

Potential areas for plantations of *Agave angustifolia* Haw in Guerrero, Mexico

Áreas potenciales para plantaciones de *Agave angustifolia* Haw en Guerrero, México

Huerta-Zavala, J.¹; Sabino-López, J.E.¹; Ochoa-Miranda, R.¹; Damián-Nava, A.¹; Segura-Pacheco, H.R.¹; Hernández-Castro, E.^{1*}

¹Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local. Universidad Autónoma de Guerrero, campus Tuxpan. Km 2.5 Carretera Iguala-Tuxpan, Iguala, Gro. México, CP 40101.

*Autor para correspondencia: ehernandez@uagro.mx

ABSTRACT

Objective: To determine optimum and suboptimal areas for the establishment of plantations of *Agave angustifolia* Haw, in Guerrero, Mexico.

Design/methodology/approach: A collection of 139 specimens of *A. angustifolia* was carried out, obtaining for each specimen phenotypic, agroclimatic and agroecological data. The information of 30 specimens of herbarium was consulted. Interviews were conducted with the representatives of the state council of mezcal in Guerrero, the company Sanzekan Tinemi and Mezcalli del Sur, to complement the information of the areas. A database was created where the information of each copy was included, as well as the information obtained from the interviews. Criteria for selecting potential areas of *A. angustifolia* were defined, after which a Geographic Information Systems (GIS) was constructed, generating mapping areas with agroclimatic and agro potential, wherein the optimal suboptimal and marginal areas for the establishment of *A. angustifolia* were delineated. For the validation of the information, field visits were made to specific sites to verify the agroecological conditions of the potential areas obtained in this research.

Results: There are approximately 1,020,998.27 ha with optimum aptitude and 618,015.87 ha with suboptimal aptitude.

Limitations on study/implications: We suggest to incorporate information referring to the physiology, productivity and genetic diversity of the native populations of *A. angustifolia*.

Findings/conclusions: The regions with the highest and suboptimal potential for the plantations of *A. angustifolia* are Norte, Tierra Caliente and Centro, where the largest production of mezcal in the state occurs.

Keywords: Maguey mezcalero, productive potential.

RESUMEN

Objetivo: Determinar áreas óptimas y subóptimas para establecer plantaciones de *Agave angustifolia* Haw, en el estado de Guerrero, México.

Diseño/metodología/aproximación: Se recolectaron 139 ejemplares de *A. angustifolia*, para cada ejemplar se registraron datos fenotípicos, agroclimáticos y agroecológicos. Se consultó la información de 30 ejemplares de herbario; además se entrevistaron a los representantes del Consejo Estatal del Mezcal en Guerrero, la empresa Sanzekan Tinemi y la empresa Mezcalli del Sur, para complementar la información de las áreas. Se generó una base de datos donde se incluyó la información de cada ejemplar, así como la obtenida de entrevistas. Se definieron criterios para la selección de áreas potenciales de *A. angustifolia*, después de lo cual se construyó un Sistema de Información Geográfica (SIG).

generando la cartografía de las áreas con potencial agroclimático y agroecológico, donde se delimitaron las áreas óptimas, subóptimas y marginales, para el establecimiento de *A. angustifolia*. Para la validación de la información, se realizaron visitas de campo a sitios específicos para verificar las condiciones agroecológicas de las áreas potenciales obtenidas en el presente trabajo.

Resultados: Los resultados indican que existen aproximadamente 1,020,998.27 ha con aptitud óptima y 618,015.87 ha con aptitud subóptima.

Limitaciones del estudio/implicaciones: se sugiere incorporar información referente a la fisiología, productividad y diversidad genética de las poblaciones nativas de *A. angustifolia*.

Hallazgos/conclusiones: Las regiones con mayor potencial óptimo y subóptimo para las plantaciones de *A. angustifolia* son Norte, Tierra Caliente y Centro, donde además se presenta la mayor producción de mezcal en el estado.

Palabras clave: Maguey mezcalero, potencial productivo.

permiten incorporar información de expertos en la materia (Malczewski, 2004; Olivas-Gallegos *et al.*, 2007; Ledesma-Horta, 2014). Bajo este contexto, el objetivo de esta investigación fue identificar las áreas potenciales para el establecimiento de plantaciones de *A. angustifolia* para la producción de mezcal en el estado de Guerrero, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el estado de Guerrero (16° 18' a 18° 48' N, y 98° 03' a 102° 12' O), con una extensión territorial de 63,564.97 km² (INEGI 2008a, 2018). Se realizaron 20 recorridos de campo, de agosto de 2016 a febrero de 2017, recolectando 139 ejemplares, que se identificaron taxonómicamente como *A. angustifolia* y se depositaron en los herbarios UAGC, MEXU y ENCB. Adicionalmente se consultó la información de 30 ejemplares de *A. angustifolia* del estado de Guerrero, que se encuentran depositados en los herbarios MEXU, ENCB, ARIZ, NMNH-SI. Para identificar áreas excluidas en los trabajos de revisión de campo o herbario, se realizaron 20 entrevistas personales a los representantes del Consejo Estatal del Mezcal en Guerrero, a los integrantes de la mesa directiva de la empresa regional Sanzekan Tinemi S. de S. y a integrantes de la empresa Mezcalli del Sur S. P R. de R. L.

Con la información generada de las recolectas de campo, revisiones de herbarios y entrevistas, se generó una base de datos, donde se indicó el nombre científico de cada ejemplar, la fuente de consulta, el número de ejemplar, la información de la localidad, la fecha de recolecta y las coordenadas geográficas. A partir de esta base de datos, se geoposicionaron los puntos y fueron

INTRODUCCIÓN

México es considerado el centro de domesticación y diversificación de los agaves, ya que fueron y son usados para la obtención de fibras, producción de aguamiel y diversas bebidas alcohólicas (García-Mendoza, 2007). En México son 25 las entidades federativas en donde se cultiva agave para la producción de tequila y mezcal, con 108,119 ha de agave para el año 2015, lo que significó un crecimiento en el volumen de producción de 40% del año 2010 al 2015, con 204,000 Mg de agave mezcalero y 1,642,000 Mg para agave tequilero (SIAP, 2016).

En el Estado de Guerrero, México, anualmente se producen 1.7 millones de L de mezcal, lo que representa ingresos anuales de \$153 millones de pesos, generados por aproximadamente 900 productores (Kirchmayr *et al.*, 2014). La materia prima se extrae principalmente de ejemplares silvestres de *Agave angustifolia* Haw y *Agave cupreata* Trel. *et Berger* (Martínez-Palacios *et al.*, 2011).

En los últimos cinco años se incrementó la demanda de mezcal (Hernández-Carranza, 2017), lo que ha provocado mayor presión sobre las poblaciones silvestres. La especie *A. angustifolia* es conocida en Guerrero con los nombres comunes de maguey delgado, mezcalero y sacatoro. Debido al incremento en la demanda, los productores de mezcal han buscado alternativas para establecer plantaciones con esta especie. Para ello, es necesario identificar áreas con mayor potencial para el establecimiento de plantaciones, tomando en cuenta los requerimientos agroecológicos de esta especie, que permitan garantizar la demanda y conservación de la variabilidad genética de la misma.

Actualmente existen diversos sistemas de evaluación para identificar la aptitud de las tierras; uno de estos son los sistemas de información geográfica (SIG), los cuales integran variables biofísicas y climáticas, que además

integrados al Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcGIS Versión: 10.3.1 Copyright® 1999-2015 Esri Inc.

Para la selección de las áreas potenciales se consideraron; factores climáticos, suelo y topografía, los cuales fueron obtenidos a través de recorridos de campo en las áreas de distribución de la especie. En los sitios donde las poblaciones de *A. angustifolia* presentaron características idóneas para su producción agronómica, se determinaron los factores topográficos (altitud, pendiente y exposición), con el GPS Garmin Gpsmap 62s, Clisímetro marca Site Pro, modelo 642 y Brújula marca Coleman modelo 2000002813. La información obtenida en campo se complementó con los datos informados por Gentry (1985), Illsley et al. (2007), Ruiz-Corral (2007), Kirchmayr et al. (2014), Castillo-Quiroz (2014) y Mariles-Flores et al. (2016). La estimación de los factores agroecológicos y climáticos (Cuadro 1) para *A. Angustifolia*, tales como el tipo de vegetación, textura y pH de suelos, pendiente, precipitación y temperatura media anual, así como la delimitación de regiones geopolíticas, fueron obtenidos de la cartografía del INEGI (INEGI, 2008b, 2010, 2013a, 2013b, 2013c y 2016) y del inventario estatal forestal y de suelos del Estado de Guerrero (CONAFOR, 2013). La información fue integrada y analizada mediante el SIG.

Determinación del potencial productivo y validación de las áreas potenciales

Para determinar el potencial productivo, se utilizó la metodología propuesta por Medina et al. (1997). Se realizó la comparación de las condiciones ambientales, contra

los requerimientos de clima y suelo de *A. angustifolia*, en el estado de Guerrero. Se generaron imágenes y cartografía temáticas de los requerimientos de la especie, las cuales se transformaron a vectores en formato "Shapefile" con el ArcGIS Versión: 10.3.1 Copyright® 1999-2015 Esri Inc., para obtener los mapas temáticos. Con esta información se generó la cartografía de las áreas con potencial agroclimático (Figura 1).

Posteriormente, se excluyeron las áreas de zonas urbanas, vegetación nativa, uso forestal, asentamientos humanos y cuerpos de agua. Finalmente, se obtuvo la cartografía de las áreas con potencial agroecológico, donde se delimitaron las áreas óptimas, subóptimas y marginales, para el establecimiento de *A. angustifolia* (Figura 2). Para la validación de la información generada, se realizaron visitas de campo a sitios específicos para verificar las condiciones agroecológicas de las áreas potenciales obtenidas y corroborar que estuvieran acorde a los requerimientos de *A. angustifolia*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dadas las características agroclimáticas del Estado de Guerrero, se encontró que existen extensas regiones para el cultivo de *A. angustifolia* (Figura 1 y Cuadro 2) con aproximadamente el 37.63 % de potencial óptimo (2,391,666.33 ha) y un 23.31 % de potencial subóptimo (1,481,401.78 ha).

Al realizar el análisis agroecológico de las áreas agroclimáticas, en las cuales se descartaron las áreas con

Cuadro 1. Requerimientos agroecológicos de *A. angustifolia* en el Estado de Guerrero, México.

Variable	Óptimo	Sub-óptimo	Marginal
Temperatura (°C)	18-30	11-<18 y >30-45	<11 y >45
Probabilidad de Heladas	<0.10	>0.10-0.15	>0.15
Altitud (m)	700-1800	500-<700 y >1800-2200	<500 y >2200
Pendiente del terreno (%)	2-15	1-<2 y >15-45	<1 y >45
Precipitación anual (mm)	600-1300	500-<600 y >1300-1800	<500 y >1800
Grupos de suelo	Leptosol, Phaeozem y Regosol	Luvisol, Calcisol, Cambisol y vertizol	Fluvisol
Textura de suelo	Francos, franco-arenosos o franco-arcillosos	arcillosos	Limo-arcillosos
pH	6.5-7.5	6.0-<6.5 y >7.5-8.0	<6 y >8
Tipo de Clima	Cálido subhúmedo y Semicálido subhúmedo	Semiseco muy cálido y Templado subhúmedo	Semicálido húmedo
Tipo de vegetación contigua	Selva baja caducifolia	Ecotono entre selva baja caducifolia y bosque encino	Vegetación costera, Bosque de coníferas
Días con lluvia al año	80-95	50-<80 y >95-105	<50 y >105

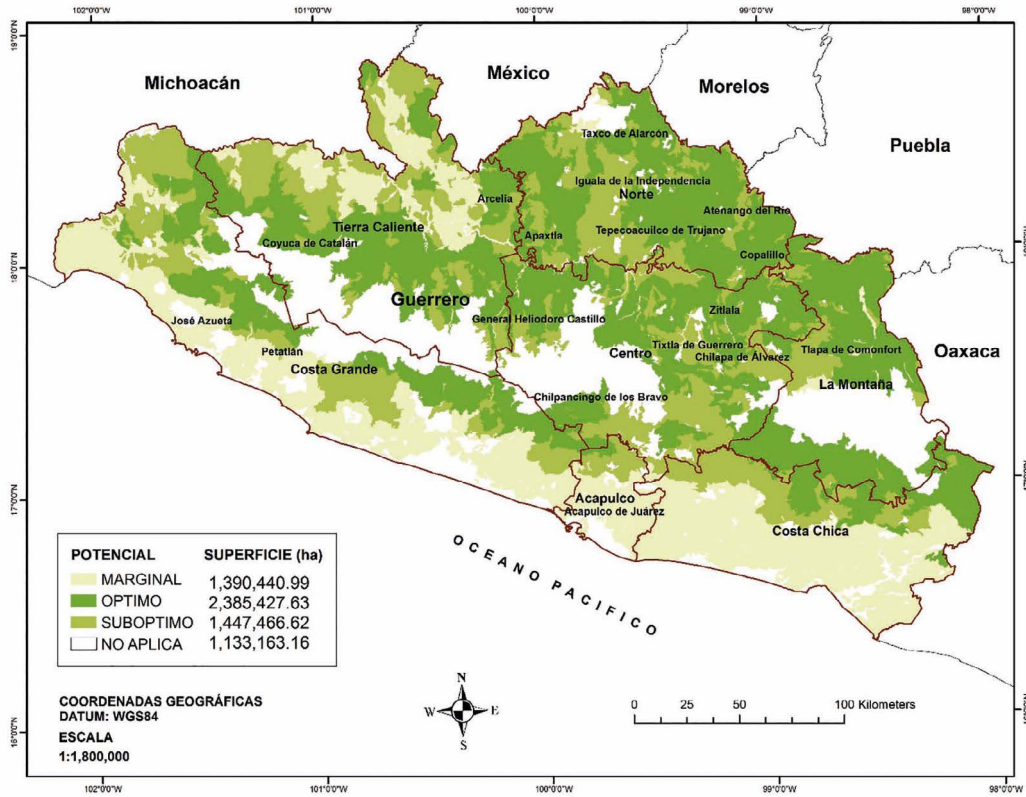


Figura 1. Distribución de áreas con potencial agroclimático para el cultivo de *A. angustifolia*, en el estado de Guerrero, México.

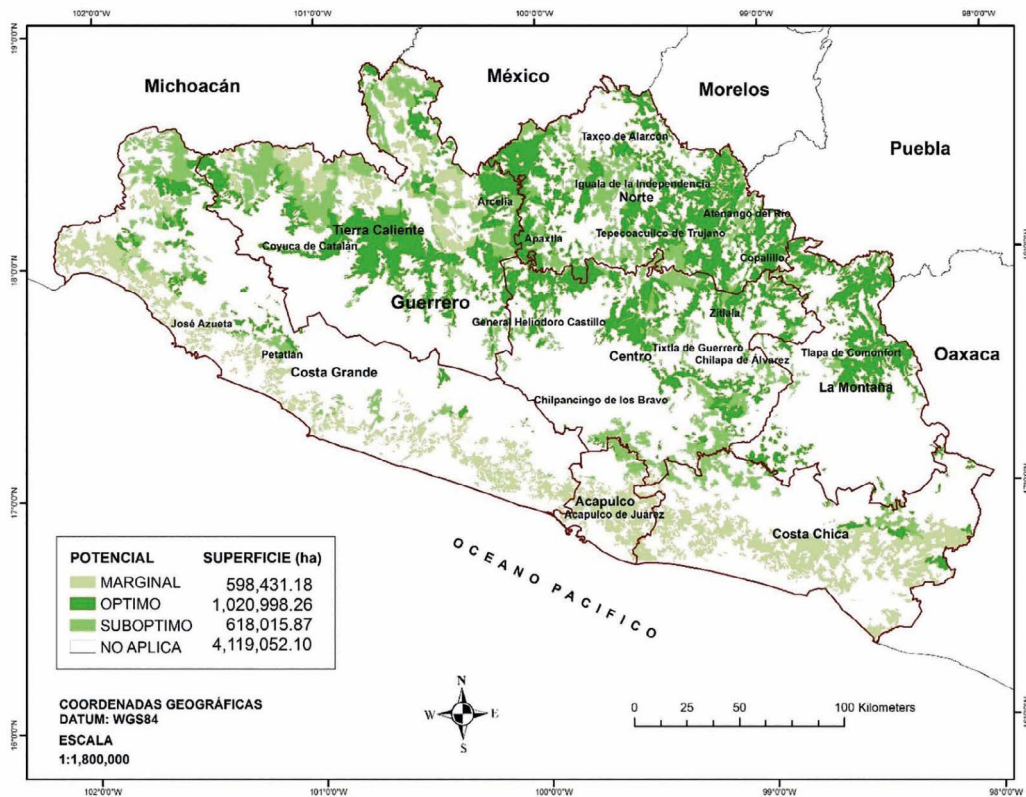


Figura 2. Distribución de áreas con potencial agroecológico para el cultivo de *A. angustifolia*, en el Estado de Guerrero, México.

Cuadro 2. Superficie estimada por regiones con potencial agroclimático para el cultivo de *A. angustifolia*, en el estado de Guerrero, México.

Región	Óptimo (ha)	Sub-óptimo (ha)	Marginal (ha)	Total regional (ha)
Acapulco de Juárez	6,238.84	33,935.33	100,956.96	141,131.13
Centro	528,580.11	326,759.15	117,140.89	972,480.15
Costa Chica	143,349.98	142,025.85	489,193.51	774,569.34
Costa Grande	308,071.61	293,236.19	523,196.62	1,124,504.42
La Montaña	388,784.75	89,098.71	14,861.53	492,744.99
Norte	553,964.05	262,962.76	20,590.73	837,517.55
Tierra Caliente	462,676.99	333,383.79	225,457.40	1,021,518.18
Total estatal	2,391,666.33	1,481,401.78	1,491,397.64	5,364,465.76

asentamientos humanos, infraestructura y vegetación natural, se obtuvo que la superficie con potencial óptimo para el establecimiento de *A. angustifolia* se redujo a 1,020,998.26 ha, lo que representa una superficie de 16.06 % del total estatal y a 618,015.86 ha con potencial subóptimo, representando el 9.72 % (Figura 2 y Cuadro 3). Las regiones con mayores superficies óptimas y subóptimas fueron la región Norte, Tierra Caliente y Centro, siendo estas las de mayor tradición en la producción de mezcal.

Los municipios con mayor superficie óptima fueron Huitzuco de los Figueroa (76,666.96 ha), Coyuca de Catalán (70,594.45 ha) y Ajuchitlán del Progreso (50,396.49 ha) en los cuales la precipitación anual va de los 600 a 1300 mm, temperatura entre los 18 y 30 °C, grupos de suelo de tipo Leptosol, Phaeozem y Regosol, textura de suelo tipo Francos, Franco-arenosos o Franco-arcillosos, junto con la altitud comprendida entre 700 a 1800 m son favorables para las plantaciones de *A. angustifolia*. Los sitios subóptimos se ubicaron entre las áreas con crecimiento óptimo y áreas marginales de crecimiento

de *A. angustifolia*, donde existen limitantes, tales como la precipitación anual, temperatura, grupo y textura de suelo y altitud, factores que correlacionan entre sí y que su interacción permite que los ejemplares crezcan de manera adecuada, pero no expresan su máximo potencial productivo. Al hacer la sumatoria de las áreas óptimas y subóptimas a nivel municipal, las áreas aumentan a 104,158.40 ha para Coyuca de Catalán, 94,345.90 ha para Zirándaro y 85,687.06 ha para Huitzuco de los Figueroa. Por lo anterior, estos municipios se ubican como estratégicos para establecer plantaciones de *A. angustifolia*. La delimitación de las áreas marginales está dada principalmente por la precipitación anual y la temperatura, ya sea por falta o por exceso de humedad, lo que coincide con los resultados mencionados por Reynoso-Santos et al. (2016) para *A. americana* L.

El uso actual del suelo en las superficies identificadas como óptimas y subóptimas, de acuerdo con la información agroecológica analizada, corresponde a áreas destinadas a la agricultura, pastizal inducido, vegetación inducida y áreas degradadas (CONAFOR, 2013; INEGI,

Cuadro 3. Superficie estimada con potencial agroecológico para el cultivo de *A. angustifolia*, en el estado de Guerrero, México.

Región	Óptimo (ha)	Subóptimo (ha)	Marginal (ha)	Total (ha)
Acapulco	595.94	12,601.66	59,735.14	72,932.75
Centro	214,625.96	115,724.28	5,624.83	335,975.07
Costa Chica	18,131.92	40,071.66	212,350.32	270,553.90
Costa Grande	48,582.32	88,765.03	210,707.59	348,054.94
La Montaña	143,415.88	20,269.04	1,424.77	165,109.69
Norte	330,548.57	138,893.77	3,034.75	472,477.09
Tierra Caliente	265,097.67	201,690.42	105,553.79	572,341.89
Total estatal	1,020,998.26	618,015.86	598,431.19	2,237,445.33

2013a). Lo que refleja la viabilidad de estas áreas para el establecimiento de las plantaciones de *A. angustifolia*, sin que se altere la vegetación nativa.

Reynoso-Santos *et al.* (2016) proponen que las áreas subóptimas para el cultivo de *A. americana* L. pueden ser consideradas para la siembra de otras especies de agave. Sin embargo, estas áreas requieren de la implementación de tecnologías que permitan a las plantaciones adaptarse a algunas de las limitantes ambientales, tales como la precipitación y la fertilidad del suelo. Los criterios expuestos por estos autores también son válidos para *A. angustifolia*, por lo que al momento de proponer el establecimiento de plantaciones en las áreas subóptimas es necesario considerar las limitantes de cada sitio y adecuarlas a través de tecnologías que permitan el desarrollo óptimo de las plantaciones.

CONCLUSIONES

El 16.06% del territorio del estado de Guerrero, México, tiene condiciones agroecológicas óptimas para el establecimiento y reconversión productiva con plantaciones de *Agave angustifolia*, las cuales están ubicadas principalmente en las regiones Norte, Tierra Caliente y Centro, siendo estas las de mayor tradición en la producción de mezcal.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo agradecen el apoyo parcial económico, otorgado por el CONACYT, a través del proyecto 263188 de SEMARNAT- CONACYT.

LITERATURA CITADA

- Castillo-Quiroz D., Martínez-Burciaga O. U., Ríos-González, L. J., Rodríguez-de la Garza, J. A., Morales-Martínez, T. K., Castillo-Reyes, F., & Avila-Flores, D. Y. (2014). Determinación de áreas potenciales para plantaciones de *Agave lechuguilla* Torr., para la producción de etanol. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila* 6(12): 5-12.
- CONAFOR. (2013). Inventario Estatal Forestal y de Suelos - Guerrero. Conjunto de Datos vectoriales Guerrero de la Carta de Recursos Forestales Estatal Guerrero.
- García-Mendoza, A. (2007). Los Agaves de México. *Ciencias* 00: 14-23. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/644/64408704.pdf> (07/02/2019).
- Gentry H S. (1985). *Agaves of Continental North American*. The University of Arizona Press. Tucson. 670 p.
- Hernández-Carranza E. (2017). La producción y mercado del mezcal en el Estado de Oaxaca, México. Tesis de licenciatura. División de Ciencias Socioeconómicas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México. 75 p. Recuperado de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/8472> (07/02/2019).
- Illsley, C., Vega, E., Pisanty, I., Tlacotempa, A., García, P., Morales, P., ... & Calzada, M. (2007). Maguey papalote: hacia el manejo campesino sustentable de un recurso colectivo en el trópico seco de Guerrero, México. En *lo ancestral hay futuro: Del tequila, los mezcales y otros agaves*, eds. P. Colunga-GarcíaMarín, L. Eguiarte, A. Larqué, and D. Zizumbo-Villarreal, 319-338.
- INEGI. (2008a). Referencias geográficas y extensión territorial de México.
- INEGI. (2008b). Cartografía digital de climas escala 1:1 000 000.
- INEGI. (2010). Cartografía estados y municipios, escala 1:1 000 000.
- INEGI. (2013a). Cartografía Uso de suelo y vegetación escala 1:250 000 Serie V.
- INEGI. (2013b). Sistema de descarga del continuo de elevaciones mexicano, 3.0 (CEM 3.0).
- INEGI. (2013c). Conjunto de Datos de Perfiles de Suelos, Escala 1:250 000 Serie II (Continuo Nacional).
- INEGI. (2016). Cartografía conjunto de datos vectoriales de información topográfica escala 1:50 000 Serie III.
- INEGI. (2018). Marco geoestadístico nacional 2018. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/temas/mapas/mg/> (07/02/2019).
- Kirchmayr, R. M., M. Arellano-Plaza, M. Estarrón-Espinosa, J. Gallardo-Valdez, A. Ch. Gschaedler Mathis, J. E. López-Ramírez, A. Navarro-Hurtado, R. Prado-Ramírez y E. Ramírez-Romo (2014). Manual para la estandarización de los procesos de producción de mezcal guerrerense. Fundación Produce Guerrero A. C. México. pp: 28-30. Recuperado de <https://centrosconacyt.mx/wp-content/uploads/2015/04/manualmezcalguerrerense.pdf> (07/02/2019).
- Ledesma-Horta J. C. (2014). Distribución del agave mezcalero (*Agave* spp.) y áreas con aptitud potencial para su desarrollo en San Felipe, Guanajuato. Tesis de licenciatura. División de Agronomía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México. 115 p. Recuperado de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6492/62907%20LEDESMA%20HORTA%2c%20JULIO%20CESAR%20%20TESIS%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (07/02/2019).
- Malczewski J. (2004). GIS-based land-use suitability analysis: A critical overview. *Progress in Planning* 62: 3-65.
- Mariles-Flores, V., Ortiz-Solorio, C. A., Gutiérrez-Castorena, M. D. C., Sánchez-Guzmán, P., & Cano-García, M. Á. (2016). Las clases de tierras productoras de maguey mezcalero en la Soledad Salinas, Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(5), 1199-1210. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7n5/2007-0934-remexca-7-05-1199.pdf> (07/02/2019).
- Martínez-Palacios A., J. M. Gómez-Sierra, C. Sáenz-Romero, N. Pérez-Nasser, y N. Sánchez-Vargas. (2011). Genetic diversity of *Agave cupreata* Trel. & Berger. Considerations for its conservation. *Revista fitotecnia mexicana* 34(3): 159-165. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v34n3/v34n3a6.pdf> (07/02/2019).
- Medina-García G., J. A. Ruiz Corral, R. A. Martínez-Parra y M. Ortiz-Valdez. (1997). Metodología para la determinación del potencial productivo de especies vegetales. *Agricultura técnica en México* 23: 69-90.
- Olivas-Gallegos, U. E., J. R. Valdez Lazalde, A. Aldrete, M de J. González-Guillén y G. Vera-Castillo. (2007). Áreas con aptitud

para establecer plantaciones de maguey cenizo: Definición mediante análisis multicriterio y SIG. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30: 411-419. Recuperado de <https://www.redalyc.org/html/610/61030408/> (07/02/2019).

- Reynoso-Santos, R., López-Báez W.; López-Luna A., Ruíz-Corral J.A., Castro-Mendoza I., Cadena-Iñiguez P., Valenzuela-Núñez L.M. y Camas-Gómez R. (2016). Áreas potenciales para el cultivo del agave (*Agave americana* L.) en la Meseta Comiteca, Chiapas. *Agroproductividad* 9(2): 56-61. Recuperado de <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/721/590> (07/02/2019).
- Ruiz-Corral, J. A. (2007). Requerimientos agroecológicos y potencial productivo del Agave tequilana Weber en México. *In*: Pérez-Domínguez, J. F. y Del Real-Laborde, J. I. (eds.). Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de *Agave tequilana* Weber en la zona de denominación de origen del tequila. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. pp. 11-36. Recuperado de http://www.inifapcirne.gob.mx/Revistas/Archivos/agave_final_baja%20resolucion.pdf (07/02/2019).
- S. I. A. P. (2016). Atlas Agroalimentario del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México, DF Recuperado de https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2016/Atlas-Agroalimentario-2016. (07/02/2019).

