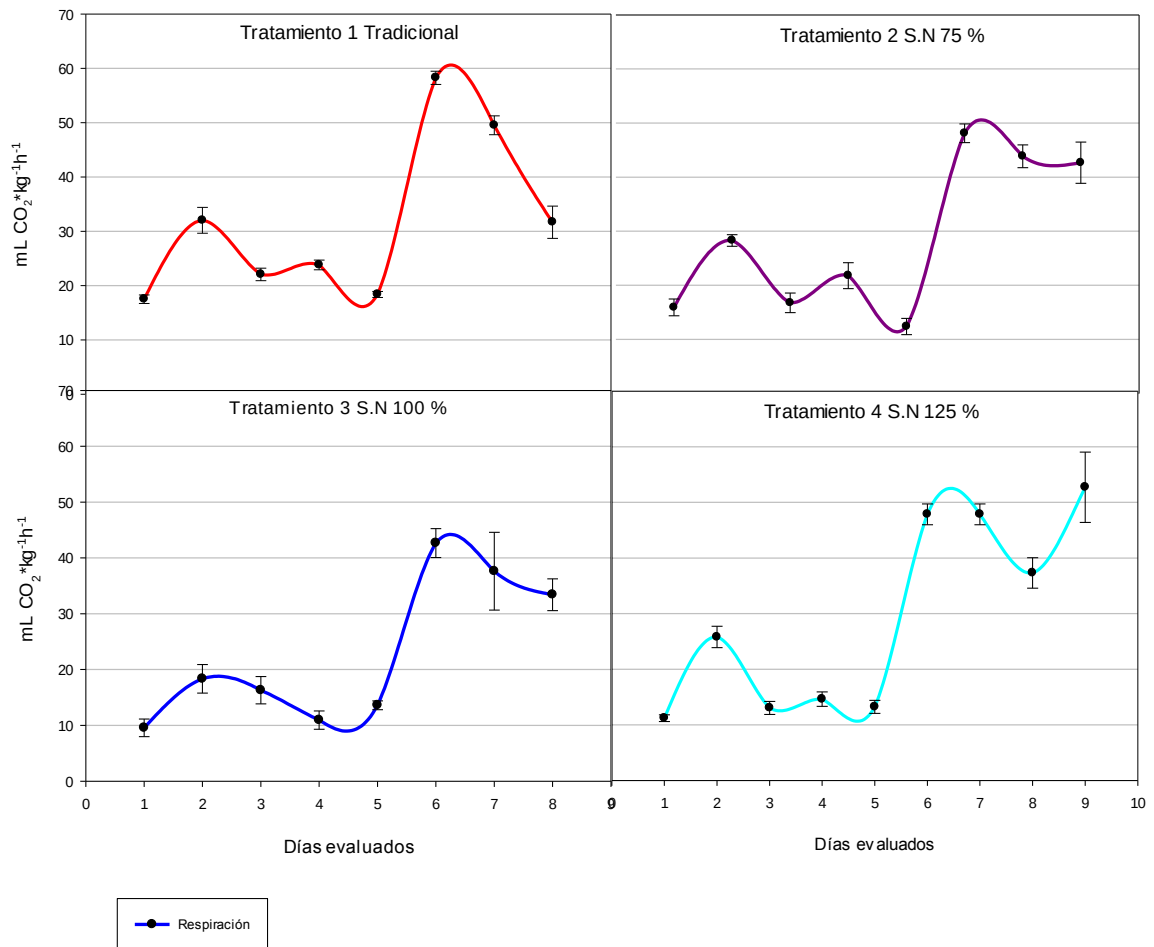


Figura 1. Comparación del comportamiento climatérico de frutos de durazno con fertilización tradicional y fertirriego conservados en condiciones ambientales de $24^{\circ}\text{C} \pm 1$ y humedad relativa de $35\% \pm 2$.

En la Figura 1 se observa la comparación del tratamiento tradicional y los tratamientos aplicados vía fertirriego y se observa que los frutos con el tratamiento tradicional mostraron una mayor tasa de respiración en el pico climatérico lo que se traduce en una mayor pérdida de reservas en el fruto y por

lo tanto una maduración más acelerada; sin embargo, el máximo climatérico se puede observar que fue en el día seis para todos los tratamientos.

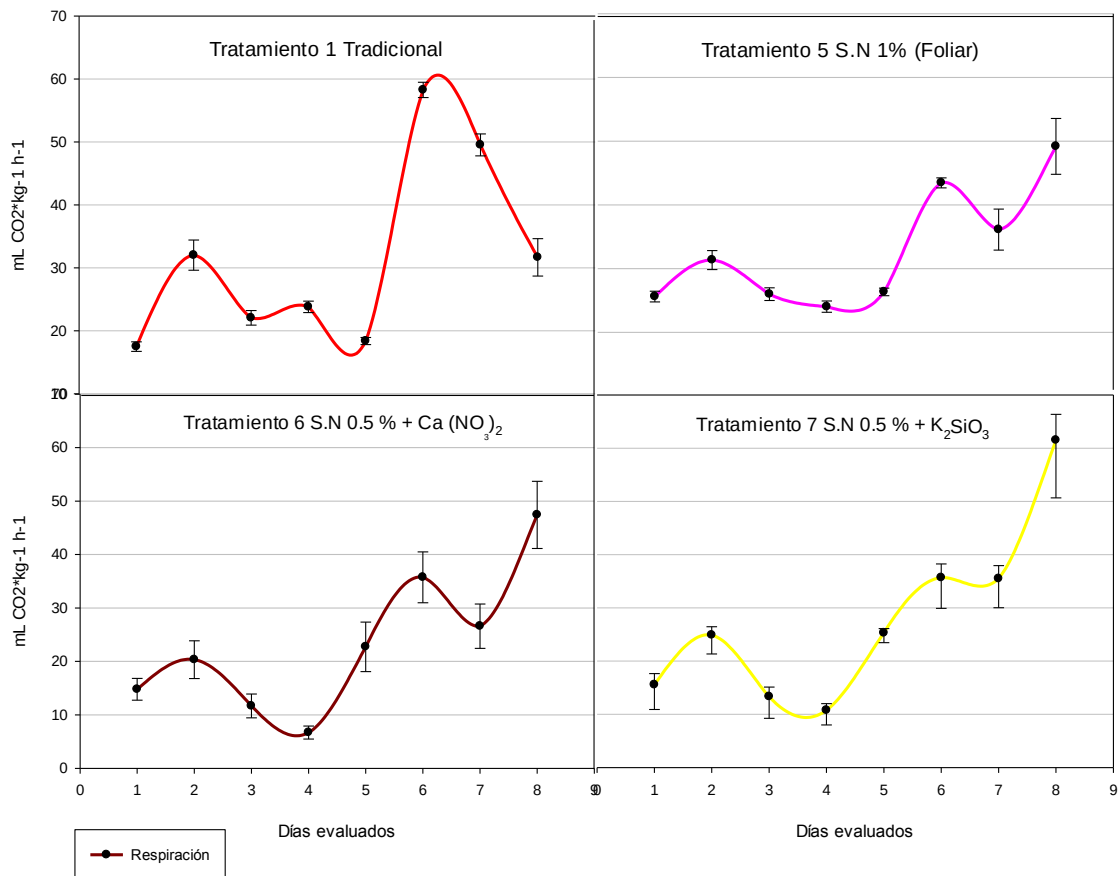


Figura 2. Comparación del comportamiento climatérico de frutos de durazno con fertilización tradicional y foliar conservados en condiciones ambientales de $24^{\circ}\text{C} \pm 1$ y humedad relativa de $35\% \pm 2$.

En la Figura 2 se observa la comparación del tratamiento tradicional y los tratamientos aplicados vía foliar y se observa que los frutos presentaron una menor tasa de respiración con respecto al tradicional y máximo climatérico se presentó en el día seis para el tratamiento tradicional pero para los tratamientos foliares fue en el día ocho por lo tanto se incrementó la vida de anaquel. Los

frutos están sujetos a cambios metabólicos irreversibles después de la cosecha, en donde la velocidad de deterioro del producto es proporcional a la velocidad de respiración (Kader, 2002).

De acuerdo a las correlaciones (Cuadro 11) las variables nitrógeno ($r = -0.82$), fósforo ($r = -0.93$), potasio ($r = -0.84$) y magnesio ($r = -0.84$) se asociaron de manera negativa con respiración en el día 1, 6, 5 y 8, respectivamente, es decir, a mayor concentraciones de estos nutrimentos, la respiración se reduce. Las deficiencias, excesos o desequilibrios de diversos nutrientes, pueden dar lugar a trastornos que limitan la vida de almacenamiento de los frutos (Crisosto y Costa, 2008).

Porcentaje de pérdida de peso del futo

El porcentaje de pérdida de peso (Cuadro 21) del fruto de durazno se vio afectado por los tratamientos durante los ocho días de su evaluación, los frutos estuvieron conservados a condiciones ambientales (de $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$ y humedad relativa de $35\% \pm 2$).

Cuadro 21. Análisis de varianza del porcentaje de pérdida de peso de frutos de durazno cultivados con diferentes dosis y métodos de fertilización, conservados en condiciones ambientales de $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$ y humedad relativa de $35\% \pm 2$.

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS						
		PP1	PP2	PP3	PP4	PP5	PP6	PP7
Fertilización	6	6.732**	13.5 **	17.3**	17.01**	58.5**	66.6**	89.46**
Bloque	4	4.810	8.23	14.2	20.6	55.2	60.8	81.41
Error	129	0.925	1.92	3.00	5.57	9.46	12.65	15.29
CV (%)		23.7	19.4	13.4	14.7	16.8	17.1	16.7
Media		4.04	7.11	12.9	15.9	18.2	20.7	23.3

Significancia con $P \leq 0.01^{**}$; $P \leq 0.05^{*}$; FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; CV: Coeficiente de Variación; PP1: porcentaje de pérdida de peso.

La aplicación de los nutrimentos por el método foliar influyó en un mayor porcentaje de pérdida de peso del fruto durante los ocho días de evaluación. Los tratamientos fertirriego y tradicional fueron estadísticamente iguales y afectaron en menor porcentaje la pérdida de peso (Cuadro 22).

Cuadro 22. Comparación de medias de contrastes del porcentaje de pérdida de peso de frutos de durazno cultivados con diferentes métodos y dosis de fertilización, conservados en condiciones ambientales de $24^{\circ}\text{C} \pm 1$ y humedad relativa de $35 \% \pm 2$.

Método de aplicación	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5	PP6	PP7
	----- (%) -----						
Tradicional	3.68 b ^z	6.50 b	12.29 b	15.22 b	16.66 b	19.09 b	21.37 b
Fertirriego	3.66 b	6.50 b	12.18 b	15.28 b	17.00 b	19.51 b	21.87 b
Foliar	4.54 a	7.91 a	13.81 a	16.86 a	19.93 a	22.57 a	25.48 a

PP1-7: porcentaje de pérdida de peso día 1-7; ^zvalores con la misma letra dentro de la columna son estadísticamente iguales.

En el Cuadro 23, se observa que las pérdidas de peso se incrementaron conforme se extendió el periodo de almacenamiento, lo cual es producto de la evolución en la maduración. Las pérdidas de peso se deben principalmente a transpiración. Los frutos del tratamiento foliar S.N. 0.5 % + K_2SiO_3 durante los ocho días presentaron el mayor porcentaje de pérdida de peso con respecto a los del tratamiento fertirriego S.N. 75 %, el cual los días 2, 3, 6 y el final (día 7) registró el menor porcentaje de pérdida de peso. Con base a los resultados se puede decir que con una baja fertilización fertirriego se reduce la pérdida de peso de los frutos. Villarreal *et al.* (2002), no pudieron establecer una relación clara entre la dosificación de nitrógeno y potasio con el comportamiento del peso de los frutos en poscosecha, aun cuando está comprobado que el potasio tiene un efecto hidratante en la célula lo que disminuiría la pérdida de agua en

poscosecha (Marschner, 2003). En esta variable la aplicación de calcio no mostró reducir el porcentaje de pérdida de peso.

Cuadro 23. Comparación de medias del porcentaje de pérdida de peso de frutos de durazno cultivados con diferentes métodos y dosis de fertilización, conservados en condiciones ambientales de $24^{\circ}\text{C} \pm 1$ y humedad relativa de $35 \% \pm 2$.

TRAT.	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5	PP6	PP7
	----- (%) -----						
TRADICIONAL	3.68 b ^z	6.50 bc	12.29 bc	15.22 b	16.66 c	19.09 bc	21.37 cd
FERTIRRIEGO							
S.N. 75 %	3.66 b	6.40 c	11.95 c	15.06 b	16.39 c	18.75 c	20.86 d
S.N. 100 %	3.76 b	6.69 bc	12.44 bc	15.53 ab	17.34 bc	20.09 bc	22.45 bcd
S.N. 125 %	3.58 b	6.41 c	12.16 bc	15.25 b	17.28 bc	19.70 bc	22.32 bcd
FOLIAR							
S.N. 1 %	4.10 b	7.47 abc	13.36 abc	16.54 ab	19.28 abc	21.81 abc	24.88 abc
S.N. 0.5 % + Ca (NO ₃) ₂	4.32 ab	7.76 ab	13.62 ab	16.55 ab	19.65 ab	22.32 ab	25.23 ab
S.N. 0.5 % + K ₂ SiO ₃	5.21 a	8.51 a	14.46 a	17.50 a	20.86 a	23.60 a	26.35 a
DMSH	0.91	1.31	1.64	2.23	2.91	3.36	3.70

TRAT.: Tratamiento; S.N: Solución nutritiva; %PP1: porcentaje de pérdida de peso día 1; DMSH: diferencia mínima significativa honesta; letras minúsculas iguales dentro de la columna son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$).

El porcentaje de pérdida de peso durante los días 4 ($r = -0.92$), 5 ($r = -0.87$), 6 ($r = -0.93$) y 7 ($r = -0.90$) se correlacionó de manera negativa con el silicio (Cuadro 11); lo cual se puede deber a que el silicio podría ayudar en la mejora de calidad de la fruta debido a la supresión de la respiración y la reducción de evolución de etileno y por lo tanto minimiza la pérdida fisiológica de peso de la fruta (Lalithya *et al.*, 2014). Sin embargo en este estudio solo se probó una dosis de silicio por lo que en la comparación de medias de los tratamientos en esta variable, el tratamiento que perdió la menor cantidad de peso no fue el tratamiento con silicio.

También el boro se relacionó de manera negativa con la pérdida de peso del día 1 ($r = - 0.90$) y 2 ($r = - 0.86$). Por otro lado el zinc ($r = 0.83$) y el manganeso ($r = 0.88$) se correlacionaron positivamente con la pérdida de peso del día 3, el manganeso mantuvo la relación positiva en el día 5 ($r = 0.85$).

V. CONCLUSIONES

La aplicación de fertilizantes causó efecto significativo en las variables de concentraciones nutrimentales en las hojas y en la calidad de los frutos; en el ciclo productivo en que se evaluaron los métodos de aplicación y tratamientos no se encontraron diferencias significativas en producción de frutos; sin embargo, se incrementó la producción con el tratamiento solución nutritiva 125 % de 15 t·ha⁻¹ a 23.3 t·ha⁻¹ con respecto al tradicional. El tratamiento foliar solución nutritiva. 0.5 % + Ca (NO₃)₂ incrementó el contenido de nitrógeno, hierro y calcio y el tratamiento foliar solución nutritiva 1 % incremento el contenido de fósforo, zinc y manganeso.

El método de aplicación foliar fue el que presentó un mayor efecto inmediato en los parámetros de calidad evaluados, dentro de los tratamientos, el foliar solución nutritiva 0.5 % + Ca (NO₃)₂ fue el que disminuyó y modificó el máximo climatérico e incrementó los sólidos solubles totales y también redujo la acidez de los frutos. El incremento en la cantidad de fertilizantes utilizados por el método fertirriego no mejoró la firmeza, color, sólidos solubles totales, pérdida de peso, y tampoco disminuyó la respiración de los frutos, en el ciclo productivo evaluado.

VI. LITERATURA CITADA

- A.O.A.C, Association of Official Analytical Chemistry. 1980. Official Methods of Analysis. 12th Ed. Washington, D. C. U.S.A. p. 1018.
- Abadía J., M. y A. Sanz A. 2004. Causas y efectos de la clorosis férrica en frutales. Revista Vida Rural 186: 54-57.
- Álvarez F. A., J. C. Melgar, J. Abadía and A. Abadía. 2011 Effects of moderate and severe iron deficiency chlorosis on fruit yield, appearance and composition in pear (*Pyrus communis* L.) and peach (*Prunus persica* (L.) Batsch). Environmental and experimental botany 71 (2): 280-286.
- Asher, C. J. 1991. Beneficial elements, functional nutrients, and possible new essential elements. In: J.J. Mortvedt, F.R. Cox, L.M. Shuman, R.M. Welch, eds. Micronutrients in Agriculture. Madison, Wis.: Soil Science Society of America, Book Series No. 4. pp. 703–723.
- Baldini, E. 1992. Arboricultura general. Trad. del Italiano por José de la Iglesia G. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 379 p.
- Ballinger, W. E., H. K. Bell and N. F. Childers. 1966. Peach nutrition. pp. 276-390. In: Childers, N.F. (ed.). Nutrition of fruit crops temperate, subtropical and tropical. Somerset Press. Somerville, N. J.

- Barker, A. V and D. J. Pilbeam. 2007. Handbook of Plant Nutrition. Taylor & Francis, Boca Raton, FL, USA, 632 p.
- Barrientos P., A. F., C. A. Pérez M., M. Rubí A., M. T. Martínez D. y J. C. Reyes A. 1998. Aplicaciones foliares de nitrato de calcio, su efecto en el contenido nutrimental de hoja y mesocarpio en aguacatero cv. Hass. Revista Chapingo Serie Horticultura 4(2):113-117.
- Bar-Yosef, B. 1992. "Fertilization under drip irrigation". *In*: Fluid Fertilizer Science and Technology. Ed.: D. A. Palgrave. Marcel Dekker, Nueva York, pp. 285-329.
- Base de datos estadísticos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT) <http://faostat.fao.org> (Consultada Marzo, 2014).
- Biggs, A. R., M. M. El-Kholi, S. El-Neshawy, R. Nickerson. 1997. Effects of calcium salts on growth, polygalacturonase activity, and infection of peach fruit by *Monilinia fructicola*. Plant Disease Journal 81:399-403.
- Blaney, H. F. and Criddle, W. D.: 1950, Determining Water Requirements in Irrigated Area from Climatological Irrigation Data, US Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Tech. Pap. No. 96, 48 p.
- Bruhn, C. M. 2007. Aspectos de calidad y seguridad alimentaria de interés para el consumidor. *In*: Tecnología Poscosecha de Productos Hortofrutícolas.

- 3ª edición. Kader, A. (Ed.). University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, California, USA. pp. 37-44.
- Brummell, D., V. Dalcin, C. Crisosto y J. Labavitch. 2004. Cell wall metabolism during maturation, ripening and senescence of peach fruit. *Journal of Experimental Botany* 55(405): 2029-2039.
- Brunetto, G., G. W. Melo, J. Kaminski and C. A. Ceretta. 2007. Adubação nitrogenada em ciclos consecutivos e seu impacto na produção e na qualidade do pêssego. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 42(12):1721-1725.
- Burnell, J. N. 1988. The biochemistry of manganese in plants. In: Graham, R. D., R. J. Hannam, N.C. Uren. *Manganese in soils and plants*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 125-137.
- Burt, C., K. O. Connor and T. Ruehr. 1995. *Fertigation. Irrigation Training and Research Center*. California Polytechnic State University. San Luis Obispo, C. A., USA. 295 p.
- Bussi, C., J. Besset, T. Girard. 2003. Effects of fertilizer rates and dates of application on apricot (cv Bergeron) cropping and pitburn. *Scientia Horticulturae* 98:139–147.
- Cadahí L., C. 2005. *Fertirrigación cultivos hortícola, frutales y ornamentales*. 3ª edición. Ediciones Mundi-Prensa, España. pp. 624-634.

- Calgaro, H., F. Fernandez, A. Boaventura y M. Tarsitano. 2007. Modos de aplicação de calcário e de micronutrientes em pomar de laranjeira 'Natal' e análise comparativa de custos. *Revista Brasileira de Fruticultura* 29(3):639-644.
- Castellano G., O. Quijada, C. Marín y R. Camacho. 2005. Fertilización precosecha con fuentes de calcio sobre la firmeza y calidad de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.) *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 6(2):72-77.
- Castellanos J. Z., J. X. Uvalle B. y A. Aguilar S. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2ª. ed. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola. Colección INCAPA. Celaya, Guanajuato, México.
- Chapman, H. D. y P. F. Pratt. 1979. Métodos de Análisis para Suelos, Plantas y Aguas. Ed. Trillas. D.F., México. pp. 67-70.
- Chapman, K. S. R., y J. F. Jackson. 1974. "Increased RNA labelling in boron-deficient root-tip segments". *Phytochemistry - Journal - Elsevier* 13:1311-1319.
- Chatzitheodorou, I. T., T. E. Sotiropoulos and G. I. Mouhtaridou. 2004. Effect of nitrogen, phosphorus, potassium fertilisation and manure on fruit yield and fruit quality of peach cultivars 'Spring time' and 'red haven'. *Agronomy Research* 2(2): 135-143.

Childers, N. F., R. J. Morris and S. G. Sibbett. 1995. Modern Fruit Science. Soil management for peach, apple, plum and pear. pp. 71 - 89; 216 - 218; 247 – 252; 283 - 286. Tenth Edition. Horticultural Publications, Gainesville, Florida U. S. A.

Ciampitti, A. I. y F. García, O. 2007. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. II. Hortalizas, frutales y forrajeras. International Plant Nutrition Institute Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. Revista de Informaciones Agronómicas 33 p.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua)
http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=178:puebla&catid=14&Itemid=2 Consultada en febrero de 2014.

Crisosto, C. H. and G. Costa. 2008. Preharvest Factors Affecting Peach Quality In: The Peach: Botany, Production and Uses (eds D.R. Layne and D. Bassi) CAB International. pp. 536-540.

Crisosto, C. H., D. Garner, H. L. Andris and K. R. Day. 2004. Controlled delayed cooling extends peach market life. Hort Technology, Alexandria 14(1):99-104.

Crisosto, C.H. and F. G. Mitchell. 2007. Factores precosecha que afectan la calidad de frutas y hortalizas. In Tecnología Poscosecha de Productos Hortofrutícolas. 3ª edición. Kader, A. (Ed.). University of California,

Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, California, USA.
pp. 55-62

Davies, S. H. R. and J. J. Morgan. 1989. "Manganese (II) oxidation kinetics on metal oxide surfaces". *Journal of Colloid and Interface Science*, 129: 63 - 77.

Duarte, U. M. A. 1991. Factores de precosecha que afectan la fisiología y manejo postcosecha de frutas y hortalizas, pp. 31-36. In: *Memorias del Simposio Nacional Fisiología y Tecnología Postcosecha de productos Hortícolas en México*. Ed. Limusa. D. F., México.

Egilla, J. N., F. T. Jr. Davies and M. C. Drew. 2001. Effect of potassium on drought resistance of *Hibiscus rosa-sinensis* cv. Leprechaun: Plant growth, leaf macro and micronutrient content and root longevity. *Plant and Soil* 229(2): 213-224.

Epstein, E. 1999. Silicon. *Annual Review of Plant Biology* 50: 641-664.

Epstein, E. and A. J. Bloom. 2005. *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*, 2nd Edition. Sunderland, Mass.: Sinauer. 400 p.

Eraslan, F., A. Inal, D. J. Pilbeam and A. Gunes. 2008. Interactive effects of salicylic acid and silicon on oxidative damage and antioxidant activity in spinach (*Spinacia oleracea* L. cv. Matador) grown under boron toxicity and salinity. *Journal of Plant Growth Regulation* 55: 207–219.

- Etchevers B., J. 1987. Diagnóstico visual. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Estado de México. 30 p.
- Faust, M. 1989. Physiology of Temperate Zone Fruit Trees. First Edition. John Wiley and Sons, N.Y., U. S. A. 388 p.
- Fernández, V., and T. Eichert. 2009. Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: Current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. Critical Reviews in Plant Sciences. 28:36-68.
- Fernández, V., T. Sotiropoulos and P. Brown, 2013. Foliar fertilization scientific principles and field practices, International Fertilizer Industry Association (IFA) Paris, France. 144 p.
- Fisher, E.G. 1952. The principles underlying foliage applications of urea for nitrogen fertilization of the McIntosh apple. Proceedings of the American Society for Horticultural Science. 59:91-98.
- Gastol, M. and I. Domagala-Swiatkiewicz. 2006. Effect of foliar sprays on potassium, magnesium and calcium distribution in fruits of the pear. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research 14(2), 169-176.
- Gazolla, N. A., L. C. Giacobbo, D. Pazzin and J. C. 2007. Fachinello. Qualidade do pêssgo, cv. maciel, em função de adubação de base mais foliar. Scientia Agraria 8:3-7.
- Gil, F. 1995. Nutrición mineral. pp.150-189. In: Elementos de fisiología vegetal Gil, F. Mundi-prensa. Madrid, España 1647 p.

- Gooding, M.J., and W.P. Davies. 1992. Foliar urea fertilization of cereals - a review. *Fertilizer Research*. 32:209-222.
- Graham, R. D. 1983. Effect of nutrient stress on susceptibility of plants to disease with particular reference to the trace elements. *Advances in botanical research*, London 10:221-276.
- Gutiérrez A. F., 2004. Fenología y producción de ocho selecciones de Durazno de maduración temprana en Aguascalientes. Centro de Investigación Regional Norte Centro, INIFAP, Folleto científico No. 15. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México 21 p.
- Hagin, J., M. Sneh y A. Lowengart-Aycicegi. 2002. "Fertigation – Fertilization through irrigation". I.P.I. Research Topics N° 23. Ed.: A. E. Johnston. International Potash Institute, Basilea (Suiza) 81 p.
- Hanson, E. J. and P. J. Breen. 1985. Effects of fall boron sprays and environmental factors on fruit set and boron accumulation in Italian prune flowers. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 110:389-392.
- IFA, 1992. World Fertilizer Industry Association. Paris, France. pp. 37-550.
- INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal) <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/municipios/21170a.html> Consultada: Abril de 2014.

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), Red de Estaciones.
<http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/est.aspx?est=26018> Consultada:
Febrero de 2014.

Johnson, R. S. 1993. Stone fruit: peaches and nectarines. pp. 171-175. In: Bennet, W.F. (ed.). Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. American Phytopathological Society. St. Paul, M. N.

Johnson, R. S., and K. Uriu. Mineral nutrition. 1989. In: La Rue, J. H., R. S. Johnson. Peach, plums and nectarines: growing and handling for fresh market. Berkeley: University of California, 1252 p.

Johnson, R. S., R. Rosecrance, S. Weinbaum, H. Andris, and J. Z. Wang. 2001. Can we approach complete dependence on foliar-applied urea nitrogen in an early-maturing peach? Journal of the American Society for Horticultural Science. 126:364-370.

Jones, J. B., B. Wolf and H. A. Mills. 1991. Plant analysis handbook. Micro-Macro Publishing. Athens, GA. 400 p.

Kader, A. 2001. Quality assurance of harvested horticultural perishables. Proc. 4th Int. Conf. On Postharvest. Acta Horticulturae 553.

Kader, A. 2002. Postharvest Technology of Horticulture Crops. Third edition. University of California, Agriculture and Natural Resources, publication 3311, 535 p.

- Kader, A. 2005. Increasing food availability by reducing postharvest losses of fresh produce. *Acta Hort.* 682: 2169-2175.
- Kader, A. and R. S. Rolle. 2004. The role of post-harvest management in assuring the quality and safety of horticultural produce. *FAO Bulletin*, Washington, 152:52.
- Kafkafi, U. y J. Tarchitzky. 2012. Fertirrigación una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. Traducción al español: R. Melgar, Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA) Instituto Internacional de la Potasa (IIP) París, Francia y Horgen, Suiza 151 p.
- Kirkby, E. and V. Römheld. 2008. Micronutrients in plant physiology: functions, uptake and mobility. *Proceedings 543*, The International Fertilizer Society, P. O. Box, York, YO32 5YS, United Kingdom pp 1-6.
- Kobayashi, M., T. Matoh, and J. Azuma. 1996. Two chains of rhamnogalacturonan II are cross linked by borated-diol ester bonds in higher plant cell walls. *Plant Physiol.* 110:1017-1020.
- Krogmeier, M.J., G.W. McCarty, and J.M. Bremner. 1989. Phytotoxicity of foliar applied urea. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 86:8189-8191

- Lalithya, K. A., H. P. Bhagya, and C. Raveendra. 2014. Response of silicon and micro nutrients on fruit character and nutrient content in leaf of sapota, *Journal of biology & life sciences* 2(2):593-598.
- Lester, G. 1995. Regulation of muskmelon fruit senescence by calcium. *Acta Horticulturae* 398: 41-45.
- Lewis, D.H. 1980. Are there any inter-relations between the metabolic role of boron, synthesis of phenolic phytoalexins and the germination of pollen. *New Phytologist* 84:261-270
- Lippert, R. M. and C. R. Campbell. 2000. Reference Sufficiency Ranges for Plant Analysis in The Southern Region of The United States, Southern Cooperative Series Bulletin #394, North Carolina Department of Agriculture and Consumer Services Agronomic Division, URL: www.ncagr.gov/agronomi/saaesd/scsb394.pdf
- Lordan, J., M. Pascual, F. Fonseca, J. M. Villar, V. Montilla y J. Rufat. 2011. Fertirrigación tipo hidropónica en frutales: resultados preliminares. VI Jornadas Fertilización SEACH. *Actas de Horticultura* No. 61. Lleida, España 107-111.
- Ma, J. F. and E. Takahashi. 2002. Soil, fertiliser, and plant silicon research in Japan, Elsevier, Amsterdam 294 p.
- Ma, J. F. and N. Yamaji. 2006, Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Trends in Plant Science*, 11:8.

- Marcelle, R. D. (1995). Mineral nutrition and fruit quality. *Acta Horticulturae*, 383, 219–226.
- Marschner, H. 1998. Mineral nutrition of higher plants. (3th ed.). Academic Press. London, U. K 892 p.
- Marschner, H. 2003. Mineral Nutrition of Higher Plants. 6th ed. Academic Press. Boston, USA. 889 p.
- Matchinkov, V., E. Bocharnikova. and D. Calvert. 2001, Response of citrus to silicon soil amendments. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 114: 94-97.
- Mcguire, R. G., 1992: Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27:1254-1255.
- Mengel, K. 2002. Alternative or Complementary Role of Foliar Supply in Mineral Nutrition Justus, Liebig-University Giessen, Institute of Plant Nutrition Pohlheim, Germany *Proc. on Foliar Nutrition. Acta Horticulturae* 594.
- Milne, C. J. I., C. P. I. Laubscher, and P. A. Ndakidemi. 2012. The alleviation of salinity induced stress with applications of silicon in soilless grown *Lactuca sativa* L. 'Eish'. *International Journal of Physical Sciences* 7(5): 735 -742.
- Moccia, S., A. Chiesa, A. Oberti, P. A. Tuttonell. 2006. Yield and quality of sequentially grown cherry tomato and lettuce under long-term

conventional, lowinput and organic soil management systems. *European Journal of Horticultural Science* 71:183-191.

Monte-Serrat, B., C. B. Reismann, A. C. V. Motta, and R. Marques. 2004. Nutrição mineral de fruteira de caroço. In: Monteiro, L. B., L. L. May De Mio, B. Monte-Serrat, A. C. Motta, and F. L. Cuquel, *Fruteiras de caroço: uma visão ecológica*. Curitiba: UFPR, pp. 71-95.

Morgan, J. J. 2005. "Kinetics of reaction between O₂ and Mn (II) species in aqueous solutions". *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69:35-48.

Navarro G. G. 2003. Silício. In: *Química Agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid España. pp. 425-427.

Neilsen, G. H., D. Neilsen y L. Herbert. (2009). Nitrogen fertigation concentration and timing of application affect nitrogen nutrition, yield, firmness, and color of apples grown at high density. *HortScience*, 44(5), 1425–1431

Neilsen, G.H., D. Neilsen y F. Peyrea. 1999. Response of soil and irrigated fruit trees to fertigation or broadcast application of nitrogen, phosphorus, and potassium. *HortTechnology* 9: 393-401.

Papadakis, I. E., E. Protopapadakis, I. N. Therios, and V. Tsirakoglou. 2005. Foliar treatment of Mn deficient 'Washington Navel' orange trees with two Mn sources. *Scientia Horticulturae*. 106:70-75.

- Peryea, F. J. 1994. Boron nutrition in deciduous tree fruit. In: Tree Fruit Nutrition. (Eds). A.B. Peterson y R.G. Stevens. Good Fruit Grower, pp. 95-107. Yakima, USA.
- Peryea, F. J. 2006. Phytoavailability of zinc in postbloom zinc sprays applied to 'Golden Delicious' apple trees. HortTechnology 16: 60-65.
- Rasouli, S. M. H, M. J. Malakouti, S. M. Samar, and E. Sepehr. 2002. The effectiveness of different application methods of zinc sulfate on nutritional conditions of apple in calcareous soils of Iran. 16th International Horticultural Congress, August 11–17, Toronto, Canada, p. 23.
- Rato, A. E., C. Nunes, A. C. Aguilheiro-Santos, J. M. Barroso, F. Riquelme, and M. A. Coimbra. 2012. Influence of cell wall calcium content in fruit firmness during the ripening of plums (*Prunus domestica* L.). Murcia, Spain Proc. XXVIIIth IHC – IS on Postharvest technology in the global market. Eds.: Cantwell M. I. and D. P. F. Almeida. Acta Horticulturae 934.
- Reighard, G. L., M. L. Parker, G. W. Krewer, T. C. Breckman, W. W. Bruce, J. Smith and J. Whiddon. 2001. Impact of Hurricanes on Peach and Pecan Orchards in the Southeastern United States. Hort Science. 36(2): 250-252.
- Rodríguez V. A., S. C. Cabrera B., G. C. Martínez, M. D. Chabbal y S. Matilde M. 2014. Fertilización foliar con zinc y manganeso en huertos de naranjo 'Valencia Late' Cultivos Tropicales 35(4):100-105

- Rodríguez, V. A., Mazza, S. M., Martínez, G. C. y Ferrero, A. R. 2005. Influencia de Zn y K en el tamaño del fruto de naranja valencia. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 27(1):132-135.
- Rombolà, A. D. and M. Tagliavini. 2006. Iron nutrition of fruit tree crops. In: *Iron Nutrition and Interactions in Plants*. Abadía J., L. L. Barton. eds. Springer, Dordrecht, pp. 61– 83.
- Ruíz, R. Sch. 1995. El duraznero en Chile. LEMUS, S.G. (Editor). INIA, Nutrición. Cap 12: 151-173. La Platina, Santiago de Chile. Primera edición.
- Ryugo, K. 1993. *Fruticultura. Ciencia y Arte*. Traducción de Ingles a Español por Rodríguez A. J y publicado por AGT EDITOR, S.A. pp. 109-113.
- Saleh, M. M. S., N. E. Ashour, M. H. El-Sheikh, and M. A. A. El-Naggar. 2007. Foliar sprays of potassium dihydrogen phosphate and their impact on yield, fruit quality and controlling powdery mildew disease of Thompson Seedless grapevines. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences* 2:133-140.
- Sánchez E., E. y M. Curetti. 2009. Producción y manejo nutricional de frutales de clima templado. *Informaciones Agronómicas* No. 44. International Plant Nutrition Institute (IPNI) Programa Latinoamerica- Cono Sur.

- Sánchez G. P. 2010. Manejo integrado de la nutrición del duraznero. VI Congreso Nacional Sistema Producto Durazno. 11-13 de noviembre, Puebla, México pp. 71-75.
- Sanders, D., C. Brownlee, and J. F. Harper. 1999. Communicating with calcium. The Plant Cell-American Society of Plant Physiologists 11: 691–706.
- Sanz, M., J. Cervero, J. Abadía. 1992. Iron chlorosis in the Ebro river basin, Spain. Journal of Plant Nutrition (15)10:1971-1981.
- Saucedo H., L., M. T. Martínez D., M. T. Colinas L., A. F. Barrientos P. y J. J. Aguilar M. 2005. Aplicaciones foliares de nitrato de calcio en la maduración y daños por frío en aguacate 'Fuerte'. Revista Chapingo Serie Horticultura 11(1): 149-157.
- Saucedo V., C. 1991. Tecnologías de conservación del aguacate preventivas a daños por frío y almacenamiento. Memorias del Seminario Internacional del Aguacate. Poscosecha y Comercialización. FIRA. Del 1 al 4 de agosto de 1990. Uruapan Michoacán, México. pp. 75-85.
- Scott, J. R. 1995. Preharvest factors affecting stone fruit quality. Central Valley Postharvest News 2(1): 68-69.
- Secretaría de Economía www.economia.gob.mx (Consultada marzo, 2014).
- Seymour, G. B., J. E. Taylor, and G. A. Tucker. 1993. Biochemistry of fruit ripening. Chapman & Hall, London. pp. 173-174.

- Sherma, S. B., B. L. Topp, and P. M. Lyrene. 1990. Non-melting flesh for fresh market peaches. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 103: 293-294.
- SIAP. 2015. Cierre de producción agrícola 2014 por cultivo. <http://www.siap.gob.mx> Consultada en marzo de 2015.
- Silva, H. y J. Rodríguez. 1995. Fertilización de plantaciones frutales. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- Snyder, G. H., V. V. Matichenkov, and L. E. Datnoff. 2007. Silicon. *In: Handbook of Plant Nutrition*. Barker, A. V. and D. J. Pilbeam, (eds.). Taylor & Francis Group. CRC Press. Boca Raton, FLA. pp. 121-144.
- Strik, B., T. Righetti, and G. Buller. 2004. Influence of rate, timing, and method of nitrogen fertilizer application on uptake and use of fertilizer nitrogen, growth, and yield of June-bearing strawberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 129:165-174.
- Tahir, I. I., Johansson, E., & Olsson, M. E. (2008). Improving the productivity, quality, and storability of 'Katja' apple by better orchard management procedures. *HortScience*, 43: 725–729.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. *Plant Physiology*. Hardcover: 690 pages. Publisher: Sinauer Associates; third edition. Language: English. pp 74.
- Taylor, K. C., 2009. Cultural management of the bearing peach orchard. Athens: University of Georgia, (Circular, 879) 4 p.

- Thalheimer, M. and N. Paoli. 2002. Foliar absorption of Mn and Mg: effects of product formulation, period of application and mutual interaction of apple. *Acta Horticulturae* 54:157–164.
- Torres P., J. Aular, M. Rengel, J. Montaña, Y. Rodríguez. 2009. Correlación entre la calidad de la fruta del naranjo y los micronutrientes considerando el balance de los nutrientes a través de las relaciones binarias. *Revista Científica UDO Agrícola* 9(1):29-34.
- Tratch, R., L. L. May-De-Mio, M. B. Serrat, A. C. V. Motta. 2010. Nitrogen and potassium fertilization influences on intensity of peach leaf rust. *Acta Horticulturae*, The Hague, 872:313-318.
- Trinidad, S. A., D. Aguilar, M., 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Revista TERRA* 17(3):247-245.
- Val, J., and V. Fernández. 2011. In-season calcium-spray formulations improve calcium balance and fruit quality traits of peach. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 174:465-472.
- Valdés, A. 1995. La importancia del Zinc en la nutrición vegetal. *Revista Frutícola* 16(1): 16-19.
- Villarreal, R. M., R. S. García, T. Osuna, A. D. Armenta. 2002. Efecto de dosis y fuente de nitrógeno en rendimiento y calidad poscosecha de tomate en fertirriego. *Terra* 20(3): 311-320.

- Vizzotto, M., P. L. Antunes, and V. Dalbosco. 2002. Aplicação de cálcio em pré-colheita na conservação de pêssego (*Prunus persica* (L.) Batsch), cv. chiripá. Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, 8: 31-35.
- Wang, H., & Cheng, L. 2009. Differential effects of nitrogen supply on skin pigmentation and flesh starch breakdown of 'Gala' apple. HortScience, 44(4):1015
- Weir, R. G., G. C. Cresswell. 1993. Plant Nutrient disorders 1. Temperate and subtropical fruit and nut crops. Inkata Press. Melbourne Sydney. 93 pp.
- Westwood, N. M. 1982. Fruticultura de zonas templadas. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Witte, C.P. 2011. Urea metabolism in plants. Plant Science. 180:431-438.
- Wojcik, P. and M. Wojcik. 2003. Effects of boron fertilization on "Conference" pear tree vigor, nutrition, and fruit yield and storability. Plant and Soil 256:413-421.