

<https://doi.org/10.5154/r.ctasci.2024.03.06>

Versión en español

Zonificación agroecológica para el cáñamo (*Cannabis sativa sativa* L.) en México: una aproximación geoespacial

María del Refugio Reyes-Bello¹; Roberto Rendon-Medel²;
Alejandro Ismael Monterroso-Rivas^{3*}

Historial del artículo:

Recibido: 30 septiembre, 2024

Aceptado: 3 diciembre, 2024

*Autores de correspondencia:

aimrivas@correo.chapingo.mx

¹Universidad Autónoma Chapingo, Posgrado en Ciencias Forestales y del Ambiente, División de Ciencias Forestales, km 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Texcoco, Edo. de México.

²Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial-CIESTAAM. km 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Texcoco, Edo. de México.

³Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Suelos, km 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Texcoco, Edo. de México.

Resumen

El cáñamo fue introducido al país por los españoles y tuvo su auge hacia el siglo XVIII, cuando se sembraba junto con otras fibras como lino y algodón. En los últimos años ha resurgido el interés por el cáñamo (*Cannabis sativa sativa* L.) en México, quizá por los usos potenciales que tiene en diversas industrias. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue delimitar las zonas más aptas para el cultivo de cáñamo en temporal en el territorio nacional, mediante la aplicación del método de zonificación agroecológica. Para ello, a través de revisión bibliográfica, se identificaron los requerimientos edafológicos y climáticos para el cáñamo. Con herramientas de sistemas de información geográfica se realizó una zonificación agroecológica para identificar las zonas aptas, no aptas y aquellas moderadamente aptas para el cultivo de cáñamo. Posteriormente, se visitó un sitio donde se cultiva la especie para conocer la opinión de los productores. Los resultados muestran que 5 % de la superficie nacional muestra aptitud edafoclimática para el cultivo de cáñamo; con algunas limitantes se encuentra el 17 % del país y el restante 78 % de la superficie no cuenta con aptitud. Los estados de Chiapas, Tabasco, Oaxaca, Veracruz e Hidalgo son los que presentan mayor superficie apta en condiciones de temporal. El factor climático es la mayor limitante para el cultivo de cáñamo en condiciones de temporal en México. Los productores subrayan el potencial que se tiene en su región y en el país para dicho cultivo. La investigación concluye señalando las regiones con aptitud para el crecimiento del cultivo. Existe potencial natural para su cultivo en el país, sin embargo, es necesario que se desarrolle un marco regulatorio que diferencie al cáñamo de la *Cannabis* psicotrópica.

► **Palabras clave:** aptitud, factibilidad, reconversión, requerimientos edafoclimáticos.

Introducción

El cáñamo, *Cannabis sativa sativa* L., es una planta versátil con usos industriales y medicinales. Sus orígenes se remontan cerca del año 8000 a. C. en Asia, donde se han encontrado restos del uso textil del cáñamo (Lozano, 2017). También, se han encontrado vestigios de su uso en Egipto, alrededor del 4000 a. C., quienes la emplearon como alternativa del papiro en la fabricación de papel y tejidos (Muriel-

Páez & Pullas, 2022). El cáñamo es fruto de controversia ya que, de la misma planta, pero de diferente especie, se obtiene la marihuana. Desde lo normativo, se entiende por marihuana a la subespecie de *Cannabis* con contenido de tetrahidrocannabinol (THC) mayor al 1 %; el cáñamo refiere a una subespecie de *Cannabis* con menos del 1 % de THC.

Es posible señalar algunas diferencias entre cáñamo y marihuana, pero la que debe resaltar es que, la primera

se refiere al tallo de la planta y la segunda al fruto que contiene psicoactivos que son usados como droga. En este punto, cabe aclarar que se utiliza el término *cannabis* para referirse al contexto botánico, terapéutico, médico y clásico. El término cáñamo se reserva para el uso industrial y medioambiental, mientras que en un contexto lúdico y recreativo se utiliza la marihuana (Díaz-Rojo, 2004). Dado que el cáñamo se refiere al tallo de la planta de *C. sativa sativa*, carece de propiedades psicoactivas y no se clasifica como una droga (Huarcaya-Minauro & Escobar-Cruz, 2022). El contenido de THC define los efectos psicoactivos de la marihuana. El cáñamo presenta un contenido significativamente bajo de THC, y su cultivo puede ser legal si se produce con menos de 0.3 %, para el caso de Estados Unidos y Canadá, o 1 % para el caso de legislaciones latinoamericanas, en peso de THC.

Se han identificado tres subespecies: *Cannabis sativa sativa*, *Cannabis sativa indica* y *Cannabis sativa rudelaris* (Laursen, 2015). Todas han sido objeto de cruces y poli híbridos, cada uno con características botánicas, condiciones de cultivo y usos específicos (Sandiego-Villaverde, 2020). La subespecie *C. sativa indica* es la que se cultiva para aprovechar su contenido psicoactivo, por su alto contenido de THC. Se utiliza con fines recreativos y medicinales. Por su parte, la subespecie *C. sativa sativa* es la que se conoce como cáñamo industrial o cáñamo agrícola, ya que se puede utilizar para la industria de producción de papel, textiles, materiales de construcción (como bioplásticos y tableros aglomerados) y alimentos (Díaz-Rojo, 2004). Las semillas, conocidas como cañamones, son ricas en proteínas y grasas, con propiedades terapéuticas.

El cáñamo está catalogado como uno de los cultivos más interesantes. En la industria textil el cáñamo es opción frente al algodón, muestra una calidad superior, siendo hasta diez veces más resistente que la fibra de algodón (Muriel-Páez & Pullas, 2022). Se utiliza para fabricar toldos, lonas y estructuras para casetas (Arroyave-Zapata & Soto-Lorza, 2016). En la industria papelera el cáñamo presenta resistencia y durabilidad semejantes al papel tradicional obtenido de madera, y mantiene su color durante muchos años. El cultivo del cáñamo también produce celulosa cada año, incluso, se ha sugerido que una hectárea de cáñamo puede generar entre cuatro y cinco veces más papel que una hectárea de bosque (Hernández & Munguía, 2022).

El cáñamo también tiene potencial aplicación en la construcción sostenible. Es posible elaborar hormigón con cáñamo que ofrece beneficios como un material ecológico libre de pesticidas, protección contra diversas radiaciones y reducción de campos electromagnéticos (Brümmer, 2015). El cáñamo es fuente eficiente de biocombustibles, incluyendo tanto bioetanol como biodiésel (Toro-Santos & Huertas-Cárdenas, 2021). En el ámbito agrícola, el cáñamo destaca en la fitorremediación, una técnica para sanar tierras contaminadas. Su corto ciclo de crecimiento de aproximadamente 100 días lo hace una opción más

sostenible en comparación con otras plantas empleadas en la fitorremediación (Trejo, 2017).

En México, el cáñamo fue introducido por los españoles en el siglo XVI y tuvo su auge hacia el siglo XVIII, cuando se sembraba junto con otras fibras como lino y algodón. Para el siglo XIX decayó la producción y hacia inicios del siglo XX el cáñamo cayó en la misma prohibición que la marihuana (Florescano, 1995). Fue en 1920 que en el país se prohibió el uso de cáñamo industrial (Astorga, 2005).

En los últimos años ha resurgido el interés por el cáñamo, quizá por las tendencias globales y potenciales usos antes señalados. En el año 2017, en el país se aprobó una reforma a la Ley General de Salud que permite el uso medicinal y científico del Cannabis, incluyendo al cáñamo con bajo contenido de THC (DOF, 2017). Más recientemente, en 2021 se aprobó una ley para regular el uso industrial del cáñamo, buscando proveer de un marco regulatorio para el cultivo, su siembra y producción, así como su comercialización (Cámara de Diputados, 2021). Por ello, es relevante conocer aquellas regiones que tienen potencial para ser cultivadas con cáñamo y el método de zonificación agroecológica ha mostrado ser adecuado.

Las zonas agroecológicas se describen como aquellas que tienen una clasificación similar con base en propiedades del clima y las características del suelo, y mismo rendimiento agroecológico, mostrando la escala específica sobre las limitaciones y potencialidades para el manejo de tierras (Benacchio, 1984; FAO, 1997). Conforme a este principio, la zonificación agroecológica se define como la delimitación cartográfica de la capacidad natural para un cultivo específico, en conformidad con las características agroclimáticas y fisio-edáficas de cada área y con las necesidades de dicho cultivo bajo ciertas condiciones ambientales (Antoine, 1994; FAO, 1997).

Así, ante el potencial que tiene el cáñamo, la presente investigación tuvo como objetivo realizar una zonificación agroecológica del cáñamo para México, identificando parámetros biofísicos que requiere la planta bajo condiciones de cultivo exterior y de temporal, para identificar zonas geográficas con aptitud, contribuyendo así al potencial desarrollo de una industria de cáñamo robusta y sostenible en el país. La hipótesis es que México cuenta con aptitud potencial agroclimática para el cultivo de cáñamo en condiciones de temporal.

Metodología

El trabajo consistió en cuatro etapas que incluyen el identificar los requerimientos del cultivo, el procesamiento cartográfico de los datos, la zonificación agroecológica y la verificación en campo. Cabe subrayar que el trabajo se focalizó para *C. sativa sativa* L. buscando la aptitud potencial edafoclimática, conocida en el país como condiciones de temporal.

Estas etapas se describen a continuación.

Requerimientos del cultivo. Los requerimientos edafoclimáticos que definen el establecimiento y desarrollo del cáñamo fueron obtenidos de consulta bibliográfica. Los medios consultados incluyeron, preferentemente, artículos científicos y referencias en línea como revistas de divulgación. Las palabras clave que se definieron para la búsqueda: cáñamo, zonificación de cáñamo, requerimientos de cáñamo, *C. sativa sativa*, y requerimientos del cultivo cáñamo. Las referencias bibliográficas proporcionaron los parámetros edafoclimáticos, los cuales fueron organizados y clasificados en niveles de aptitud para el cultivo.

Se elaboró un cuadro especificando los requerimientos de suelo y clima según etapa fenológica de *C. sativa sativa*. Cabe señalar que no se consideraron variedades específicas, sino que se tomó en cuenta de forma general para la especie. Los requerimientos se clasificaron detallando tres niveles de aptitud: no apto, moderadamente apto y apto. A su vez, se realizó cartografía para cada variable con el objeto de identificar cuales son las principales limitantes de producción, en este caso por variables de suelo (textura, pH, profundidad y salinidad) o clima (temperatura mínima, media, precipitación o fórmula climática). Lo anterior siguiendo la recomendación de FAO (1997) para estudios de zonificación agroecológica.

Insumos cartográficos. Se consideró que la escala de trabajo fuera el continuo nacional a escala 1:1,000,000. Los principales insumos cartográficos a esa escala fueron: mapa de temperatura media anual y precipitación total media anual (Monterroso & Gómez, 2021). A escala 1:250,000 se incluyeron las clases de suelos (INEGI, 2006), así como datos de profundidad del suelo, textura, pH, y salinidad, tomados de INEGI (2004) previamente espacializados. Los tipos de clima según Köppen modificado fueron tomados de García (2004) a escala un millón. Toda la cartografía se trabajó en formato vectorial y fue gestionada utilizando el software ArcGIS 10.8 (Esri, 2020).

Zonificación agroecológica. A partir de los requerimientos del cultivo, primero se generaron mapas de aptitud por cada una de las variables. Este proceso evalúa las características edafoclimáticas individuales, pero también permite identificar los limitantes para la producción (FAO, 1997). El procedimiento consistió en asignar el grado de aptitud para cada capa de variables de suelo (textura, pH, profundidad y salinidad) y clima (temperatura mínima, media, precipitación o fórmula climática) y siguiendo lo indicado en Cuadro 1. Posteriormente, en el software SIG se unieron los mapas para obtener uno solo de aptitud para *C. sativa sativa* en México. De este modo se delimitaron las zonas más adecuadas para el cultivo, pero también aquellas con limitantes para su producción. Cabe señalar que el criterio que se siguió fue el de cultivo bajo condiciones de temporal o sin riego.

Verificación en campo. Ante la imposibilidad de realizar la verificación en todo el país se decidió visitar y conocer una experiencia del cultivo y aprovechamiento del cáñamo en México. Se visitó la comunidad de Santa Martha Chichihualtepec, Oaxaca, ya que ahí se encuentra una de las organizaciones pioneras en el cultivo y promoción de *C. sativa sativa* en México. Se seleccionó esta comunidad ya que esta región se identificó en los primeros resultados con aptitud favorable para el cáñamo, así como el conocimiento previo de la organización. En la región, el cultivo de *C. sativa sativa* está experimentando crecimiento debido a la combinación favorable de clima y suelo, así como el apoyo de la comunidad para el cultivo.

El trabajo consistió en verificar los requerimientos edafoclimáticos, así como conocer la percepción de los productores locales en la obtención de cáñamo. Para lo anterior se corroboraron las condiciones del terreno y climáticas, comparándolas con los requerimientos previamente identificados. Se incluyó la observación directa de las características del suelo y clima. Para la percepción de los productores se realizaron entrevistas abiertas a productores de la comunidad. Se realizaron 16 entrevistas bajo el método de bola nieve, que consiste básicamente en comenzar con un productor y continuar con el siguiente bajo la recomendación del primero. El cuestionario consistió en preguntas abiertas que incluían: ¿Cuáles son los principales requerimientos del cultivo que puede identificar?; ¿Cuál es la motivación que hubo detrás de la toma de decisiones para cultivar esta planta?; ¿Cuáles son las principales experiencias y desafíos que enfrenta durante el ciclo de cultivo?; y ¿Cuál es el impacto económico y beneficios que ha obtenido por la producción de cáñamo?

Resultados y discusión

Requerimientos del cultivo

En el Cuadro 1 se presentan los requerimientos edafoclimáticos para *C. sativa sativa*. Se observa que el cultivo se desarrolla mejor cuando las temperaturas son entre los 20 y 25 °C, así como lluvia total anual entre los 800 y 1200 mm. Estos datos indican que los climas que prefiere *C. sativa sativa* incluyen aquellos templados húmedos y con fórmula Cf, Cw, y Cb según la clasificación de Köppen (García, 2004). Los climas CF son templados húmedos con lluvias todo el año y las cuatro estaciones del año bien definidas. Los climas Cw son templados subhúmedos, con verano lluvioso e invierno seco. Los climas Cb se refieren también a climas templados con veranos moderados o más secos. El cultivo en condiciones de temporal prospera en climas templados húmedos, templados moderados y templados secos, aunque con ciertas limitaciones.

Los criterios anteriores permitieron identificar zonas con algún grado de aptitud según cada variable para el cultivo *C. sativa sativa*.

Cuadro 1. Requerimientos edafoclimáticos para *C. sativa sativa* y nivel de aptitud.

Tipo	Variable	Unidad	Tipo de Aptitud			Referencia
			No apto	Moderadamente Apto	Apto	
Suelo	Profundidad del Suelo	cm	Menor a 30	De 30 a 50	Mayor de 50	Acosta, 2001; LABISER, 2021
	Textura	Adimensional	Arcillosos		Arenosos y limosos	Acosta, 2001, 2003; LABISER, 2021
	pH	Adimensional	Menor de 5.5 y Mayor de 8	de 5.6 a 6 y de 7.5 a 8	De 6 a 7.5	Acosta, 2003; LABISER, 2021; Duke, 1982.
	Salinidad	Fase	Fase salina			Acosta, 2001, 2003; Werf et al., 1999.
Clima	Insolación	Horas	Menor de 8 y Mayor de 13	De 8 a 9 y De 12 a 13	de 9 a 12	Werf et al., 1999; Struik, 2000; Lisson, 2000.
	Temperatura media anual	°C	Menor de 15 y Mayor de 25	De 15 a 18 y De 20 a 25	De 18 a 20	Haberlandt, 1879; Duke, 1982; LABISER, 2021
	Temperatura mínima anual	°C	Menor de 13	De 13 a 15	Mayor de 15	Duke, 1982; Frank 1988.
	Precipitación media anual	mm	Menor de 500 y Mayor de 1500	De 500 a 800 y De 1200 a 1500	De 800 a 1200	Duke, 1982; Ranalli, 2004.
	Tipo clima Koeppen	Tipo	Áridos y Fríos	Cálidos y Secos	Templados húmedos	Werf et al., 1999; Acosta, 2003
	Fórmula clima Koeppen	Adimensional	E	Am, Aw, Ax Bs, B	Cf, Cw, Cb, Ca,	Werf et al., 1999

Aptitud para el cáñamo en México

En la Figura 1 se muestran los mapas de aptitud por cada variable edafoclimática. Las regiones clasificadas como aptas en cada mapa muestran aquellos lugares con las mejores condiciones para el cultivo. Existen pocas o mínimas limitantes según esa variable, lo que facilita la identificación del potencial ecológico para su valoración (Espinosa & Roquera, 2007). Por otro lado, las regiones con condiciones moderadamente aptas son áreas con desafíos o limitantes importantes para la producción de *C. sativa sativa*.

Se observa que el suelo muestra condiciones de moderadas a aptas para la producción de cáñamo. En el caso de la textura, se obtuvo que el 69 % es apto, y según el pH, el 35 % tiene aptitud para el cultivo. Para profundidad y presencia de salinidad en el suelo, se encontró algún tipo de aptitud en 59 y 92 % de la superficie nacional, respectivamente. Estos resultados se parecen a lo encontrado por Bart (2017) quien encontró que el suelo debe de ser suelto para que el agua pueda escurrir fácilmente y beneficie al cáñamo. Los niveles de salinidad en suelo pueden afectar al buen crecimiento de la planta. En suelos con alto contenido de arcilla puede inundarse el sistema radicular y provocar encharcamientos. Además, el valor del pH es importante, porque si es demasiado alto o bajo, las plantas no podrán absorber todos los nutrientes que necesitan, lo que puede provocar deficiencias en su crecimiento. Un buen pH se

encuentra entre 6 hasta 7.5, lo que permite a las plantas de cáñamo extraer adecuadamente los nutrientes del suelo (Bart 2017). En siglos pasados se destacaba la importancia de suelo profundo y bien abonado, así como la necesidad de una humedad constante para un crecimiento adecuado del cáñamo (Alexander, 2016).

Las variables climáticas mostraron ser las principales limitantes para el cultivo *C. sativa sativa* en México. La Figura 1 muestra la aptitud que cada una de las variables por separado presenta para el cultivo. Se resalta que el color rojo o las zonas no aptas, predomina para tres variables de las cuatro analizadas: temperatura, precipitación y tipo de clima. Es decir, estas regiones tienen limitaciones climáticas para el cultivo. En particular, se encontró que el 68 y el 12 % del país no es apto según temperatura mínima y media, respectivamente. Para precipitación, que es la mayor limitante, se encontró que el 89 % del país no es adecuado debido a la falta de humedad por lluvias. Estos resultados son semejantes a los reportados por Bart (2017) quien señaló que el clima es uno de los principales factores que afectan el desarrollo del cultivo. El mismo autor encontró que para los cultivos que se siembran al aire libre es primordial controlar las temperaturas y la exposición del sol.

El clima más adecuado para el cultivo es templado húmedo, con temperaturas medias entre 20 y 25 °C, y una humedad relativa alta. Durante el día, la planta prospera mejor entre

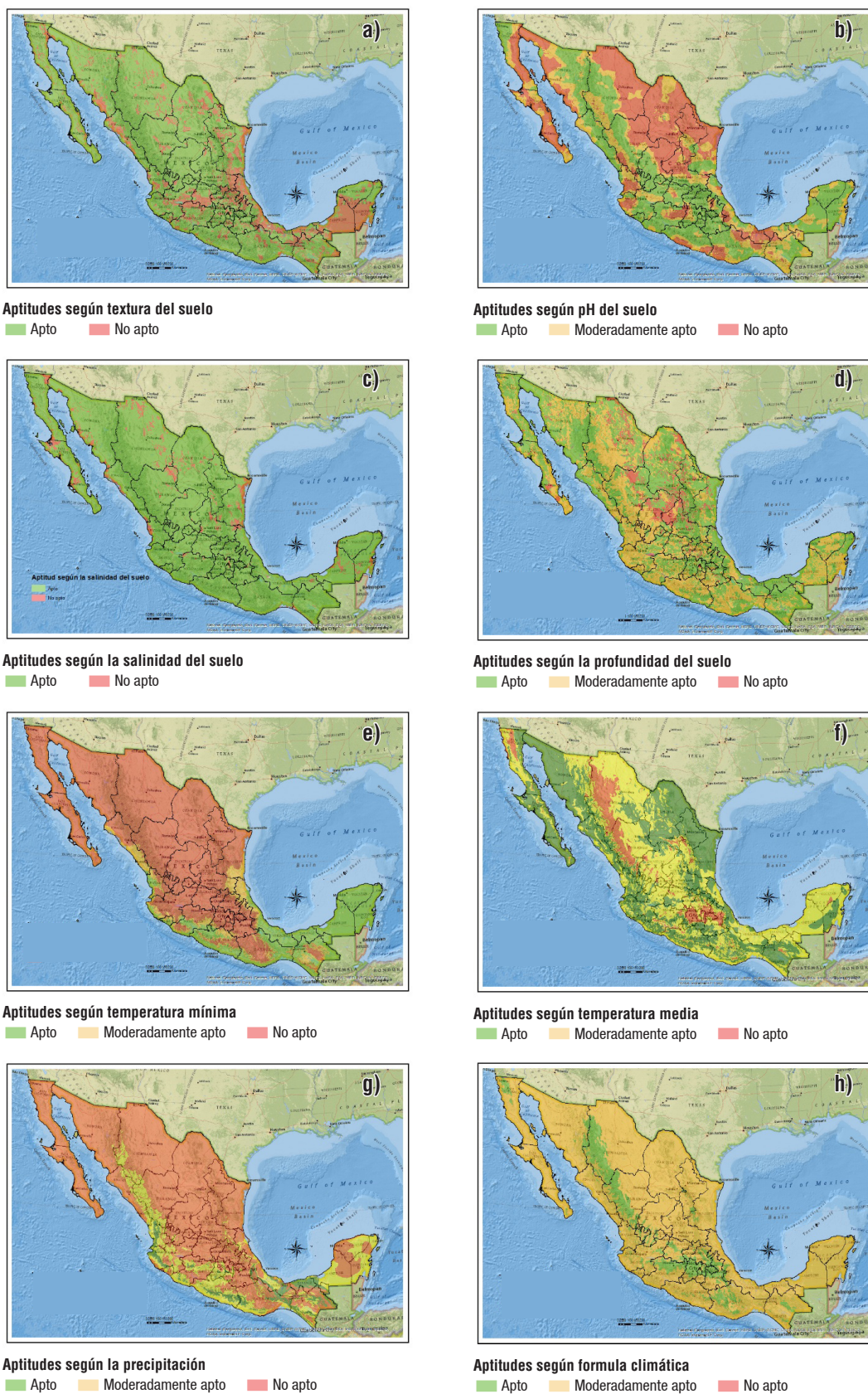


Figura 1. Aptitud para el establecimiento de *Cannabis sativa sativa*, según: a) textura del suelo, b) pH del suelo, c) profundidad del suelo, d) salinidad, e) temperatura mínima, f) temperatura media, g) precipitación, h) fórmula climática.

los 20 y 25 °C, mientras que en la noche tolera entre 13 y 15 °C. Si las condiciones se desvían de estos rangos, la planta puede experimentar estrés biótico, lo que reduce su rendimiento. El cáñamo es particularmente sensible a las bajas temperaturas y a las heladas tardías, especialmente en las primeras etapas de desarrollo. No se debe sembrar antes de que las temperaturas medias superen los 12 °C. Aunque la planta es capaz de sobrevivir en un rango extremo de temperaturas, desde los 2 hasta los 45 °C.

La Figura 2 muestra los mapas detallados de aptitud agroclimática para *C. sativa sativa* en México. En la caracterización de la Figura 2a se muestran las principales limitantes que se tendrían en la producción de cáñamo. Es decir, hace énfasis en las zonas moderadamente aptas y que estarían señalando los insumos a ser requeridos por el cultivo, ya sean climáticos o edáficos.

La caracterización es una clasificación agroclimática semidetallada para México. La mayor parte del territorio mexicano se ubica en una categorización no apta. En las zonas del suroeste y sur del país se obtuvo categorización más favorable para la plantación de *C. sativa sativa*. Las zonas con las mejores condiciones para plantaciones se encuentran en los estados de Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Tabasco y el sur de la Península de Yucatán. Sin embargo, también se extienden hacia las inmediaciones de la Sierra Madre Occidental, desde Jalisco y hasta una breve porción de Sonora, pasando por Durango, Chihuahua, Sinaloa, Nayarit, Jalisco y Zacatecas.

El factor climático es el que limita en gran medida el potencial del cultivo del cáñamo, de tal manera que únicamente pequeñas porciones de territorio nacional, localizadas en el sureste se consideran como aptas. Estas

Cuadro 2. Superficie (hectáreas) según aptitud para cáñamo (*Cannabis sativa sativa* L.) por entidad federativa en México.

Entidad Federativa	Apto	Moderadamente Apto	No Apto
Aguascalientes			562799
Baja California			7209132
Baja California Sur			6,910,840
Campeche	241824	2865988	2401295
Chiapas	1840957	1943145	3437342
Chihuahua		1998162	22975723
Coahuila	21267	43523	84524
Colima			15076267
Durango	29758	270516	254499
Guanajuato	74702	2907542	9456362
Guerrero		15480	3046294
Hidalgo	1055694	4154930	1092899
Jalisco	2927	128676	1948982
México	735116	2650590	4474491
Ciudad de México	106728	1137680	989378
Michoacán	354356	2513964	2975369
Morelos	27102	224252	236152
Nayarit	748431	1483239	519368
Nuevo León		9502	6402220
Oaxaca	1477158	2580838	5149359
Puebla	38995	347578	3042990
Querétaro		20554	1147835
Quintana Roo		2626539	1578386
San Luis Potosí		200376	5913071
Sinaloa	4126	1554002	3972714
Sonora		123655	18175555
Tabasco	1516932	286476	605396
Tamaulipas		72342	7554284
Tlaxcala		38228	361197
Veracruz	1309507	1841010	3823565
Yucatán		1658061	2328434
Zacatecas		112750	7436148
National	9585582	33809597	151142870

áreas, aunque se muestran viables para el cultivo, podrían requerir un manejo agrícola, incluyendo desde la selección de las variedades del cáñamo adaptadas al tipo de clima de la zona, hasta la aplicación de prácticas de manejo del suelo que mejoren su fertilidad y estructura. Estos resultados son semejantes a lo encontrado por Castaño et al. (2014) quienes señalaron que, para definir zonas con climas aptos para el cultivo, es necesario conocer el comportamiento de las variables climáticas. Para el cultivo, es importante la caracterización del régimen de heladas y es importante diferenciar las heladas meteorológicas de las heladas agrometeorológicas (García Leva & Valtorta, 2008). Las primeras se producen cuando la temperatura mínima registrada en el termómetro es inferior a 0 °C (Hirschhorn, 1958) y las heladas agrometeorológicas son las registradas en el termómetro ubicado a 5 cm del suelo (Shindoi et al., 2003).

Las regiones según entidad federativa que muestran algún grado de aptitud se presentan en el Cuadro 2. Se observa que los estados de Chiapas, Tabasco, Oaxaca, Veracruz e Hidalgo son los que más superficie apta presentan para el cultivo de *C. sativa sativa*. También, los resultados indican que bajo condiciones de temporal en gran parte del norte y centro del país el cultivo de cáñamo no es apto. Lo anterior a excepción de algunos lugares reducidos y bien localizados que es posible identificarlos con color rojo, cubren aproximadamente el 65 % de la superficie nacional en la Figura 2.

Percepción social para la producción de cáñamo

Se visitó la comunidad de Santa Martha Chichihualtepec, en el municipio de Ejutla de Crespo en el estado de Oaxaca. Es una región donde se cultiva cáñamo, pero también

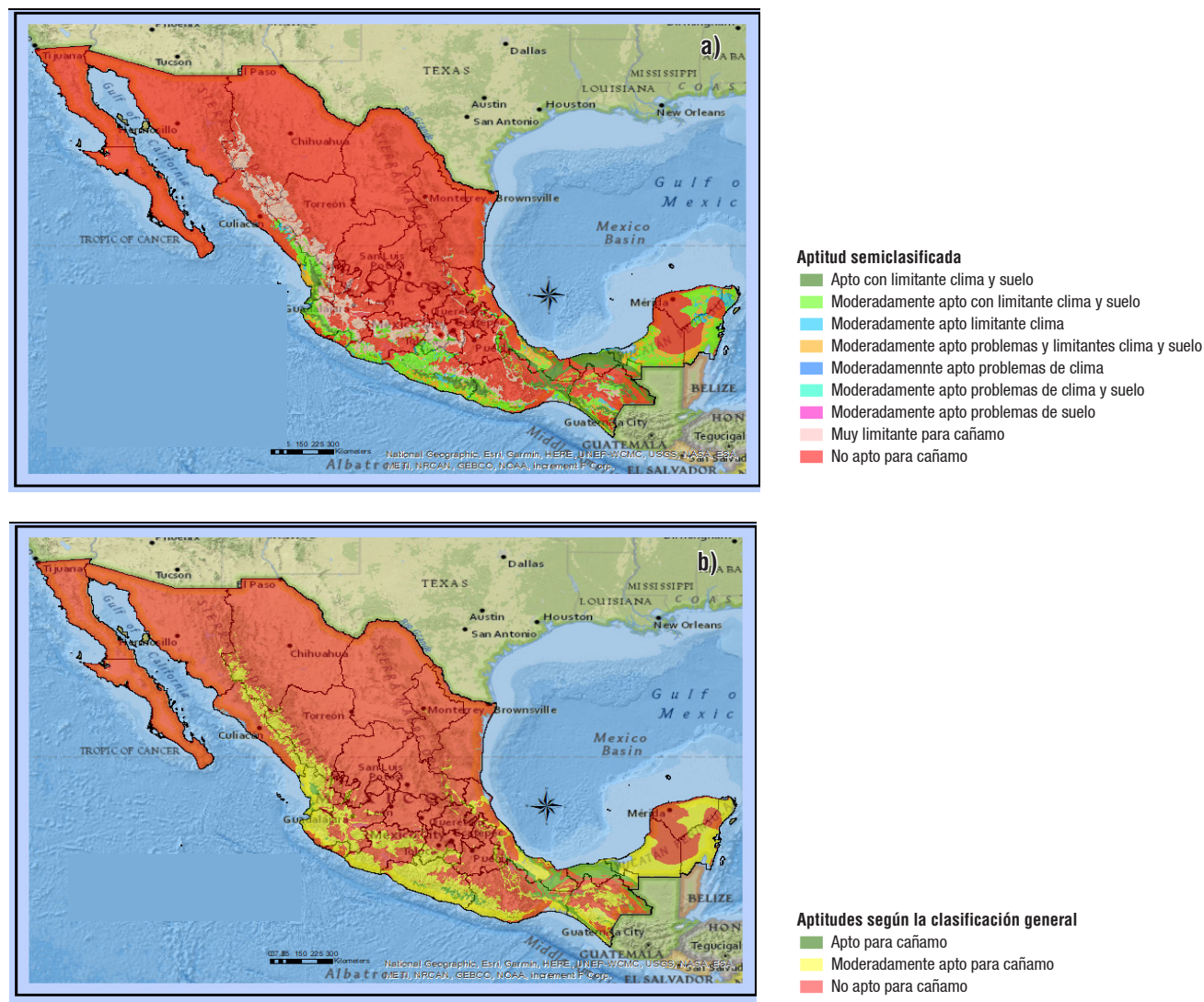


Figura 2. Aptitud agroclimática para *Cannabis sativa sativa* en México: a) Caracterización que muestra limitantes de producción y b) Mapa de aptitud general para el cultivo.

es posible encontrar cultivos de maíz, frijol, café y hortalizas. Hay ganadería y producción de artesanías locales. El turismo es una actividad en desarrollo ya que es un área en gran medida agrícola (INEGI, 2014).

En la comunidad de Santa Martha Chichihualtepec un grupo de mujeres forma parte de la Asociación Indígena de Productores de Cannabis (AIDPC). Algunas de ellas cuentan con invernaderos familiares en los que han hecho plantaciones de *C. sativa sativa*. Oaxaca se coloca como una de las primeras entidades del país que impulsa el cáñamo con fines de bioconstrucción y la transformación a productos sustentables. Su objetivo principal es proporcionar a las mujeres de estas comunidades acceso a nuevas oportunidades de trabajo, para tener otra fuente de ingresos (Ramírez, 2024).

Las observaciones en campo coinciden con las zonas identificadas en la propuesta de zonificación para el cáñamo que cumplen con los criterios históricos en la comunidad. Por ejemplo, las entrevistadas indican que no es necesario utilizar grandes cantidades de fertilizante o insumos químicos para el control de maleza en el cultivo. El mayor desafío que señalan es el control de plagas, en este caso de roedores, que les ha generado pérdidas significativas en el rendimiento.

En la comunidad los entrevistados cuentan con autorización para la siembra de cáñamo. La autorización sanitaria N° COFEPRIS-CAS-DEREPSQ-7947-2022, que se apega al Reglamento de la Ley General de Salud en materia de control sanitario para la producción, investigación y uso medicinal del cannabis y sus derivados farmacológicos (Decreto Presidencial, 12 de enero de 2021).

Las variedades de cáñamo que se siembran son conocidas como Yuma, Puma 3 y Hanma, de origen chino (Isidro, 2024). Son ampliamente conocidas por su idoneidad para la producción de fibra. Existen variedades con contenido inferior a 1 % de THC conforme al decreto publicado en 2017 (DOF, 2017). Cabe señalar que son variedades no narcóticas y no producen ningún efecto al consumirlas. Normalmente se siembra en el mes de junio y la cosecha se realiza en enero del siguiente año. Un resumen del calendario y proceso productivo se presenta en el Cuadro 3.

El municipio se ubica cercano a una zona montañosa, con riqueza en biodiversidad. Es posible encontrar bosques de pino-encino y fauna silvestre como venados. De ahí, que los entrevistados comenten que la siembra de cáñamo es una alternativa para reducir presión al bosque y conservarlo (Isidro, 2024). Comentan que la planta tiene capacidad para descompactar y remediar suelos contaminados, lo que abre la posibilidad de impulsar nuevos estudios.

Los productores indican que llevan a cabo el cultivo de forma piloto, con cuidado y siendo meticulosos; incluso, llevan registros y estadísticas. Reconocen que aún persiste un vacío legal en el control del cáñamo, a pesar de no poseer niveles psicoactivos debe ser regulado de manera diferente que la marihuana (Ramírez, 2024). Comenta el coordinador del proyecto: “*Estamos trabajando para explicar esta situación a las autoridades pertinentes y obtener las autorizaciones necesarias para continuar con nuestro cultivo*”.

La percepción de los productores es que el cáñamo, tiene alto potencial de uso y beneficios socioeconómicos para las comunidades, como lo reportado por Gutiérrez (2020). Particularmente hacen mención a la reciente legislación

Cuadro 3. Calendario y actividades productivas relacionadas con la siembra de cáñamo, Santa Martha Chichihualtepec, Oaxaca.

Actividad	Descripción
Fecha de siembra	Junio, en tipo de suelo Luvisol.
Preparación del suelo	Se utiliza ‘bocashi’ (sustrato con avena) y otra mezcla que incluye levadura y melaza.
Método de siembra	Con tractor y sembradora de plato grande, originalmente utilizada para maíz.
Densidad de siembra	La densidad es cercana a 12 000 plantas por hectárea.
Cantidad de semilla	Se siembran 600 kg de semilla de cáñamo.
Distancia entre surcos	55 cm para evitar maleza entre ellos.
Eliminación de maleza	Dos meses después de la siembra; única vez realizada.
Fertilización	No se aplicó fertilizante.
Plagas	La planta no tuvo plagas, pero enfrentó dificultades con chapulines en su primera etapa. Presencia de roedores.
Floración	En septiembre; los machos crecieron más que las hembras.
Cosecha	A final de enero, manualmente.



Figura 3. Productos obtenidos de *Cannabis sativa sativa*: hilo cáñamo (izquierda) y maletín (derecha).

que permite su uso industrial. Esta normativa abre nuevas oportunidades para aprovechar los beneficios de esta planta, como en la industria textil y de construcción (Figura 3). Es posible tener acceso a materia prima de alta calidad a la vez que se fomentan las economías locales. Recientemente se sabe del surgimiento de más iniciativas en diferentes partes del país, como en el estado Morelos y en Yucatán. Algunos de ellos enfrentan dificultades propias de su región, como la ausencia de lluvia o riego. En el caso de la comunidad de Santa Martha Chichihualtepec, en el municipio de Ejutla de Crespo, Oaxaca, han logrado sortear esos obstáculos de manera efectiva. El futuro es aún incierto, pero ellos continuarán cultivando y demostrando que el cáñamo es viable para México.

Conclusiones

El objetivo de zonificar al país agroecológicamente, para conocer si el cáñamo tiene aptitud en México, se alcanzó. Se mostró información relevante sobre las áreas más aptas para este cultivo, considerando variables del clima y suelo. Se encontraron regiones con algún grado de aptitud, aquellas que cumplen con los requisitos edafoclimáticos necesarios para el crecimiento del cáñamo. Cerca del 22 % de la superficie nacional observa aptitud para el cáñamo (5 % apta y 17 % moderadamente apta). Estos hallazgos hasta ahora desconocidos son relevantes para impulsar la producción, pero también para fomentar el desarrollo de esta industria, particularmente en regiones con potencial natural.

Los resultados también se alinean con el conocimiento histórico y tradicional que mostraron los productores que ya siembran el cáñamo en la región central de Oaxaca. Sin embargo, es necesario que el marco regulatorio sea más claro, y diferente para la marihuana. El cáñamo, al no tener sustancias psicotrópicas, presenta potencial de uso en diversas industrias.

Las propiedades del cáñamo y su uso potencial aún deben ser estudiadas por diversas ramas, lo que abre un potencial de trabajos futuros. Los fabricantes de ropa y vehículos requieren conocer sus desempeños, así como los agrónomos y edafólogos el potencial para restaurar suelos contaminados y degradados.

A medida que la tecnología y la legislación en la materia continúa evolucionando, es esperable que el cáñamo juegue cada vez un papel más importante en la industria nacional.

El presente trabajo tiene limitaciones en los parámetros específicos de variedades comerciales de cáñamo, lo que restringe una comprensión más completa de su uso. Además, la carencia de datos confiables y los cambios vigentes en la reglamentación, particularmente con respecto al THC, imposibilitan las comparaciones entre zonas productivas. De esta manera, trabajos futuros podrían analizar variedades comerciales de manera detallada y en la medida de su adaptación a condiciones específicas, así como la evolución legislativa y producción bajo un marco de sustentabilidad ambiental, profundizando en los impactos ecológicos.

Referencias

- Acosta de la Luz, L. (2003). Principios agroclimáticos básicos para la producción de plantas medicinales. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 8(1): 1-3. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=scsi_arttext&pid=S1028-47962003000100008; (Consultado: Julio 31, 2024).
- Acosta, Xaquín. (2001). Agroecología del cáñamo. *La Fertilidad de la Tierra: Revista de agricultura ecológica*, 6(1): 29-32. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf/Ferti/Ferti_2001_6_29_32.pdf (Consultado: 29 de agosto, 2024).
- Acosta de la Luz, L. (2003). Principios agroclimáticos básicos para la producción de plantas medicinales. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 8(1): 1-3. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/>

- scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962003000100008 (Consultado: 31 de julio, 2024)
- Alexander Cardoza, V., Rivas Jiménez, M., & Hernández Mejía, E. (2022). Revisión narrativa de las propiedades del cáñamo en cosmética. *Revista Con Ciencia Sanitaria*, 1(1), 50-59. [Hhttps://concienciasanitaria.medicamentos.gob.sv/index.php/cs/article/view/13](https://concienciasanitaria.medicamentos.gob.sv/index.php/cs/article/view/13). (Consultado: 31 de julio, 2024).
- Antoine, J. (1994). Vinculación sistemas de información geográfica (SIG) y los modelos de zonas agroecológicas (ZEE) de la FAO valoración de los recursos de la tierra. En *Actas del taller regional sobre Metodología y Aplicaciones de las Zonas Agroecológicas* (pp. 35-52). FAO.
- Arroyave Zapata, L. C., & Soto Lorza, P. Y. (2016). Fibra natural de cáñamo con aplicación en una línea de accesorios de moda. Tesis profesional para el grado de Tecnóloga en diseño textil y producción de modas. Institución Universitaria Pascual Bravo. Facultad de Diseño y Producción. Medellín, Colombia. 80p. <https://repositorio.pascualbravo.edu.co/handle/pascualbravo/725>
- Astorga, L. (2005). El siglo de las drogas: El narcotráfico, del Porfiriato al nuevo milenio. *Revista Mexicana de Sociología*, 67(1), 197-222.
- Bart, B. (2017). Cultivo para novatos. España. 31p. https://saltonverde.com/wp-content/uploads/2017/09/06-Manual_Cultivo_para_novatos.pdf (Consultado el 29 de agosto, 2024).
- Benacchio, S. (1984). Zonificación agroecológica de cultivos en áreas bajas del trópico húmedo de Venezuela, Simposio do Trópico Umido Pará, Brasil, pp. 2-17.
- Brümmer, M. (2015, junio 1). El cáñamo en la construcción. *Ecohouses.es*. <https://www.ecohouses.es/wp-content/uploads/2015/06/el-canamo-en-la-construccion.pdf>(Consultado: 29 de agosto, 2024).
- Cámara de Diputados. (2021). Dictamen con proyecto de decreto por el que se expide la Ley Federal para la Regulación del Cannabis. Gaceta parlamentaria: Año XXIV y Número 5736-II. Palacio Legislativo de San Lázaro, miércoles 10 de marzo de 2021. <https://gaceta.diputados.gob.mx/PDF/64/2021/mar/20210310-II.pdf>
- Castaño Giraldo, N. E., & Cardona Gómez, M. A. (2014), Factores determinantes en la inestabilidad del sector agrícola colombiano. *En-Contexto Revista de Investigación en Administración, Contabilidad, Economía y Sociedad*, (2), 91-107. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=551856273006> (onsultado 31 de julio, 2024).
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2017). Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley General de Salud y del Código Penal Federal. Lunes 19 de junio, 2017. 56-59
- Díaz-Rojo, J. A. (2004). Las denominaciones del cáñamo: Un problema terminológico y lexicográfico. *Revista de Lexicografía*, 10, 65-79. Disponible en: <https://doi.org/10.17979/rlex.2004.10.0.5561> (Consultado: 31 de julio, 2024)
- Duke, J. A. (1982). Ecosystematic Data on Medicinal Plants. Pp. 13-23. En: *Utilization of Medicinal Plants*. CK tal & B Kapur, eds. United Printing Press, New Delhi. 877 pp.
- Espinosa, J., & Roquera, A. (2007). Zonificación agroecológica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en las provincias de: Bolívar, Cotopaxi, Chimborazo y Tungurahua. *Revista Rumipamba*, 21(1), 54-56.
- ESRI. 2020. ArcGis 10.8 Geographic Information System software. Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI). Redlands, California. USA. <http://www.esri.com>
- FAO (1997). Zonificación Agroecológica. Guía general Roma, 9-16 p.
- Florescano, E. (1995). *Historia General de México* (5.ª ed.). El Colegio de México.
- Fuentes-Pérez, E., & Acurio-Arcos, L. (2020). El cáñamo (*Cannabis sativa* L.) para uso industrial y farmacéutico: Una visión desde la industria alimentaria. *CienciAmérica* 9(4), 1-7. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7746466.pdf> (Consultado el 31 de julio, 2024)
- Frank, (1988). *Marijuana Grower's Insider's Guide*. Red Eye Press, Los Ángeles, C. 371 pp.
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen* (5.ª ed.). UNAM.
- García, M. S., Leva, P. E., & Valtorta, S. E. (2008). Caracterización del régimen agroclimático de heladas para la provincia de Santa Fe durante el período 1979-2004. *Rev. Facultad de Agronomía UBA*, 28(1), 53-26.
- Gutiérrez, C. (2020). El potencial del cáñamo industrial en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 24(46), 123-138.
- Haberlandt, F. (1879). *Der allgemeine landwirtschaftliche Pflanzenbau*. [General agricultural crop production]. Viena, Austria.
- Hernández, Y. V. V., & Munguía, A. R. (2022). Chaya: fuente emergente de potencial nutraceutico y funcional. *Tlatemoani: revista académica de investigación*, 13(40), 140-151.
- Hirschhorn, E. (1958). Simplificación de una clase de funciones booleanas. *Journal of the Association for Computing Machinery*, vol. 5 no. 1, pp. 67-75.
- Huarcaya-Minauro, M., & Luis Escobar Cruz, H. (2022). Regulación normativa del uso del cáñamo y sus derivados, para fines industriales en el Perú. Tesis para optar al título profesional de abogado. Universidad Andina del Cusco. Facultad de Derecho y Ciencia Política. Cusco, Perú. 160 p. <https://repositorio.uandina.edu.pe/item/abbb4304-f255-47f1-80d6-e3130712e428>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2004). *Información nacional sobre perfiles de suelo* (versión 1.2). Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2006). *Mapa edafológico de México: Escala 1: 250 000*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2014). *Encuesta Nacional Agropecuaria 2014*. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825073923>
- Isidro. (2024, marzo). Proyecto de "Asociación Indígena de Productores de Cannabis, Oaxaca". Comunicación personal.
- LABISER. (2024). *Cómo cultivar cáñamo*. Laboratorio Agroalimentario Especializado en Análisis Agrícolas y del Sector Alimentario - Labiser. Córdoba, España. En línea: <https://labiser.es/como-cultivar-canamo/> (Consultado: mayo, 2024)
- Laursen, L. (2015). Botany: The cultivation of weed. *Nature*, 525(24), 4-5. <https://doi.org/10.1038/525S4a>
- Lisson, S. N., Mendham, N. J., Carberry, P. S. (2000). Development of a hemp (*Cannabis sativa* L.) simulation model 1. General introduction and the effect of temperature on the pre-emergent development of hemp. *Aust. J. Exp. Agric.* 40:405-411.
- Lozano-Cámara, I. (2017). Cultivo y usos etnobotánicos del cáñamo (*Cannabis sativa* L.) en la ciencia árabe (siglos VIII-XVII). *Asclepio. Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia*, 69(1), 1-12. <https://doi.org/10.3989/asclepio.2017.01>

- Monterroso-Rivas, A. I., & Gómez-Díaz, J. D. (2021). Impacto del cambio climático en la evapotranspiración potencial y periodo de crecimiento en México. *Terra Latinoamericana*, 39, e774. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.774>
- Muriel-Páez, M., & Pullas, M. (2022). El cáñamo, una fibra textil sostenible. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 12155-12182.
- Ranalli, P. (2004). Current status and future scenarios of hemp breeding. *Euphytica* 140, 121-131.
- Ramírez, D. (2024, marzo). Coordinador de proyecto de "Asociación Indígena de Productores de Cannabis, Oaxaca". Comunicación personal.
- Sandiego-Villaverde, P. (2020). Técnicas de extracción y caracterización de cannabinoides a partir de la planta de *Cannabis sativa* L. Tesis para obtener el grado de Químico. Facultad de Ciencias. Universidad de las Illes Balears. España. 34p. <http://hdl.handle.net/11201/154558>
- Shindoi, M. M., Sotelo, C. E., Galdeano, F., & Prause, J. (2003). Régimen de Heladas para el área de influencia de Colonia Benítez (Chaco). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA. Argentina. <https://www.yumpu.com/es/document/read/14502623/regimen-de-heladas-para-el-area-de-influencia-de-colonia-inta>
- Struik, P. C., Amaducci, S., Bullard, J., Stutterheim, N. C., Ventura, G., & Cromack, H. T. H. (2000). Agronomy of fiber hemp. (*Cannabis sativa* L.) in Europe. *Industrial Crops and Products*. 11, 107-118.
- Toro Santos, M. S., & Huertas Cárdenas, S. (2021). *Obtención y caracterización de biodiesel a partir de aceite de Cannabis Sativa L.* (Cáñamo). Tesis, Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería, Universidad EAN. Bogotá, Colombia. 76p. <http://hdl.handle.net/10882/11334>
- Trejo-Sánchez, R. M. (2017). Cáñamo, sustentabilidad a través de la agricultura en México y su implicación global en la cooperación entre países. Universidad de Guadalajara, México. 5p. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/315814694_Canamo_sustentabilidad_a_traves_de_la_agricultura_en_Mexico_y_su_implicacion_global_en_la_cooperacion_entre_paises (Consultado: Julio, 2024).
- Van der Werf, H. G., Mathjseen, E. W. J. (1999). Crop physiology of *Cannabis sativa* L.: a simulation study of potential yield of hemp in northwest Europe. En: Ranalli, P. (ed.). *Advances in Hemp Research*. New York. Food Products Press. pp. 85-108.