



DOI: [10.29298/rmcf.v13i70.1077](https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i70.1077)

Artículo

## Potencial agroecológico de *Moringa oleifera* Lam. para el estado de Veracruz

### Agroecological potential of *Moringa oleifera* Lam. for the state of Veracruz

Juan Manuel Carrión Delgado<sup>1</sup>

Ofelia Andrea Valdés Rodríguez\*<sup>1</sup>

Felipe Gallardo López<sup>2</sup>

Olivia Margarita Palacios Wassenaar<sup>3</sup>

#### Abstract

*Moringa oleifera* (*Moringa*) is a multipurpose species with food and medicinal applications. The purpose of this research was to delimit the areas with agroecological potential for the cultivation of *Moringa* in the state of Veracruz, Mexico. For this, an agroecological zoning was used integrating scientific and georeferenced data on agroclimatic requirements of this species, land uses and the location of urban communities, through Geographic Information Systems (GIS). The agroclimatic requirements for the *Moringa* crop were derived from two data sources. The first, of a bibliographic type, with scientific publications and official databases. The second, integrated georeferenced data, semi-structured interviews and collection of soil samples. The criteria for the identification of potential areas for cultivation were defined and then a GIS was built to generate the maps of the areas with agroecological potential, using five categories: Very high, High, Medium, Low and Very Low, according to their potential for *Moringa* cultivation. The agroecological potential maps included only the surface area categorized by the National Institute for Statics and Geography as for agricultural use. The results indicate that the territorial space with very high potential has an area of 1 008 119 ha, equivalent to 18 % of the total territory available in 37 % of the municipalities of the entity. It is concluded that the state of Veracruz has optimal agroecological conditions for the cultivation of *Moringa oleifera* in vast areas of its territory and that the incorporation of the information obtained from local producers is important to define the areas with potential for its cultivation.

**Key words:** Multipurpose species, *Moringa oleifera* Lam., local producers, agroclimatic requirements, Geographic Information Systems, agro-ecological zoning.

#### Resumen

*Moringa oleifera* (*moringa*) es una especie multipropósito con aplicaciones alimentarias y medicinales. El objetivo de esta investigación fue delimitar las áreas con potencial agroecológico para el cultivo de moringa en el estado de Veracruz, México. Para ello, se utilizó una zonificación agroecológica que integra datos científicos y georreferenciados sobre sus requerimientos agroclimáticos, los usos de suelo y la localización de comunidades urbanas, mediante Sistemas de

Información Geográfica (SIG). Los requerimientos agroclimáticos para el cultivo de moringa derivaron de dos fuentes de datos: una bibliográfica, con publicaciones científicas y bases de datos oficiales; y otra que integró datos georreferenciados, entrevistas semiestructuradas y recolecta de muestras de suelo. Se definieron los criterios para la identificación de áreas potenciales y se construyó un SIG para generar los mapas de las áreas con potencial agroecológico para el cultivo de moringa con cinco categorías: Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy Bajo. Los mapas del potencial agroecológico incluyeron solo la superficie categorizada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía como de uso agropecuario. Los resultados indican que el espacio territorial con muy alto potencial tiene una extensión de 1 008 119 ha, equivalente a 18 % del territorio total disponible en 37 % de los municipios de la entidad. Se concluye que el estado de Veracruz tiene condiciones agroecológicas óptimas para el cultivo de *M. oleifera* en gran parte de su territorio, y que la incorporación de la información obtenida de los productores locales es importante para definir las áreas con potencial para su plantación.

**Palabras clave:** Especie multipropósito, *Moringa oleifera* Lam., productores locales, requerimientos agroclimáticos, Sistemas de Información Geográfica, zonificación agroecológica.

Fecha de recepción/Reception date: 02 de febrero de 2021  
Fecha de aceptación/Acceptance date: 14 de enero de 2022

---

<sup>1</sup>Colegio de Veracruz. México

<sup>2</sup>Colegio de Postgraduados campus Veracruz. México

<sup>3</sup>Instituto de Ecología A.C. México.

\*Autor para correspondencia; correo-e: [dra.valdes.colver@gmail.com](mailto:dra.valdes.colver@gmail.com)

## Introducción

*Moringa oleifera* Lam. (moringa) es una especie arbórea no nativa de México, pero que en su territorio existen condiciones idóneas para su cultivo (Olson y Fahey, 2011). Esta planta, proveniente del sur del Himalaya, por centurias ha sido parte de la dieta y de la medicina tradicional en el sur de Asia. Posiblemente, llegó a territorio nacional en la Nao de China y desde entonces se integró a la horticultura en la región del Pacífico (Olson y Alvarado-Cárdenas, 2016).

Desde hace diez años, se ha incrementado el interés por el cultivo de moringa en el país; sin embargo, actualmente tiene un nuevo apogeo, al igual que en el resto del mundo, debido a dos hallazgos recientes de laboratorio, tales como su alto contenido de proteínas y sus propiedades anticancerígenas (Olson y Alvarado-Cárdenas, 2016). Las cifras más recientes del Sistema Agroalimentario Mexicano

(SIAP, 2020) indican que se cultiva en ocho municipios de cuatro entidades federativas (Michoacán, Oaxaca, Puebla y Quintana Roo), con una superficie total de 411 ha plantadas y una producción anual de 1 328 toneladas de hojas, con un valor de venta de 8 mil pesos mexicanos por tonelada, lo que representa ingresos anuales del orden de 13.5 millones de pesos mexicanos.

En los últimos años, en el estado de Veracruz han surgido pequeños productores que cultivan moringa y transforman las hojas cosechadas en productos terminados, como cápsulas, granulados e infusiones, entre otros; cuyo mercado meta es la industria alimentaria y de productos naturistas (Salas-Martínez y Valdés-Rodríguez, 2018). Sin embargo, para esta entidad federativa, el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera no consigna registros de ventas ni producción (SIAP, 2020); además, tampoco se conoce una evaluación de la aptitud territorial o el potencial agroecológico para su cultivo en el estado.

En la actualidad, existen distintos sistemas para la identificación del potencial agroecológico de un territorio para diversos fines, entre ellos los Sistemas de Información Geográfica (SIG). El propósito de los SIG es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados como resultado de la integración de tecnología informática, recurso humano e información geográfica (Olaya, 2014).

La aplicación de los SIG para determinar las áreas del estado de Veracruz con potencial agroecológico para el cultivo de moringa proporcionará una herramienta para la planeación del uso de la tierra y el manejo del cultivo (Jiménez *et al.*, 2004). Adicionalmente, en estudios previos sobre el potencial agroecológico para el cultivo en otros estados, como el realizado por Espinosa *et al.* (2013) en Chiapas; las prácticas agronómicas utilizadas por los productores locales y la información nacional generada sobre su cultivo no han sido integradas.

Por tal motivo, el objetivo de la presente investigación fue delimitar las áreas con potencial agroecológico para el cultivo de *Moringa oleifera* en el estado de Veracruz, México, mediante una zonificación agroecológica que integra la información

disponible sobre requerimientos agroclimáticos óptimos para la especie, los conocimientos de los productores locales, así como los usos de suelo y la localización de comunidades urbanas, a través de Sistemas de Información Geográfica.

## **Materiales y Métodos**

El estudio se realizó para Veracruz, localizado en la parte central de la vertiente del Golfo de México, entre los 22°28´ y 17°09´ N, y 93°36´ a 98°39´ O; colinda con cinco estados, al norte con Tamaulipas, al oeste con San Luis Potosí, Hidalgo y Puebla, al suroeste y sur con Oaxaca y al sureste con Chiapas y Tabasco (Sedecop, 2018).

La temperatura media anual es de 25.4 °C y la precipitación media estatal acumulada de 1 516 mm al año. Los grupos de suelo con mayor presencia son el Vertisol, Feozem, Luvisol, Acrisol y Andosol que ocupan en conjunto 67 % de la superficie estatal, de los cuales destaca el Vertisol, con 27 %. Los suelos con textura arcillosa cubren 46 % de la superficie estatal y están representados por los grupos Vertisol, Acrisol y Luvisol; por lo general, estos sostienen praderas ganaderas y cultivos de caña de azúcar (Soto y Geissert, 2011).

## **Fuentes de información**

Para determinar las áreas con potencial agroecológico para el cultivo de moringa, se procedió a conocer sus requerimientos a partir de dos fuentes de datos. La primera incluye los publicados en diversas bases sobre la especie en el país. De ellas, se obtuvieron las características de tipo de suelo, precipitación y temperatura, que fueron ubicadas espacialmente mediante la cartografía de Inegi (2018).

La segunda fuente incluyó entrevistas a productores locales, datos georreferenciados y colectas de muestras de suelo en los sitios de cultivo. Para ello, se identificaron productores de moringa de la entidad veracruzana, a partir de una búsqueda en Internet. Se localizaron cuatro productores en cuatro municipios: Emiliano Zapata, Cosamaloapan, Soledad de Doblado y Tierra Blanca; de los cuales solo tres aceptaron cooperar con la entrevista y visitas de campo, mismas que se efectuaron entre noviembre de 2019 y marzo de 2020. Estos productores tienen en promedio 0.5 ha de superficie plantada. Se realizó un muestreo del suelo en las parcelas con moringa para analizar textura y pH en el Laboratorio de Suelos del Instituto Nacional de Ecología (Inecol), por medio de la metodología indicada en la NOM-021-RECNAT-2000 (Semarnat, 2002).

Las variables para establecer el potencial agroclimático fueron: clima (temperatura y precipitación, mínimas y máximas anuales), suelos (pH y textura) y altitud. Los datos de temperatura y precipitación se tomaron del Atlas Climático de México (Centro de Ciencias de la Atmósfera, 2018), para el periodo 1902-2015.

La información para las características de los suelos procede de las cartas digitalizadas edáficas y unidades de suelo del Inegi (2018), y de los resultados de las muestras de suelo de las parcelas de los productores de moringa. La información para la variable altitud correspondió a la del Modelo Digital de Elevación de Inegi (2018) en formato *ráster*.

Con base en esas variables de requerimientos de la planta, se hizo una sobreposición de las imágenes *shape* y *ráster* para cada una de ellas. Se utilizó la carta de Uso de Suelo y Vegetación a escala 1: 250 000 Serie VI del Inegi (2018), para identificar las áreas ocupadas por zonas urbanas, así como por uso forestal, protegidas y los cuerpos de agua, las cuales fueron descartadas del modelo de selección por considerarse como esenciales para la provisión de bienes y servicios indispensables para el desarrollo económico y social sostenible. De esta manera, se incluyeron solo las superficies de uso agrícola y ganadero.

Para obtener los mapas fuente, se trabajó con las herramientas del programa *ArcGis* Versión: 10.7.1; se interpolaron los valores con mayor ajuste en las imágenes ráster, se clasificaron los valores para las variables, y se generaron las imágenes *shape* para la temperatura mínima y máxima anual, la precipitación mínima y máxima anual en el intervalo adecuado para el cultivo de moringa en el estado de Veracruz.

El potencial agroecológico para el cultivo de *M. oleifera* se clasificó en cinco categorías: Muy Alto, Alto, Medio, Bajo y Muy Bajo. La definición de cada categoría se basó en la evaluación de cinco variables: tipo de suelo, uso de suelo, intervalo de precipitación anual mínima y máxima, intervalo de temperatura máxima y mínima, y altitud. Las categorías se establecieron con base en el número de variables que cumplieron con las condiciones o intervalos adecuados para el cultivo. Las áreas con potencial Muy Alto cumplieron con los requerimientos para las cinco variables; las de Alto, para cuatro, y así sucesivamente hasta las de potencial Muy Bajo, con solo una variable del total de cinco (cuadros 1 y 2). La categoría de mayor interés para este estudio fue la de Muy Alto potencial agroecológico.

**Cuadro 1.** Categorías para la identificación de áreas con potencial agroecológico para el cultivo de *Moringa oleifera* Lam.

Número de variables	Categoría				
	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
1	X	X	X	X	X
2		X	X	X	X
3			X	X	X
4				X	X
5					X
Total	1	2	3	4	5

**Cuadro 2.** Ejemplo de Determinación de categorías por cumplimiento de variable(s) para cinco municipios del estado de Veracruz.

Uso de suelo	UsoValor	Altitud (msnm)	AltValor	Pp (mm)	PpValor	Tem (°C)	TemValor	Suelo	Suelo Valor	ApTerValor	Región	CVE_Mun	Municipio	GM_2015	Potencial	ha
Agricultura	1	10-827	1	880-1 310	1	17.6-27.6	1	Phaeozem	1	5	Capital	004	Actopan	Medio	Muy alto	39.376
Agricultura	1	10-827	1	880-1 310	1	17.6-27.6	1		0	4	Huasteca Baja	160	ALam.o Temapache	Alto	Alto	1 349.9
Agricultura	1	10-827	1		0	17.6-27.6	1		0	3	Olmeca	108	Minatitlán	Bajo	Medio	51.849
Agricultura	1	10-827	1		0		0		0	2	Huasteca Alta	121	Ozuluama Mescareñas	Alto	Bajo	56.899
Agricultura	1		0		0		0		0	1	Huasteca Baja	072	Huayacocotla	Alto	Muy bajo	44.719

† UsoSuelo = Uso de suelo; Altitud = AltValor; Pp = Precipitación; Tem = Temperatura; Suelo = Tipo de suelo; Región = Región Administrativa; CVE\_MUN = Clave del municipio; GM\_2015 = Posición dentro del intervalo (superior, medio, inferior); Aptitud = Categoría; ha = Hectárea; ±Valor dentro del intervalo = 1; Valor fuera del intervalo = 0

Con la interacción de las variables climáticas y edáficas se elaboraron dos mapas: 1) potencial agroecológico para el cultivo de moringa basado en referencias bibliográficas, y 2) potencial agroecológico para el cultivo de moringa basado en las condiciones agroclimáticas de tres municipios productores del estado de Veracruz.

Para el segundo mapa, se utilizó la información proporcionada por los productores de la entidad y las características de las variables analizadas en los sitios de ubicación de sus plantaciones.

## Resultados y Discusión

En el Cuadro 3 se presentan los valores óptimos de las variables agroclimáticas para el cultivo de moringa obtenidos de datos bibliográficos. En el Cuadro 4 se resumen las mismas variables, pero con datos georreferenciados, de entrevistas y de las muestras de suelo en los sitios de cultivo de moringa de los productores entrevistados.

**Cuadro 3.** Requerimientos agroclimáticos óptimos para el cultivo de *Moringa oleífera* Lam. provenientes de referencias bibliográficas.

Variable	Óptimo	Fuente
Intervalo de temperaturas (°C)	15-27	Olson y Fahey (2011); Vázquez-León <i>et al.</i> ( 2017)
Altitud (msnm)	0-600	Olson y Fahey (2011); Vázquez-León <i>et al.</i> ( 2017)
Intervalos de precipitación anual acumulada (mm)	297-1 500	Valdés <i>et al.</i> (2014); SIAP (2017); Espinosa <i>et al.</i> (2013); Pérez <i>et al.</i> (2010); Egea <i>et al.</i> (2015)
Tipos de suelo	Luvisol, Feozem, Regosol	Espinosa <i>et al.</i> (2013)
pH del suelo	6.3-7.1	Espinosa <i>et al.</i> (2013); Pérez <i>et al.</i> (2010); Goss (2012); Price (2007)
Textura del suelo	Franco limosa	Valdés <i>et al.</i> (2014)



**Cuadro 4.** Características agroclimáticas provenientes de datos georreferenciados, de entrevistas y de colecta de muestras de suelo en municipios donde se cultiva *Moringa oleífera* en Veracruz.

Variable	Emiliano Zapata	Soledad de Doblado	Cosamaloapan
Intervalos de temperaturas (C°)	19-30	19-32	22-32
Altitud (msnm)	827	103	10
Precipitación anual acumulada (mm)	894	887	1307
Tipos de suelo	Phaeozem	Phaeozem	Vertisol
pH del suelo	6.15-6.83	7.63-7.99	6.6-6.9
Textura del suelo	Franco-arcillosa	Franco-arcillosa	Arcillosa

Fuentes: Temperatura, altitud, precipitación y tipo de suelo de las localidades (INAFED,2020); pH y textura del suelo (resultados de análisis realizados en el laboratorio del Instituto Nacional de Ecología).

Con base en la caracterización agroclimática realizada para el estado de Veracruz, 75 % de su territorio cumple con las condiciones óptimas de intervalos de temperaturas para el cultivo de moringa (15-27 °C); datos que también constataron Espinosa *et al.* (2013). Sin embargo, existen algunas regiones al oeste, colindantes con Puebla e Hidalgo, con temperaturas fuera del intervalo óptimo, por lo que estas se consideran poco apropiadas para ese fin. Son regiones con climas fríos y semifríos, con temperaturas medias que varían entre 12 y 18 °C.

De acuerdo con Pérez *et al.* (2010), moringa es resistente al frío por poco tiempo en temperaturas no menores a 3 °C, si son inferiores a 14 °C, no florece. Por otro lado, Olson y Alvarado-Cárdenas (2016) y Navarro (2015) consideraron que la temperatura promedio ideal para moringa oscila entre los 21 y 23 °C; y recomendaron que la temperatura mínima absoluta no debe ser inferior a 15 °C; ya que esta variable climática es la que lleva a la planta al límite de su tolerancia y parece ser el factor más importante para su desempeño. Por lo tanto, la temperatura en estas regiones constituye una limitante para la productividad de moringa y son inapropiadas para el cultivo de la especie.

A partir de la altitud óptima (0-600 m), 75 % del territorio resulta apto para el fin descrito, como lo confirmaron Espinosa *et al.* (2013); aunque, existen regiones altas al oeste, colindantes con los estados de Hidalgo y Puebla, ubicadas entre 1 600 y 3 800 m que no son adecuadas para su cultivo, debido a que es una planta tropical que prospera mejor por debajo de los 500 msnm y crece muy poco cuando se desarrolla por arriba de los 1 500 m (Olson y Alvarado-Cárdenas, 2016).

La precipitación es una de las variables que influyeron en gran medida en la determinación del potencial agroecológico de las zonas estudiadas. De acuerdo con las recomendaciones de precipitación anual total óptima para *M. oleifera* (297-1 500 mm), 45 % del territorio veracruzano es apto para su cultivo por estar en ese intervalo de precipitación (Espinosa *et al.*, 2013; Pérez *et al.*, 2010); no obstante, existen algunas regiones en el estado con valores fuera de dicho intervalo, por lo que se consideraron como no aptas. Al respecto, una extensa región localizada al noreste y sureste de la entidad, en colindancia con Oaxaca, Chiapas, Tabasco y el Golfo de México; otra de menor extensión al noroeste, contigua a Puebla e Hidalgo; y finalmente, otra al noreste, con el Golfo de México resultaron no aptas para el cultivo.

El criterio aplicado para la definición de las condiciones óptimas de precipitación se respalda con lo argumentado por Olson y Alvarado-Cárdenas (2016), quienes señalan que la planta crece mejor en lugares con menos de 970 mm de lluvia al año. Egea *et al.* (2015) y Wangcharoen y Gomolmanee (2013) sugirieron un intervalo de precipitación más amplio para el cultivo de *M. oleifera*, de 250 a 1 500 mm; pero aunque la planta es resistente a la sequía, el estrés hídrico puede disminuir su productividad.

De acuerdo con los valores de las variables considerados en el presente estudio (Cuadro 3), las zonas donde actualmente se cultiva moringa en Veracruz cumplen con los parámetros de precipitación de Egea *et al.* (2015). Es importante mencionar que los productores entrevistados utilizan la poda como práctica para obtener una mayor producción de hojas, así como al riego por goteo o por aspersión para elevar

la productividad general de la planta. Lo anterior indica que la demanda de agua para una buena respuesta requiere de una precipitación superior a los 250 mm que se proponen en la literatura (Egea *et al*, 2015; SIAP, 2017).

En lo referente a los tipos de suelo, Espinosa *et al.* (2013) definieron como suelos óptimos Phaeozem, Regosol y Luvisol. Con base en esta recomendación, 40 % del territorio veracruzano es conveniente para el cultivo de moringa. Se localizaron dos regiones aptas: la primera, al suroeste y sureste de la entidad, en colindancia con los estados de Oaxaca, Chiapas, Tabasco y el Golfo de México; la segunda, en la parte central del estado, en el noroeste, entre los estados de Puebla e Hidalgo y al noreste con el Golfo de México.

El Vertisol es un suelo no apto para el propósito de interés; sin embargo, se registró una plantación sobre este tipo de suelo. Los propietarios indicaron que el sustrato es muy duro en la estación seca y plástico en la húmeda, lo cual dificulta el labrado, excepto durante los cortos períodos de transición entre las dos estaciones; pero con un buen manejo se mantiene muy productivo. Lo anterior es constatado por Reyes (2006), quien documentó que los vertisoles no son los suelos más favorables para el cultivo de moringa, restricción que puede superarse con un manejo adecuado. De la misma forma, Pérez *et al.* (2010) y Valdés *et al.* (2018) consideraron que moringa es una especie de gran plasticidad ecológica, con capacidad de adaptarse a distintas condiciones de suelo.

En relación con la acidez de los suelos, Reyes (2006) planteó que aquellos con un pH entre 4.5 y 8 son apropiados para el cultivo de moringa, independientemente del tipo de suelo, excepto para los pesados en los que la planta presenta dificultades para crecer. Los valores de pH en los suelos de las propiedades de los productores entrevistados (6.15-7.9) están dentro del intervalo recomendado (4.5-8.0) por Espinosa *et al.* (2013) para el cultivo de la especie; aunque algunos autores argumentan que la planta puede tolerar un intervalo más amplio (5-9), y crece bien en condiciones alcalinas con valores de pH de hasta 9.0 (Price, 2007). En cambio, en condiciones de acidez, Goss (2012) indica que un pH por debajo de 5.0 dificulta

la absorción de nutrientes por la planta, impide el crecimiento correcto de las raíces; y por tanto, no solo puede afectar su crecimiento y productividad, sino incluso su supervivencia.

Con base en lo anterior y en los resultados de los análisis de suelo realizados en las muestras de los sitios de cultivo de moringa de los productores entrevistados, se estimó que los suelos pesados es posible que sean aptos para el cultivo de la planta, cuando se tiene un buen manejo; por ejemplo, si se planta en terrenos con suficiente pendiente para evitar el encharcamiento.

En el Cuadro 5 se presenta el total de superficie apta para el cultivo de moringa de acuerdo con las categorías de potencial agroecológico utilizadas. Se observa que al integrar los datos proporcionados por los productores (Superficie B) se incrementa el área conveniente para el cultivo, en comparación con la obtenida a partir de los datos procedentes de la revisión bibliográfica (Superficie A). Se determinó un incremento de la categoría Muy alto de 2 % (144 000 ha) y un decremento importante de 27 % (1 450 132 ha) en la categoría Alto. El resto de las categorías, incrementaron en 18 % (972 000 ha) Medio, 5 % (270 000 ha) Bajo y 2 % (116 000 ha) Muy bajo. La dinámica registrada se originó por la ampliación de los intervalos en temperatura (19-30 °C) y altitud (10-827 m), así como la incorporación de otro tipo de suelo y textura, que son las condiciones bajo las cuales producen los productores entrevistados.

**Cuadro 5.** Superficie potencial estimada para la plantación de *Moringa oleífera* Lam. en el estado de Veracruz.

<b>Potencial agroecológico</b>	<b>Superficie A* (ha)</b>	<b>%</b>	<b>Superficie B** (ha)</b>	<b>%</b>
Muy alto	863 743	16	1 008 119	18
Alto	3 042 607	56	1 592 475	29
Medio	1 087 659	20	2 059 793	38
Bajo	369 713	7	639 212	12

Muy bajo	54 676	1	170 555	3
Total	5 418 397	100	5 470 154	100

\*Superficie estimada con base en referencias bibliográficas; \*\*Superficie estimada con base en datos proporcionados por productores locales.

La temperatura y la altitud tuvieron una gran repercusión en la distribución de las áreas con potencial agroecológico para el cultivo de moringa. García (2003) lo explicó en función de que la especie se distribuye en un amplio intervalo de temperaturas (6 a 38 °C) y de altitudes (hasta 1 800 m). Estos resultados determinan que existe un territorio extenso con Muy alto potencial para su cultivo en la entidad veracruzana. En el Cuadro 6 se listan los municipios agrupados en regiones económicas con Muy alto potencial agroecológico para este fin.

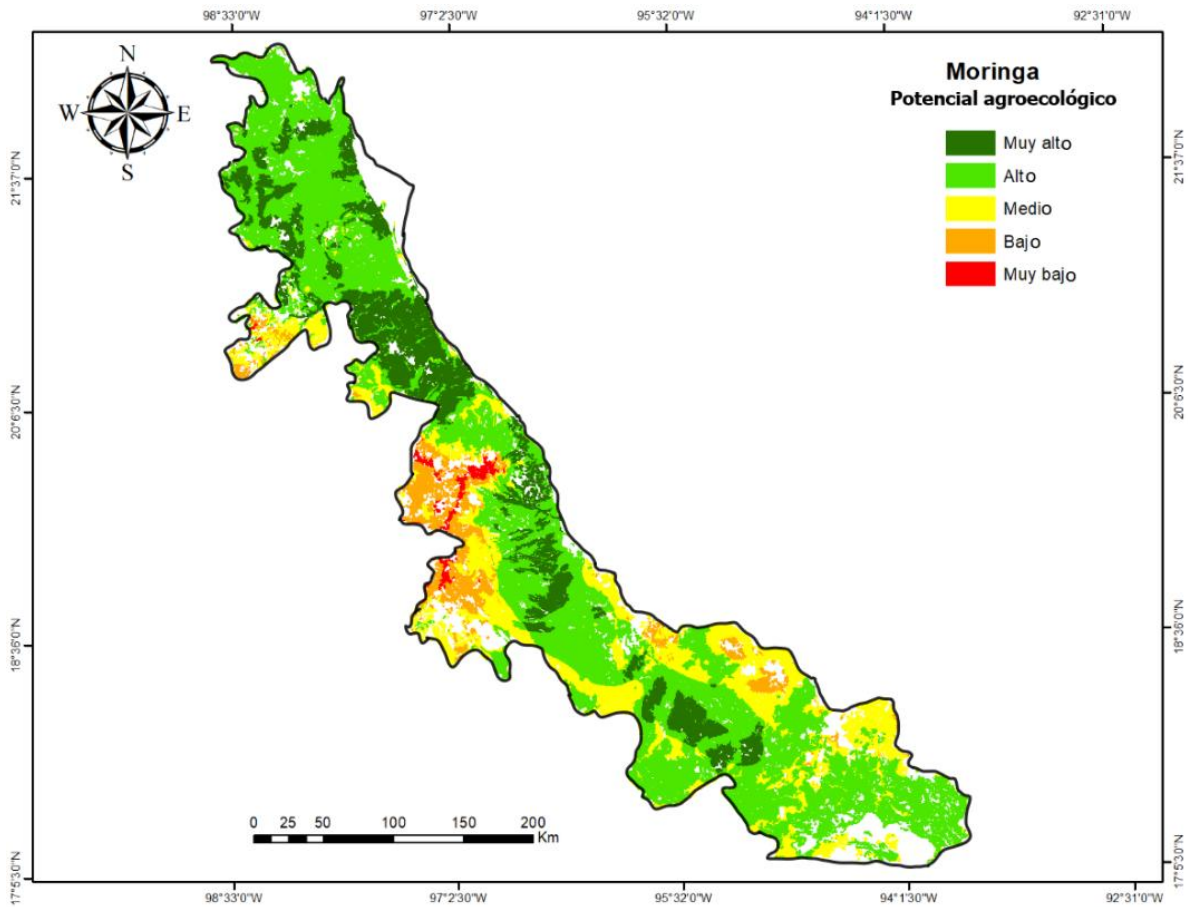
**Cuadro 6.** Superficie municipal, por región administrativa, con potencial agroecológico de categoría Muy alto para el cultivo de *Moringa oleifera* Lam. en Veracruz, México.

Región	Municipios	Superficie (ha)	%†
Totonaca	Cazones de Herrera, Papantla, Tihuatlán, Poza Rica de Hidalgo.	33 273	3.300
Huasteca Alta	Pánuco, El Higo, Tempoal, Ozuluama de Mascareñas, Tantoyuca, Platón Sánchez, Pueblo Viejo, Tampico Alto, Tantima, Chalma.	445 795	44.221
Papaloapan	Isla, Juan Rodríguez Clara, Tierra Blanca, José Azueta.	76 606	7.599
Huasteca Baja	Ixcatepec, Chicontepec, Álamo Temapache, Tepetzintla, Tuxpan, Ixhuatlán de Madero, Benito Juárez, Castillo de Teayo, Tuxpan, Clitlaltepétl, Chontla, Cerro Azul.	147 638	14.645
Sotavento	Manlio Fabio Altamirano, Soledad de Doblado, Paso de Ovejas, Úrsulo Galván, Tlalixcoyan, Veracruz, La Antigua, Medellín de Bravo	168 403	16.705

Nautla	Juchique de Ferrer.	24	0.002
Capital	Actopan, Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, Apazapan, Xalapa, Emiliano Zapata, Naolinco, Jalcomulco, Coatepec.	92 892	9.214
Olmeca	Acayucan.	19	0.002
Las Altas Montañas	Tlaltetela, Comapa, Zentla, Paso del Macho, Carrillo Puerto, Camarón de Tejeda, Cuitláhuac	30 117	2.987
Los Tuxtlas	Hueyapan de Ocampo	13 352	1.324
Total		1 008 119	100

†% = Porcentaje total de la categoría Muy alta.

En la Figura 1 se presenta el mapa final de la distribución de las áreas con potencial agroecológico para el establecimiento de moringa en el estado de Veracruz, con base en datos bibliográficos. Se obtuvieron cuatro regiones con potencial Muy alto que, en orden de magnitud, se localizan de la siguiente forma: la primera en el noroeste, que colinda con el estado de Puebla (329 026 ha); la segunda en la parte central de la entidad, entre el estado de Puebla y el Golfo de México (184 827 ha); la tercera al suroeste, en colindancia con el estado de Oaxaca (182 818 ha); y la cuarta región al norte del estado (167 064 ha).

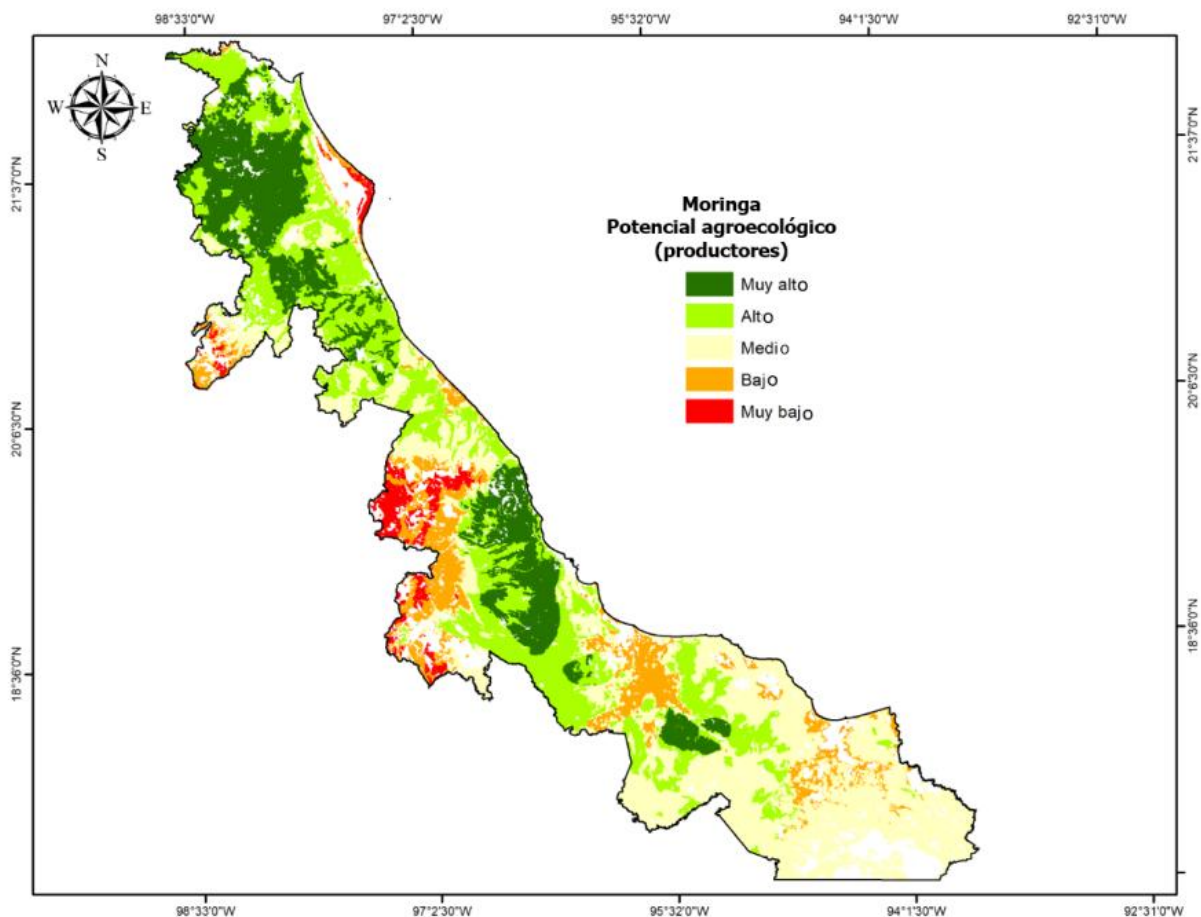


Elaboración: de la Rosa-Portilla (2021).

**Figura 1.** Potencial agroecológico para el establecimiento óptimo de *Moringa oleifera* Lam. en el estado de Veracruz, México con base en referencias bibliográficas.

Las cuatro regiones suman un total de 863 742 ha. Al contrastar estos resultados con Olson y Alvarado-Cárdenas (2016), se determinó que la superficie de 34 100 ha que estos autores consignan como apta para el cultivo de moringa en el estado de Veracruz es muy inferior a la estimada en el presente estudio (863 742 ha). Sin embargo, hay concordancia en la localización de una región dentro de la categoría de Muy alto potencial, identificada en la parte central de la entidad veracruzana.

La Figura 2 muestra el mapa final elaborado con base en los datos proporcionados por los productores locales. Se localizaron tres regiones importantes categorizadas como de Muy alto potencial agroecológico. La primera, con una extensión de 626 706 ha, localizada al noroeste de la entidad hacia los estados de Hidalgo y San Luis Potosí. La segunda, con una extensión de 291 436 ha, ubicada en la parte central de la entidad, colindante al noroeste con Puebla y al noreste con el Golfo de México. La tercera, con una extensión de 89 997 ha, entre el estado de Oaxaca y el Golfo de México.



Elaboración: de la Rosa-Portilla (2021).



**Figura 2.** Potencial agroecológico para el establecimiento óptimo de *Moringa oleifera* Lam. en el estado de Veracruz, México con base en los datos proporcionados por los productores locales.

La información sobre el potencial agroecológico para el cultivo de moringa puede servir como referencia para la toma de decisiones de los agricultores o instituciones de gobierno en cuanto a su plantación en áreas con condiciones adecuadas para su cultivo, tal y como lo señalan Olson y Alvarado-Cárdenas (2016).

Finalmente, aunque prevalece entre los productores locales el cultivo enfocado al aprovechamiento de las hojas, moringa es una planta que se adapta perfectamente al trópico veracruzano y tiene una variedad de usos y propiedades que aún requieren ser explorados (Pérez *et al.*, 2010).

## Conclusiones

El estado de Veracruz tiene una amplia extensión de su territorio (18 %) con muy alto potencial agroecológico para el establecimiento de plantaciones de *M. oleifera*; además si se consideran las áreas con alto potencial, esta extensión se amplía a casi la mitad de la superficie disponible en el estado (47 %).

La información de productores locales y las condiciones agroclimáticas de sus plantaciones permiten estimar una expansión de 144 000 ha en la categoría de Muy alto potencial, en relación a la estimada con fuentes bibliográficas. Adicionalmente, la incorporación de las experiencias locales proporciona una visión más integral y ajustada a la realidad que cuando se utilizan únicamente las referencias bibliográficas para la realización de estudios referentes a la categorización de áreas con potencial para el establecimiento de *M. oleifera*.

Los mapas obtenidos en el presente estudio constituyen una herramienta útil para la planificación y toma de decisiones relacionadas con el establecimiento de moringa, tanto para las autoridades gubernamentales como para los productores, al procurar que las alternativas productivas sean acordes a la realidad de las áreas rurales de la entidad veracruzana.

### **Agradecimientos**

Se agradece al Conacyt por la beca Doctorante 914455 otorgada al primer autor y a los productores cooperantes por la aportación de datos.

### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

### **Contribución por autor**

Juan Manuel Carrión Delgado: desarrollo de la investigación y redacción del manuscrito; Ofelia Andrea Valdés Rodríguez: concepto metodológico, análisis, redacción y revisión del manuscrito; Felipe Gallardo López: revisión del manuscrito; Olivia Margarita Palacios Wassenaar: revisión del manuscrito.

### **Referencias**

Centro de Ciencias de la Atmósfera. 2018. Atlas Climático Digital de México. Climatología. <http://uniatmos.atmosfera.unam.mx/ACDM/servmapas> (16 de diciembre de 2020).

Egea F., J. M., J. M. Egea S., I. Egea S. y D. Rivera N. 2015. Cultivos promisorios para enfriar el clima y alimentar al mundo una propuesta agroecológica para tierra de iberos. Ed.Integral. Asociación para el Desarrollo Rural. Bullas, Murcia, España. 207 p. <https://www.agroecologia.net/wp-content/uploads/2015/11/libro-cultivos-promisorios.pdf> (20 de enero de 2020).

Espinosa P., N., A. López L. y J. Martínez S. 2013. Áreas con alto potencial agroecológico para el cultivo de Moringa (*Moringa oleífera* L.) para la producción de biocombustibles en el estado de Chiapas, México. *Journal of Chemical Information and Modeling* 53(9): 1689–1699. Doi:10.1017/CBO9781107415324.004.

García R., M. 2003. Producción de semillas forestales de especies forrajeras enfatizados en sistemas silvopastoriles. Instituto Nacional Forestal. [https://www.academia.edu/21154492/Producción\\_de\\_semillas\\_forestales\\_de\\_especies\\_forrajeras\\_enfatizados\\_en\\_sistemas\\_silvopastoriles\\_por\\_Mario\\_García\\_Roa](https://www.academia.edu/21154492/Producción_de_semillas_forestales_de_especies_forrajeras_enfatizados_en_sistemas_silvopastoriles_por_Mario_García_Roa) (12 de enero de 2020).

Goss, M. 2012. A study of the initial establishment of multi purpose moringa (*Moringa oleifera* Lam.) at various plant densities, their effect on biomass accumulation and leaf yield when grown as vegetable. *African Journal of Plant Science* 6(3): 125-129. Doi:10.5897/ajps11.259.

Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). 2020. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM30veracruz/mediofisico.html> (26 de abril de 2020).

Instituto Nacional de Geografía e informática (Inegi) 2018. Mapas. <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/> (26 de abril de 2020).

Jiménez C., A., V. Vargas T., W. E. Salinas C., M. de J. Aguirre B. y D. Rodríguez C. 2004. Aptitud agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el sur de Tamaulipas, México. *Investigaciones Geográficas* 53: 58–74. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56905305> (18 de febrero de 2020).

Navarro G., P. 2015. *Moringa oleifera*, un aliado en la lucha contra la desnutrición: Acción contra el hambre. <https://www.accioncontraelhambre.org/sites/default/files/documents/moringa-final-pag-simples.pdf> (20 de enero de 2020).

Olaya, V. 2014. Sistemas de Información Geográfica. Ed. Fundación Geoespacial de Código Abierto. Girona, España. 854 p. [https://www.icog.es/TyT/files/Libro\\_SIG.pdf](https://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf) (12 de enero de 2020).

Olson M., E., y L.O. Alvarado-Cárdenas. 2016. ¿Dónde cultivar el árbol milagro, *Moringa oleifera*, en México? Un análisis de su distribución potencial. Revista Mexicana de Biodiversidad 87(3): 1089–1102. Doi:10.1016/j.rmb.2016.07.007.

Olson M., E. y J.W. Fahey. 2011. *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. Revista Mexicana de Biodiversidad 82(4): 1071–1082. Doi:10.22201/ib.20078706e.2011.4.678.

Pérez, A., T. Sánchez, N. Armengol y F. Reyes. 2010. Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lam.ark. Una alternativa para la alimentación animal Characteristics and potential of *Moringa oleifera*, Lam.ark. An alternative for animal feeding. Pastos y Forrajes 33(4): 1–16. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v33n4/pyf01410.pdf> (26 de abril de 2020).

Price, B. M. L. 2007. The Moringa Tree. ECHO Technical Note 4: 1–19. <https://www.strongharvest.org/wp-content/uploads/2017/07/ECHO-Technical-Notes-The-Moringa-Tree-Dr.-Martin-Price.pdf> (26 de abril de 2020).

Reyes S., N. 2006. *Moringa oleifera* and *Cratylia argentea* : potential fodder species for ruminants in Nicaragua. Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences. [https://pub.epsilon.slu.se/1027/1/NRS\\_General\\_Discussion\\_Final\\_Version\\_Nov\\_05.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/1027/1/NRS_General_Discussion_Final_Version_Nov_05.pdf) (26 de abril de 2020).

Salas-Martínez, F.y O. A. Valdés-Rodríguez. 2018. Experiencias socioeconómicas de los productores de tres cultivos con potencial bioenergético en México.

- Agroproductividad 11(7): 43–50.  
[https://www.researchgate.net/publication/327118575\\_Experiencias\\_socioeconomicas\\_de\\_los\\_productores\\_de\\_tres\\_cultivos\\_con\\_potencial\\_bioenergetico\\_en\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/327118575_Experiencias_socioeconomicas_de_los_productores_de_tres_cultivos_con_potencial_bioenergetico_en_Mexico)  
(12 de enero de 2020).
- Secretaría de Desarrollo Económico Portuario (Sedecop). 2018. El estado de Veracruz. <http://www.veracruz.gob.mx/desarrolloeconomico/el-estado-de-veracruz/>  
(2 de noviembre de 2019).
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial de La Federación. 85 p.  
<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2280n.pdf>  
(20 de febrero de 2020).
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2017. Monografía de Moringa. Monografías de Productos Agroalimentarios  
<https://www.gob.mx/siap/documentos/monografias> (12 de enero de 2020).
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2020. Datos abiertos 2019. Estadística de Producción Agrícola.  
<http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php> (28 de noviembre de 2020).
- Soto E., M. y D. Geissert K. 2011. Contexto físico, geografía. *In*: Cruz, A. (coord.). La biodiversidad en Veracruz: estudio de estado. Vol. I Conabio, Gobierno del estado de Veracruz Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología. Veracruz, Ver., México. pp. 31–97. <https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium-bin/detalle.pl?Id=20220214115811> (12 de enero de 2020).
- Valdés R., O. A., C. Muñoz G., A. Pérez V. y L. E. Martínez P. 2014. Análisis y ajuste de curvas de crecimiento de *Moringa oleífera* Lam.. en diferentes sustratos. Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan 2(2): 66–70.  
[http://www.revistabioagro.mx/ESW/Files/Anlisis\\_y\\_ajuste\\_de\\_crecimien](http://www.revistabioagro.mx/ESW/Files/Anlisis_y_ajuste_de_curvas_de_crecimien)

to.pdf (12 de junio de 2021).

Valdés R., O. A., F. Giadrossich, A. Pérez V. and J. C. Moreno S. 2018. Above- and below-ground biomass and allometry of *Moringa oleifera* and *Ricinus communis* grown in a compacted clayey soil. *Flora* 241: 35–45. Doi:10.1016/j.flora.2018.02.002.

Vázquez-León, L. A., D. E. Páramo-Calderón, V. J. Robles-Olvera, O. A. Valdés-Rodríguez, A. Pérez-Vázquez, M. A. García-Alvarado and G. C. Rodríguez-Jimenes. 2017. Variation in bioactive compounds and antiradical activity of *Moringa oleifera* leaves: influence of climatic factors, tree age, and soil parameters. *European Food Research and Technology* 243(9): 1593–1608. Doi:10.1007/s00217-017-2868-4.

Wangcharoen, W. and S. Gomolmanee. 2013. Antioxidant activity changes during hot-air drying of *Moringa oleifera* leaves. *Maejo International Journal of Science and Technology* 7(3): 353-363. Doi:10.14456/mijst.2013.29.



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.