



Análisis de aptitud para el cultivo de Damiana (*Turnera diffusa*. Will. Ex Schult; Passifloraceae) en el estado de Querétaro, México

Damiana (*Turnera diffusa*. Will. Ex Schult; Passifloraceae) crop suitability analysis in the Queretaro state, Mexico

Puga-Guzmán Paola¹., Luna-Soria Hugo², Magallán-Hernández Fabiola^{3*}

¹Licenciatura en Horticultura Ambiental. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. Av. De las ciencias s/n, Juriquilla, 76230. Santiago de Querétaro, Qro. ²Docente-investigador. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. Av. De las ciencias s/n, Juriquilla, 76230. Santiago de Querétaro, Qro.

*Autor para correspondencia: fabiola.magallan@uaq.mx Tel. 4421520528

Resumen

La aptitud territorial se refiere al nivel de adecuación de un determinado sitio para alguna actividad en específico. *Turnera diffusa* Willd. ex Schult (Damiana) es una planta nativa de México comercializada por sus propiedades terapéuticas. Sin embargo, no se han llevado a cabo evaluaciones específicas de las posibles zonas de cultivo bajo esquema de agronegocio. El objetivo de este trabajo fue utilizar los Sistemas de Información Geográfica, como apoyo para la determinación y análisis del potencial de áreas en el estado de Querétaro que presenten características apropiadas para el cultivo de Damiana. Se consideraron seis variables sobre las condiciones climáticas y ecológicas del estado, los requerimientos de la especie se obtuvieron por medio de revisiones bibliográficas y fichas técnicas. Se generaron cuatro niveles de aptitud [4-Muy apto, 3-Apto, 2-Moderadamente apto y 1-Poco apto], donde el 4 es el nivel más alto de aptitud y uno es el nivel mínimo. Asimismo, se elaboró un mapa donde se asignaron valores para definir el nivel de aptitud del estado. La mayor superficie con potencial 4-Muy apto para el cultivo de esta especie se encuentra distribuida en las regiones Centro y Norte del estado, mientras que el potencial 3-Apto está distribuido en las regiones Centro y Sur, principalmente. El identificar los sitios adecuados para el cultivo de Damiana es una estrategia sustentable que contribuye a la conservación de la especie en su hábitat.

Palabras clave: Aptitud territorial, cultivo, plantas medicinales, plantas nativas, *Turnera diffusa*.

Abstract

Land suitability establishes the degree of fitness for a specific activity on a certain site. Turnera diffusa Willd. ex Schult (Damiana) is a native Mexican plant commercialized for its therapeutic properties. Despite this use, there is a lack of specific evaluation studies on suitable site recognition. Therefore, through the use of Geographic Information Systems potential areas on the Queretaro state, appropriate for the crop, were determined. Six variables, including climate, ecological and species requirements were considered. In this analysis, four levels of suitability were established; being four the highest suitability level, and one the lowest, which were assigned to a map. Queretaro State has high suitability areas on the center and north part of the state, while the south and center zones presents a moderate suitability. The recognition of Queretaro suitable areas for the Damiana cultivation is an important tool that contributes to the conservation of this species at their natural habitats.

Key words: crop, medicinal plants, Querétaro, Suitability analysis, *Turnera diffusa*.

Introducción.

La aptitud o vocación territorial se refiere al nivel de aprovechamiento de un sitio para alguna actividad en particular, tomando en cuenta las características naturales del terreno y sus limitantes (CONCYTEC, 2002). El análisis de aptitud es parte del proceso de planeación del desarrollo regional y local, con base en el resultado de este, se generará el destino del uso del terreno (Plasencia y Mendoza, 2010). Este análisis se desarrolla a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG) que permiten la generación de mapas de aptitud territorial, los cuales muestran si el terreno es adecuado para una determinada actividad (SEMARNAT, 2018).

El estado de Querétaro ha tenido fuertes cambios en el uso de suelo, principalmente con el crecimiento de las zonas urbanas; el cual se ha presentado considerablemente en áreas que anteriormente eran usadas para la agricultura tanto de temporal como de riego, así como en áreas de vegetación natural del estado (CONCYTEQ, 2002).

Turnera diffusa Willd. ex Schult, conocida comúnmente como Damiana, es una planta nativa de México, ampliamente comercializada por sus propiedades terapéuticas y medicinales. La colecta y venta de Damiana, por parte de los habitantes de localidades rurales en México, representa un ingreso familiar para ellos durante la temporada de lluvias. Sin embargo, existen problemas en la cadena comercial de *T. diffusa*, tales como la falta de producción continua, el precio que se les paga a los colectores locales y la disminución creciente del recurso natural en su hábitat (Alcaráz-Meléndez y Véliz-Murillo, 2006).

A pesar de su importancia económica en el estado de Querétaro, la Damiana se obtiene mayormente a través de la colecta en su estado silvestre, sin tener registros de zonas donde se pueda cultivar. Es probable que las poblaciones silvestres se encuentren en riesgo por la colecta intensiva y la falta de manejo del recurso, por lo que es importante llevar a cabo el diagnóstico en el estado de Querétaro y la propuesta de zonas que cuenten con las características aptas para implementar su cultivo.

1.1 Información general de la especie.

Turnera Diffusa Willd. ex Schult es un arbusto medicinal de la familia Passifloraceae (APG IV: 2016). En México, sus

poblaciones silvestres se distribuyen frecuentemente en sierras altas, llanuras y cañones, en regiones de roca caliza, en altitudes de 1000 a 2100 msnm. Se encuentra en regiones de clima semicálido a templado y en menor proporción en climas cálidos. Se localiza en regiones cuyo intervalo de precipitación es de 500 a 1000 mm y la temperatura media anual es de 14 a 24°C. No soporta suelos inundables o arcillosos. Se asocia a vegetación de selva baja caducifolia, pastizal, matorral xerófilo y vegetación secundaria de bosque de *Quercus*. En el estado de Querétaro, se asocia a matorral submontano y matorral xerófilo (Juárez y col., 2013), en los municipios de Cadereyta, Colón, Peñamiller, Pinal de Amoles, San Joaquín y Tolimán (Magallán y col., 2016).

El objetivo de este trabajo fue analizar y determinar el potencial de áreas, del estado de Querétaro, que cuenten con características apropiadas para el cultivo de *T. diffusa*, usando como herramienta de análisis los Sistemas de Información Geográfica.

2. Materiales y métodos.

2.1 Área de estudio.

El estado de Querétaro de Arteaga es una de las 32 entidades federativas de los Estados Unidos Mexicanos, ubicado en el centro norte del país, comprende 18 municipios. En la entidad se encuentra una región natural de semidesierto, la cual contiene un considerable número de especies vegetales endémicas, así como bosques templados y tropicales al Noroeste (Bayona, 2016a). Por su ubicación geográfica, el estado de Querétaro posee tres grandes grupos de climas, al sur del estado predominan climas templados subhúmedos [C (w₁) (w)], mientras que en la región central son predominantes los climas secos y semisecos (BS1 hw), finalmente en la región Noroeste los climas que dominan son cálidos y semicálidos subhúmedos [A(C)w₀ (w)] (Luna y Suzán, 2016). Los suelos del estado de Querétaro en su mayoría son suelos minerales, no hay abundancia de suelos orgánicos, es decir, formados mayoritariamente por materia orgánica (Bayona, 2016b).

2.2 Definición de las variables.

La delimitación de las zonas con potencial para el cultivo de la especie se llevó a cabo a través de una revisión bibliográfica de las disponibilidades agroecológicas del es-

tado. Para la clasificación de las zonas con potencial para el cultivo, fue necesario conocer previamente cuáles son las necesidades específicas de la especie de estudio. En este análisis se consideraron seis variables: 1) Temperatura, 2) Precipitación media anual, 3) Uso de suelo y vegetación, 4) Edafología, 5) Clima y 6) Pendiente. Las bases de datos y capas que se utilizaron fueron: 1) ‘Temperatura’. Escala 1:1,000,000. México. 2) ‘Precipitación media anual’ Escala 1:4,000,000. México 3) ‘Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación’ Escala 1:250,000. México 4) ‘Edafología’. Escala 1:250,000. México. 5) ‘Climas’ clasificación de Köppen, modificado por García [1998]. Es-

cala 1:250,000. México. 6) Pendiente. Derivada del Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 [INEGI, 2012].

2.3 Ponderación de las variables.

Para llevar cabo la ponderación de las variables se utilizaron valores del uno al diez, generando así cuatro niveles de aptitud: 4-Muy apto, 3-Apto, 2-Moderadamente apto y 1-Poco apto. Donde el cuatro es el nivel más alto de aptitud y uno es el nivel con la menor aptitud; este procedimiento se aplicó a las seis variables propuestas tomando en cuenta los requerimientos de la especie con las características del estado de Querétaro. [Tabla 1-7].

Tabla 1. Ponderación de variables edafológicas (FAO, 1968) para la determinación de zonas prioritarias para el cultivo de *Turnera diffusa* Willd. ex Schult.

Tipos de suelo	Valor	Justificación.
Acrisol	1	Suelo pobre en nutrientes y ácidos, por lo tanto, no cumple con los requerimientos de la especie.
Cambisol	4	Buen contenido de materia orgánica pero es pobre en nutrientes.
Castañozem	5	Rico en nutrientes y en materia orgánica, puede contener carbonatos, <i>T. diffusa</i> crece en lugares con carbonatos de manera natural.
Chernozem	10	Rico en materia orgánica y nutrientes así como carbonatos, cumple con los requerimientos de la especie.
Feozem	10	Rico en materia orgánica y nutrientes así como carbonatos, cumple con los requerimientos de la especie.
Litosol	1	Suelo con menos de 10 cm de profundidad, y no es suelo apto para la agricultura.
Luvisol	1	Suelo con arcillas acumuladas, la especie no soporta suelos arcillosos.
Planosol	1	Suelos con drenaje deficiente, la especie requiere buen drenaje.
Regosol calcárico	2	Posee carbonatos, pero es poca la profundidad de estos suelos.
Rendzina	10	Suelos carbonatados, profundos, ricos en nutrientes y en materia orgánica. Cumple con las condiciones para el cultivo de <i>T. diffusa</i> .
Vertisol	1	Suelos arcillosos, muy agrietados y no aptos para el cultivo de <i>T. diffusa</i> .
Yermosol	1	Suelos con capa superficial delgada débilmente desarrollada, la cual es muy pobre en materia orgánica. No apto para agricultura.

Tabla 2. Ponderación de variables climáticas para la determinación de zonas prioritarias para el cultivo de *Turnera diffusa* Willd. ex Schult.

Clasificación de Köppen ¹	Valor	Justificación.
Cw	10	Clima templado, subhúmedo con temperatura media anual de los 12- 18°C. Cumple con los requerimientos de la especie.
(A)Cw	5	Semicálido, la temperatura media anual es mayor a los 18 °C. Cumple con los requerimientos de la especie, aunque se distribuye en menor medida en climas cálidos.
BS	5	Semiárido, cálido, temperaturas mayores a 22 °C. Adecuado para la especie.
(A)C(m)	10	Temperatura media anual mayor a 18 °C, siendo la máxima 22 °C. Adecuado para la especie.
C(m)	10	Templado, temperatura media anual de 12- 18 °C, siendo la máxima 22 °C. Adecuado para la especie.
C(b)	2	Semifrío, temperatura media anual de 12 °C, siendo la mínima menor a los 22 °C. La especie es susceptible a heladas.
(A)f	3	Cálido, temperatura del mes más caliente mayor a 22°C. La especie no se distribuye en climas cálidos.

¹ Modificado por García (1988)

Tabla 3. Ponderación de variables de temperatura para la determinación de zonas prioritarias para el cultivo de *Turnera diffusa* Willd. Ex Schult.

Temperatura promedio [°C]	Valor	Justificación.
36 -38 32-34	1	La especie no es tolerante a climas cálidos, mayores a 24 °C.
30-32	1	<i>T. diffusa</i> se encuentra en menor proporción se encuentra en climas cálidos.
28-30	5	Las variables se encuentran dentro del rango que tolera la especie en su hábitat, considerando que el máximo de temperatura que llega a soportar es de 30 °C.
26-28	10	Se encuentra dentro del rango aceptable de temperatura.
24-26	10	
22-24	10	Se encuentra dentro de los requerimientos del cultivo.
0-2	1	<i>T. diffusa</i> es susceptible a heladas y temperaturas menores de 14 °C. Rangos menores de temperatura tienen valor no apto.
2-4	1	<i>T. diffusa</i> soporta temperaturas mínimas de 8 °C, al ser una especie semidesértica, es susceptible a heladas, por lo que no tolera temperaturas menores.
4-5	1	
5-6	1	
6-8	3	
8-10	3	Temperatura mínima para el establecimiento de la especie, tomando en cuenta que puede desarrollarse raquíticamente, aspecto que no se requiere en condiciones de cultivo.
10-12	4	Entra en el rango mínimo de temperatura que soporta la especie, puede ser susceptible en su desarrollo a bajas temperaturas.
12-14	10	Entra dentro de los requerimientos del cultivo, pues soporta temperaturas mínimas de 14 °C.

Tabla 4. Ponderación de variables de precipitación para la determinación de zonas prioritarias para el cultivo de *Turnera diffusa* Willd. ex Schult

Precipitación media anual (mm)	Valor	Justificación.
300-400	10	Se encuentran dentro del intervalo de requerimientos de la especie. Tolerancia de 500 a 1000 mm de precipitación.
400-500	10	Requerimientos mínimos para el establecimiento de la especie.
500-600	10	Se encuentran dentro del intervalo de requerimientos de la especie.
600-800	10	
800-1000	5	Se encuentra dentro del rango que tolera la especie, sin embargo, niveles máximos de precipitación en el cultivo puede generar pérdida de calidad de planta.
1000-1200	1	Variables mayores a 1000 mm de precipitación media anual tienen niveles no aptos o moderadamente aptos pues la especie es susceptible a inundaciones y mala infiltración.
1200-1500	1	
1500-1800	1	

Tabla 5. Ponderación de variables de uso de suelo y vegetación para la determinación de zonas prioritarias para el cultivo de *Turnera diffusa* Willd. ex Schult.

Uso de suelo y vegetación	Valor	Justificación.
Agricultura de temporal	10	En los sitios destinados para la agricultura, existe un fácil acceso a recursos hídricos aunque solo en una temporada, aspecto que tendría que regularse en un cultivo.
Vegetación secundaria de bosque de encino	10	Se ha registrado el establecimiento de <i>T. diffusa</i> asociada a este tipo de vegetación.
Pastizal inducido	3	Se ha registrado el establecimiento de <i>T. diffusa</i> asociada a esta vegetación, aunque son suelos perturbados, se necesitaría incrementar los insumos para un cultivo adecuado.
Selva baja caducifolia	10	En el estado de Querétaro se distribuye de manera natural en esta vegetación, al igual que en el matorral rosetófilo.
Matorral rosetófilo	10	
Agricultura de riego anual	10	En los sitios destinados para agricultura es fácil el acceso a recursos hídricos.
Matorral submontano	10	En el estado de Querétaro se distribuye de manera natural en esta zona
Asentamiento humano	1	No se encuentran las condiciones adecuadas de la especie y existe limitación espacial y por recursos.
Bosque de Pino- Encino	3	Se ha registrado la especie asociada a este tipo de vegetación.

Tabla 6. Ponderación de variables de pendiente para la determinación de zonas prioritarias para el cultivo de *Turnera diffusa* Willd. ex Schult

Pendiente	Valor	Justificación.
0	10	En sitios planos, es más fácil la adaptación del cultivo, y existe mayor disponibilidad de recursos que en sitios inclinados [López-Méndez y col. 2013].
0-2	10	
2-5	2	Para cuestiones de cultivo, es más adecuado establecerse en planicies.
5-10	1	
>10	1	

Una vez generadas las ponderaciones para cada variable, se elaboró el mapa que muestra la evaluación de aptitud en el estado. Cada capa tiene una tabla de atributos, en la cual se agregó una nueva fila denominada 'valor', colocando las ponderaciones para cada variable. Todos los vectores y rasters usados se trabajaron con el datum WGS 1984 UTM zona 14N. Se asignaron las calificaciones correspondientes en la fila 'Valor' con base en las condiciones y características que favorecen o limitan la actividad productiva para la especie en el estado. Una vez realizado, los vectores fueron convertidos a raster. Por último, se asignaron categorías de aptitud en función del

proceso de análisis jerárquico [Saaty, 2008] con los criterios de valor de cada variable para definir el nivel de aptitud del territorio, y se elaboró la salida cartográfica del mapa.

3. Resultados y discusión.

La ponderación dada a las variables muestra que, de cuatro niveles de aptitud generados en el estado de Querétaro, se presentan dos niveles predominantes: 2-Moderadamente apto y 3-Apto. Un 66 % de la superficie total del estado tiene un nivel 2-Moderadamente apto, mientras

que el 33% restante de la superficie total cuenta con un nivel 3-Apto (Figura 1).

De acuerdo con el análisis, 12 municipios muestran condiciones 2-Moderadamente aptas para el cultivo de *T. diffusa*, los cuales son: Cadereyta de Montes, San Juan del Río, Landa de Matamoros, Corregidora, Huimilpan, Colón, El Marqués, Ezequiel Montes, Pedro Escobedo, Arroyo Seco, Querétaro y Tolimán. Las condiciones aptas se presentan en los municipios de San Joaquín, Amealco de Bonfil, Jalpan de Serra, Peñamiller, Pinal de Amoles y Tequisquiapan.

La mayor superficie con nivel 2-Moderadamente apto para el cultivo de esta especie, se encuentra distribuida en las regiones Norte, Centro y Sur con 76,614 km² del área total del estado. El potencial 3-Apto está distribuido en las regiones Centro y Sur principalmente con 39,144 km² del área total del estado. En menor medida se tienen niveles 1-Poco aptos y 4-Muy aptos dentro del estado de Querétaro, Únicamente 64 km² del territorio estatal corresponden a nivel de 1-Poco apto, ubicados en los municipios de Peñamiller, Tolimán, Colón y Querétaro. El análisis mostró que 89.6 km² del territorio estatal tiene aptitud 4-Muy apto, los cuales se ubican dentro de los municipios de Jalpan de Serra, Peñamiller, Tolimán, Pinal de Amoles, Cadereyta y San Joaquín. Se observa que, los municipios de Cadereyta de Montes, Colón, Peñamiller, Pinal de Amoles, San Joaquín y Tolimán, zonas donde la *Damiana* se distribuye de manera natural dentro del estado de Querétaro (Magallán y col., 2016), presentan una aptitud nivel 3-Apta y 2-Moderadamente apta.

En la mayoría de las zonas áridas y semiáridas la agricultura compite por el uso de suelo (UNESCO, 1982). Por lo que, es probable que la disminución en el nivel de aptitud en la parte Centro y Sur del estado, se encuentre relacionado con la presencia de zonas agrícolas. Del total de la superficie del estado de Querétaro, el 28.36 % se encuentra ocupado por la agricultura de temporal anual, seguido del 17.38% ocupado en la agricultura de riego anual y 17.85 % de vegetación secundaria. De acuerdo a Llata (2002), el uso de suelo de estas zonas está dominado por asentamientos humanos, aspecto que limita las áreas destinadas para la introducción de cultivos, sin embargo, solo el 1.51% es utilizado por asentamientos humanos.

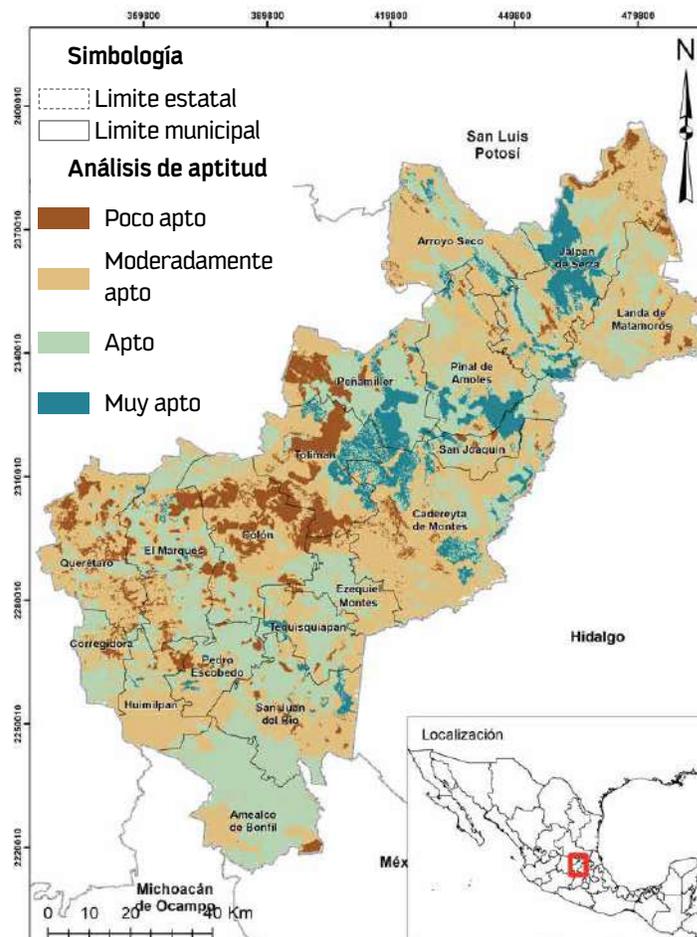


Figura 1. Análisis de aptitud territorial para el cultivo de *T. diffusa* en el estado de Querétaro

4. Conclusión.

Los resultados muestran las zonas potenciales para cultivo de *Turnera diffusa* Willd. ex Schult, en el estado de Querétaro. Se resalta que este tipo de análisis permite obtener resultados y potencialidades, de una manera más exacta y en menor tiempo. Para este trabajo se identificaron los sitios más adecuados, con base en las características naturales que presenta actualmente el estado de Querétaro. Estos resultados podrían servir como una estrategia novedosa para el impulso de agro-negocios con *T. diffusa*, cuyo aprovechamiento sustentable puede ser redituable económicamente para las regiones con niveles 4-Muy aptos y 3-Aptos para su cultivo. A su vez, contribuye a la conservación de la especie, evitando su extracción en el medio silvestre, en caso de que se impulse

su cultivo en los municipios propuestos. De igual forma, el empleo de los SIG demuestra la utilidad en el análisis y distribución espacial para determinar la aptitud territorial para el cultivo de esta especie tomando en cuenta sus requerimientos. El estado de Querétaro presenta características adecuadas para el establecimiento de cultivos de dicha especie en 115,758 km².

Resumen curricular

Paola Puga Guzmán.

Egresada de la Licenciatura en Horticultura Ambiental de la Universidad Autónoma de Querétaro. Actualmente, encargada de propagación de plantas ornamentales y mantenimiento de jardinería en Puerta del Lobo, mpio. El Marqués, Qro.

Hugo Luna Soria.

Licenciado en Biología por la UAQ y Maestro en Geografía por la UNAM. Responsable del Laboratorio de Sistemas de información Geográfica en la FCN se ha desempeñado como profesor desde 2010 en la UAQ.

Fabiola Magallán Hernández.

Doctora en Ciencias Recursos Bióticos por la UAQ. Docente investigador en la FCN desde 2013. Una de sus líneas de investigación es la conservación, manejo y aprovechamiento de las plantas medicinales nativas de México.

Referencias bibliográficas

- Alcaráz-Meléndez, L., y Véliz-Murillo, M.G. (2006). Comercialización de una planta del desierto: *damiana* (*Turnera diffusa*). *Revista Mexicana de Agronegocios*, vol. X, núm. 19. Extraído el 4 de diciembre de 2016 desde <http://www.redalyc.org/pdf/141/14101906.pdf>
- Bayona, A. (2016a). El estado de Querétaro. En *Historia Natural de Querétaro* (pp 17-18). Editorial Universitaria. Querétaro, Qro., México.
- Bayona, A. (2016b). Los suelos del estado de Querétaro. En *Historia Natural de Querétaro* (pp 71). Editorial Universitaria. Querétaro, Qro., México.
- Botanical Journal of the Linnean Society. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal*, 181, 1-20.
- Consejo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC). (2002, Mayo). Uso actual y potencial del suelo en los municipios conurbados de Querétaro. Centro Queretano de Recursos Naturales. Extraído el 10 de julio de 2018 desde <http://www.concyteq.edu.mx/concyteq/uploads/publicacionArchivo/2017-06-212.pdf>
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI). (2012, marzo). Diccionario de datos edafológicos escala 1:250 000. Extraído el 4 de diciembre de 2016 desde http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/edafologia/doc/dd_edafologicos_v2_250k.pdf
- Juárez-Rosete, C., J. Aguilar-Castillo, M. Juárez-Rosete, R. Bugarín-Montoya, P. Juárez-López y E. Cruz (2013, diciembre). Hierbas aromáticas y medicinales en México: Tradición e Innovación. *Revista Bio Ciencias*; 2(3): 119-129. Extraído el 4 de diciembre de 2016 desde https://www.researchgate.net/publication/269168694_HIERBAS_AROMATICAS_Y_MEDICINALES_EN_MEXICO_TRADICION_E_INNOVACION.
- Llata-Gómez, R. (2002). Uso actual y potencial en los municipios conurbados de Querétaro. *Concytec*. Extraído el 4 de diciembre de 2016 desde <http://concyteq.edu.mx/PDF/Tomo%205.pdf>.
- López-Méndez, A., C. Armenta-López, A. Armenta-Bojórquez, H. Fraga-Palomino y J. Félix-Herrán. (2013, enero 21). Localización de zonas aptas para la agricultura protegida en Baja California sur, México. *Revista Agronomía Mesoamericana* 24(2):401-409. Extraído el 4 de diciembre de 2016 desde http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212013000200016.
- Luna, H. y Suzán, H. (2016). El clima actual en el Estado de Querétaro. En *Historia Natural de Querétaro* (pp 56). Editorial Universitaria. Querétaro, Qro., México.

- Magallán F., Alvarado., A y Ocampo., R. (2015). Informe técnico: protocolos de propagación de plantas nativas aromáticas y medicinales con uso potencial en la industria farmacéutica y cosmética. Fondo de vinculación tecnológica. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (1968). Base referencial mundial del recurso suelo, un marco conceptual para la clasificación, correlación y comunicación internacional. Roma
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura (UNESCO). (1982). Desarrollo de tierras áridas y semi áridas, obstáculos y perspectivas. Paris.
- Plascencia, H., y Mendoza, M. (2010). La evaluación de tierras. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) Extraído el 4 de diciembre de 2016 desde <http://www.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/601/evaluacion.pdf>.
- Saaty, T. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. Services Sciences, Vol. 1, No. 1. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2018). Sistema Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA). México.

