



# Determinación de áreas con aptitud para el cultivo de *Macadamia integrifolia* en México

Antaramián Harutunián Eduardo y Ramírez Sosa Carlos Alberto

Laboratorio de Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

## PALABRAS CLAVE

Aptitud;

Sistemas de Información Geográfica;

macadamia;

México

## RESUMEN

Desafortunadamente México se ha convertido en un importador neto de alimentos, y se debería plantear como una estrategia nacional el conseguir la autosuficiencia alimentaria, lo que se podría lograr aumentando la superficie de cultivos y la productividad de los mismos.

Actualmente se dispone de herramientas e información adecuada para determinar las áreas aptas para los diferentes cultivos, esto es mediante el uso de los sistemas de información geográfica y el conocimiento de los requerimientos agroclimáticos de los distintos cultivos, con la sobre posición de planos se analizan las áreas que cumplan todos los requisitos planteados.

Esto se realizó para el cultivo de la macadamia en México que ofrece buenas perspectivas económicas y es además un alimento de gran valor alimenticio.

Los planos considerados fueron: topográficos (altura, pendiente), climáticos (temperaturas máxima y mínima y la precipitación) e información edáfica (tipo de suelo, textura, profundidad). En el presente estudio encontramos que en México hay alrededor de 30,292 kilómetros cuadrados aptos para el cultivo de la macadamia, la mayoría en las vertientes de barlovento de las principales cadenas montañosas, sin embargo, actualmente sólo 13.07 km<sup>2</sup> están siendo cultivadas con macadamia.

## ABSTRACT

Mexico has become a net food importer in the past couple of years, and it should be established as a national strategy for food autonomy, which could be accomplished by increasing the surface of cultivated land in order to augment the variety of crops and the productivity of the same ones. As a matter of fact we have the tools and suitable information to determine the areas apt for the different crops, using the geographic information systems (GIS) and the agro climatic requirements knowledge of the different crops, along with the overlapping maps we can predict the areas that fulfill all the established requirements.

In this study we perform such analysis for macadamia in Mexico, which offers a very good economic perspective together with a great nutritional value.

The considered planes were: the topographic (height, slope) which were obtained from the digital elevation model of the Topographic Mission of Space Shuttle (SRTM) from internet, the climatic maps maximum and minimum temperatures) obtained from WORLDCLIM, and finally the edaphological maps (type of soil, texture, depth) obtained from the CONABIO website.

The results obtained in this study showed that there are about 30.292 apt square kilometers for the macadamia crop in México, most of them in the windward slopes of the main mountainous chains and only 13.07 km<sup>2</sup> are actually being cultivated with macadamia.

## KEYWORDS

apt;

Geographical Information Systems;

macadamia;

México

## INTRODUCCIÓN

La soberanía alimentaria es un asunto estratégico que está en riesgo en México, ya que actualmente

nuestro país se ha convertido en un importador neto de alimentos, principalmente de granos, como se muestra en la siguiente tabla de importaciones netas (Importaciones–exportaciones) para 2007.

TABLA 1. Importación neta de granos básicos

Grano	toneladas	%
Arroz	827,826	69.96
Fríjol	86,044	6.69
Maíz	7'527,409	24.23
Trigo	3'522,034	55.97

Fuente: SAGARPA 2008

Para lograr la autosuficiencia alimentaria habría que aumentar la superficie cultivada así como el rendimiento de los cultivos por hectárea. Para aumentar la superficie sembrada es necesario conocer los lugares en dónde se pueden cultivar los diferentes productos alimenticios, y para ello los sistemas de información geográfica (SIG) son una herramienta útil. Con los SIG se pueden procesar las imágenes de satélite que nos dan información actualizada del terreno y mediante el proceso digital de dichas imágenes se puede determinar el uso del suelo (Cubierta vegetal, cuerpos de agua, zonas urbanas etc.) así como el cambio del mismo utilizando imágenes de dos fechas.

Si conocemos los requerimientos agroclimáticos de cada producto, y tenemos además la información topográfica, edáfica y climatológica del terreno, podemos entonces, con el método de superposición de planos, encontrar las áreas aptas para los diferentes cultivos. Para este artículo se hizo el estudio sobre las posibilidades del cultivo de la macadamia en México, se escogió la macadamia porque su cultivo es muy pequeño en nuestro país siendo que puede ofrecer buenas perspectivas económicas.

La macadamia integrifolia es un árbol de origen australiano nombrado así por su descubridor, el botánico Ferdinand von Mueller, quien lo bautizó en honor de su colega australiano de origen escocés John McAdam.

El árbol de macadamia pertenece al género botánico *Macadamia spp* y comprende 10 especies, siendo sólo dos las que poseen valor comercial; la *Macadamia integrifolia* (que es la que consideramos en este estudio) y la *Macadamia tetraphylla*. El árbol de la macadamia puede alcanzar hasta 18 metros de altura, son siempre verdes y tienen una copa redondeada, produce frutos a partir de los cuatro años (como se puede ver en la tabla 2) y tiene una vida de hasta 60 años. Además de usarse en la alimentación, también se

TABLA 2 Rendimientos esperados

Edad	Rendimiento por árbol	Rendimiento por hectárea
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	1	300
6	2	600
7	4	1,200
8	6	1,800
9	9	2,400
10	10	3,000
11	11	3,200
12-15	12-13	3,500 – 4,000

Fuente: Paul O'Hare and Peter Rigden, Department of Primary Industries and Fisheries. Queensland Government. Growing macadamia: before you start

utiliza en la industria cosmética, ya que sus atributos contribuyen a la hidratación de la piel.

La tabla 2 nos muestra los rendimientos esperados en kilogramos de nuez en cáscara con un espaciado de los árboles de 8 m x 4 m (312 árboles por hectárea)

PRINCIPALES PAISES PRODUCTORES DE NUEZ DE MACADAMIA (Toneladas en el año 2003)

País	Nuez con cáscara	Núcleo (Almendra)
Australia	30,000	9,100
Hawai	22,000	5,500
Centro América	17,000	3,100
Sudáfrica	12,500	3,400
Kenia	8,800	1,000
Malawi	4,000	1,000
México	3,000	
Zimbabwe	900	120
<b>Total</b>	<b>98,200</b>	<b>23,220</b>

Fuente: Australian Macadamia Society <http://macadamias.org/index.php?p=1>

## PRODUCCION DE NUEZ DE MACADAMIA EN MEXICO (Toneladas)

ESTADOS	2002	2002	2003	2004	2005
Puebla	1711	1768	2665	2187	1944
Veracruz	177	199	188	351	913
Michoacán	233	181	140	48	136
Chiapas	14	30	47	37	93
México	0	0	0	80	80
Otros	0	0	0	0	0
Total	2134	2178	3040	2703	3166

Fuente: www.siap.sagarpa.gob.mx

## Requerimientos agroclimáticos de la macadamia

	Considerado
Altitud metros	< 1900 m
Pendiente %	< 30
Suelo	Arcilloso
Textura	media
Profundidad	> 90 cm
pH	5 a 6.5
Pp min mm	1000
pp max mm	3000
t min °C	4
t max °C	38
Viento	< 4m/seg ó protegido

Claridades agropecuarias Macadamia y Sorgo <http://www.infoserca.gob.mx/claridades/marcos.asp?numero=81>

**OBJETIVOS**

Desarrollar una metodología para encontrar áreas aptas para distintos cultivos

Aplicar dicho método para encontrar las áreas aptas para el cultivo de la macadamia en México.

**MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio utiliza dos sistemas de información geográfica (IDRISI y ARCGIS) aplicados al cultivo de la macadamia, pero el método se puede aplicar a cualquier producto agrícola. El IDRISI por su flexibilidad en la sobreposición de planos y el ARCGIS por la versatilidad en la generación de los mapas para su impresión.

Los sistemas de información geográfica nos permiten trabajar con grandes volúmenes de información, con mapas digitales de varios millones de píxeles, en este caso fueron píxeles de 1 km. por lado en un arreglo de 3646 columnas por 2183 renglones (alrededor de 8 millones de píxeles) que cubren toda la república mexicana (coordenadas extremas de 86° W a 117° W y de 14.51° N a 32.7° N)

La evaluación de las áreas aptas para el cultivo de la Macadamia en la República Mexicana se obtuvo mediante una sobreposición de capas de mapas binarios con los valores de los requerimientos agro climáticos específicos del cultivo de la macadamia. Estos mapas binarios se generan a partir de una reclasificación de las variables bioclimáticas (superficies climáticas) de 1 km<sup>2</sup> de resolución en formato ASCII Raster con valores de "1" si es satisfactorio y de "0" si no .

Las variables ambientales se obtuvieron de la base de datos climáticos Worldclim (<http://www.worldclim.org> Hijmans et al, 2005) y son las siguientes: Precipitación promedio anual, Temperatura mínima del mes más frío y Temperatura máxima del mes más caliente.

Estado	Superficie apta km <sup>2</sup>	Sup. Cultivada 2005	% <sup>a</sup>
Durango	8270		
Chihuahua	6376		
Michoacán	5877	0.43	0.007
Estado de México	3831	0.40	0.010
Oaxaca	1660		
Puebla	1130	7.07	0.625
Veracruz	793	1.54	0.194
Distrito Federal	750		
Morelos	460		
Jalisco	406		
Sinaloa	330		
Sonora	176		
Chiapas	109	3.63	3.33
Hidalgo	99		
Nuevo León	14		
Tamaulipas	11		
<b>Total</b>	<b>30292</b>	<b>13.07</b>	

a Porcentaje de la superficie cultivada en relación a la propicia para el cultivo

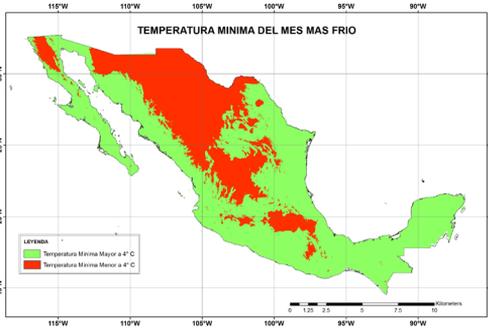


FIGURA 1

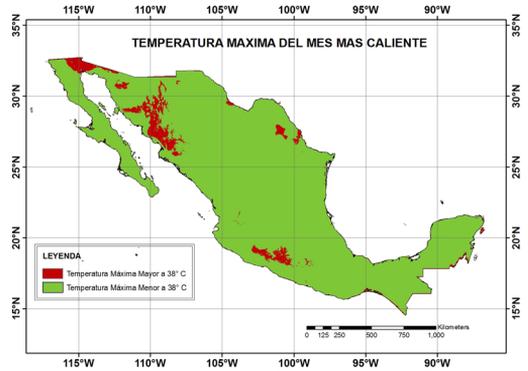


FIGURA 2

El porcentaje de la pendiente del terreno es generado a partir de un Modelo Digital de Terreno de la Misión Topográfica del Transbordador Espacial (SRTM) el cual se obtuvo de manera gratuita en la red y la textura del suelo se generó a partir del mapa edafológico de la República Mexicana obtenido de la CONABIO ([http://conabioweb.conabio.gob.mx/metacarto/info\\_completa.pl?id=164](http://conabioweb.conabio.gob.mx/metacarto/info_completa.pl?id=164)).

En los mapas a las áreas que satisfacen se les da el valor binario de “1” y en caso contrario de “0”, así por ejemplo en el Mapa 1 la temperatura mínima menor de 4 °C no satisface y se le da el valor de “0” y si es mayor de 4 °C de “1”, en la temperatura máxima si es mayor de 38 °C no satisface y vale “0” y si es menor de 38 °C si satisface y vale “1”, al hacer el producto de los dos planos (mapas) las áreas que resulten con “1” son las que satisfacen, esto es que tienen temperatura mínima mayor a 4 °C y máxima menor de 38 °C, este plano resultante se multiplica por el mapa de

precipitación donde las áreas con precipitación mayor de 1000 mm y menor de 3000 mm (que satisfacen los requerimientos) valen “1” y el resultado satisface la temperatura y la precipitación y así sucesivamente con los demás planos hasta obtener el mapa final de apta para el cultivo de la macadamia que satisface todos los requisitos (que son los que tienen “1” como valor en los mapas).

### Criterios utilizados para las variables agroclimáticas

Para la temperatura mínima apta se consideró la del mes más frío, que corresponde a enero y debe ser mayor de 4 °C (Figura 1), para la temperatura máxima del mes más caliente se consideró mayo y como apta las que tienen menos de 38 °C (Figura 2).

La Precipitación Promedio Anual adecuada corresponde a la mínima de 1000mm y 3000mm

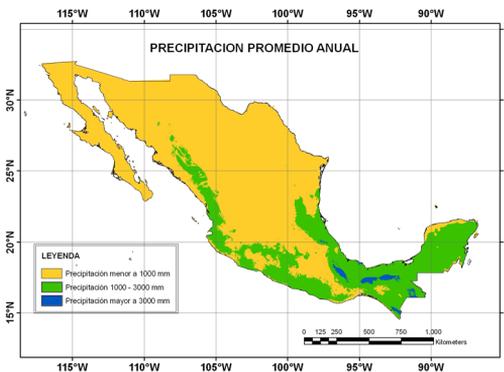


FIGURA 3

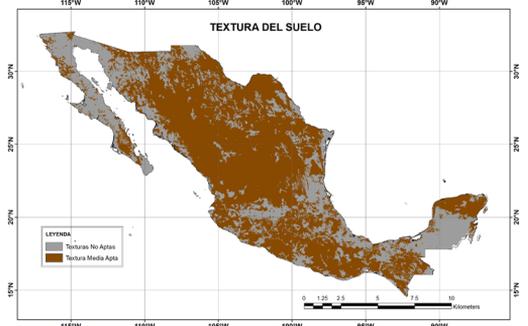


FIGURA 4

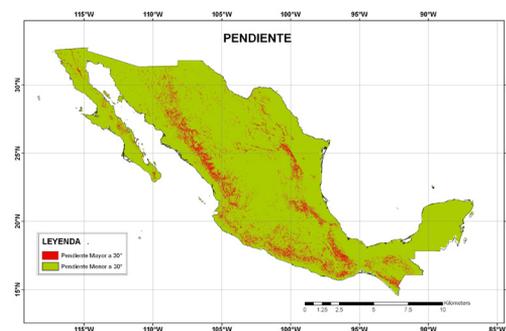


FIGURA 5

como la máxima (Figura 3).

La textura del suelo que se consideró adecuada es la textura media (Figura 4), y el porcentaje de la pendiente del terreno la menor al 30% (Figura 5).

Cada mapa binario de las variables agro climáticas se multiplicó por otro mapa binario con el contorno de país ("1" México, "0" fuera de México, es decir, los países vecinos y los océanos).

La superposición de todos los mapas anteriores (producto binario) generó el mapa que satisface todas las condiciones Figura 6. Los criterios no tienen un peso específico sino que se cumple y se considera apto o no se cumple y se excluye.

## RESULTADOS

La superficie propicia para el cultivo de la *Macadamia* en el país, obtenida a partir del mapa de superficie apta (Figura 6), es de 30292 km<sup>2</sup>, equivalente al 1.570% del total de la superficie de México (en la siguiente tabla se detallan los Estados de la República Mexicana en donde se puede cultivar este árbol).

## CONCLUSIONES

Para combatir el déficit alimentario de México y evitar esa dependencia, habría que aumentar el rendimiento de los productos sembrados por hectárea y/o la superficie cultivada. Para determinar los espacios adecuados para los diferentes cultivos se pueden utilizar los sistemas de información geográfica,



FIGURA 6

superponiendo varios planos de acuerdo a los requerimientos agroclimáticos de cada producto. En este estudio pudimos establecer las áreas aptas para el cultivo de la macadamia en México, esta metodología se puede aplicar a cualquier cultivo conociendo sus requerimientos agroclimáticos. Este estudio es una propuesta teórica ya que depende de la veracidad de los datos y también de la escala ya que con la resolución de los píxeles usados de 1 km. por lado puede haber variación de los valores dentro de esa área.

La FAO desarrolló un programa que proporciona información sobre los requerimientos medio ambientales para las cosechas (<http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/about>) en el que tiene una base de datos con más de 2500 plantas y en donde dando las características ambientales (temperatura, precipitación, características de suelo y otras) nos lista los cultivos que satisfacen las variables especificadas o bien dando el nombre de una planta nos da su descripción incluyendo sus requerimientos agroclimáticos, por ejemplo para la macadamia *integrifolia* entre otros datos menciona que es afectada por las heladas entre 0 y -2 °C pero los árboles maduros pueden tolerar períodos cortos de -6 °C. Actualmente casi toda la información requerida para este tipo de análisis se encuentra disponible en forma gratuita en la red, por lo que el costo de tales estudios es mínimo.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo el apoyo al proyecto "Percepción remota y proceso de imágenes en el estudio de recursos en Michoacán" del que este trabajo forma parte.

## REFERENCIAS

Eastman, J. R. 1993. Idrisi: Student Manual. Clark University, Graduate School of Geography.  
Heywood, V. H., Brummitt, R. K., Culham, A. & O. Seberg. 2007. Flowering plant families of the world. Firefly Books. Buffalo, New York  
Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones,

and A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965-1978.

Jones, C. 1999 Geographical Information Systems and Computer Cartography Longman England  
Lillesand, T. and R. Kiefer. 1987. Remote Sensing and Image Interpretation. Wiley. U.S.A.

INEGI modelos digitales de terreno. [www.inegi.gob.mx/lib/usuarios/default.aspx?sistema=ninguno&cs=inegi](http://www.inegi.gob.mx/lib/usuarios/default.aspx?sistema=ninguno&cs=inegi)

SRTM CGIAR Consortium for spatial information. <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>

WORLDCLIM. <http://www.worldclim.org/>