

EFFECTO DEL CLIMA Y MANEJO DE AGUA EN EL RENDIMIENTO Y COMPONENTES DEL FRUTO DE AGUACATE EN MICHOACAN

L.M. Tapia¹, A. Larios¹, S. Salazar¹ y J. Anguiano¹

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Av. Latinoamericana 1101. Uruapan, Michoacán, México Correo electrónico: tapia.luismario@inifap.gob.mx

Michoacán es la región productora de aguacate más importante del mundo, sin embargo, la amplia diversidad climática y la carencia de agua en el 50% de la superficie plantada (90.000 ha), le hacen susceptible al daño por factores bióticos y abióticos que afectan la calidad del fruto. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del clima y el manejo del agua sobre rendimiento y componentes de fruto en plantaciones de Michoacán. El trabajo se realizó en seis huertas situadas en los cuatro principales climas donde se produce aguacate y en dos tipos de manejo de agua, riego y ausencia de riego. Los tipos de clima evaluados fueron (A)C(w2) (Patamburu y Tecario) con el 57%, (A)C(m)(w) (Cherangueran y La Basilia) con el 11% y C(w2)(w) (Peribán y Araparícuaro), con el 26% de la superficie plantada, respectivamente; además, se estudió el efecto del manejo de agua, con riego en el 48% de la superficie y sin riego en el 52% restante. El diseño experimental fue bifactorial donde un factor correspondió al tipo de clima y el otro al manejo del agua. Los datos registrados fueron peso seco y fresco de fruto completo y de sus partes, pulpa, cáscara, tegumento y semilla, así como el contenido de materia seca. Los resultados indican que el efecto del clima se observa en las localidades con clima templado subhúmedo como Peribán y Araparícuaro (C(w2)(w)), donde se obtuvieron los máximos efectos en peso de fruto fresco (>200 g), peso de pulpa fresca (165 g) y contenido de materia seca (25%), en relación con las localidades de Cheranguerán y La Basilia (A)C(m)(w) con los pesos más bajos de fruto (< 195 g), peso de pulpa fresca (143 g) y materia seca (21%).

EFFECT OF CLIMATE AND WATER MANAGEMENT ON AVOCADO YIELD AND COMPONENTS IN MICHOACAN

L.M. Tapia¹, A. Larios¹, S. Salazar¹ and J. Anguiano¹

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Av. Latinoamericana 1101. Uruapan, Michoacán, México Email: tapia.luismario@inifap.gob.mx

Michoacan is the most important avocado-producing region worldwide; however, the wide climate diversity of the whole area and water shortage over 50% of the planted area (90,000 ha) have made it susceptible to be damaged by abiotic and biotic factors affecting fruit quality. The aim of this work was to evaluate the effect of climate and water management on yield and components of fruit in Michoacan plantings. This work was carried out in six avocado orchards located in the four main climate areas of the avocado growing and two water management systems, irrigation and rainfed conditions. Evaluated climates were (A)C(w2) (Patamburu and Tecario) with 57%, (A)C(m)(w) (Cherangueran and La Basilia) with 11% and C(w2)(w) (Periban and Araparícuaro) with 26% of the planted area, respectively; moreover, the effect of water management was also studied, with irrigation in

48% of the area and no irrigation in 52%. A bifactorial experimental design was used, where factor A was climate and factor B water management. Data registered were fresh and dry fruit weights and their components, flesh, skin, seed coat and seed, as well as dry matter content. Results indicate the effects of climate are observed in places with sub-humid temperate climate, such as Periban and Araparicuaro (C(w2)(w)), where fresh fruit was ranked above 200 g, fresh-pulp weight 165 g and dry matter 25%, while in other places such as Cherangueran and La Basilia (A)C(m)(w), the lowest values of fresh weight (<195 g), fresh-pulp weight (143 g) and dry matter (21%) were recorded.

INTRODUCCIÓN

En Michoacán, la agroindustria del aguacate ha sido hasta ahora, junto con las remesas económicas que envían los emigrantes michoacanos, la actividad legal más rentable desde el punto de vista económico y social. Anguiano *et al*, (2006), mencionan que existe 279 emparadoras y comercializadoras de las cuales 17 son exportadoras, además de 14 procesadoras de fruta para obtener aceite, guacamole, concentrados, etc. El volumen de producción anual, cercano a las 800 mil toneladas dominan el mercado mexicano que significan el 28% de la producción mundial. En Michoacán se tienen registradas 75,000 ha de cultivo con un padrón de 13,500 productores en los tres sistemas de tenencia de la tierra, pequeña propiedad, ejidal y comunal, los cuales generan un ingreso bruto de 7,500 millones de pesos. A pesar de ello, el cultivo del aguacate desde el punto de vista ecológico es muy frágil por ser univarietal (Hass) con los riesgos inherentes que significa en relación con las plagas, enfermedades, rendimiento y calidad de fruto y políticas comerciales.

La amplia diversidad climática de la zona productora de Michoacán con seis subtipos de clima (precipitación y temperatura), son propiciados por el gradiente altitudinal, la topografía del suelo, la exposición al sol, la orientación geomagnética, la topología de la huerta y la exposición a los vientos dominantes. El factor clima incide directamente en la productividad de las huertas y en condiciones limitantes el agua puede ser un insumo limitante del crecimiento del fruto (Tapia *et al* 1999). Diversos autores, señalan que el fruto es el mayor exportador de nutrimentos y que el cultivar Hass, exporta en mayor cantidad potasio que nitrógeno y fósforo, en proporción 1:0.3:3 para N, P y K, respectivamente (Sánchez y Ramírez, 1999). Generalmente el contenido de materia seca se relaciona directamente con el contenido nutrimental y la mayor cantidad de aceite, pero estas variables pueden ser afectadas por el clima prevaleciente y el manejo de las huertas (Tapia *et al* 2006). No obstante estos antecedentes, poco se ha estudiado el efecto del clima y la disponibilidad de agua con las variables relacionadas con el fruto como componentes del fruto (semilla, cáscara, tegumento y pulpa) y materia seca, las cuales podrían ser la base para la implementación de mejores métodos de manejo de huertas como nutrición, riego, oportunidad de la cosecha, prevención de fallas fisiológicas en fruto, retraso de aplicación de insumos, entre otras. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del clima y el manejo del agua en relación con el contenido de materia seca y los componentes del fruto de aguacate en Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se efectuó en seis huertas localizadas en los tres climas más importantes de Michoacán 1. (A)C(w2) semicálido subhúmedo (SS), de las localidades de Patamburu y Tecario en el municipio de Tancítaro y Tecario, respectivamente clima que representa el 57%, de la superficie sembrada 2. (A)C (m)(w) semicálido húmedo (SH), de Cherangueran y La Basilia municipio de Uruapan con el 11% de la superficie sembrada y 3.. C(w2)(w) templado húmedo (TH), de Peribán y Araparícuaro, municipio de Peribán y Tancítaro, respectivamente, con el 26% de la superficie sembrada (Figura 1). En estos climas se encuentra 94% de la superficie sembrada del estado. En relación con el manejo de agua fueron con riego (48% de la superficie sembrada y sin riego (temporal) con el 52% de la superficie restante.

Se seleccionaron y marcaron 20 árboles de cada huerta de la misma edad y en similar estado de desarrollo fenológico. En madurez de cosecha mayor a 21% de materia seca (Rosenthal *et al*, 1985), se cortaron y muestrearon frutos de la misma edad y estado de madurez, orientados hacia el sureste y en la parte media del árbol, procedentes de ramas de 1.5 a 2.5 cm de grueso para evitar posibles cambios en su composición química (Ferguson *et al.*, 1999). Inmediatamente se diseccionaron con objeto de no propiciar cambios en sus propiedades (Vekiari *et al* 2004), para el análisis de sus componentes (cáscara, pulpa, tegumento y semilla) y del contenido de materia seca de cada componente del fruto.

Componentes del Fruto

Los frutos procedentes del campo, se pesaron en fresco y se midieron sus dimensiones largo y ancho, se cortaron por sus partes: cáscara, pulpa, tegumento y hueso en láminas de 0.5 mm de espesor, se pesaron en fresco y se introdujeron a la estufa a 64 °C hasta peso constante.

Materia seca

Los componentes del fruto ya secos se procedió a obtener el peso de materia seca (MS), en por ciento, con la expresión:

$$MS = \frac{Ps}{Ph} \times 100$$

Donde:

Ps= peso seco de la muestra

Ph= peso húmedo de la muestra

Análisis estadístico

Los datos se analizaron bajo diseño bifactorial completamente al azar con 20 repeticiones, siendo el factor A el efecto del clima con tres niveles, semicálido subhúmedo (A)C(w2) identificado como (SH), localidades Patamburu y Tecario, semicálido húmedo (A)C (m)(w), identificado como (SH) en Cherangueran y La Basilia y templado húmedo C(w2)(w) identificado como (TH) en las localidades de Peribán y Araparícuaro, y como factor B el manejo del agua con dos niveles:

riego (Tecario y Cheranguerán) y temporal (La Basilia, Patamburu, Peribán, Araprícuaro), cada árbol fungió como una repetición. El programa de análisis se configuró en SAS v. (Statistical Analysis System 2006).

RESULTADOS

El peso fresco del fruto y de sus componentes: pulpa y testa fueron afectados por el factor manejo del agua, el factor clima sólo tuvo efecto en el componente testa, sin embargo, en cuanto al peso seco de los frutos, los componentes del fruto pulpa, testa y semilla, fueron afectados por el clima, más ninguno por el manejo del agua. En el Cuadro 1 y 2 se muestran los análisis de varianza para evaluar los efectos del clima y del manejo del agua sobre los pesos fresco y seco del fruto y de sus componentes, cáscara, semilla, testa y pulpa. En el Cuadro 1 hay un claro efecto del factor manejo de agua, sobre el peso fresco total y el peso fresco de los componentes por separado, pulpa y testa, mientras que en el factor clima sólo se tuvo efecto en testa. Estos resultados en fresco, no se reflejan en los pesos secos tanto de fruto total, como de sus componentes ya que en el factor manejo del agua no hay efecto significativo en ninguna variable, pero en el otro factor, clima, se tuvo efecto en todas las variables excepto cáscara.

Cuadro 1. Análisis de varianza de peso fresco del fruto de componentes de fruto

Table 1. Analysis of variance of fresh fruit weight and its components.

Variable	Cuadr. Med. Error	Efecto de clima				Efecto de manejo de agua			
		G.l.	Cuadr. Med	Fc	Pr>F	G.l	Cuadr. Med.	Fc	Pr > F
Peso fresco total	1210.5	2	2662.2	2.2	0.12	1	6569.0	5.4 *	0.02
Cáscara	41.7	2	78.82	1.9	0.16	1	19.1	0.5	0.50
Pulpa	643.1	2	1217.9	1.9	0.16	1	3944.1	6.1	0.018
Testa	0.479	2	2.8	5.6	0.006	1	2.94	6.13	0.018
Semilla	63.03	2	149.2	2.4	0.10	1	147.9	2.3	0.13
Error		40							

* = Significancia ($p < 0.05$), ** = Significancia ($p < 0.05$), NS = No hay significancia ($p > 0.05$).

Cuadro 2. Análisis de la varianza del peso seco de los componentes del fruto en seis huertas de Michoacán.

Table 2. Analysis of variance of the dry weight fruit components in six orchards of Michoacán.

Variable	Cuadr. Med. Error	Efecto de clima				Efecto de manejo de agua			
		G.I.	Cuadr. Med	Fc	Pr>F	G.I	Cuadr. Med.	Fc	Pr > F
Peso seco total	132.2	2	760.8	5.6 **	0.006	1	312.3	2.4	0.13
Cáscara	2.23	2	2.33	1.05	0.36	1	3.85	1.72	0.19
Pulpa	64.48	2	319.6	4.96 *	0.012	1	211.5	3.3	0.08
Testa	0.010	2	0.038	3.77 *	0.03	1	0.023	2.3	0.14
Semilla	14.24	2	72.8	5.11 **	0.01	1	1.02	0.07	0.79
Error		172							

*= Significancia ($p<0.05$), **= Significancia ($p<0.05$), NS = No hay significancia ($p>0.05$).

La prueba de medias efectuada a los pesos frescos del fruto y sus componentes indica que hay diferencias entre las medias en algunas variables por efecto del clima o del manejo del riego (Cuadro 3). Los pesos frescos de los componentes pulpa y testa tuvieron diferencia con respecto al clima, en general, el clima más fresco presenta pesos de pulpa (164 g) más alto que el clima semicálido subhúmedo (145.1 g), mientras que en testa el efecto fue similar con valores de 2.3 g y 1.3 g, respectivamente para cada tipo de clima. Con respecto al manejo del agua en temporal se tuvieron más altos valores para peso fresco total con 221 g por fruto contra 196.2 g para riego. En relación con los componentes, sólo en testa se tuvo diferencia significativa con 2 g para temporal y 1.5 g para riego, el resto de los componentes fueron iguales.

Cuadro 3. Comparación de medias de peso fresco de fruto y componentes del fruto de aguacate en seis huertas de Michoacán.

Table 3. Fresh weight fruit comparison and fruit components in six avocado orchards of Michoacán.

Variable	Templado subhúmedo	Semicálido húmedo	Semicálido subhúmedo	Riego	Temporal
Componente fresco del fruto (gr)	Tipo de clima			Manejo de agua	
Fruto entero	218.1 a	222.6 a	197.5 a	196.2b	221.0 a
Pulpa	164.5 a	162.4 ab	145.1 b	163.7a	163.7 a
Cáscara	25.2 a	28.4 a	25.1 a	25.3 a	26.7 a
Testa	2.3 a	1.9 a	1.3 b	1.5 b	2.0 a
Semilla	26.1 a	29.8 a	26.0 a	24.8 a	28.6 a

En base a peso seco del fruto y de sus componentes, la comparación de medias indica que el clima semicálido húmedo presentó los valores más altos de peso seco total (61.6 g) que los otros dos climas evaluados con valores menores de 53 g (Cuadro 4). Mientras tanto los componentes secos del fruto, sólo en pulpa y

semilla se detectaron diferencias con valores más altos para clima semicálido húmedo con 41.4 g en pulpa seca y 13.3 g en semilla seca, contra el semicálido más seco con 33.5 g en pulpa y 10.2 g en semilla. El clima más fresco tuvo valores intermedios en cuanto a pulpa seca (36.6 g) y más bajos en cuanto a semilla seca (9.8 g). El manejo del agua no mostró diferencias significativas para componentes secos del fruto, ni para el fruto total seco.

El peso fresco total del fruto, no fue afectado por el clima pero si por el manejo del agua, con mayor peso para temporal (221 g) que para riego (196.2 g), estos resultados indican que en temporal el fruto de las seis huertas analizadas, tienen mayor ganancia de peso, esto es importante ya que diversos autores han señalado que en riego se tiene mayor rendimiento de fruto (Tapia et al., 2007), pero hasta la fecha no se había reportado si el riego propicia fruto más pesado lo cual en este trabajo, no hubo influencia. Posiblemente el mayor rendimiento de fruto en riego se explica no por el peso individual del fruto, sino por el mayor número de frutos obtenidos, como fue explicado por Moore y Wolstenholme, (1996), quienes obtuvieron 16% más de frutos en condiciones de riego. Se esperaba que por ser el fruto y la semilla, los componentes con mayor volumen y peso dentro del fruto, el efecto del manejo del agua, fuera mantenido, más no fue así, como se observa en el Cuadro 3 ningún componente fue significativo, excepto la testa la cual tuvo mayor peso en fresco en temporal con 2 g que en riego con 1.5 g. Mientras que en el factor clima no hubo efecto en el peso fresco total, en los componentes del fruto si se detectaron diferencias. Los mejores climas para pulpa fresca y testa fueron TS y SH. Cabe destacar que el componente pulpa fresca por su importancia en el peso final del fruto, tuvo mayor peso en TS y SH con 164.5 y 162.4 g respectivamente, mientras que en el clima SS sólo se obtuvo 145.1 g. Estos resultados podrían indicar que en los climas más frescos y con mayor humedad en Michoacán podría esperarse que tengan mayor peso en pulpa, lo que se traduce en mayor valor comercial para la agroindustria que requiere la obtención de pastas y aceites derivados del fruto, una diferencia de 20 g por fruto en pulpa, con similares pesos en fresco, podría dar lugar a mayores beneficios en la producción de la agroindustria extractiva.

Cuadro 4. Comparación de medias de peso seco del fruto y componentes del fruto de aguacate en seis huertas de Michoacán.

Table 4. Dry weight fruit means comparison and fruit components of six avocado orchards of Michoacán.

Variable	Templado subhúmedo	Semicálido húmedo	Semicálido subhúmedo	Riego	Temporal
Componente fresco del fruto (gr)	Tipo de clima			Manejo de agua	
Fruto entero	52.9 b	61.6 a	50.1 b	51.2 a	56.7 a
Pulpa	36.6 ab	41.4 a	33.5 b	34.2 a	38.7 a
Cáscara	6.1 a	6.4 a	6.2 a	5.8 a	6.42 a
Testa	0.36 a	0.37 a	0.28 b	0.31 a	0.35 a

Semilla	9.8 b	13.3 a	10.2 b	10.9 a	11.2 a
---------	-------	--------	--------	--------	--------

CONCLUSIONES

1. El efecto del manejo del agua se apreció en la condición de temporal con pesos fresco de fruto de 221 g diferente al riego con 196 g de fruto. En clima se detectó efecto en pulpa fresca con 164 g para TS y 162 SH diferentes de 145 g en SS.
2. En peso seco de fruto se encontró efecto del clima en fruto entero, pulpa, testa y semilla donde en general el mejor clima fue SH con 61.6 g para fruto total 41.4 g en pulpa, 0.37 en testa y 13.3 g en semilla
3. El clima tiene un efecto importante en el contenido de materia seca del fruto y de sus componentes. Los climas más húmedos y frescos, producen mayor cantidad de materia seca en pulpa con 41 g en SH y 37 g en TS contra solo 33 g en SS. En testa y semilla también se encontró mayor contenido de materia seca con 0.37 g y 13 g en SH comparado con 0.28 g en testa y 10.2 g en semilla en SS.
4. El calcio fue el elemento que tuvo diferencias significativas en los dos factores analizados, manejo de agua y clima, esto para concentración total de fruto. En temporal registró mayor concentración con 0.15 kg/ton que en riego con 0.12 kg/ha. En el factor clima los valores de Ca fueron más altos en los climas TS (0.15 kg/ton) y SH (0.17 kg/ton) y el más bajo fue el SS (0.11 kg/ton).

LITERATURA CITADA

Anguiano C., R. Toledo B. J.J. Alcantar R., L.M. Tapia V., J., Ruiz C. A., Yaneth Rodriguez C., P. Jimenez T. 2006. Caracterización Edafoclimática del área productora de aguacate de Michoacán. INIFAP. Uruapan, Mich., 175 p

Ferguson, I.A. R. Volz and A. Woolf. 1999. Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 15(3):255-262

Moore G., C. S. and Wolstenholme, B. N. 1996. The Hass small-fruit problem: role of physiological stress and its amelioration by mulching. *South African Avocado Growers Association Yearbook* 19, 82-86.

Rosenthal I., U. Meru, G. Popel and S. Berenstein. 1985. An analytical essay for the determination of oil content in avocado. *California University Soc. Yearbook* 69:133-136

Sánchez G. P. y P. Ramírez M. 1999. Fertilización y nutrición del aguacatero. In: *El aguacate y su manejo integrado*. D. Téliz (ed.). Ed. Mundiprensa. México, D.F. pp 103-113

Tapia V. M. 1999. Manejo del riego en el aguacate. In: El Aguacate y su Manejo Integrado. D. Téliz. (editor). Ed. Mundiprensa. pp. 85-98.

Tapia V.L.M., A., Larios G., V. Coria A., J.J. Alcántar R., S. Salazar G. 2006. Ambiente y fenología del aguacate. IV Seminario Estatal de Polinización con Abejas. II Feria de la Miel. UMSNH Facultad de Agrobiología. 55-65 p.

Tapia V.L.M., I. Vidales F. A. Larios G. 2007. Manejo del riego y el fertiriego en Aguacate. In: El Aguacate y su manejo integrado. D. Teliz, A. Aguilera (eds). Mundi-Prensa México D.F. 107-122