

---

# AGROECOLOGÍA DE LA FRANJA AGUACATERA EN MICHOACÁN, MÉXICO

MARIBEL GUTIÉRREZ-CONTRERAS,  
MA. BLANCA NIEVES LARA-CHÁVEZ,  
HÉCTOR GUILLÉN-ANDRADE  
y ANA T. CHÁVEZ-BÁRCENAS

---

## RESUMEN

En Michoacán, México, principal productor de aguacate en el mundo, a pesar de tener una zona definida donde se encuentra establecido el cultivo, no se cuenta con información total de las características agroecológicas que prevalecen en ella, existiendo solo trabajos aislados de algunos aspectos agroecológicos. En el presente trabajo se planteó el objetivo de generar información de los factores agroecológicos presentes en la franja aguacatera de Michoacán que sirva de base para estudios, planeación y manejo del cultivo. Para la caracterización agroecológica de la zona, se elaboraron bases de datos considerando variables tales como delimitación territorial, altitud sobre el nivel del mar,

suelo, clima, temperatura media anual, precipitación, humedad relativa, heladas y granizadas de 22 municipios. Se determinó una superficie con aguacate de 94.045,28ha, establecida en altitudes entre 1100 y 2900msnm, en siete tipos de suelos, 10 climas, temperaturas medias de 16-24°C, precipitación anual entre 800 y 1500mm, y humedad relativa predominante de 90%. Así mismo, se determinó que en general el área aguacatera no está libre de la ocurrencia de granizadas y heladas. Con base en los elementos climáticos indicados se determinaron diez zonas homogéneas; las que en general presentan características favorables para el óptimo desarrollo del cultivo.

El aguacate es originario de México y Centroamérica, existiendo evidencia de su selección y consumo en México desde hace ~10000 años (Smith, 1966; Sánchez *et al.*, 2001). Este frutal es considerado como una de las mayores contribuciones nutricionales de América al mundo (Zentmyer, 1998), cultivándose actualmente en 60 países, entre los que México sobresale como primer productor con 102.467ha; sin embargo, la producción en México por unidad de superficie es menor (10,2t·ha<sup>-1</sup>) que otros países como Brasil (14,4t·ha<sup>-1</sup>), República Dominicana

(12,7t·ha<sup>-1</sup>), Israel (11,2t·ha<sup>-1</sup>) y Colombia (10,5t·ha<sup>-1</sup>; FAOSTAT, 2005).

Los países latinoamericanos son los mayores consumidores de aguacate. Actualmente, el mayor consumo *per capita* (10kg/persona/año) se presenta en México (Ochoa y Ortega, 2002). El consumo de aguacate en la Unión Europea ha aumentado durante los últimos diez años; en Francia pasó de 0,4kg a 1,5kg/persona/año. Sin embargo, en la mayor parte de los países europeos todavía el consumo es <0,25kg/persona/año. En EEUU, se registra un promedio de 0,8kg/persona/año (Centeno, 2005). Las perspectivas

del aumento en el consumo son amplias, dado el alto valor nutricional y los beneficios que representa para la salud humana por los aceites insaturados que contiene (Knight, 2007).

El 38% de la producción mundial de aguacate tiene lugar en México, país que es el principal exportador (22%) del mundo, con solo 12% de su producción (SAGARPA, 2008). Michoacán es el estado mexicano que contribuye con la mayor superficie, aportando el 80% de la producción nacional (Sánchez *et al.*, 2001; SAGARPA, 2008), y es considerado como el área productora de aguacate más impor-

---

## PALABRAS CLAVE / Aguacate / Cartografía Agroecológica / Factores de Producción /

Recibido: 11/11/2008. Modificado: 05/07/2010. Aceptado: 27/07/2010.

**Maribel Gutiérrez-Contreras.** Doctora en Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), México. Profesora, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), México. Dirección: Facultad de Agrobiología 'Presidente Juárez', UAN. Paseo Lázaro Cárdenas esq. Berlín S/N, Colonia Viveros, C.P. 60170. México. e-mail: gutierrezma@prodigy.net.mx

**Ma. Blanca Nieves Lara-Chávez.** Doctora en Ciencias Agrícolas, UAN, México. Profesora, UMSNH, México.

**Héctor Guillén-Andrade.** Doctor en Ciencias en Genética Vegetal, Colegio de Postgraduados, México. Profesor investigador, UMSNH, México.

**Ana Tztzqui Chávez-Bárcenas.** Doctora en Ciencias en Biotecnología de Plantas, CINVESTAV, México. Profesora investigadora, UMSNH, México.

---

tante del mundo, debido a la superficie plantada que sobrepasa las 90.000ha (SAGARPA, 2008).

En Michoacán el aguacate tiene gran importancia socioeconómica, por el beneficio que genera entre los participantes de la cadena productiva, como son productores, comercializadores, industrializadores y consumidores, así como a trabajadores permanentes y eventuales de mano de obra para las labores del cultivo y manejo poscosecha (Téliz y Marroquín, 2007). Por cada 10ha de cultivo da ocupación a 1,5 hombres (Sánchez *et al.*, 2001).

El buen funcionamiento de los procesos fisiológicos del aguacate están determinados, como en cualquier planta, por su código genético (potencial hereditario) y el ambiente (suelo y atmósfera) en que se desarrolla (Lira, 2003). El origen mesoamericano del aguacate abarca hábitats que van desde el nivel del mar hasta altitudes que sobrepasan los 3000msnm, comprendiendo una amplia gama de climas y tipos de suelo, que dieron lugar a la gran diversidad genética y amplia adaptabilidad de la especie (Whinley *et al.*, 2007; Wolstenholme, 2007). Se reconocen tres subespecies o razas ecológicas de aguacate (mexicana, guatemalteca y antillana) nombradas con base en sus centros de origen (Bergh y Ellstrand, 1986). Dentro de las diversas variedades que se han desarrollado, la variedad Hass es la más popular actualmente en climas subtropicales y mediterráneos (Newett *et al.*, 2007). El aguacate 'Hass' posee principalmente genes guatemaltecos y alrededor de 1/6 de genes de la raza mexicana, y aunque esta última le da rasgos de calidad inferior, le proporciona mayor resistencia al frío (Bergh y Whitsell, 1973; Salazar-García, 2002; Scora *et al.*, 2007). Las temperaturas de 17,9-19,7°C con condiciones ambientales templadas, estables y libres de estrés, son consideradas como las mejores condiciones para la producción de aguacate 'Hass'; mientras que las temperaturas límite para lograr un desempeño razonable de este cultivar son de 19,5-21°C, que corresponden a los climas subtropicales cálidos y húmedos (Wolstenholme, 2007).

En relación a la respuesta del aguacate a la precipitación y humedad, este cultivo requiere de una precipitación de 1200-1600mm distribuidos durante el año (Wolstenholme, 2007), aunque se recomienda además dar riegos ligeros durante las etapas críticas (floración y amarre del fruto). La alta humedad relativa y temperaturas templadas durante la estación de crecimiento producen un nivel mínimo

de estrés ambiental y excelente desarrollo de la variedad Hass (Wolstenholme, 2007). Las precipitaciones altas (1200-1600mm) no son factor limitante en suelos muy permeables como los andosoles, considerados como los más cercanos al ideal para la producción de este frutal (Ben-Ya'cob y Michelson, 1995; Salazar-García, 2002). Sin embargo, el aguacate se ha establecido en forma exitosa en varios tipos de suelos, pero esto ha requerido mayores inversiones para su manejo. El pH del suelo recomendado en forma general es de 5,0-7,0 con mayores ventajas hacia el extremo inferior de este intervalo (Wolstenholme, 2007).

Por no considerar de forma analítica los requerimientos agroecológicos (suelo y clima) del aguacate al establecer las plantaciones, actualmente su producción sigue siendo escasa y errática; teniéndose que en muchos países el promedio histórico anual es inferior a 10t·ha<sup>-1</sup>, pese a que su producción potencial es estimada en tres veces más. Existen muchos factores que podrían ser los responsables de que este frutal no alcance su máximo potencial productivo (Gazit y Degani, 2007). Los factores ambientales influyen en todos los aspectos del crecimiento del aguacate y determinan la magnitud con la que se expresa su potencial genotípico (Schaffer y Whinley, 2007). El aguacate muestra sensibilidad a factores edáficos y climáticos (Téliz, 2000), y es susceptible a las bajas temperaturas, por lo que se sugiere su cultivo en zonas libres de heladas para evitar la pérdida de miles de árboles ocurrida por este fenómeno en distintos países (Solares, 1981; Wolstenholme, 2007). Así mismo, las altas temperaturas pueden ser perjudiciales en periodos críticos de polinización y cuajado de frutos (Gazit y Degani, 2007), considerándose las temperaturas entre 33 y 43°C como índice de estrés térmico (Lomas, 1988). De la misma manera, la alta humedad relativa, asociada a una abundante precipitación favorece la aparición de enfermedades tales como la antracnosis y la roña, así como algunas plagas (Wolstenholme, 2007). El daño ocasionado por granizo demerita la calidad de los frutos (Solares, 1981; Wolstenholme, 2007) además de que facilita la entrada de patógenos (Agrios, 1989). Las raíces del aguacate son altamente sensibles a la pudrición por *Phytophthora* y a otros factores de estrés edáfico, como son los suelos saturados con mala ventilación (Schaffer y Whinley, 2007). Respecto a las necesidades nutricionales, consideradas como li-

mitantes para el buen desarrollo del cultivo, éstas pueden subsanarse mediante una adecuada fertilización (Wolstenholme, 2007).

Además de los factores limitantes de origen abiótico indicados, se suman los factores bióticos, como son el ataque de plagas y enfermedades, destacando en estas últimas, las de tipo fungoso (Téliz, 2000), las cuales requieren de condiciones ambientales favorables como es una alta humedad relativa y de daños en los tejidos como los producidos por heladas y granizadas, entre otros (Agrios, 1989). Las enfermedades del aguacate afectan la producción hasta en 40% (Morales y Vidales, 1994), y son consideradas de gran importancia por el número, distribución e intensidad, y como un factor de incremento en los costos de producción. Las enfermedades que dañan el fruto se han convertido en la mayor amenaza del comercio internacional del aguacate, debido a la alta calidad que exigen los mercados de destino. En zonas cálidas y lluviosas una de las principales enfermedades es la antracnosis ocasionada por *Colletotrichum gloeosporioides* Penz y *Colletotrichum acutatum* Simmonds (Freeman, 2000; Pegg *et al.*, 2007).

La antracnosis causada por el hongo *Colletotrichum* spp. es una enfermedad que se caracteriza por su condición cosmopolita, encontrándose en todo el mundo, sobre todo en regiones tropicales y subtropicales (Bailey y Jeger, 1992). En aguacate, esta enfermedad se encuentra distribuida en todos los municipios donde se cultiva este frutal en el estado de Michoacán (Morales y Vidales, 1994), donde existe una tendencia para la presencia de valores altos de esporas de *C. gloeosporioides* entre julio y diciembre (verano y otoño), por la interacción de los factores humedad y temperatura, que propician la actividad del hongo y el desarrollo de la enfermedad (Agrios, 1989). La antracnosis del aguacate se considera de mayor importancia como enfermedad en poscosecha; aunque el ataque inicial del patógeno es en campo, permaneciendo en estado de quiescencia hasta después de la cosecha y manifestándose con la maduración de los frutos (Prusky *et al.*, 1992). Sin embargo, en Michoacán, *Colletotrichum* spp. es un patógeno importante en precosecha en aguacate, provocando en los frutos variados síntomas, conocidos localmente como viruela o clavo, varicela y antracnosis, los que disminuyen la calidad comercial de éste (Morales y Vidales, 1994).

Las plantaciones de aguacate en el estado de Michoacán se encuentran distribuidas en la provincia fisiográfica del Sistema Volcánico Transversal entre las coordenadas 18°45' y 20°06'N y entre 101°47' y 103°13'O. Esta región es conocida como la "franja aguacatera del estado de Michoacán". No se tiene información agroecológica que sirva como una plataforma de estudio de fitopatógenos para este frutal, por lo que el presente estudio pretende generar información sobre los factores agroecológicos presentes en la franja aguacatera del estado de Michoacán, México.

## Metodos

### Área de estudio

El presente trabajo se desarrolló en el estado de Michoacán, en el área conocida como la "franja aguacatera de Michoacán" (FAM), que comprende 30 municipios, definiéndose las características agroecológicas de 22 de esos municipios.

### Caracterización agroecológica

El análisis incluyó los factores y/o elementos agroecológicos presentes en 22 municipios productores de aguacate que tienen influencia en el desarrollo del cultivo de aguacate como son: altura en metros sobre el nivel del mar, tipo de suelo, tipo de clima, temperatura media anual, precipitación anual, humedad relativa, presencia de heladas y probabilidad de granizadas.

La fuente de información utilizada fue la cartografía (división municipal, topográfica, edafológica, climas y fenómenos climáticos) publicada por INEGI (1985, 1998a-c) a una escala de 1:500000 e información municipal del Atlas Geográfico del Estado de Michoacán (SEM, 2003). Para la determinación de la superficie establecida con aguacate se utilizaron los datos y registros del censo del aguacate (inédito) hecho por la Comisión Michoacana del Aguacate (COMA, 2005), actualizado hasta el 25/07/2005. El manejo de la información para cada factor y/o ele-

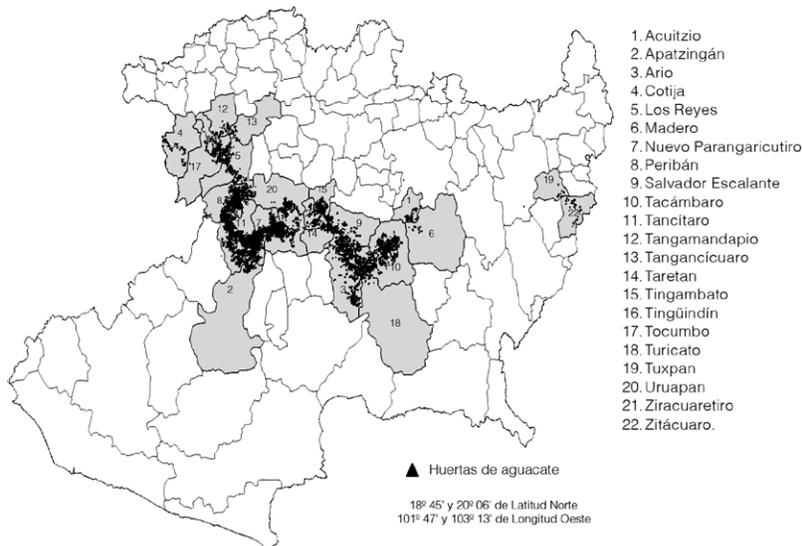


Figura 1. Distribución del cultivo del aguacate en 22 municipios del estado de Michoacán.

mento agroecológico se hizo con el empleo de los paquetes computacionales Corel Draw (1998), Auto Cad (2000) e IDRISI (1998).

La digitalización de las imágenes de cada factor y/o elemento agroclimático se hizo mediante un escaneo de la cartografía para su manejo con el programa de diseño Corel Draw. La información digitalizada se exportó al programa AutoCad 2000, para determinar la superficie (escala) correspondiente para cada uno de los factores analizados. Posteriormente, estas imágenes fueron exportadas al programa IDRISI para hacer la vectorización y rasterización de las imágenes escaladas para la definición de zonas, dentro de cada área y por factor agroecológico para determinar la superficie. Esto permitió la obtención de imágenes de contornos muy bien definidos, manteniendo alta calidad visual para su análisis.

### Análisis de la información

Con la información cartográfica obtenida para los ocho factores y/o elementos agroecológicos, se determinaron zonas homogéneas en el aspecto agroecológico. Además, esta información se relacionó con los factores que influyen en el desarrollo del cultivo.

## Resultados y Discusión

### Delimitación del área establecida con aguacate

En la caracterización de los 22 municipios productores de aguacate 'Hass' considerados en este trabajo de investigación, se determinó

que éstos se encuentran ubicados entre los 18°45' y 20°06'N y entre los 101°47' y 103°13'O. Estos municipios cubren una superficie total de 1.229.100ha, de las cuales en 94.045,28ha está establecido el cultivo de aguacate. La mayor superficie con cultivo de aguacate se encuentra en el municipio de Tancítaro (24,76%), seguido de Uruapan (12,36%) y Ario de Rosales (10,76%), siendo los municipios con menos superficie plantada los de Taretan (0,13%), Tuxpan (0,17%) y Apatzingán (0,39%), como se aprecia en la Figura 1.

### Factores agroecológicos

El cultivo se localiza desde 1100 hasta 2900msnm, y en siete de los ocho tipos de suelo existentes (Figura 2a). La mayor superficie (89,8%) cultivada con aguacate es del tipo de suelo andosol, seguido del luvisol (3,5%), acrisol (3,2%), feozem (1,4%), litosol (1,3%), cambisol (0,7%) y vertisol (0,1%), mientras que en las zonas que presentan el tipo de suelo regosol no se encuentran establecidos huertos de aguacate.

Los 22 municipios caracterizados en este estudio están influenciado por 14 climas. En la Figura 2b se presenta su distribución, y en la Tabla I la descripción de cada uno de ellos. El cultivo del aguacate solo se encuentra establecido en 10 de esos climas, con predominio de los semicálidos (46,16%), cálidos (22,75%) y templados (22,29%), en contraste con los climas semifríos, en los que el cultivo solo abarca el 8,79% de la superficie total.

Dentro de las características climáticas, se consideraron algunos elementos del clima como son temperaturas, precipitación, humedad relativa, granizadas y heladas. En el área donde se encuentran establecidas las plantaciones de aguacate, las temperaturas medias anuales oscilan desde 16 hasta 24°C, como se aprecia en la Figura 2c. La mayor superficie (81.908,94ha) del cultivo se encuentra establecida en temperaturas medias anuales de 18 y 20°C; mientras que en temperaturas de 24°C solo se tienen 82.277ha plantadas con aguacate.

Respecto a la precipitación, se puede observar en la Figura 2d

TABLA I  
TIPOS DE CLIMA, SUPERFICIE Y ÁREA CUBIERTA CON EL CULTIVO DE AGUACATE

Tipo de clima	Descripción	Sup. total (ha)	Sup. con aguacate (ha)	Sup. con aguacate (%)
(A)C(m)(w)	Semicálido húmedo con lluvias en verano, lluvia invernal >5%	169.90650	23.708,68	25,21
Aw <sub>1</sub> (w)	Cálido subhúmedo con lluvias en verano, lluvia invernal <5%. Humedad intermedia	217.3815	18.800,79	19,99
(A)C(w <sub>2</sub> )(w)	Semicálido subhúmedo con lluvias en verano, lluvia invernal <5%. El más húmedo	92.399,54	15.838,79	16,84
C(w <sub>1</sub> )(w)	Templado subhúmedo con lluvias en verano, lluvia invernal <5%. Humedad intermedia	131.770,14	13.205,81	14,04
C(E)(w <sub>2</sub> )(w)	Semifrío subhúmedo con lluvias en verano, lluvia invernal <5%. El más húmedo	32.747,12	8.227,92	8,75
C(m)(w)	Templado húmedo con abundantes lluvias en verano, lluvia invernal <5%	43.813,67	6.405,46	6,81
(A)C(w <sub>1</sub> )(w)	Semicálido subhúmedo con lluvias en verano, lluvia invernal <5%. Humedad intermedia	148.184,84	3.867,12	4,11
Aw <sub>0</sub> (w)	Cálido subhúmedo con lluvias en verano, lluvia invernal <5%. El menos húmedo	223.511,45	2.591,79	2,76
C(w <sub>2</sub> )(w)	Templado subhúmedo con lluvias en verano, lluvia invernal <5%. El más húmedo	33.775,61	1.357,60	1,44
C(E)(m)(w)	Semifrío húmedo con lluvias en verano, lluvia invernal <5%	9.873,50	41,13	0,04
A(C)(w <sub>0</sub> )(w)	Semicálido subhúmedo con lluvias en verano, lluvia invernal <5%. El menos húmedo	13.082,39	-	-
C(w <sub>0</sub> )(w)	Templado húmedo con abundantes lluvias en verano, lluvia invernal <5%. El menos húmedo	1.522,17	-	-
BS <sub>1</sub> (h')w(w)	Subtipo semiseco muy cálido con lluvias en verano, lluvia invernal <5%	51.589,06	-	-
BS <sub>0</sub> (h')w(W)	Subtipo seco muy cálido con lluvias en verano, lluvia invernal <5%	53.028,94	-	-

que las huertas de aguacate se encuentran establecidas en sitios donde las precipitaciones son de 800mm anuales o

más, teniéndose la mayor superficie (86%) plantada en sitios donde las precipitaciones anuales son de 1000-1500mm.

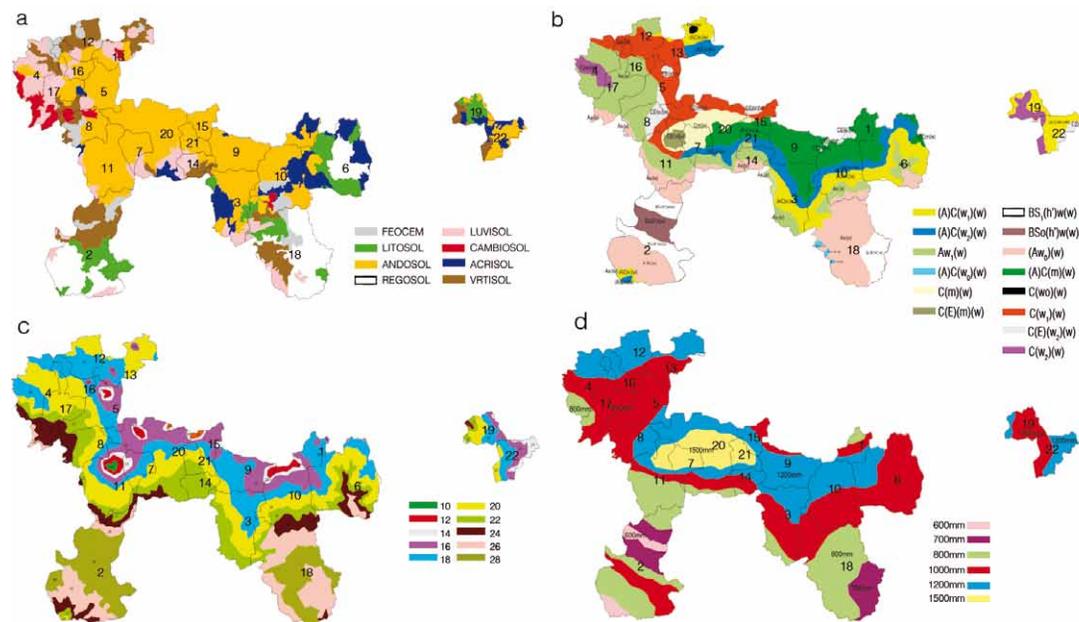


Figura 2. Factores agroecológicos presentes en 22 municipios de la franja aguacatera de Michoacán, México. a: tipos de suelos, b: tipos de climas, c: temperaturas, y d: precipitación. 1: Acuitzio, 2: Apatzingán, 3: Ario, 4: Cotija, 5: Los Reyes, 6: Madero, 7: Nuevo Parangaricutiro, 8: Peribán, 9: Salvador Escalante, 10: Tacámbaro, 11: Tancitaro, 12: Tangamandapio, 13: Tangancicuaro, 14: Taretan, 15: Tingambato, 16: Tingüindín, 17: Tocuambo, 18: Turicato, 19: Tuxpan, 20: Uruapan, 21: Ziracuaretiro, 22: Zitácuaro.

Así mismo, respecto a la humedad, en la Figura 3a, se observa que el aguacate se encuentra cultivado en zonas con humedad relativa de 45-90%; siendo en esta última condición donde se tiene la mayor superficie (83,5%) cultivada con aguacate.

En el análisis de la frecuencia de granizadas en los 22 municipios considerados en este estudio se determinó que el cultivo de aguacate está establecido en un área que no está libre de este fenómeno, como se muestra en la Figura 3b. La frecuencia de granizadas anuales es de una a cuatro; sin embargo, la mayor superficie (58.541,62ha) de aguacate está establecida en sitios con una frecuencia de cuatro granizadas durante el año.

De igual forma, otro elemento estudiado fue la probabilidad de heladas anuales en el área de estudio. En la Figura 3c se presenta el mapa generado para este factor, determinándose que la mayor superficie (79.769,67ha) de aguacate, está establecida en zonas con una probabilidad de 10-20 heladas al año, contrastando con la superficie (1.522,16ha) establecida en sitios libres de este fenómeno.

Como se ha indicado, el cultivo del aguacate en Michoacán se encuentra establecido en zonas con características agroecológicas diversas, donde existen tanto factores favorables como limitantes para el buen desarrollo del cultivo.

Respecto al tipo de suelo, el aguacate está establecido en su mayor superficie (83.582,89ha) en el tipo andosol, considerado como el suelo con las mejores características (Ben-Ya'cob y Michelson, 1995; Salazar-García, 2002) para el desarrollo de este frutal y que incluso puede disminuir el efecto de factores que en otros sitios de producción son limitantes, como es el caso de altas precipitaciones (1200-1600mm anuales), por la eficiente permeabilidad que presentan estos suelos (Ben-Ya'cob y Michelson, 1995), lo que evita la concentración de humedad que puede ocasionar la pudrición de raíces.

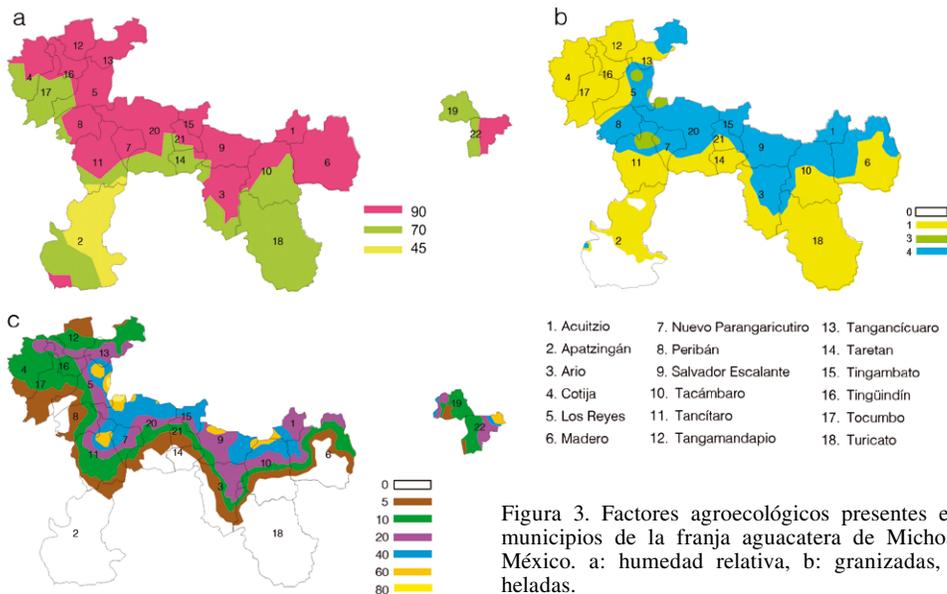


Figura 3. Factores agroecológicos presentes en 22 municipios de la franja aguacatera de Michoacán, México. a: humedad relativa, b: granizadas, y c: heladas.

La zona productora de aguacate en Michoacán está influenciada por 10 climas, de los cuales los que han favorecido el desarrollo de este cultivo son los semicálidos, cálidos y templados, con el 91,2% de la superficie, que indica la adaptabilidad de la variedad Hass. Estos tipos de climas en los que está establecido el aguacate en Michoacán corresponden a las características propias de climas tropicales (Newett *et al.*, 2007; Whinley *et al.*, 2007; Wolstenholme, 2007), que son el centro de origen de las dos razas (guatemalteca y mexicana) de las que proviene esta variedad (Berghy y Whitsell, 1973; Salazar-García, 2002; Scora *et al.*, 2007). La mayor superficie del cultivo en Michoacán (87,1%) está establecido en temperaturas de 18-20°C, consideradas como óptimas (Wolstenholme, 2007) para el desarrollo de este frutal. Respecto a la precipitación, el 60,6% de la superficie de aguacate está plantada en sitios donde las precipitaciones son de 1200-1500mm anuales, consideradas como las requeridas por el cultivo por Wolstenholme (2007), aunque este mismo autor indica que deben suministrarse riegos en etapas fenológicas críticas del cultivo.

El aguacate, como todas las plantas cultivadas, presenta factores bióticos y abióticos que le son adversos en su desarrollo y que pueden ser limitantes en la estabilidad de su producción, como lo indican Gazit y Degani (2007), quienes determinan que el potencial del cultivo en condiciones óptimas puede ser de hasta 30t·ha<sup>-1</sup>.

Con base en lo anterior, y aunque la mayor superficie de aguacate en Michoacán está establecida en sitios con precipitación, humedad relativa, temperaturas medias anuales e incluso suelos óptimos para el desarrollo del cultivo, su producción se ve limitada a un promedio de 10,2t·ha<sup>-1</sup>, por debajo de países como Brasil, República Dominicana, Israel y Colombia (FAOSTAT, 2005). En general, como ya se indicó, el área de cultivo de este frutal no está libre de la ocurrencia de granizadas y heladas, y aunque la resistencia al frío que puede presentar la variedad Hass por la contribución génica de la raza mexicana (Berghy y Whitsell, 1973), estos son factores limitantes para su producción (Solares, 1981; Agrios, 1989; Lira, 2003); ya que se ha determinado que las mejores condiciones ambientales para su desarrollo son sitios estables y libres de estos fenómenos, debi-

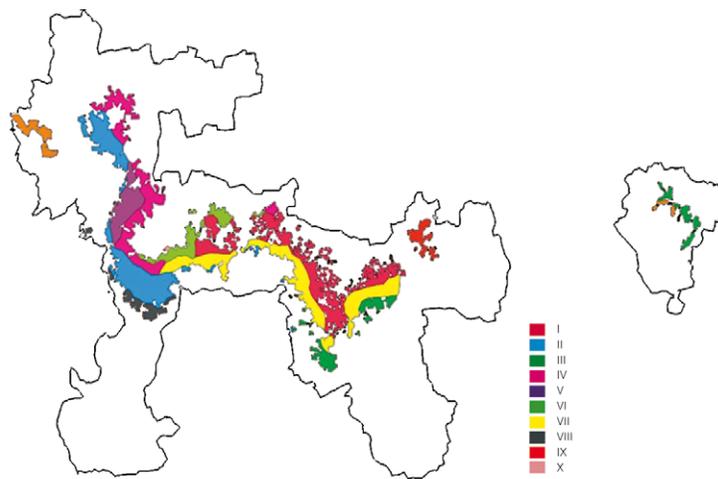


Figura 4. Zonas agroecológicas homogéneas determinadas para 22 municipios de la franja aguacatera de Michoacán, México.

do a que provocan estrés en la planta. El granizo puede ser catastrófico porque demerita la calidad de los frutos (Wolstenholme, 2007), además de que por las heridas que ocasiona disminuye la resistencia del fruto (Prusky *et al.*, 1983, 1992) a patógenos como *Colletotrichum*, causante de la antracnosis. Aunado esto a la alta (70-90%) humedad relativa presente y asociada a una abundante precipitación (Pegg *et al.*, 2007; Wolstenholme, 2007), son condiciones favorables para la presencia de este patógeno (Agrios, 1989; Bailey y Jeger, 1992; Ríos *et al.*, 1999).

#### Delimitación de zonas homogéneas

Tomando como base los tipos de climas que se presentan en la FAM y partiendo del conocimiento de que el clima está determinado por los factores y/o elementos como son la altitud, temperatura y precipitación, entre otros, se determinaron diez zonas agroecológicas en donde se encuentra establecido el cultivo del aguacate (Figura 4).

En la Tabla II se describen las características agroecológicas de cada una de las zonas agroecológicas determinadas, así como los municipios que abarcan. En general, las zonas climáticas caracterizadas presentan factores que son favorables para el desarrollo del cultivo; por ser los del tipo tropical y subtropical; sin embargo, algunos de estos factores también favorecen el desarrollo de enfermedades como la antracnosis, que es actualmente uno de los principales problemas en la sanidad del cultivo en todas las zonas productoras de aguacate en el mundo (Freeman, 2000; Pegg *et al.*, 2007). Estas condiciones agroecológicas ayudan a que el patógeno deje su estado quiescente y se manifieste en los variados síntomas (varicela, viruela o clavo y antracnosis) desde precosecha (Morales y Vidales, 1994) en frutos con diferente madurez fisiológica, a diferencia de las demás áreas productoras del mundo, en las que perma-

TABLA II  
ZONAS CON CARACTERÍSTICAS AGROECOLÓGICAS HOMOGÉNEAS,  
EN DONDE SE ENCUENTRA ESTABLECIDO EL CULTIVO  
DEL AGUACATE EN MICHOACÁN

Zona	Descripción
I	Superficie 23.107,91ha, abarcando los municipios de Acuitzio, Ario, Madero, Nuevo Parangaricutiro, Salvador Escalante, Tacámbaro, Tingambato, Turicato, Uruapan y Ziracuaretiro. Clima (A)C(m)(w), temperatura 16-20°C, precipitación anual 1200-1500mm, humedad relativa 70-90%, con 4 granizadas anuales y posibilidad de 10-20 heladas anuales. Suelo andosol (93,1%), acrisol (3,8%) y litosol (3,1%).
II	Superficie 18.800,86ha, abarcando los municipios de Ario, Los Reyes, Nuevo Parangaricutiro, Peribán, Tancítaro, Tingüindín, Tocumbo, Uruapan y Ziracuaretiro. Clima A w <sub>1</sub> (w), temperatura 20-22°C, precipitación anual 800-1200mm, humedad relativa 70-90%, con de 1-4 granizadas anuales y posibilidad de 0-10 heladas anuales. Suelo andosol (92,7%), luvisol (5,8%), cambisol (0,63%), acrisol (0,44%), vertisol (0,43%).
III	Superficie 15.674,83ha, abarcando los municipios de Ario, Nuevo Parangaricutiro, Salvador Escalante, Tacámbaro, Tancítaro, Taretan, Uruapan y Ziracuaretiro. Clima (A)C(w <sub>2</sub> )(w), temperatura 18-22°C, precipitación anual 1000-1500mm; humedad relativa 70-90%, con 1-4 granizadas anuales y posibilidad de 0-10 heladas anuales. Suelo andosol (80,55%), luvisol (7,61%), feozem (5,6%), acrisol (4,72%), cambisol (1,3%) y litosol (0,3%).
IV	Superficie 13.329,26ha, abarcando los municipios de Los Reyes, Peribán, Tancítaro, Tangamandapio, Tangancicuaro, Tingambato, Tingüindín y Uruapan. Clima C(w <sub>1</sub> )(w), temperatura 12-18°C, precipitación anual 1000-1200mm, humedad relativa 90%, con 1-4 granizadas anuales y posibilidad de 12-40 heladas anuales. Suelo andosol (98,45%), luvisol (1,45%) y vertisol (0,01%).
V	Superficie 8.063,12ha, abarcando los municipios de Los Reyes, Peribán, Tancítaro y Uruapan. Clima C(E)(w <sub>2</sub> )(w); temperatura 20-22°C, precipitación anual 1000-1200mm, humedad relativa 90%, con 1-4 granizadas anuales y posibilidad de 5-10 heladas anuales. Suelo andosol (96,4%), cambisol (3,1%) y acrisol (0,5%).
VI	Superficie 6.335,38ha, abarcando los municipios de Nuevo Parangaricutiro, Tancítaro, Uruapan y Ziracuaretiro. Clima C(m)(w), temperatura 14-18°C, precipitación anual 1200-1500mm, humedad relativa 90%, con 3-4 granizadas anuales y posibilidad de 10-40 heladas anuales. Suelo andosol.
VII	Superficie 3.720,7ha, abarcando los municipios de Ario, Tacámbaro, Turicato, Tuxpan y Zitácuaro. Clima (A)C(w <sub>1</sub> )(w), temperatura 18-22°C, precipitación anual 1000-1200 mm, humedad relativa 70-90%, con 1-4 granizadas anuales y posibilidad de 0-20 heladas anuales. Suelo andosol (46,4%), acrisol (30,4%), litosol (11,2%), feozem (10,75%) y cambisol (1,25%).
VIII	Superficie 2.550,66ha, abarcando los municipios de Apatzingán, Peribán y Tancítaro. Clima A w <sub>0</sub> (w), temperatura 22-26°C, precipitación anual 800-1000mm, humedad relativa 45-70%, con 1-4 granizadas anuales y posibilidad de hasta 5 heladas anuales. Suelo andosol (94,4%), luvisol (4%), vertisol 1,3%) y feozem (0,3%).
IX	Superficie 1.421,75ha, abarcando los municipios de Cotija, Tocumbo, Tuxpan y Zitácuaro. Clima C(w <sub>2</sub> )(w), temperatura 18-20°C, precipitación anual 1000mm, humedad relativa predominante de 70%, con 1 granizada al año y posibilidad de 5-10 heladas anuales. Suelo luvisol (49,2%), andosol (43,4%), acrisol (5,8%) y litosol (1,6%).
X	Superficie 41,14ha, en el municipio de Tancítaro. Clima C(E)(m)(w), temperatura 10-14°C, precipitación anual 1500mm, humedad relativa 90%, con 3-4 granizadas anuales y posibilidad de 40-60 heladas anuales. Suelo andosol.

necesarios en los frutos en campo hasta su maduración (Prusky *et al.*, 1992; Pegg *et al.*, 2007) en poscosecha.

### Conclusiones

El sitio que ocupa Michoacán, México en el mundo, como primer productor de aguacate, está determinado por las características agroecológicas en que está establecido este cultivo, que en general son condiciones óptimas para su desarrollo; logrando una alta

adaptabilidad del cultivo. Sin embargo, también en la FAM se presentan condiciones favorables para el desarrollo de patógenos, tanto en campo como después de la cosecha.

### REFERENCIAS

Agrios NG (1989) *Fitopatología*. Limusa, México. 756 pp.  
AutoCAD (2000) *Computer Aided Design*. Autodesk Inc. EEUU.  
Bailey AJ, Jeger JM (1992) *Colletotrichum: Biology, Pathology and Control*. British Society

for Plant Pathology. CABI. Willingford, RU. 388 pp.  
Ben-Ya'cov A, Michelson E (1995) Avocado root-stocks. *Hort. Rev.* 17: 381-429.  
Bergh B, Ellstrand N (1986) Taxonomy of the avocado. *Calif. Avoc. Soc. Yearbook* 70: 135-146  
Bergh BO, Whitsell RH (1973) Self-pollinated Hass seedlings. *Calif. Avoc. Soc. Yearbook* 57: 118-126  
Centeno G (2005) *Perfil de Mercado de Aguacate Convencional y Orgánico. P-AG-GP-002*. Centro de Inteligencia Sobre Mercados Sostenibles. INCAE. Costa Rica. 3 pp.  
COMA (2005) *Censo del aguacate en Michoacán*. Comisión Michoacana del Aguacate. Uruapan, Michoacán, México.  
Corel Draw (1998) *Corel DRAW 8.0*. Corel Corporation.  
FAOSTAT (2005) *Producción de alimentos y productos básicos agrícolas* www.fao.org/ess/top/country.html?lang=es&country=138&year=2005  
Freeman S (2000) Genetic diversity and host specificity of various fruits. En Prusky D, Freeman S, Dickman MB (2000) *Colletotrichum Host Specificity, Pathology, and Host-Pathogen Interaction*. American Phytopathological Society. St. Paul, MN, EEUU. pp. 131-144  
Gazit S, Degani C (2007) Biología reproductiva. En Whinley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.) *El Palto. Botánica, Producción y Usos*. Ediciones Universitarias de Valparaiso. Chile. pp. 103-131.  
IDRISI (1998) *IDRISI 3.2 For Windows*. Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis. Worcester, MA, EEUU.  
INEGI (1985) *Síntesis Geográfica del Estado de Michoacán. Anexo Cartográfica Climática Edafológica y Vegetación*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.  
INEGI (1998a) *Cartas Estatales de Fenómenos Climáticos del Estado de Michoacán*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.  
INEGI (1998b) *Cartas Estatales Edafológicas del Estado de Michoacán*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.  
INEGI (1998c) *Cartas Estatales Topográficas del Estado de Michoacán*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.  
Knight RJJr (2007) Historia, distribución y usos. En Whinley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.) *El Palto. Botánica, Producción y Usos*. Ediciones Universitarias de Valparaiso. Chile. pp. 13-24.  
Lira SRH (2003) *Fisiología Vegetal*. Trillas. México. 237 pp.  
Lomas J (1988) An agrometeorological model for assessing the effect of heat stress during the flowering and early fruit set on avocado yields. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 113: 172-176.  
Morales GJL, Vidales FJA (1994) *Enfermedades del Aguacate en Michoacán*. Folleto para productores N° 24. SARH – INIFAP – CI-PAC – Uruapan, Michoacán, México. 19 pp.  
Newett SDE, Crane JH, Balerdi CF (2007) Cultivares y portainjertos. En Whinley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.) *El Palto. Botánica, Producción y Usos*. Ediciones Universitarias de Valparaiso. Chile. pp. 155-175.

- Ochoa BR, Ortega RC (2002) El aguacate mexicano frente a la apertura del mercado norteamericano. *ASERCA 110*: 3-20.
- Pegg KG, Coates LM, Korsten L, Harding RM (2007) Enfermedades foliares del fruto y el suelo. En Whinley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.) *El Palto. Botánica, Producción y Usos*. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile. pp. 25-45.
- Prusky D, Keen NT, Eaks I (1983) Further evidence for the involvement of a preformed antifungal compound in the latency of *Colletotrichum gloeosporioides* on unripe avocado fruits. *Physiol. Plant Pathol.* 22: 189-198.
- Prusky D, Kobiler I, Plumbley R, Keen NT, Sims JJ (1992) Regulation of natural resistance of avocado fruit for the control of postharvest disease. *Second World Avocado Congress*. pp. 479-484.
- Ríos R, Arauz-Cavallini LF, Hord MJ (1999) Relación de variables climáticas con el desarrollo de la antracnosis en frutos de mango en Costa Rica. En *Memoria: Jornadas de Investigación 143*. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- SAGARPA (2008) *Plan Rector Sistema Nacional Aguacate. Estadísticas*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. www.sagarpa.gob.mx
- Salazar-García S (2002) *Nutrición del Aguacate, Principios y Aplicaciones*. INIFAP, INPOFOS. Querétaro, México. 165 pp.
- Sánchez PJL, Alcántar RJJ, Coria AVM, Anguiano CJ, Vidales FI, Tapia VLM, Aguilera MJ, Hernández RG, Vidales FJA (2001) *Tecnología para la Producción de Aguacate en México*. INIFAP. Libro Técnico N° 1. 208 pp.
- Schaffer B, Whinley AW (2007) Fisiología ambiental. En Whinley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.) *El Palto. Botánica, Producción y Usos*. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile. pp. 133-154.
- Scora RW, Wolstenholme BN y Lavi U (2007). Taxonomía y botánica. En Whinley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.) *El Palto. Botánica, Producción y Usos*. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile. pp. 25-45.
- SEM (2003) *Atlas Geográfico del Estado de Michoacán*. Secretaría del Estado de Michoacán / Universidad Michoacana San Nicolás Hidalgo / EDDISA. México.
- Smith CE Jr (1966). Archaeological evidence for selection in avocado. *Econ. Bot.* 20: 169-175
- Solares M (1981) *Técnicas y Prácticas en el Cultivo del Aguacate*. Editores Mexicanos Unidos. México. XXX pp.
- Téliz OD (2000) *El Aguacate y su Manejo Integrado*. 1ª ed. Mundi-Prensa. México. pp. 139-146.
- Téliz OD, Marroquín PF (2007) Importancia histórica y socioeconómica del aguacate. En Téliz OD, Mora A (Eds.) *El Aguacate y su Manejo Integrado*. 2ª ed. Mundi-Prensa. México. pp. 3-16.
- Whinley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (2007) *El Palto. Botánica, Producción y Usos*. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile. 380 pp.
- Wolstenholme BN (2007) Ecología: El Clima y el ambiente edáfico. En Whinley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.) *El Palto. Botánica, Producción y Usos*. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile. pp. 75-101
- Zentmyer GA (1998) Part VI. Avocado. En Ploetz RC, Zentmyer GA, Nishijima WT, Rohrbach KG, Ohr HD (Eds.) *Compendium of Tropical Fruit Diseases*. APS PRESS. St. Paul, MN, EEUU. 71 pp.

## AGROECOLOJOY OF THE AVOCADO-PRODUCING BELT AREA IN MICHOACAN, MEXICO

Maribel Gutiérrez-Contreras, Ma. Blanca Nieves Lara-Chávez, Héctor Guillén-Andrade and Ana T. Chávez-Bárceñas

### SUMMARY

At Michoacan, México, despite it being the largest avocado producing area in the world and having a defined zone where the crop is established, there is no global information about the prevailing agro-ecological characteristics. Only some data on isolated agro-ecological aspects exists. The goal of the present work is to generate information about the agro-ecological factors present in the avocado-producing belt area in Michoacan, Mexico, so as to serve as a basis for studies, planning and management of this crop. Data bases were elaborated for the agro-ecological characterization of the area, considering variables such as territorial limits, height above sea level, soil, climate,

mean annual temperature, rainfall, relative humidity, frosts and hailstorms in 22 municipalities. An avocado-plantation area of 94,045.28ha was determined. It is established at heights between 1100 and 2900masl, on seven soil types, 10 different climates, mean temperature of 16-24°C, annual rainfall between 800 and 1500mm, and a predominant relative humidity of 90%. It was also determined that, in general, the avocado producing area is free of frosts and hailstorms. Based on the climatic elements indicated, ten homogeneous zones were identified, presenting in general favorable characteristics for an optimal growth of the avocado crop.

## AGROECOLOGIA DA FAIXA DE ABACATEIROS EM MICHOACÁN, MÉXICO

Maribel Gutiérrez-Contreras, Ma. Blanca Nieves Lara-Chávez, Héctor Guillén-Andrade e Ana T. Chávez-Bárceñas

### RESUMO

Em Michoacán, México, principal produtor de abacate no mundo, apesar de ter uma zona definida onde se encontra estabelecido o cultivo, não se conta com informação total das características agroecológicas que prevalecem nela, existindo somente trabalhos isolados de alguns aspectos agroecológicos. No presente trabalho se estabeleceu o objetivo de gerar informação dos fatores agroecológicos presentes na faixa de abacateiros de Michoacán que sirva de base para estudos, planejamento e manejo do cultivo. Para a caracterização agroecológica da zona, se elaboraram bases de dados considerando variáveis tais como delimitação territorial, altitude sobre o nível do mar,

solo, clima, temperatura média anual, precipitação, umidade relativa, geadas e granizadas de 22 municípios. Determinou-se uma superfície com abacate de 94.045,28ha, estabelecida em altitudes entre 1100 e 2900 msnm, em sete tipos de solos, 10 climas, temperaturas médias de 16-24°C, precipitação anual entre 800 e 1500 mm, e umidade relativa predominante de 90%. Da mesma forma, foi determinado que em geral a área de aguacateiros não está livre da ocorrência de granizadas e geadas. Com base nos elementos climáticos indicados foram determinadas dez áreas homogêneas; as que em geral apresentam características favoráveis para o ótimo desenvolvimento do cultivo.