

ÁREAS POTENCIALES PARA EL CULTIVO DEL AGUACATE (*Persea americana* L.) CULTIVAR "HASS" EN EL ESTADO DE GUERRERO, MÉXICO

Garrido-Ramírez, E.R.¹; Noriega-Cantú D.H.²; Gutiérrez-Del Valle, A.²; González-Mateos R.³; Pereyda-Hernández J.³; Domínguez-Márquez V.M.³; López-Estrada M.E.⁴; Alarcón-Cruz N.²; Valentín-Benigno A.²; Leyva-Mayo A.².

¹INIFAP Campo Experimental Centro de Chiapas, Km 3.0 carretera Ocozocoautla-Cintalapa, Ocozocoautla Chis cp29140. ²INIFAP Campo Experimental Iguala. ³Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Ambientales-UAG. ⁴D.G.E.T.A. Brigada 90.

*Autor responsable: garrido.eduardo@inifap.gob.mx

RESUMEN

El interés por el cultivo de aguacate en el estado de Guerrero se ha intensificado en los últimos años, siendo "Hass" el cultivar de mayor demanda por los productores. Sin embargo, este incremento en la superficie de plantaciones comerciales no ha considerado los requerimientos de la planta en cuanto a clima y suelo, encontrándose plantaciones fuera del área de adaptación para una producción exitosa. El objetivo del estudio fue delimitar geográficamente las áreas con potencial para la producción del aguacate "Hass" en el estado de Guerrero, México, como una herramienta de planeación para nuevas plantaciones o para reconversión productiva en zonas no potenciales. Se generaron bases de datos sobre clima y suelo en el estado, y mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica se combinaron los requerimientos ambientales (clima y suelo) del cultivo y se definieron y cuantificaron las áreas óptimas para la producción de aguacate "Hass" en Guerrero, estimándose en 696,718 ha las que reúnen estas condiciones.

Palabras clave: *Persea americana*, regionalización, sistemas de información geográfica.

INTRODUCCIÓN

La demanda creciente por aguacate en el mercado nacional e internacional debido a sus excelentes características nutricionales y nutraceuticas, ha propiciado en la última década una expansión en la superficie plantada de este cultivo en México (Salazar *et al.*, 2004; Téliz y Marroquín 2007), que incluye al estado de Guerrero, particularmente en los últimos cinco años. Se considera a Michoacán como el principal productor a nivel nacional de aguacate (*Persea americana*), variedad "Hass", mientras que Guerrero ocupa el quinto lugar, con 2,466 ha sembradas, una producción de 13,409 toneladas, y un rendimiento medio de 6.9 ton ha⁻¹ (SAGARPA-SIAP, 2012). El estado de Guerrero es muy heterogéneo, puesto que se tienen variaciones ambientales como resultado de la combinación de los componentes suelo, clima, topografía, etcétera. Esta combinación de factores físicos y ambientales determina la potencialidad de una zona para una especie vegetal determinada. Los bajos rendimientos reportados en diversos cultivos son, en gran medida, el resultado de una mala planificación territorial al establecer plantaciones en áreas de bajo potencial, por lo que las caracterizaciones agroclimáticas desempeñan un papel determinante en las actividades de planificación y en la toma de decisiones para la implementación de programas agrícolas.

En muchos casos las características ambientales en que se va a desarrollar un huerto han sido ignoradas; éste debe de presentar un grado de adecuación suficiente para asegurar la rentabilidad de los insumos tecnológicos recomendados, lo que ha generado una gran variabilidad en la productividad de los huertos (INIFAP, 1993).

Actualmente se requiere practicar una agricultura más productiva y con un menor nivel de riesgo. La estrategia más clara y precisa es aquella que implica la producción de cultivos en ambientes que provean condiciones que satisfagan los requerimientos agroecológicos de las especies. Lo anterior implica la zonificación de los cultivos que permita identificar áreas y épocas con diferente nivel de aptitud agroecológica, desde marginales, donde el cultivo

difícilmente satisface sus necesidades ecológicas, hasta las óptimas, que satisfacen las exigencias íntegras de la especie (Ruiz *et al.*, 1999).

La zonificación agroecológica es definida como la división de un área en unidades más pequeñas, que tienen características similares relacionadas con su aptitud y potencial de producción (FAO, 1996). Se ha señalado a la zonificación como una herramienta útil para la programación de nuevas tierras que van a estar bajo cultivo, y que la evaluación de los recursos agroclimáticos es un requerimiento fundamental previo a las proyecciones de las tierras (Sánchez-Carrillo, 1999). La zonificación de un cultivo es, pues, el principio de una agricultura sustentable, ya que identifica zonas donde la productividad de los cultivos es agroecológicamente posible y eficiente, donde la entrada de suministro es el mínimo para obtener un rendimiento económicamente rentable y ambientalmente sostenible (Aceves *et al.*, 2008).

Durante el periodo de 1992-2006, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) generó nuevas tecnologías para la regionalización de zonas potenciales de diversos cultivos en diferentes partes de la República Mexicana. Con la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica, las zonas potenciales se han determinado con mayor precisión; asimismo, se han generado nuevos conocimientos agronómicos para mejorar la productividad, rentabilidad y sustentabilidad de diversos cultivos (López *et al.*, 2008). En el caso del aguacate, se determinaron las áreas potenciales para el estado de Michoacán, definiéndose la superficie potencial para este cultivo (INIFAP, 1993; Alcántar-Rocillo *et al.*, 1999), y se realizó la caracterización edafoclimática del área productora del aguacate en Michoacán (Anguiano-Contreras *et al.*, 2003), y se han realizado estudios similares para Venezuela (Córtez-Marín *et al.*, 2005).



En relación con el aguacate cv Hass, las condiciones agroambientales de México propician un desarrollo favorable del árbol y la obtención de fruto casi todo el año. Destacan tres climas, que son: (A) C (w₂) (w), semicálido subhúmedo; (A) C (w₁) (w), semicálido subhúmedo; y C (w₂) (w), templado subhúmedo. La altura sobre el nivel del mar de los huertos de aguacate es determinante para su comportamiento fenológico, influenciando significativamente los ciclos reproductivos y el rango es de 1,200 a 2,400 m de altitud (Vidales *et al.*, 2007).

Las exigencias de temperatura varían dependiendo de la raza; el rango óptimo es de 10 a 35 °C, con uno óptimo para fotosíntesis de 25 a 30 °C. Las temperaturas mayores a 35 °C afectan la floración y fructificación, provocando daños en la fecundación, polinización y desprendimiento del fruto. Las temperaturas bajas menores de 13 °C causan daños a la planta, retardando la apertura y el cierre de las flores (Cortez-Marín *et al.*, 2005; Vidales *et al.*, 2007). La variedad es sensible a heladas y puede presentar daños visibles cuando se expone a 2.2 °C por cuatro horas o más.

El aguacate se puede cultivar sin riesgos en zonas con precipitaciones entre 665 y 2,000 mm año⁻¹. Un factor muy importante para el rendimiento de este cultivo, no solo es la cantidad de lluvia, sino también su distribución durante el ciclo vegetativo. Durante la temporada de lluvias los valores que se registran satisfacen por completo los requerimientos del cultivo (Vidales *et al.*, 2007). La variedad "Hass" requiere de 1,200 a 1,800 mm de lluvia anual (Alfonso, 2008), y se considera como humedad relativa óptima entre 60 y 70% (Cortez-Marín *et al.*, 2005; Vidales *et al.*, 2007), ya que valores de humedad relativa superiores inducen proliferación de antracnosis y cánceres en hojas, tallos y frutos.

El período más crítico en el que la planta debe disponer de suficiente agua es el que incluye desde el "cuajado" de fruto (llenado) hasta la cosecha; y sequías prolongadas pueden provocar caída de hojas, muerte del polen con efectos negativos sobre la fecundación y, con ello, la formación de menor número de frutos. El exceso de precipitación durante la floración y la fructificación redu-

cen la producción y provocan la caída del fruto (Alfonso, 2008).

El aguacate se adapta a una amplia gama de suelos, desde los casi totalmente arenosos, hasta los arcillosos, siempre que posean un buen drenaje interno; sin embargo, la textura más recomendada es la franca ya que las texturas arcillosas tienden al encharcamiento (Amortegui, 2001). Es aconsejable disponer de al menos 0.8-1.0 m de suelo de buena estructura sobre un subsuelo poroso, para garantizar una larga vida del árbol. Es conveniente que el contenido de materia orgánica sea de 2.5 a 5% para una buena estructura que permita la porosidad y, consecuentemente, las proporciones adecuadas de aire y agua en el suelo serán adecuadas (Alfonso, 2008). Es muy sensible al encharcamiento, lo que produce asfixia radical y favorece el crecimiento de hongos que provocan la pudrición de la raíz por *Phytophthora cinamomi* (Cortez-Marín *et al.*, 2005). El pH de 6.5 es aceptable, ya que habrá una buena absorción de nutrimentos. La salinidad no debe ser mayor que 3 dS m⁻¹ ya que, de lo contrario, ocurrirán efectos tóxicos de cloruro de sodio y magnesio, produciendo quemaduras en las puntas de hojas. En cuanto a la pendiente, puede oscilar entre el plano no inundable hasta pendientes menores a 70%.

El estado de Guerrero se caracteriza por poseer diferente morfología en su relieve, que influye en los tipos de clima y suelos prevalentes, particularmente en la cantidad y distribución de la precipitación, variación de la temperatura, de la evaporación y la humedad relativa. Respecto al suelo, se observa gran variación en tipo de suelos, diferenciados por su profundidad, textura, estructura, color, densidad aparente y contenido de materia orgánica. Debido a lo anterior, el objetivo del estudio fue delimitar geográficamente las áreas de alta potencialidad para la producción del aguacate cv "Hass" en el estado de Guerrero, con la finalidad de brindar a los tomadores de decisiones una herramienta de planificación para la extensión de áreas nuevas, así como en la renovación de huertas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la caracterización de las áreas con potencial productivo se procesaron bases de datos con diferente resolución espacial y temporal. El procesamiento de la base de clima permitió generar los valores medios de todos los años considerados por estación y por variable; a partir de esta información se generaron los mapas interpolados que sirvieron de soporte para la elaboración de los mapas de potencial productivo con las variables: tipo

de clima (García, 1973), altitud (INEGI, 2001), régimen térmico (temperatura máxima, mínima, media, precipitación media anual).

Medio físico

Del proceso de la base de datos de suelos (digitalización de cartas edafológicas 1:50,000) del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 1993), se elaboró tanto el mapa de profundidad de suelos (a partir de las fases físicas) como los de tipos de suelos, y a partir del Modelo de Elevación Digital del Terreno (INEGI 2001) se obtuvieron los mapas de pendiente del terreno y altitud sobre el nivel del mar. De este modo, se generaron bases de datos digitales del medio físico para poder realizar la siguiente etapa de obtención de potencial productivo por el método booleano.

Procesamiento de la base de datos climáticos

Para variables de clima se utilizaron las bases de datos meteorológicos provenientes de 190 estaciones climatológicas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) establecidas en el estado de Guerrero, con información media mensual de precipitación, temperatura máxima y mínima, correspondiente a los períodos de los años 1961 a 2000. Debido a que el número de años de observación para estos datos de clima fue diferente para cada estación, no se seleccionó un periodo específico sino que se usaron todos los datos disponibles, analizándose estaciones con un mínimo de 20 años de registros regulares, eliminando inconsistencias en los datos. La información de clima se manejó con el programa ERIC III, generándose mapas para cada variable climática que sirvieron de soporte para la elaboración de los mapas de potencial productivo. La información climática

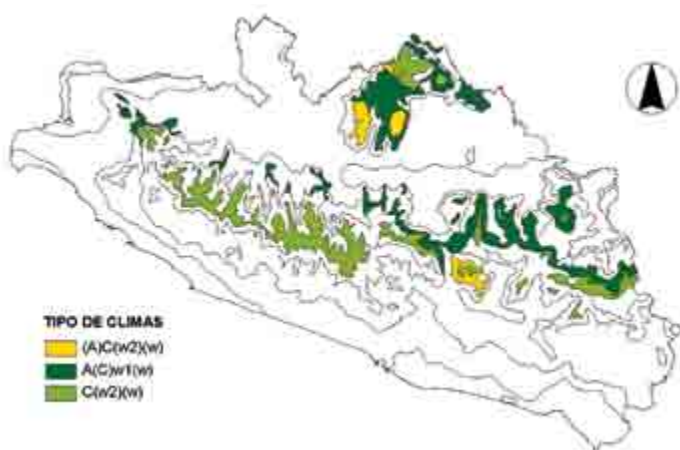


Figura 1. Tipo de clima óptimo para el cultivo del aguacate Hass en Guerrero.

ca se interpoló y clasificó en función de los requerimientos del cultivo.

Determinación del potencial productivo

Se realizó mediante el método de “álgebra booleana”, que es la aplicación de la lógica de verdadero o falso y la superposición de mapas. Los límites entre clases es definida por los requerimientos del cultivo. Para la obtención del mapa de potencial se utilizaron los rangos siguientes: temperatura máxima (de 20 a 30 °C), temperatura mínima (de 10 a 20 °C), precipitación anual (de 1200 a 1800 mm), y altitud (de 1200 a 2400 m) (Ruiz-Corral *et al.*, 1999; Alcántar-Rocillo, J. J. 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la información disponible y con las variables que se incluyeron en el estudio, se observó que en el estado de Guerrero existen áreas con condiciones óptimas para la producción de aguacate. Este último se encuentra limitado geográficamente entre 18° 53' y 16° 19' N y 98° 00' y 102° 11' O. (INEGI, 1999; INEGI. 2000). El estado de Guerrero cuenta con una amplia diversidad climática y topográfica, lo que le confiere características heterogéneas. En la Figura 1 se presentan los climas aptos para el cultivo de aguacate “Hass” en Guerrero.

Respecto a la caracterización edafo-climática, la temperatura más alta reportada en el periodo de estudios se registra entre los 23 a los 37 °C. Las zonas con registros mayores a los 25 °C se encuentran en la región de Tierra caliente, Costa chica y Costa grande, mientras que los menores de 10 °C se ubican sobre la sierra alta y la montaña. Para el estado se tienen registradas precipitaciones que van desde los 750 hasta los 2000 mm anuales. La menor cantidad de lluvia registrada es para las regiones de Tierra Caliente y Norte. A nivel estatal, anualmente se registran precipitaciones promedio de 1133 mm; los meses más lluviosos van de junio a octubre. En la Figura 2 se muestran las variables de clima para la estación más cercana a Carrizal de Bravo, municipio de Leonardo Bravo, en la zona productora de aguacate.

Con la combinación de criterios establecidos se estimaron 696,718 hectáreas, como la

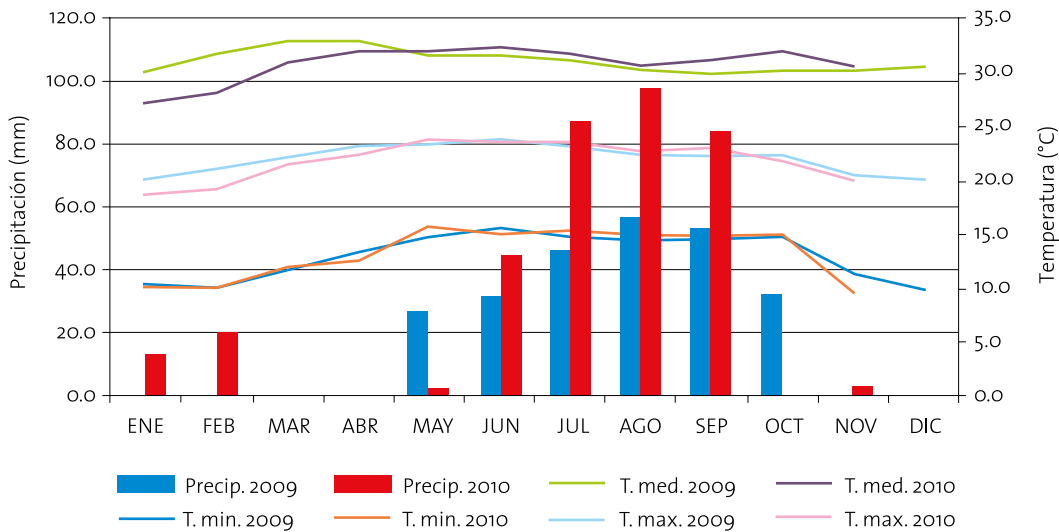


Figura 2. Temperatura mínima, media y máxima y precipitación mensual en 2009 y 2010 en una estación en la zona aguacatera de Guerrero.

superficie de buen potencial productivo para el cultivo de aguacate “Hass” en el estado de Guerrero; la ubicación de estas áreas se presenta en la Figura 3.

El Cuadro 1 muestra que el Distrito de Desarrollo Rural (DDR) con mayor superficie de áreas potenciales para cultivar aguacate, es el de Tlapa, seguido de Chilpancingo y Altamirano; en este último no se tienen registradas áreas cultivadas. Considerando que actualmente se siembra el cultivo de maíz en áreas marginales en estos DDR, con rendimientos bajos, esta información puede usarse para programas de reconversión productiva con aguacate.



Figura 3. Mapa de potencial productivo para el cultivo del aguacate Hass en el estado de Guerrero.

CONCLUSIONES

Se confirma que en el estado de Guerrero existen condiciones climáticas y edáficas que determinan áreas con buen potencial para el cultivo de aguacate “Hass”, lo que se podría utilizar en la planificación de nuevas plantaciones.

Con los datos obtenidos (climática y edáfica) y la escala de la información de suelo, se tiene una primera aproximación del área

potencial productiva para aguacate “Hass” en el estado de Guerrero, y en las áreas determinadas con condiciones potenciales sub-óptimas por factores controlables del ambiente, la productividad y la rentabilidad podrán mejorarse mediante la generación, adaptación y validación de los componentes tecnológicos en manejo agronómico.

La información generada debe validarse en campo a través de la geo-referenciación de sitios que permitan cotejarla con su productividad.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por el Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Guerrero, a través del proyecto

Cuadro 1. Superficie potencial por DDR en hectáreas y en porcentaje del DDR, y superficie actualmente con aguacate

DDR	Superficie con potencial (ha)	Área potencial (%)	Superficie actual (ha)
Altamirano	167,872.13	24.84	0
Atoyac	102,651.28	15.19	909
Chilpancingo	172,918.08	25.59	408
Las Vigas	54,375.81	4.950	717
Iguala	20,936.95	3.10	431
Tlapa	177,964.04	26.33	0.5
Total	696,718.28	100.00	2465.5

108759 “Paquete tecnológico integral sobre el control de plagas y enfermedades en la producción de aguacate orgánico en Guerrero”.

LITERATURA CITADA

- Aceves N. A. L; J. F. Juárez. L; D. J. Palma. López; R. López. L. B. Rivera. H; J. A. Rincón. R; R. Morales. C; R. Hernández. A; A. Martínez. S y J. L. Hernández. S. 2008. Estudios para determinar zonas de alta potencialidad de los cultivos en el estado de tabasco. Tomo 1. Gobierno del Estado de Tabasco. 65 pp.
- Alcántar-Rocillo, J.J., J. Anguiano-Contreras, V.M. Coria-Ramos, G. Hernández-Ruiz y J. Ariel Ruiz-Corral. 1999. Áreas potenciales para el cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.) CV. Hass en el estado de Michoacán, México. Revista Chapingo, Serie Horticultura 5 núm. especial 151:151-154.
- Alcántar-Rocillo, J. J. 2008. Requerimientos agroecológicos. En: Coria, A.V.M (Ed.). Tecnología para la producción de aguacate en México. Libro técnico Núm. 8, SAGARPA, INIFAP, 2ª Edición, Uruapan, Michoacán, México, pp17-27
- Alfonso B. J.A. 2008. Manual Técnico del cultivo de aguacate Hass (*Persea americana* L.). Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. La Lima, Cortez, Honduras.
- Amortegui, F.I. 2001. El cultivo de aguacate. Ministerio de agricultura y Desarrollo Rural. Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria PRONATTA. Colombia.
- Anguiano-Contreras, J., V.M. Coria-Avalos, J.A. Ruiz-Corral, G. Chávez-León y J.J. Alcántar-Rocillo. 2003. Caracterización edáfica y climática del área productora de aguacate *Persea americana* cv. Hass” en Michoacán, México. Procc. V World Congress pg 323-328
- Cortez-Marín A.L, Aceves-Navarro .L.A, Arteaga-Ramírez R, Vázquez-Peña M.A. 2005. Zonificación agroecológica para aguacate en la zona central de Venezuela. TERRA Latinoamericana, Vol. 23, Núm. 2, Abril-Junio, pp 159-166. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- FAO. 1996. Zonación agroecológica: Guía general. Boletín de suelos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de Clasificación Climática de Köppen, México D.F.
- INEGI. 1993. Carta edafológica. Escala 1:50,000. México, D. F.
- INEGI. 1999. Superficies Nacional y Estatales. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Aguascalientes, Aguascalientes.
- INEGI. 2000. Marco Geoestadístico. estado de Guerrero. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.
- INEGI. 2001. Cuadernos de información del estado de Guerrero. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Aguascalientes, Aguascalientes. 550 p
- INIFAP. 1993. Determinación del potencial productivo de especies vegetales en México. El estado de Michoacán. Memorias VI Reunión Científica y Técnica Forestal y Agropecuaria. P XIX-XXIV.
- López, B. W; López, L. A; Estrada, C. B; Gómez, C. R; Sánchez, V. B; Martínez, L. J; Altamirano, S. V; Iñiguez, C. P; Morán, Z. A. y Morado, S. C. 2008. Zonas potenciales y recomendaciones técnicas para la producción sustentable de maíz en Chiapas. 1ra. Edición. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Centro de Chiapas. Libro técnico. México. 227 pp
- Ruiz-Corral, J.A., Medina-García G., González-Acuña, I.J., Ortiz-Trejo, C., Flores-López, H.E., Martínez-Parra, R.A. y Byerly-Murphy K.F. 1999. Requerimientos agroecológicos de cultivos. SAGAR-INIFAP-CIRPC. Libro Técnico No. 3. Guadalajara, Jalisco, México. 324 p.
- SAGARPA-SIAP. 2012. Cierre de la producción agrícola por Estado. web:http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351
- Salazar S. G, Zamora C.L, Vega L. R.J. 2004. Actualización sobre la Industria del Aguacate en Michoacán, México. California Avocado Society 2004-05 Yearbook 87: 45-54.
- Sánchez-Carrillo, J. 1999. Agroclimatología. Innovación Tecnológica. Caracas, Venezuela.
- Téliz-Ortiz, D. y Marroquín Pimentel F.J. 2007. Importancia histórica y socioeconómica del aguacate. En: Téliz-Ortiz, D. y Mora Aguilera, A. (Coordinadores). El aguacate y su manejo integrado. 2ª edición, Ediciones Mundi-Prensa, México, DF. pp:3-28
- Vidales F.J.A, Anguiano C.J, Alcántar J.J, Toledo B.R, Tapia L.M. 2007. Caracterización edafoclimática del área productora de aguacate de Michoacán, México. Proceedings VI World Avocado Congress. Viña del Mar, Chile. 12-17 Noviembre 2007. ISBN 978-956-17-0413-8

