

INFLUENCIA DEL CLIMA, HUMEDAD DEL SUELO Y ÉPOCA DE FLORACIÓN SOBRE LA BIOMASA Y COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL DE FRUTOS DE AGUACATE ‘HASS’ EN MICHOACÁN, MÉXICO

Samuel Salazar-García¹; Isidro José Luis González-Durán¹;

Luis Mario Tapia-Vargas²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Apdo. Postal 100, Santiago Ixcuintla, Nayarit. C. P. 63300, MÉXICO. Correos-e: salazar.samuel@inifap.gob.mx; gonzalez.joseluis@inifap.gob.mx (Autor para correspondencia)

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Uruapan, Av. Latinoamericana 1101, Uruapan, Michoacán C. P. 60150. MÉXICO. Correo-e: tapia.luismario@inifap.gob.mx

RESUMEN

El amplio periodo de cosecha del aguacate ‘Hass’ en Michoacán se debe a la diversidad de condiciones de cultivo y a la ocurrencia de múltiples flujos vegetativos que resultan en varios flujos de floración y épocas de cosecha. El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de tres condiciones climáticas (semicálido subhúmedo, semicálido húmedo y templado subhúmedo), el régimen de humedad del suelo (con y sin riego) y la época de floración (“loca”: agosto-septiembre, “normal”: diciembre-febrero, y “marceña”: febrero-marzo), sobre la biomasa de diferentes partes del fruto y su composición nutrimental. Se seleccionaron seis árboles en cada uno de seis huertos comerciales y de cada árbol se tomaron 10 frutos (≥ 21.5 % materia seca de la pulpa) por época de floración. Los frutos fueron separados en epidermis, pulpa, testa y embrión. A cada parte se le determinó peso fresco (PF), peso seco (PS), materia seca (MS) y composición nutrimental. A diferencia del clima y régimen de humedad del suelo, la época de floración afectó el PF, PS y MS de las partes del fruto, así como su composición nutrimental, especialmente K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn y B. En el clima templado subhúmedo se tuvieron los mayores contenidos de N y Mn en epidermis; N, P, K, Ca y Mg en pulpa; Mg, S, Cu y Mn en testa, y B en testa y embrión. Los huertos sin riego mostraron concentraciones más altas de Ca, S y Cu en epidermis; P, K, Mn, Ca y Cu en pulpa; K, Mn y Cu en testa, y de P, K, Mn en embrión.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES. *Persea americana*, biomasa, nutrición, epidermis, pulpa, testa, embrión.

INFLUENCE OF CLIMATE, SOIL MOISTURE, AND FLOWERING PHENOLOGY ON BIOMASS AND NUTRIENT COMPOSITION OF ‘HASS’ AVOCADO FRUIT IN MICHOACÁN, MEXICO

ABSTRACT

The extended harvest season of ‘Hass’ avocado is due to the diversity of cultivation conditions and the occurrence of multiple vegetative flushes resulting in several bloom and harvest periods. The objective of this study was to evaluate the influence of three climatic conditions (subhumid semiwarm, humid semiwarm, and subhumid temperate), soil moisture regimes (with and without irrigation), and flowering period (“crazy”: August-September; “normal”: December-February; “marceña”: February-March), on biomass of different fruit parts and their nutrient composition. Six trees were selected from each of the six commercial orchards, choosing ten fruit of each tree per flowering season (≥ 21.5 % pulp dry matter). Fruits were separated in epidermis, pulp, testa, and embryo. Fresh weight (FW), dry weight (DW), dry matter (DM), and nutrient composition were determined for each part. Different to climate and soil moisture regimes, flowering period affected FW, DW, and DM of the fruit parts, as well as their nutrient composition, especially, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn, and B. Under subhumid climate, the highest contents of N and Mn were obtained in epidermis; of N, P, K, Ca, and Mg in pulp; of Mg, S, Cu, and Mn in testa; and B in testa and embryo. Non-irrigated orchards had higher concentrations of Ca, S, and Cu in epidermis; P, K, Mn, Ca, and Cu in pulp; K, Mn, Cu in testa; and P, K, Mn in embryo.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Persea americana*, biomass, nutrition, epidermis, pulp, testa, embryo.

INTRODUCCIÓN

La diversidad climática de la región productora de aguacate (*Persea americana* Mill.) del estado de Michoacán, México, con más de 14 tipos climáticos (Gutiérrez-Contreras *et al.*, 2010), es debida al gradiente altitudinal, la topografía del suelo, exposición al sol y a los vientos dominantes. Esa variabilidad puede afectar la producción de fruto y su calidad (Lobell *et al.*, 2007). Las propiedades químicas del fruto (componentes orgánicos y minerales) son más afectadas que la morfología (p. ej. tamaño de los frutos), por las diferencias en el ambiente dado por diversas microrregiones (Izhaki *et al.*, 2002). La escasa disponibilidad actual de áreas ecológicamente óptimas para el cultivo del aguacate en Michoacán ha causado el incursionar en ambientes en donde se desconoce el comportamiento del cultivo, así como su producción y calidad del fruto (Stanford, 2002).

La composición nutrimental del fruto incide tanto en su calidad durante la cosecha como en postcosecha (Arpaia, 1994; Salazar-García y Lazcano-Ferrat, 2001). Es importante mantener una nutrición adecuada del árbol para evitar desbalances nutrimentales que perjudiquen la calidad del fruto (Hofman *et al.*, 2002; Marques *et al.*, 2003; Rooyen y Bower, 2005), su susceptibilidad a enfermedades (Witney *et al.*, 1996), así como a desórdenes fisiológicos (Thorp *et al.*, 1997).

Diversas investigaciones han mostrado la importancia de los índices nutrimentales foliares para la óptima producción de fruto (Salazar-García y Lazcano-Ferrat, 1999), sobre la influencia del tipo de suelo y de clima, el estado nutrimental del árbol (Aguilera-Montañez *et al.*, 2005), el efecto de la condición de humedad del suelo sobre la disponibilidad de nutrientes y la condición nutrimental del árbol (Tapia-Vargas *et al.*, 2003), así como el balance nutrimental en el sistema suelo-planta-fruto (Tapia-Vargas *et al.*, 2007). Sin embargo, falta información para la región de Michoacán que indique si las condiciones ambientales y el régimen de humedad del suelo afectan la composición nutrimental de las diferentes partes del fruto (p. ej. epidermis, pulpa y semilla), lo cual es necesario para manejar correctamente la nutrición de los huertos y prevenir la incidencia de desórdenes fisiológicos en el fruto.

En adición a lo anterior, en Michoacán, ocurren múltiples flujos de crecimiento vegetativo que resultan en varios flujos de floración en el aguacate cv. Hass: agosto-septiembre, diciembre-febrero y febrero-marzo (Salazar-García *et al.*, 2005), por lo que es de interés determinar el efecto de la época de floración y, consecuentemente, la época de cosecha sobre la composición nutrimental del fruto.

El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de tres condiciones climáticas, el régimen de humedad del suelo y la época de floración que originó al fruto sobre la biomasa de partes del fruto, (epidermis, pulpa, testa y embrión) y su composición nutrimental en aguacate 'Hass' en

INTRODUCTION

Climatic diversity of the avocado (*Persea americana* L.) producing region of the State of Michoacán, Mexico, with more than 14 climatic types (Gutiérrez-Contreras *et al.*, 2010) is due to altitudinal gradient, soil topography, exposure to the sun, and to dominant winds. This variability may affect fruit production and its quality (Lobell *et al.*, 2007). Chemical fruit properties (organic and mineral components) are more affected by differences in the environment than morphology (e.g. fruit size), given by diverse micro-regions (Izhaki *et al.*, 2002). The current limited availability of ecologically optimum areas for avocado cultivation in Michoacán has caused incursions into environments, where crop behavior as well as its fruit production and quality are unknown (Stanford, 2002).

Nutrient composition of the fruit influences their quality during harvest as well as postharvest (Arpaia, 1994; Salazar-García and Lazcano-Ferrat, 2001). It is important to maintain an adequate tree nutrition in order to avoid nutrient disequilibrium, which might detriment fruit quality (Hofman *et al.*, 2002; Marques *et al.*, 2003; Rooyen and Bower, 2005) and provoke its susceptibility to diseases (Witney *et al.*, 1996) as well as physiological disorders (Thorp *et al.*, 1997).

Various studies have proved the importance of leaf nutrient indices for best fruit production (Salazar-García and Lazcano-Ferrat, 1999), on the influence of soil type and climate, the nutritional state of the tree (Aguilera-Montañez *et al.*, 2005), the effect of soil moisture condition on nutrient availability and the nutritional condition of the tree (Tapia-Vargas *et al.*, 2003), as well as the nutritional balance in the fruit-plant-soil system (Tapia-Vargas *et al.*, 2007). However, there is a lack of information for the region of Michoacán, indicating if environmental conditions and soil moisture regime affect nutrient composition of the different fruit parts (e.g. epidermis, pulp, and seed), which is necessary for correctly managing orchard nutrition and preventing incidence of fruit physiological disorders.

In addition to the aforesaid, multiple flushes of vegetative growth occur in Michoacán, resulting in various flushes of flowering in avocado cv. Hass: August-September, December-February, and February-March (Salazar-García *et al.*, 2005), therefore, it is worthwhile to determine the effect of the flowering period, and consequently, of the harvest period on fruit nutrient composition.

The objective of this study was to evaluate the influence of three climatic conditions, soil moisture regime, and the flowering season which generated the fruit, on biomass of fruit parts (epidermis, pulp, testa, and embryo) and their nutrient composition in 'Hass' avocado in Michoacán.

MATERIALS AND METHODS

Orchard characteristics

The study was carried out in six 'Hass' avocado

Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características de los huertos

El estudio se realizó en seis huertos de aguacate 'Hass', con riego (R) y sin riego (SR), ubicados en tres climas de Michoacán:

Clima 1: (A)C(w1), semicálido subhúmedo (SS) con huertos en las localidades de Patámbaro (SR) y Tecario (R), en los municipios de Tancítaro y Tacámbaro, respectivamente; este clima representa el 57 % de la superficie total con aguacate;

Clima 2: (A)C(m)(w2), semicálido húmedo (SH), con huertos en Cheranguerán (R) y La Basilia (SR), municipio de Uruapan, que representan 11 % de la superficie aguacatera;

Clima 3: C(w2)(w), templado subhúmedo (TS), con huertos en Peribán y Araparícuaro, ambos SR, localizados en los municipios de Peribán y Tancítaro, respectivamente, con el 26 % de la superficie aguacatera.

Las temperaturas medias anuales para los climas 1, 2 y 3 son 21.1, 22.3 y 17.5 °C, respectivamente. Los huertos con riego (R), representan 48 % de la superficie con este frutal en Michoacán.

Todos los huertos fueron similares en edad (>10 años), marco de plantación (10 x 10 m), en laderas orientadas hacia el sur con pendientes de menos del 10 %. Los suelos de los seis huertos son Andosoles (Alcalá *et al.*, 2002). En todas las localidades, 90 % de las lluvias ocurren entre mayo y octubre, por lo que el periodo de riego inicia en enero y termina en mayo o principio de junio. Los huertos de Tecario y Cheranguerán dispusieron de riego por goteo con aplicación de 320 L·árbol⁻¹ cada 8 a 10 días.

Respecto al flujo de floración que originó al fruto, se analizaron grupos independientes de frutos procedentes de las floraciones "loca" (agosto-septiembre), "normal" (diciembre-febrero) y "marceña" (febrero-marzo). Las cosechas de estos frutos fueron realizadas en julio, octubre y enero, respectivamente.

Diseción del fruto

En cada uno de los seis huertos se seleccionaron al azar seis árboles contiguos de aguacate 'Hass' sobre portainjerto criollo de raza mexicana, con características hortícolas y fenológicas similares. Cuando los frutos de la floración loca, normal o marceña alcanzaron de manera independiente la madurez (≥ 21.5 % materia seca en la pulpa) (Salazar-García *et al.*, 2005), de cada árbol se cosecharon 10 frutos (para cada época de floración), de la parte sureste y media de la copa del árbol, procedentes de ramas de 1.5 a 2.5 cm de diámetro. Los frutos fueron separados en sus componentes (epidermis, pulpa, testa y embrión),

orchards with (R) and without irrigation (SR), located in three climatic zones of Michoacán:

Climate 1: (A)C(w1), subhumid semiwarm (SS) with orchards in localities of Patámbaro (SR) and Tecario (R), in the municipalities of Tancítaro and Tacámbaro, respectively. This climate represents 57 % of the total area with avocado.

Climate 2: (A)C(m)(w2), humid semiwarm (SH) with orchards in Cheranguerán (R) and La Basilia (SR), municipality of Uruapan, which represent 11 % of the area grown with avocado.

Climate 3: C(w2)(w), subhumid temperate (TS) with orchards in Peribán and Araparícuaro, both SR, located in the municipality of Peribán and Tancítaro, respectively, with 26 % of avocado plantation.

Annual mean temperatures for climates 1, 2, and 3 are 21.1, 22.3, and 17.5 °C, respectively. The orchards with irrigation (R) cover 48 % of the area with these fruit crop in Michoacán.

All the orchards were similar in age (> 10 years old), distance of plantation (10x10 m), on hillsides directed towards the south, with slopes of less than 10 %. The soils of the six orchards are Andosol (Alcalá *et al.*, 2002). In all the locations, 90 % of the rainfalls occur between May and October, that is why the irrigation period begins in January and ends in May or at the beginning of June. The orchards of Tecario and Cheranguerán had drip-irrigation with application of 320 L·tree⁻¹ every 8 -10 days.

Regarding the flowering flush originating the fruit, independent groups of fruit from flowering "crazy" (August-September), "normal" (December -February), and "marceña" (February-March) were analyzed. Harvests of these fruit were carried out in July, October, and January, respectively.

Fruit dissection

In each of the six orchards six contiguous 'Hass' avocado trees on Mexican criollo rootstock with similar horticultural and phenological characteristics were randomly selected. When fruits from crazy, normal, or marceña flowering independently reached maturity (≥ 21.5 % pulp dry matter) (Salazar-García *et al.*, 2005), 10 fruits were harvested from each tree (for each bloom season) from the southwest and middle part of the tree canopy, from branches of 1.5 to 2.5 cm in diameter. The fruits were dissected in their components (epidermis, pulp, testa, and embryo) in order to obtain the fresh weight from each of them; the dry weight of each fruit component was obtained by drying it in a forced air oven at 70 °C for 72 h, or until reaching constant weight. Dry matter content was calculated independently for every fruit and its respective tissues.

Nutrient composition of fruit parts

Previously to the chemical analysis, two compound

para obtener el peso fresco de cada uno de ellos; el peso seco de cada componente del fruto fue obtenido mediante su secado en un horno con aire forzado a 70 °C durante 72 h o hasta peso constante. El contenido de materia seca fue calculado de manera independiente para cada fruto y sus respectivos tejidos.

samples per tree for each fruit part (epidermis, pulp, testa, or embryo) were prepared, obtaining eight samples per tree. Each sample was made up of structures from five of the 10 sampled fruit per tree. The fruit samples were analyzed in a commercial laboratory recognized by the NAPT program of the Social Science Society of America, and the content of

CUADRO 1. Comparaciones de medias de algunas características de diferentes partes del fruto de aguacate 'Hass' cultivado en tres climas de Michoacán.

TABLE 1: Comparison of means of some characteristics of different parts of 'Hass' avocado fruit, cultivated under three climates in Michoacán.

Clima ^z	Epidermis	Pulpa	Testa	Embrión	Peso total del fruto
	----- Peso fresco (g) -----				
SS	26.71 a ^y	143.18 a	1.74 a	28.76 a	200.38 a
SH	29.18 a	141.86 a	1.46 b	27.39 a	199.89 a
TS	23.92 b	142.40 a	1.26 b	25.99 a	193.57 a
Pr>F	0.003	0.699	0.001	0.429	0.447
	----- Peso seco (g) -----				
SS	6.46 ab	38.44 a	0.33 b	12.33 a	57.55 a
SH	7.14 a	40.61 a	0.47 a	12.57 a	60.78 a
TS	6.13 b	34.98 a	0.35 b	10.55 a	52.01 b
Pr>F	0.046	0.057	0.0001	0.155	0.034
	----- Contenido de materia seca (%) -----				
SS	25.86 a	26.87 b	29.02 a	42.35 b	
SH	24.61 a	28.82 a	29.39 a	46.28 a	
TS	24.61 a	24.92 c	31.76 a	40.32 b	
Pr>F	0.1687	0.0356	0.6186	0.0094	

^zSS: semicálido subhúmedo; SH: semicálido húmedo; TS: templado subhúmedo.

^yMedias con la misma letra en cada columna para cada característica, no presentan diferencias significativas, de acuerdo con la prueba de Duncan, a una $P \leq 0.05$.

^zSS subhumid semiwarm, SH humid semiwarm, TS subhumid temperate

Means with the same letter in every column for each characteristic do not present significant differences according to the Duncan test at one $P \leq 0.05$

CUADRO 2. Comparaciones de medias de algunas características de diferentes partes del fruto de aguacate 'Hass' según la época de floración que lo originó.

TABLE 2: Comparison of means of some characteristics of different fruit parts of 'Hass' avocado according to the flowering period having generated them.

Época de floración ^z	Epidermis	Pulpa	Testa	Embrión	Peso total del fruto
	----- Peso fresco (g) -----				
Loca	26.86 a ^y	146.14 b	1.62 b	27.64 a	202.26 b
Normal	25.61 a	168.51 a	2.07 a	27.00 a	223.18 a
Marceña	26.97 a	127.63 c	1.13 c	27.44 a	183.17 c
Pr>F	0.230	0.0001	0.0001	0.203	0.001
	----- Peso seco (g) -----				
Loca	6.40 b	35.09 b	0.35 c	12.13 a	53.98 c
Normal	6.06 c	39.28 a	0.34 b	10.08 b	55.77 b
Marceña	6.92 a	38.84 b	0.41 a	12.52 a	58.69 a
Pr>F	0.009	0.0007	0.0001	0.0007	0.0008
	----- Contenido de materia seca (%) -----				
Loca	24.19 b	24.10 b	23.44 b	44.10 b	
Normal	23.62 b	23.37 b	17.42 c	36.87 c	
Marceña	26.14 a	30.01 a	39.68 a	45.49 a	
Pr>F	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	

^zÉpocas de floración: Loca (agosto-septiembre), Normal (diciembre-febrero), Marceña (febrero-marzo). Épocas de cosecha: julio, octubre y enero, respectivamente

^yMedias con la misma letra en cada columna para cada característica, no presentan diferencias significativas, de acuerdo con la prueba de Duncan, a una $P \leq 0.05$.

^zFlowering periods: Crazy (August-September), Normal (December-February), Marceña (February-March) Harvest periods: July, October, and January, respectively

(See Table 1)

Composición nutrimental de las partes del fruto

Previo al análisis químico, se prepararon dos muestras compuestas por árbol para cada parte del fruto (epidermis, pulpa, testa o embrión), obteniéndose ocho muestras por árbol. Cada muestra estuvo integrada por estructuras de cinco de los 10 frutos muestreados por árbol. Las muestras de fruto fueron analizadas en un laboratorio comercial acreditado por el programa NAPT de la Soil Science Society of America y se determinó en la materia seca el contenido de: N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn y B.

Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar, con tres factores y seis repeticiones (con un árbol por unidad experimental). El factor clima tuvo tres niveles: semicálido subhúmedo (SS), semicálido húmedo (SH) y templado subhúmedo (TS). El factor condición de humedad tuvo dos niveles: con riego (climas SS y SH), y sin riego (climas SS, SH y TS). El factor época de floración tuvo tres niveles: loca, normal y marceña. Dada la naturaleza del estudio, cada uno de los factores estudiados fue analizado de manera independiente. El análisis se hizo con el programa SAS; se realizó análisis de varianza y prueba de comparación de medias con la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para cada variable y factor de estudio.

RESULTADOS

Biomasa de los frutos

Los pesos fresco y seco del fruto cosechado muestra-

N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn, and B was determined in dry matter.

Statistical Analysis

The experimental design was completely randomized with three factors and six replications (with one tree per experimental unit). The climate factor had three levels: subhumid semiwarm (SS), humid semiwarm (SH), and subhumid temperate (TS). The moisture condition factor had two levels: with irrigation (climates SS and SH) and without irrigation (climates SS, SH, and TS). The factor flowering period had three levels: crazy, normal, and marceña. Due to the nature of the study, each of the studied factors was analyzed independently. The analysis of variance was done with the SAS program; and the comparison of means was carried out with the Duncan test ($P \leq 0.05$) for each variable and studied factor.

RESULTS

Fruit biomass

Fresh and dry weight of the harvested fruit showed variations due to climate (Table 1) and flowering season which generated the fruit (Table 2). The flowering period (crazy, normal, and marceña) was the factor having most significant differences in total fresh weight of the fruit, as well as that of pulp and testa, being highest in fruit of normal flowering (Table 2). Generally, dry weight of the fruit and its parts was highest in fruit of marceña flowering. With respect to dry matter content (independently assessed for each structure), it was always highest in fruit of marceña

CUADRO 3. Comparaciones de medias de algunas características de diferentes partes del fruto de aguacate 'Hass' cultivado en huertos sin riego y con riego.

TABLE 3: Comparison of means of some characteristics of different fruit parts of 'Hass' avocado, grown in orchards with and without irrigation.

Condición de humedad	Epidermis	Pulpa	Testa	Embrión	Peso total del fruto
	----- Peso fresco (g) -----				
Sin riego	26.22a ^z	142.06 a	1.46 a	26.65 a	196.38 a
Con riego	27.38 a	143.32 a	1.54 a	28.85 a	201.08 a
Pr>F	0.227	0.389	0.779	0.598	0.326
	----- Peso seco (g) -----				
Sin riego	6.52 a	35.88 a	0.36 a	10.96 a	53.71 a
Con riego	6.70 a	42.28 a	0.43 a	13.52 a	62.93 a
Pr>F	0.227	0.389	0.779	0.598	0.326
	----- Contenido de materia seca (%) -----				
Sin riego	25.04 a	25.53 a	29.85 a	41.39 a	
Con riego	25.00 a	29.56 a	30.46 a	46.18 a	
Pr>F	0.5876	0.0696	0.2261	0.0521	

^z Medias con la misma letra en cada columna para cada característica, no presentan diferencias significativas, de acuerdo con la prueba de Duncan, a una $P \leq 0.05$. (See Table 1)

ron variaciones debidas al clima (Cuadro 1) y época de floración que originó al fruto (Cuadro 2). De estos factores, la época de floración (loca, normal o marceña) fue la que tuvo mayor diferencia significativa en el peso fresco total

flowering (Table 3). Moisture condition did not significantly affect any of the physical characteristics of the fruit evaluated (Table 3).

del fruto, así como el de la pulpa y testa, siendo mayor en frutos de la floración normal (Cuadro 2). En general, el peso seco del fruto y sus partes fue mayor en frutos de la floración marceña. Respecto al contenido de materia seca (evaluada de manera independiente para cada estructura) siempre fue mayor en frutos de la floración marceña (Cuadro 2). La condición de humedad no afectó significativamente ninguna de las características físicas del fruto evaluadas (Cuadro 3).

Composición nutrimental de las partes del fruto

Influencia del clima

El clima donde se desarrollaron los árboles, modificó la composición nutrimental del fruto. En el clima semicálido subhúmedo se obtuvieron los mayores contenidos en la epidermis de P, Fe y B. Algo similar sucedió con el Fe y Cu en la testa, así como el B en el embrión (Cuadro 4).

Nutrient composition of fruit parts

Influence of climate

The climate of the region where the trees developed modified the nutrient composition of the fruit. In the subhumid semiwarm climate, the highest contents of P, Fe, and B were obtained in epidermis. Something similar occurred with Fe and Cu in testa and with B in embryo (Table 4).

In humid semiwarm climate, the greatest concentrations of Ca were found in epidermis and those of K and Zn in testa (Table 4). In subhumid temperate climate there were the highest contents of N and Mn in epidermis and those of N, K, and Ca in pulp, while the highest concentrations of Mg, S, and Mn occurred in testa (Table 4).

CUADRO 4. Comparaciones de medias de algunas características de diferentes partes del fruto de aguacate 'Hass' cultivado en tres climas de Michoacán.

TABLE 4: Comparison of means of some characteristics of different fruit parts of 'Hass' avocado, grown under three climates of Michoacán.

Nutriente	Clima ²	Epidermis	Pulpa	Testa	Embrión
N (g·100 g ⁻¹)	SS	1.07 b ^y	1.05 b	1.35 a	0.79 a
	SH	0.98 b	0.98 b	1.47 a	0.75 a
	TS	1.27 a	1.14 a	1.41 a	0.78 a
P (g·100 g ⁻¹)	SS	0.24 a	0.38 a	0.14 a	0.26 a
	SH	0.11 b	0.16 a	0.49 a	0.13 a
	TS	0.13 b	0.23 a	0.16 a	0.15 a
K (g·100 g ⁻¹)	SS	1.20 a	1.64 b	1.21 b	0.87 a
	SH	1.09 a	1.53 b	1.31 a	0.88 a
	TS	1.11 a	1.84 a	1.19 b	0.88 a
Ca (g·100 g ⁻¹)	SS	0.08 b	0.04 b	0.17 a	0.03 a
	SH	0.11 a	0.06 a	0.3 a	0.04 a
	TS	0.11 b	0.06 a	0.16 a	0.04 a
Mg (g·100 g ⁻¹)	SS	0.12 a	0.12 a	0.33 b	0.07 a
	SH	0.11 a	0.11 a	0.31 b	0.06 a
	TS	0.12 a	0.12 a	0.38 a	0.06 a
S (g·100 g ⁻¹)	SS	0.07 a	0.13 a	0.1 b	0.08 a
	SH	0.07 a	0.12 a	0.09 c	0.08 a
	TS	0.08 a	0.14 a	0.11 a	0.08 a
Fe (mg·kg ⁻¹)	SS	35.8 a	30.2 a	73.9 a	18.7 a
	SH	19.2 c	29.7 a	47.2 c	16.4 a
	TS	21.7 b	34.8 a	61.1 b	24.9 a
Cu (mg·kg ⁻¹)	SS	46.0 a	11.8 a	30.7 a	7.1 a
	SH	34.9 a	11.9 a	22.6 b	7.9 a
	TS	44.5 a	13.7 a	30.1 a	8.1 a
Mn (mg·kg ⁻¹)	SS	8.9 b	5.1 a	54.8 b	4.8 a
	SH	7.8 c	5.0 a	41.6 c	4.9 a
	TS	10.8 a	5.8 a	84.4 a	4.4 a
Zn (mg·kg ⁻¹)	SS	15.6 a	18.0 a	41.4 b	9.8 a
	SH	14.1 a	18.2 a	47.6 a	9.3 a
	TS	14.7 a	17.4 a	43.1 b	9.6 a
B (mg·kg ⁻¹)	SS	37.1 a	28.2 a	52.0 b	22.3 a
	SH	24.2 c	26.2 a	50.6 b	15.8 b
	TS	29.9 b	28.4 a	75.1 a	22.3 a

²SS: semicálido subhúmedo; SH: semicálido húmedo; TS: templado subhúmedo.

^yMedias con la misma letra en cada columna para cada característica, no presentan diferencias significativas, de acuerdo con la prueba de Duncan, a una $P \leq 0.05$.

(See Table 1)

CUADRO 5. Composición nutrimental de las partes del fruto de aguacate 'Hass' cultivado en huertos sin riego y con riego.**TABLE 5: Nutrient composition of fruit parts of 'Hass' avocado, cultivated in orchards with and without irrigation**

Nutrimento	Condición de humedad	Epidermis	Pulpa	Testa	Embrión
N (g·100g ⁻¹)	Sin riego	1.08 a ^z	1.16 a	1.43 a	0.78 a
	Con riego	1.00 a	1.01 a	1.38 a	0.76 a
P (g·100g ⁻¹)	Sin riego	0.18 a	0.30 a	0.16 a	0.21 a
	Con riego	0.11 a	0.16 b	0.47 a	0.12 b
K (g·100g ⁻¹)	Sin riego	1.14 a	1.77 a	1.19 b	0.92 a
	Con riego	1.12 a	1.47 b	1.34 a	0.79 b
Ca (g·100g ⁻¹)	Sin riego	0.11 a	0.06 a	0.17 a	0.04 a
	Con riego	0.08 b	0.05 b	0.29 a	0.03 a
Mg (g·100g ⁻¹)	Sin riego	0.12 a	0.12 a	0.37 b	0.06 b
	Con riego	0.10 a	0.11 a	0.28 a	0.07 a
S (g·100g ⁻¹)	Sin riego	0.08 a	0.13 a	0.10 a	0.08 a
	Con riego	0.07 b	0.13 a	0.09 a	0.08 a
Fe (mg·kg ⁻¹)	Sin riego	25.4 a	33.3 a	57.1 b	21.1 a
	Con riego	25.8 a	28.2 a	68.0 a	17.9 a
Cu (mg·kg ⁻¹)	Sin riego	46.4 a	13.7 a	30.7 a	8.2 a
	Con riego	32.0 b	9.9 b	22.1 b	6.7 a
Mn (mg·kg ⁻¹)	Sin riego	9.9 a	5.7 a	71.1 a	5.0 a
	Con riego	7.8 a	4.5 b	38.6 b	3.5 b
Zn (mg·kg ⁻¹)	Sin riego	14.7 a	18.1 a	44.4 a	9.6 a
	Con riego	15.0 a	17.3 a	43.3 a	9.6 a
B (mg·kg ⁻¹)	Sin riego	30.0 a	27.7 a	62.5 a	20.7 a
	Con riego	31.2 a	27.5 a	52.8 a	19.0 a

^z Medias con la misma letra en cada columna para cada característica, no presentan diferencias significativas, de acuerdo con la prueba de Duncan, a una $P \leq 0.05$.

(See Table 1)

En el clima semicálido húmedo se encontraron las mayores concentraciones de Ca en la epidermis, así como de K y Zn en la testa (Cuadro 4). En el clima templado subhúmedo hubo los mayores contenidos de N y Mn en la epidermis, así como de N, K y Ca en la pulpa, y ocurrieron las más altas concentraciones de Mg, S, y Mn en la testa (Cuadro 4).

Influencia de la condición de humedad del suelo.

En general, los frutos producidos en huertos sin riego tuvieron mayor concentración de nutrimentos en las estructuras analizadas; principalmente el Ca, S y Cu en la epidermis; el P, K, Mn, Ca y Cu en la pulpa; el K, Mn, Cu en la testa, y el P, K, Mn en el embrión (Cuadro 5).

Los frutos de huertos con riego alcanzaron mayores concentraciones de Mg en la testa y embrión. El Fe también resultó mayor en la testa del fruto. Las concentraciones de N, Zn y B en las partes del fruto no fueron afectadas por la condición de humedad del suelo (Cuadro 5).

Influencia de la época de floración.

La composición nutrimental de las partes del fruto fue influida por la época de floración. Los frutos originados por la floración marceña tuvieron mayores concentraciones de nutrimentos para 20 de los 44 casos analizados, comparada con las floraciones Loca y normal (6 y 2 casos, respectivamente). La epidermis presentó las concentraciones más elevadas de K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn y B. En el caso de

Influence of soil moisture condition

Generally, the fruit produced in orchards without irrigation had higher nutrient concentration in the structures analyzed, mainly Ca, S, and Cu in epidermis; P, K, Mn, Ca, and Cu in pulp; K, Mn, Cu in testa, and P, K, Mn in the embryo (Table 5).

The fruit of orchards with irrigation reached greater concentrations of Mg in testa and embryo. Fe was also higher in fruit testa. N, Zn, and B concentrations in fruit parts were not affected by soil moisture condition (Table 5).

Influence of flowering season

Nutrient composition of the fruit parts was influenced by the flowering season. Fruits generated by marceña flowering had higher nutrient concentrations for 20 out of 44 analyzed cases, compared to crazy and normal flowerings (6 and 2 cases, respectively). Epidermis showed the highest concentrations of K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, and B. As for pulp, the highest values obtained were of K and S; the highest values in testa were of Ca, S, Fe, Cu, Mn, and B, and for embryo K, Ca, S, and Fe (Table 6).

The fruit set during crazy flowering period showed high concentrations only for some nutrients, as in the case of Zn in pulp, K in testa, and Ca, Cu, Mn, and Z in embryo. In fruits generated by normal flowering, high value of B in pulp was obtained, as well as of N, Mg, and Zn in testa (Table 6).

CUADRO 6. Comparaciones de medias de algunas características de diferentes partes del fruto de aguacate 'Hass' según la época de floración.**TABLE 6: Comparison of means of some fruit parts of 'Hass' avocado according to flowering seasons.**

Nutrimento	Época de floración ²	Epidermis	Pulpa	Testa	Embrión
N (g·100 g ⁻¹)	Loca	1.12 a ^y	1.20 a	1.45 b	0.70 a
	Normal	0.99 a	1.05 a	1.83 a	0.71 a
	Marceña	1.06 a	1.09 a	1.18 c	0.85 a
P (g·100 g ⁻¹)	Loca	0.13 a	0.22 a	0.2 a	0.15 a
	Normal	0.13 a	0.22 a	0.24 a	0.17 a
	Marceña	0.19 a	0.29 a	0.3 a	0.2 a
K (g·100 g ⁻¹)	Loca	0.93 c	1.64 b	1.35 a	0.79 b
	Normal	1.01b	1.52 c	1.09 c	0.79 b
	Marceña	1.30 a	1.76 a	1.25 b	0.97 a
Ca (g·100 g ⁻¹)	Loca	0.084 b	0.05 a	0.17 b	0.04 a
	Normal	0.096 b	0.06 a	0.15 b	0.02 b
	Marceña	0.108 a	0.06 a	0.26 a	0.04 a
Mg (g·100 g ⁻¹)	Loca	0.10 b	0.12 a	0.41 b	0.06 b
	Normal	0.09 b	0.12 a	0.44 a	0.05 c
	Marceña	0.13 a	0.11 a	0.26 c	0.07 a
S (g·100 g ⁻¹)	Loca	0.04 b	0.1 b	0.07 b	0.032 b
	Normal	0.03 b	0.09 c	0.07 b	0.026 c
	Marceña	0.12 a	0.16 a	0.13 a	0.126 a
Fe (mg·kg ⁻¹)	Loca	23.4 b	28.7 a	45.0 b	14.2 b
	Normal	20.4 c	29.5 a	42.8 b	11.0 c
	Marceña	29.2 a	34.1 a	77.5 a	27.4 a
Cu (mg·kg ⁻¹)	Loca	25.4 b	13.1 a	28.6 b	8.1 a
	Normal	30.0 b	11.8 a	21.3 b	7.6 b
	Marceña	55.4 a	12.4 a	30.6 a	7.5 b
Mn (mg·kg ⁻¹)	Loca	13.4 c	19.9 a	32.2 b	10.1 a
	Normal	14.8 b	17.3 a	47.1 ab	8.3 ab
	Marceña	15.5 a	17.1 a	48.4 a	10.0 b
Zn (mg·kg ⁻¹)	Loca	13.4 a	19.9 a	32.2 b	10.1 a
	Normal	14.8 a	17.3 b	47.1 a	8.3 c
	Marceña	15.5 a	17.1 b	48.4 a	10.0 b
B (mg·kg ⁻¹)	Loca	26.4 b	29.8 ab	32.6 b	20.7 a
	Normal	23.5 b	36.1 a	35.1 b	22.7 a
	Marceña	35.8 a	22.2 b	84.7 a	18.7 a

²Épocas de floración: Loca (agosto-septiembre), Normal (diciembre-febrero), Marceña (febrero-marzo). Épocas de cosecha: julio, octubre y enero, respectivamente

^yMedias con la misma letra en cada columna para cada característica, no presentan diferencias significativas, de acuerdo con la prueba de Dunczan, a una $P \leq 0.05$.

(See Table 2)

la pulpa, se obtuvieron los valores más altos de K y S; en la testa, de Ca, S, Fe, Cu, Mn y B, y para el embrión, de K, Ca, Mg, S y Fe (Cuadro 6).

Los frutos amarrados durante la floración loca presen-

Phosphorus was the only nutrient whose concentration in fruit parts was not affected by the flowering period. N only showed differences for testa in fruit from normal flowering (Table 6).

taron concentraciones altas sólo para algunos nutrimentos, como fue el caso del Zn en la pulpa, del K en la testa, y del Ca, Cu, Mn y Zn en el embrión. En frutos originados por la floración normal, se obtuvieron valores altos de B en la pulpa, así como de N, Mg y Zn en la testa (Cuadro 6).

El fósforo fue el único nutrimento cuya concentración en las partes del fruto no resultó afectada por la época de floración. El N sólo mostró diferencias para la testa de frutos de la floración normal (Cuadro 6).

DISCUSIÓN

El clima sólo afectó el peso fresco de la epidermis y la testa, con una tendencia significativa a mayor peso fresco en el clima SS. Sin embargo, el peso seco total, tanto del fruto como de la epidermis y testa sí fueron afectados por el clima, siendo superior en el clima SH. El contenido de materia seca resultó afectado sólo para pulpa y embrión, con valores más altos para el clima SH.

La condición de humedad del suelo no afectó el peso fresco o seco del fruto o sus partes, ni el contenido de materia seca. Esto coincidió con lo encontrado por Michelakis *et al.* (1993), quienes encontraron que no hubo efecto del riego a 0.3, 0.6 y 0.9 de la evaporación (según tanque tipo "A") sobre el contenido de materia seca del fruto de aguacate 'Fuerte'.

De los tres climas incluidos en este estudio, en el templado subhúmedo [$C(w_2)(w)$] se registraron los mayores contenidos de N y Mn en la epidermis, de N, P, K, Ca y Mg en la pulpa, de Mg, S, Cu y Mn en la testa, así como de B en la testa y el embrión. Lo anterior mostró que el clima TS favoreció una mejor composición nutrimental del fruto. En Michoacán, este clima presenta un buen potencial productivo (Anguiano *et al.*, 2006) y actualmente presenta la mayor tasa de establecimiento de huertos de 'Hass' lo que a futuro pudiera resultar en una mejor composición nutrimental del fruto.

Contrario a la creencia generalizada de que el riego mejora la composición nutrimental del fruto, en el presente estudio los frutos de huertos sin riego tuvieron concentraciones más altas de Ca, S y Cu en la epidermis, de P, K, Mn, Ca y Cu en la pulpa, de K, Mn, Cu en la testa, y de P, K, Mn en el embrión. Un posible efecto de dilución en frutos de huertos con riego fue descartado dado que no hubo diferencias en el peso fresco o seco del fruto o sus partes debido al riego. La mayor concentración de nutrimentos encontrada en frutos de huertos sin riego difiere de lo mencionado por Michelakis *et al.* (1993), quienes indican que la humedad del suelo no afectó la nutrición del fruto. Para algunos nutrimentos, como el Ca y K, los resultados obtenidos podrían explicarse porque los huertos sin riego estuvieron sometidos a menor presión de lixiviación (Tapia-Vargas *et al.*, 2007). La mayor concentración de K presente en frutos de huertos sin riego fue singular ya que ha sido mencionado que en suelos de tipo andosol es necesaria la humedad para que el K esté disponible para la planta

DISCUSSION

The climate only affected fresh weight of epidermis and testa with significant tendency to higher fresh weight in SS climate. However total dry weight, of fruit as well as epidermis and testa was affected by the climate, the effect being more important in SH climate. Dry matter content turned out to be influenced only in pulp and embryo, with higher values for SH climate.

Soil moisture condition did not have impact either on dry weight or fresh weight of fruit or their parts, nor on dry matter content. This agreed with the results by Michelakis *et al.* (1993), who found that there was no effect of irrigation on dry matter of "Fuerte" avocado fruit at 0.3, 0.6, and 0.9 % of evaporation (according to type "A" tank).

Of the three climates included in this study, in subhumid temperate climate [$C(w_2)(w)$] the highest contents of N and Mn were recorded for epidermis, of N, P, K, Ca, and Mg for pulp, of Mg, S, Cu, and Mn for testa, as well as of B for testa and embryo. The aforesaid showed that TS climate favored better fruit nutrient composition. In Michoacán this climate has good production potential (Anguiano *et al.*, (2006), and recently it presents the highest rate of establishment in "Hass" orchards, which in future could result in better fruit nutrient composition.

Contrary to the widespread opinion that irrigation improves fruit nutrient composition, in the present study fruit from nonirrigated orchards had higher concentrations of Ca, S, and Cu in epidermis, of P, K, Mn, Ca, and Cu in pulp, K, Mn, Cu in testa, and of P, K, Mn in embryo. Possible effect of dilution in fruit of irrigated orchards was discarded, as there were no differences in fresh or dry weight of the fruit or their parts due to irrigation. The highest nutrient concentrations found in fruit of orchards without irrigation differed from those mentioned by Michelakis *et al.* (1993), who indicated that soil moisture did not influence fruit nutrition. For some nutrients, such as Ca and K, the obtained results could be explained by the orchards without irrigation being subjected to less lixiviation pressure (Tapia-Vargas *et al.*, 2007). The higher K concentration in fruit from orchards without irrigation was unique, since it has been mentioned that in andosol soils humidity is needed for K availability to the plant (Morales *et al.*, 2007).

The nutrients analyzed in this study perform an important function in development and quality of the fruit, pre-harvest and postharvest. For example, N in epidermis may increase or diminish susceptibility to pest attacks (Téliz and Marroquin, 2007) and diseases (Hofman *et al.*, 2002), whereas the excess of N in pulp causes grey pulp (Kruger *et al.*, 2004); in addition, N and P are fundamental for the essential amino acids and their integration in proteins, nucleic acids, and phospholipids (Reyes-Novelo and Meléndez-Ramírez, 2007). K is a catalyst of fruit growth metabolism (Sánchez and Ramírez, 1999), and with adequate levels the present of grey spot in pulp is reduced (Du Plessis *et al.*, 1995). Ca diminishes cold damage, and

(Morales *et al.*, 2007).

Los nutrimentos analizados en este estudio desempeñan una función importante en el desarrollo y calidad del fruto, tanto en pre como en postcosecha. Por ejemplo, en la epidermis, el N puede aumentar o disminuir la susceptibilidad al ataque de plagas (Téliz y Marroquín, 2007) y enfermedades (Hofman *et al.*, 2002), mientras que el exceso de N en la pulpa causa la pulpa gris (Kruger *et al.*, 2004); además, el N y P son fundamentales para los aminoácidos esenciales y su integración en proteínas, ácidos nucleicos y fosfolípidos (Reyes-Novelo y Meléndez-Ramírez, 2007). El K es un catalizador del metabolismo del fruto en crecimiento (Sánchez y Ramírez, 1999) y con niveles adecuados, se reduce la presencia de la mancha gris de la pulpa (Du Plessis *et al.*, 1995). El Ca disminuye el daño por frío y su deficiencia favorece la presencia de la mancha café de la pulpa (Kremer-Köhne *et al.*, 1993; Hofman *et al.*, 2002; Saucedo-Hernández *et al.*, 2005; Boyd *et al.*, 2007). La importancia del B y Zn en la semilla (testa y embrión) es reconocida desde el cuajado del fruto (Coetzer *et al.*, 1993) hasta que este adquiere su tamaño y forma final (Smith *et al.*, 1997; Salazar-García *et al.*, 2008); además, la deficiencia de Zn causa mancha de la pulpa (Vorster y Bezuidenhout, 1988). La mancha negra de la pulpa debida al frío también ha sido asociada a deficiencia de Fe (Kruger *et al.*, 2004; Magwaza *et al.*, 2008).

CONCLUSIONES

El clima no afectó el peso fresco total del fruto de aguacate 'Hass', aunque la testa tuvo mayor peso en el clima semicálido húmedo, pero el peso seco y contenido de materia seca fueron menores en el clima templado subhúmedo, respecto al semicálido húmedo. La condición de humedad del suelo no afectó el peso fresco o seco de ninguna de las partes, pero sí la época de floración.

En el clima templado subhúmedo [$C(w_2)(w)$] se registraron los mayores contenidos de N y Mn en la epidermis, de N, P, K, Ca y Mg en la pulpa, de Mg, S, Cu y Mn en la testa, así como de B en la testa y el embrión.

Los frutos de huertos sin riego presentaron concentraciones más altas de Ca, S y Cu en la epidermis, de P, K, Mn, Ca y Cu en la pulpa, de K, Mn y Cu en la testa, y de P, K, Mn en el embrión, comparadas con la condición de riego.

La época de floración también afectó la composición nutrimental del fruto de aguacate 'Hass'.

AGRADECIMIENTOS

Se reconoce el financiamiento del CONACYT (Proyecto 2005-12086), Fundación Produce Michoacán, Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de Aguacate de Michoacán, Comisión Michoacana del Aguacate y Consejo Nacional de Productores de Aguacate. Al

its deficiency provokes pulp brown spots (Kremer-Köhne *et al.*, 1993; Hofman *et al.*, 2002; Saucedo-Hernández *et al.*, 2005; Boyd *et al.*, 2007). The importance of B and Zn in the seed (testa and embryo) has been recognized since fruit set (Coetzer *et al.*, 1993) until the fruit reaches its final size and form (Smith *et al.*, 1997; Salazar-García *et al.*, 2008); furthermore, Zn deficiency causes pulp spots (Vorster and Bezuidenhout, 1988). Pulp black spots of the pulp have also been associated to Fe deficiency (Kruger *et al.*, 2004; Magwaza *et al.*, 2008).

CONCLUSIONS

The climate did not affect total fresh weight of "Hass" avocado fruit, although testa had higher weight in humid semiwarm climate, but dry weight and dry matter content were lower in subhumid temperate climate, compared to humid semiwarm conditions. Soil moisture condition did not influence fresh or dry weight of any of the parts, but flowering season did.

Under subhumid temperate climate [$C(w_2)(w)$] the highest N and Mn contents were recorded in epidermis; N, P, K, Ca, and Mg in pulp; Mg, S, Cu, and Mn in testa, and B in testa and embryo.

Fruit from orchards without irrigation had higher Ca, S, and Cu concentrations in epidermis; higher concentrations of P, K, Mn, Ca, and Cu in pulp; of K, Mn, and Cu in testa; and P, K, Mn in embryo, compared to irrigated orchards.

Flowering season also affected nutrient composition of "Hass" avocado fruit.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank financial support from CONACYT (Project 2005-12086), Fundación Produce Michoacán, Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de Aguacate de Michoacán, Comisión Michoacana del Aguacate and Consejo Nacional de Productores de Aguacate. We appreciate M.C. Marín Gallardo[†] for his technical support and to the avocado growers José Salomón Villegas, Daniel Medina, Juan Carlos Mora, Florencio Crusaley, José Estrada, and Marcos Ávalos for facilitating their orchards.

End of English Version

M. C. Marín Gallardo[†] por su apoyo técnico y a los productores José Salomón Villegas, Daniel Medina, Juan Carlos Mora, Florencio Crusaley, José Estrada y Marcos Ávalos por facilitar sus huertos.

LITERATURA CITADA

AGUILERA-MONTAÑEZ, J. L.; TAPIA-VARGAS, L. M.; VIDALES-FERNÁNDEZ, I.; SALAZAR-GARCÍA, S. 2005. Contenido

- nutrimental en suelo y hojas de aguacate en huertos establecidos en Michoacán y comparación de métodos para interpretación de resultados. INIFAP, Campo Experimental Uruapan, Uruapan, Michoacán, México. Folleto Técnico 2. 28 p.
- ALCALÁ DE J., M.; ORTIZ S., C. A.; GUTIÉRREZ C., M. C. 2002. Clasificación de suelos de la meseta Tarasca, Michoacán. *Terra* 19: 227-239.
- ANGUIANO C., J.; TOLEDO B., R.; ALCANTAR R., J. J.; TAPIA V., L. M.; RUIZ C., J. A.; RODRÍGUEZ C., Y.; JIMÉNEZ T., P. 2006. Caracterización edafoclimática del área productora de aguacate de Michoacán. Libro Técnico. INIFAP, Uruapan, Michoacán, México. 175 p.
- ARPAIA, M. L. 1994. Preharvest factors influencing postharvest quality of tropical and subtropical fruit. *HortScience* 29: 982-985.
- BOYD, L. M.; HANCOCK, A.; WOOLF, A. B.; DE SILVA, N.; THORP, T. G.; FERGUSON, I. B. 2007. Comparison of sampling strategies for determining fruit mineral concentrations in 'Hass' avocado (*Persea Americana* Mill.). *J. Hort. Sci. Biotech.* 82: 611-621.
- COETZER, L. A.; ROBERTSE, P. J.; JANSE VAN VUUREN, B. P. H. 1993. The role of boron in avocados: theory, practice and reality. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 16: 2-4.
- DU PLESSIS, S. F.; KOEN, T. J.; ABERCROMBIE, R. A. 1995. Nutritional requirements of the Fuerte avocado: a summary of 21 years of research in South Africa. *Proc. World Avocado Congress III*: 160-171.
- GUTIÉRREZ-CONTRERAS, M.; LARA-CHÁVEZ, M. B.; GUILLÉN-ANDRADE, H.; CHÁVEZ- BÁRCENAS, A. T. 2010. Agroecología de la franja aguacatera en Michoacán, México. *Interciencia* 35(9): 647-653
- HOFMAN, P. J.; VUTHAPANICH, S.; WHILEY, A. W.; KLIEBER, A.; SIMONS, D. H. 2002. Tree yield and fruit minerals concentrations influence 'Hass' avocado fruit quality. *Scientia Hort.* 92: 113-123.
- IZHAKI, I.; TSAHAR, E.; PALUY, O.; FRIEDMAN, J. 2002. Within population variation and interrelationships between morphology, nutritional content, and secondary compounds of *Rhamnus alaternus* fruits. *New Phytol.* 156(2): 217-223
- KREMER-KÖHNE, S.; KÖHNE, J. S.; SCHUTTE, J. M. 1993. Effect of potassium, magnesium and nitrogen soil applications on Fuerte avocado fruit quality. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 16: 33-36.
- KRUGER, F. J.; SNIJDERS, B.; MATHUMBU, J. M.; LEMMER, D.; MALUMANE, R. 2004. Establishing appropriate maturity and fruit mineral content norms for the main avocado export cultivars. *South African Avocado Growers' Association Yearbook.* 27: 10-16.
- LOBELL, D.; CAHILL, K.; FIELD, C. 2007. Historical effects of temperature and precipitation on California crop yields. *Climatic Change* 81: 187-203.
- MAGWAZA, L. S.; LEMMER, D.; NTANDANE, J.; KRUGER, F. J. 2008. Effect of N and Fe fertilizer treatments on the incidence of chilling injury in 'Fuerte' and 'Hass' avocados. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 31: 9-11.
- MARQUES, J. R.; HOFMAN, P. J.; WEARING, A. H. 2003. Rootstocks influence 'Hass' avocado fruit quality and fruit minerals. *J. Hort. Sci. Biotech.* 78: 673-679.
- MICHELAKIS, N.; VOUGIOUCALOU, E.; CLAPAKI, G. 1993. Water use, wetted soil volume, root distribution and yield of avocado under drip irrigation. *Agricultural Water Management* 24: 119-131.
- MORALES D., V.; RAMÍREZ R., R.; RIVAS J., J.; SANDOVAL, V.; RINCÓN L., N. 2007. Correlación entre dosificación potásica, colocación, composición mineral y el rendimiento del melón (*Cucumis melo* L.) municipio Mara, estado Zulia, Venezuela. *Revista Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia.* 24: 54-63.
- REYES-NOVELO, E.; MELÉNDEZ-RAMÍREZ, V. 2007. Propiedades del aguacate como protector cardíaco. *Boletín el Aguacatero* 53: 3-8.
- ROOYEN, V. Z.; BOWER, J. P. 2005. The role of fruit mineral composition on fruit softness and mesocarp discoloration in 'Pinkerton' avocado (*Persea Americana* Mill.). *J. Hort. Sci. Biotech.* 80: 793-799.
- SALAZAR-GARCÍA, S. 2007. Floración y fructificación. pp. 64-86. *In: El Aguacate y su Manejo Integrado.* TÉLIZ, D.; MORA, A. (coord.). Ediciones Mundi-Prensa, México. 2da. Edición.
- SALAZAR-GARCÍA, S.; COSSIO-VARGAS, L. E.; GONZÁLEZ-DURÁN, I. J. L. 2008. Corrección de la deficiencia crónica de zinc en aguacate 'Hass'. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14(2): 153-159.
- SALAZAR-GARCÍA, S.; LAZCANO-FERRAT, I. 1999. Diagnóstico nutrimental del aguacate 'Hass' bajo condiciones de temporal. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5 (número especial): 173-184.
- SALAZAR-GARCÍA, S.; LAZCANO-FERRAT, I. 2001. Identifying fruit mineral removal, differences in four avocado cultivars. *Better Crops International* 15(1): 28-31.
- SALAZAR-GARCÍA, S.; ZAMORA-CUEVAS, L.; VEGA-LÓPEZ, R. J. 2005. Update on the avocado Industry of Michoacán, México. *Calif. Avocado Soc. Yrbk.* 87: 31-44.
- SÁNCHEZ G., P.; RAMÍREZ M., P. 1999. Fertilización y nutrición del aguacatero. pp 103-113. *In: El aguacate y su Manejo Integrado.* TÉLIZ, D; MORA, A.. (ed.). MundiPrensa. D.F., México.
- SAS INSTITUTE. 2006. SAS/STAT User's Guide, Version 8, Fourth Ed. Vol. 1 and 2. SAS Institute Inc., Cary, N. C., USA.
- SAUCEDO-HERNÁNDEZ, L.; MARTÍNEZ-DAMIÁN, M. T.; COLINAS-LEÓN, M. T.; BARRIENTOS-PRIEGO, A. F.; AGUILAR- MELCHOR, J. J. 2005. Aplicaciones foliares de nitrato de calcio en la maduración y daños por frío en aguacate 'Fuerte'. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11: 149-157.
- SMITH, T. E.; ASHER, C. J.; STEPHENSON, R. A.; HETHERINGTON, S. E. 1997. Boron deficiency of avocado. 2. Effects on fruit size and ripening. pp. 135-137. *In: Boron in soils and plants.* BELL, R. W.; RERKASEM, B. (eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands,
- STANFORD, L. 2002. Constructing "quality": The political economy of standards in Mexico's avocado industry. *Agriculture and Human Values* 19: 293-310.
- TAPIA-VARGAS, L. M.; ROCHA-ARROYO, J. L.; AGUILERA-MONTAÑEZ, J. L. 2003. Mantenga altos niveles

- nutrimentales en su huerto con fertiriego sin afectar el ambiente. Boletín el Aguacatero 34: 7-15.
- TAPIA-VARGAS, L. M.; VIDALES-FERNÁNDEZ, I.; LARIOS-GUZMÁN, A. 2007. Manejo del riego y el fertiriego en aguacate. pp. 107-122. *In: El Aguacate y su Manejo Integrado*. TÉLIZ, D.; MORA, A. (coord.). Mundi-Prensa. D. F., México.
- TÉLIZ, D.; MARROQUÍN P., F. J. 2007. Importancia histórica y socioeconómica del aguacate. pp 1-28. *In: El Aguacate y su Manejo Integrado*. TÉLIZ, D.; MORA, A. (coord.). Mundi-Prensa. D.F., México.
- THORP, T. G.; HUTCHING, D.; LOWE, T.; MARSH, K. B. 1997. Survey of fruit mineral concentrations and postharvest quality of New Zealand-grown 'Hass' avocado (*Persea Americana* Mill.). *New Zealand J. Crop & Hort. Sci.* 25: 251-260.
- VORSTER, L. L.; BEZUIDENHOUT, J. J. 1988. Does zinc play a role in reducing pulp spot? *South African Avocado Growers' Assn. Yrbk.* 11:60.
- WITNEY, G. W.; HOFMAN, P. J.; WOLSTENHOLME, B. N. 1996. Mineral distribution in avocado trees with reference to calcium cycling and fruit quality. *Scientia Hort.* 44: 279-291.