



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas

**METODOLOGÍA PARA DETERMINAR APTITUD
AMBIENTAL PARA LA HIGUERILLA CONSIDERANDO
EL COMPONENTE CULTURAL DEL NORTE DE MÉXICO**

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

**Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y
Medio Ambiente en Zonas Áridas**

Presenta

Carolina Vázquez Chun

Director

Dr. Armando López Santos



APROBADA



Metodología para determinar aptitud ambiental para la higuera considerando el componente cultural del Norte de México.

Tesis realizada por Carolina Vázquez Chun bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobado por el mismo y aceptado como requisito parcial para obtener el grado de:

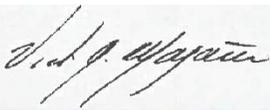
Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas.

Presidente



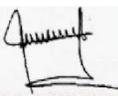
Dr. Armando López Santos

Asesor



Dr. Víctor Orlando Magaña Rueda

Asesor



Dr. Antonio De Jesús Meraz Jiménez

Asesor



M.C. Ramón Hernández Salgado

“No pueden definirse con precisión al iniciarse el trabajo, el problema, el procedimiento y los resultados, puesto que éstos serán la consecuencia del desarrollo mismo de la exploración, la cual, con frecuencia, conducirá por caminos impredecibles, experiencias únicas y resultados de valor muy variable. Los incidentes peligrosos, la aparente pérdida de tiempo, los fracasos, todo forma parte integral de la exploración. Las reseñas de exploraciones fructíferas, atractivas, pintorescas, se escriben únicamente después del logro de buenos resultados, en un ambiente acogedor”.

Hernández Xolocotzi

“Si usted va a describir la verdad deje la elegancia al sastre”

Albert Einstein

DEDICATORIA

A toda mi familia por su confianza y apoyo a lo largo de mi formación académica, en especial a mi madre, que siempre me ha inspirado a continuar mi preparación profesional.

A la universidad Autónoma Chapingo, que me ha formado y otorgado financiamiento para mis estudios.

A mi futuro compañero de vida, Rodrigo Pérez Cruz

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca no. 889955 y financiamiento para la estancia de investigación.

A la Universidad Autónoma Chapingo, noble institución que me ha preparado profesionalmente y me ha brindado las herramientas y financiamiento para asistir a eventos científicos internacionales

Al posgrado de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas (2018-2019).

Al Dr. Armando López Santos, por motivarme con sus trabajos y trayectoria profesional, compartirme sus conocimientos, guiarme durante mi investigación y contribuir en mi formación de la Universidad de la vida.

Al Dr. Víctor Magaña por sus observaciones en el título de mi investigación, compartirme sus conocimientos y recordarme la importancia del pensamiento crítico en la ciencia.

Al Dr. Jesús Meraz por gestionar los cursos de etnobotánica, útil para este trabajo de investigación, abrirme la puerta de su casa y orientarme en mi trabajo de tesis.

Al M.C. Ramón Hernández Salgado, por sus observaciones a mi proyecto de tesis y sabios consejos de vida.

Al Dr. Jiquian Chen por asesorarme durante mi estancia en la Universidad de Michigan, permitirme convivir con su familia y motivarme a continuar mi formación académica.

A Gabriel Peña, por acompañarme en todas las salidas de campo y su amistad brindada.

A los ejidatarios del estado de Coahuila, por compartirme su tiempo e información durante las entrevistas.

A todos los amigos por los momentos vividos.

DATOS BIOGRÁFICOS

Carolina Vázquez Chun, es originaria del Municipio de Motozintla, Chiapas, México. Obtuvo el título de Ingeniero Forestal por la Universidad Autónoma Chapingo. Durante el periodo universitario perteneció al Programa de Formación de Nuevos investigadores (PROFONI), colaborando con el proyecto de tesis “Estudio de vegetación de la subcuenca Santa Mónica, Estado de México” y obtuvo el grado con mención honorífica en noviembre del 2015.

Después de egresar, trabajó con la Consultoría para el Desarrollo Forestal en estudio de flora y vegetación en el estado de Hidalgo. Del 2016 al 2018 colaboró como profesora de Botánica forestal, Geomática I y II, Medición forestal, Programas de Manejo Forestal y Silvicultura en el Centro de Educación y Capacitación Forestal Número 4, en Tezonapa, Veracruz.

La línea de investigación actual de Vázquez es Recursos naturales y desarrollo sustentable con el tema de tesis: “Metodología para determinar aptitud ambiental para la higuera considerando el componente cultural del norte de México” y está dirigido por el Dr. Armando López Santos.

Durante su formación universitaria realizó una estancia de investigación en la Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete, España, en el periodo de enero a marzo del 2015, con el proyecto “Evaluación de la pérdida de suelo en zonas incendiadas en cuencas forestales, Albacete España”. Durante sus estudios de maestría realizó la estancia de investigación del periodo de septiembre a diciembre del 2019 en la Universidad Estatal de Michigan ubicado en Lansing, Michigan. La cual fue financiada por el programa Becas Mixtas CONACYT.

A lo largo de sus estudios Vázquez ha participado en eventos nacionales e internacionales como ponente oral y en cartel, tales como el 42 Simposio Internacional de Estudiantes Forestales (IFSA) celebrado en British Columbia, Canadá y el Congreso II Congreso Internacional en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección celebrado en Huancayo, Perú.

ÍNDICE DE CONTENIDO

TEMA	PÁGINA
INDICE DE CUADROS	ix
INDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3. HIPÓTESIS	3
4. REVISIÓN DE LITERATURA	4
4.1 Definición e importancia de la aptitud ambiental.....	4
4.2 Clasificación de la capacidad de uso USDA.....	4
4.3 Esquema de Evaluación de Tierras FAO.....	6
4.4 Evaluación de tierras por el INTA.....	7
4.5 Planificación de los usos de la tierra de México.....	8
4.6 Ordenamiento ecológico y ordenamiento territorial en México.....	9
4.7 Regulación de los usos de suelo en los ejidos de México.....	10
4.8 Distribución y cultivos de la higuera.....	12
4.8.1 Importación de aceite de la higuera a México.....	13
4.8.2 Requerimientos ambientales para el cultivo de la higuera.....	14
Temperatura.....	14
Precipitación.....	15

Topografía del suelo.....	15
Profundidad del suelo.....	15
Propiedades físicas y químicas del suelo.....	15
Resistencia a sequía	16
4.8.3 Datos climáticos de los sitios con cultivos de la higuera	16
Temperaturas y precipitación en Hermosillo, Sonora.....	16
Temperaturas y precipitación en Heroica Ciudad de Ejutla de Crespo, Oaxaca.....	18
4.8.4 Usos de la higuera.....	19
Uso industrial	19
Uso medicinal.....	19
Fertilizante orgánico y forraje	20
Aceite de la higuera en biodiesel	20
5. MATERIALES Y MÉTODOS	21
5.1 Área de estudio	21
5.2 Pre-proceso de la información.....	22
5.3 Pos-proceso de la información	22
5.3.1 Índice de Productividad-Edáfico.....	23
Interpolación y validación cruzada	25
5.3.2 IP-Topográfico	26
5.3.3 IP-Climático	26
Análisis de la calidad de los datos históricos	26
Interpolación y validación cruzada	27
Índice de Vegetación Mejorado para el periodo 2001-2018 en sitios con la higuera.....	28
5.3. 4 IP-Cultural.....	30
Método de muestreo	31

Prueba piloto	32
Sitios de muestreo.....	32
Análisis de la información.....	34
<i>Análisis de diferencia y correlación.....</i>	35
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
6.1 Análisis del IP-Edáfico.....	38
6.2 Análisis del IP-Topográfico.....	40
6.3 Análisis del IP-Climático.....	42
6.3.1 Análisis del EVI en lugares con presencia de la higuera y sitios cercanos	44
6.4 IP-Cultural	51
6.4.1 Análisis del conocimiento etnobotánico	51
Conocimiento de la existencia de la higuera y usos locales.	53
6.4.3 Análisis de la disposición para aprovechar la higuera.....	60
Principales cultivos agrícolas en el área de estudio	60
Disposición de los ejidatarios para cultivar higuera	64
Análisis de la encuesta para prueba de independencia entre las categorías de estudio.....	66
Caso de éxito de cultivo de la higuera: Ricinómex.....	71
6.5 IP-Ambiental de la higuera.....	72
7. CONCLUSIONES	76
8. LITERATURA CITADA.....	77
9. APÉNDICE	87
Apéndice 1. Cuestionario I para información etnobotánica de la higuera ...	87
Apéndice 2. Cuestionario II para conocer la disposición de los ejidatarios para cultivar la higuera.....	89

ÌNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Clasificación de suelo según su capacidad de USO	5
Cuadro 2. Fuentes de información de los insumos requeridos para determinar la aptitud ambiental de la higuera.....	22
Cuadro 3. Clase y rangos del índice de productividad para cada parámetro del IP-Edáfico, IP-Climático e IP-Topográfico.....	23
Cuadro 4. Propiedades físicas para obtener el IP-Edáfico para cultivar la higuera.....	24
Cuadro 5. Propiedades químicas del suelo para obtener el IP-Edáfico para cultivar la higuera.	25
Cuadro 6. Resultados de las comparaciones de CME de los interpoladores....	26
Cuadro 7. Requerimientos topográficos para Ricinus communis en Coahuila, México.....	26
Cuadro 8. Resultados de las Comparaciones de CME de los interpoladores...	28
Cuadro 9. Requerimientos de precipitación para el IP-Climático	28
Cuadro 10. Coordenadas de los sitios analizados con el EVI.....	29
Cuadro 11. Municipios y ejidos seleccionados para la aplicación del cuestionario en Coahuila, México	33
Cuadro 12. Nivel de medición de las variables utilizadas en el cuestionario	36
Cuadro 13. Parámetros del IP-Cultural y sus respectivas categorías	37

Cuadro 14. Rangos promedios y nivel de Significancia (Probabilidad) por pregunta de encuesta realizada ejidatarios del estado de Coahuila.	67
Cuadro 15. Resultado del análisis de diferencia con la prueba de Prueba de Kruskal-Wallis	68
Cuadro 16. Superficie con aptitud ambiental para cultivar higuierilla en las tierras ejidales de Coahuila.....	73

INDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Principales actividades del proceso de evaluación de tierras según esquema FAO, 2003.....	7
Figura 2. Línea del tiempo de tiempo de los cambios en los sectores territoriales.	9
Figura 3. Marco legal institucional agrario de México.	11
Figura 4. Principales países proveedores de aceite de la higuierilla a México...	14
Figura 5. Climas de Hermosillo, Sonora.....	17
Figura 6. Climas del municipio de Ejutla de Crespo, Oaxaca.	18
Figura 7. Ubicación de la Unidad de Estudio..	21
Figura 8. Metodología para obtener series de tiempo de EVI del periodo 2001-2018 para el área de estudio.	30
Figura 9. Sociograma de los actores involucrados en la investigación.	35
Figura 10. Diagrama de flujo que sintetiza la metodología para evaluar aptitud ambiental para la higuierilla bajo condiciones de cultivo.	37
Figura 11. IP-Edáfico para cultivar la higuierilla en tierras ejidales de Coahuila.	39
Figura 12. IP-Topográfico para cultivar la higuierilla en Coahuila.	41
Figura 13. IP-Climático para las tierras ejidales en Coahuila.....	43
Figura 14. Evolución de EVI promedio mensual del periodo 2001-2018 y su correlación con precipitación media mensual, temperatura máxima y mínima media mensual para tres sitios en la región Centro-Desierto.	44
Figura 15. Series temporales de EVI para tres sitios de la región Centro-Desierto	45

Figura 16. Evolución de EVI promedio mensual del periodo 2001-2018 y su correlación con precipitación media mensual, temperatura máxima y mínima media mensual para tres sitios en la región Laguna.....	46
Figura 17. Series temporales de EVI para tres sitios de la región Laguna.	46
Figura 18. Evolución de EVI promedio mensual del periodo 2001-2018 y su correlación con precipitación media mensual, temperatura máxima y mínima media mensual para tres sitios en la región Norte.....	47
Figura 19. Series temporales de EVI para tres sitios de la región Norte.....	48
Figura 20. Evolución de EVI promedio mensual del periodo 2001-2018 y su correlación con precipitación media mensual, temperatura máxima y mínima media mensual para tres sitios en la región Sureste.	48
Figura 21. Series temporales de EVI para tres sitios de la Región Sureste.....	49
Figura 22. Evolución de EVI promedio mensual del periodo 2001-2018 y su correlación con precipitación media mensual, temperatura máxima y mínima promedio mensual para cuatro sitios de la región Valles Centrales, Oaxaca. ...	50
Figura 23. Series temporales de EVI para cuatro sitios de la región Valles Centrales, Oaxaca.	50
Figura 24. Porcentaje del sexo de los encuestados en 4 regiones de Coahuila, México.....	52
Figura 25. Frecuencia de edad de los encuestados en 4 regiones socioeconómicas de Coahuila, México.	53
Figura 26. Escolaridad de los encuestados en 4 regiones socioeconómicas de Coahuila, México.	53
Figura 27. Porcentaje de ejidatarios con conocimiento de la existencia de la higuierilla en 4 regiones socioeconómicas de Coahuila, México	54
Figura 28. Sitios con presencia de la higuierilla de acuerdo a la información de los ejidatarios en Coahuila, México.	54
Figura 29. a). Plántulas de la higuierilla iniciando su crecimiento; b) Higuierilla en fructificación; c). Planta con frutos maduros de la higuierilla; d) planta seca de la higuierilla.....	55
Figura 30. Población encuestada en Coahuila que usa la higuierilla.	56
Figura 31. Partes de la higuierilla utilizada en las 4 regiones socioeconómicas de Coahuila, México.	56
Figura 32. La higuierilla como repelente de topos para hortalizas del patio de las casas de Coahuila México	57
Figura 33. Usos locales de la higuierilla en 4 regiones socioeconómicas de Coahuila, México.	58
Figura 34. Uso de la higuierilla con fines ornamentales en Coahuila, México. ..	59
Figura 35. Higuierilla encontrada en la región Sureste categorizada como maleza.	59

Figura 36. Principales cultivos agrícolas de los encuestados en 4 regiones socioeconómicas de Coahuila.	60
Figura 37. Superficie de cultivo agrícola de los ejidatarios encuestados en Coahuila, México.	61
Figura 38. Destino final de la cosecha agrícola de los ejidatarios encuestado en Coahuila, México.	61
Figura 39. Motivos por las que no cultivan los ejidatarios encuestados de Coahuila	62
Figura 40. Principales motivos enlistados por los ejidatarios para no cultivar el total de las tierras parceladas.	63
Figura 41. Análisis de la disposición de los encuestados para aprovechar la higuera en Coahuila, México.	64
Figura 42. Principales motivos de baja y media disposición de los encuestados para aprovechar higuera en Coahuila, México.	65
Figura 43. Principales motivos enlistados por los ejidatarios para aprovechar la higuera.....	66
Figura 44. IP-Cultural para el cultivo de la higuera en tierras ejidales de Coahuila	70
Figura 45. Cultivo de maíz con higuera en Valles Centrales, Oaxaca.....	71
Figura 46. IP-higuera en las tierras ejidales de Coahuila.	74

Metodología para determinar aptitud ambiental para la higuera considerando el componente cultural del Norte de México¹

RESUMEN

La higuera (*Ricinus communis* L.) es una especie oleaginosa de importancia económica, debido a sus múltiples usos, por ejemplo en elaboración de biocombustible. Se caracteriza por resistir a la aridez y adaptarse a suelos marginales. El objetivo de este estudio fue ajustar la metodología desarrollada por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina para determinar aptitud ambiental para cultivar la higuera en las tierras ejidales de Coahuila, México. La metodología consistió en calcular el Índice de Productividad (IP), basado en cuatro componentes: edáfico (IP-Edáfico), climático (IP-Climático), topográficas (IP-Topográfico) y cultural (IP-Cultural), espacialmente distribuidos en cinco categorías (no apto, bajo, medio, alto y muy alto). Los requerimientos ambientales para esta especie se obtuvieron de diversas fuentes documentales, y se complementaron con información de campo obtenida en 12 sitios con presencia de esta especie en Coahuila; por otra parte, se procesó el conjunto vectorial de terrenos ejidales disponible en el portal del Registro Agrario Nacional. Para el IP-Cultural se realizaron encuestas semiestructuradas a 89 personas en el sector agrario en cuatro regiones

Tesis de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas, URUZA-UACH

Autor: Vázquez Chun Carolina

Director: López Santos Armando

socioeconómicas. Los resultados indican que el área de estudio tiene 114,300 ha con aptitud ambiental muy alta; 659,100 ha en categoría alta; y 688,298 ha con valores medios. Se cuantificaron 5,600 ha con aptitud baja. Mientras que 5,036,352 ha no son aptas para cultivar la especie. Se propone a la higuera como una alternativa de cultivo para incrementar el uso de las tierras parceladas principalmente cuando se experimentan sequías agrícolas, y de este modo ayudar a disminuir la migración de las personas por búsqueda de empleo a las zonas urbanas del país y a Estados Unidos de América.

Palabras clave: *Ricinus communis*, ejidos, aptitud ambiental, Coahuila.

Methodology to determine environmental aptitude for castor considering the cultural component of Northern Mexico²

ABSTRACT

The castor (*Ricinus communis* L.) is an oleaginous species with economic importance due to its multiple uses, for instance in the elaboration of biofuels. Its resistance against aridity and its adaptation to marginal lands characterizes it. The purpose of this study was to adjust the methodology developed by the Agricultural & Livestock Technology National Institute of Argentina in order to determine environmental aptitude to cultivate the castor in ejidos of Coahuila, Mexico. The methodology consisted in calculating the productivity index (IP) based on four components: edaphic (IP-Edaphic), climatic (IP-Climatic), topographic (IP-Topographic) and cultural (IP-Cultural), spatially distributed among five categories (not suitable, low, medium, high and very high). The environmental requirements for this species were obtained from diverse documentary sources, and they were complemented with field data gathered from 12 sites with presence of this species in Coahuila; on the other hand, the shapefile of the ejidos, available in the National Agrarian Registry portal, was processed. For the IP-Cultural, semi-structured surveys were conducted among 89 people in

²Tesis de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas, URUZA-UACH

Author: Vázquez Chun Carolina

Advisor: López Santos Armando

the agrarian sector in four economic regions. The results shows that the researched area has 114,300 ha with very high environmental aptitude; 659,100 ha in high category; and 688,298 with medium values. They were quantified 5,600 ha with low aptitude. Meanwhile 5,036,352 ha are not suitable to grow this species. The castor is proposed as a cultivation alternative to increase the use of parcels lands mainly when experiencing agricultural droughts, and thus helps to decrease the migration of people looking for employment in the urban areas of the Mexico and the United States of America

Key words: *Ricinus communis*, ejidos, environmental aptitude, Coahuila

1. INTRODUCCIÓN

La higuera (*Ricinus communis* L.) es una especie originaria de África que crece como especie exótica en zonas tropicales, áridas y templadas del mundo (Lavandera *et al.*, 2019). Su importancia económica ha despertado gran interés para su aprovechamiento, debido a sus más de 500 usos, uno de los cuales tiene que ver con las propiedades oleaginosas de su semilla. Esta tiene alto contenido de aceite, estimado entre 45 % y 55 % (Randhamani y Ushakumari, 2013). En México la tonelada de semilla de la higuera se paga a \$10,000 MXN., en consecuencia, su producción puede resultar una opción económicamente atractiva (SADER-SIACON, 2019).

Una de las características de la higuera, es su plasticidad para adaptarse a las zonas áridas, semiáridas y con suelos empobrecidos (Richardson, 2005). Por esta razón, varios estudios la proponen como cultivo alternativo para las zonas rurales del Norte de México (SAGARPA, 2017). Sin embargo, los rendimientos del cultivo de la higuera son variables, y se reportan cosechas de 350 kg/ha en condiciones ambientales bajas, y hasta 1,250 kg/ha en condiciones óptimas (Mazzani, 2007).

Si el cultivo de la higuera se propone como alternativa o complemento en el sector agrícola de zonas áridas, es importante cuantificar las superficies de terreno con condiciones óptimas para dicho cultivo, por ejemplo, mediante estudios de evaluación de tierras. La determinación de la aptitud ambiental, para un uso en una unidad territorial, constituye la base para planificar y gestionar los usos posibles del territorio (FAO, 2003).

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina diseñó el Índice de Productividad (IP), con el objetivo de establecer una valoración numérica de la capacidad productiva de los suelos de una región para determinados cultivos. Esta metodología establece sus bases en el sistema de evaluación de suelos USDA – LCC (*Land Capability Classification*), así como en

el sistema desarrollado por Klingebiel y Montgomery (1961) y adoptado por la FAO en 1970 (Nakama, V. y Sobral, R. 1987; Morales *et al.*, 2015).

Todas las metodologías para la valoración de la capacidad productiva agrícola están limitadas al análisis de las variables edáficas y climáticas, pero en pocas ocasiones consideran aspectos topográficos y sociales. La participación de la sociedad es importante para planificar los usos del territorio, particularmente en México, donde se tiene una superficie de 101.9 millones de hectáreas en modalidad de ejidos y comunidades. Esta forma de tenencia de tierra es única en el mundo; y está amparada por la Ley Agraria para que los ejidatarios decidan la actividad y cultivo productivo que mejor convenga a sus intereses (Arango y Pires, 2017).

Aun cuando las investigaciones referentes al cultivo de la higuera han tenido un desarrollo importante en México en años recientes, no se reportan estudios de aptitud ambiental para sembrar higuera en tierras ejidales, que tomen en cuenta el contexto social. Por ello, la presente investigación se enfoca a ajustar una metodología que combine variables ambientales y culturales para cultivar higuera en zonas ejidales de Coahuila; lugar en el que habitan más de 48,000 ejidatarios dueños de aproximadamente 6 millones de hectáreas de tierras rurales (Morett y Cosío, 2017).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Desarrollar una metodología para determinar aptitud ambiental para la higuera en las tierras ejidales del estado de Coahuila, México, que considere el factor social.

2.2 Objetivos específicos

Adaptar la metodología desarrollada por el INTA de Argentina para establecer geoespacialmente el Índice de Productividad (IP) para el cultivo de la higuera en tierras ejidales de Coahuila, México.

Incluir en la metodología el IP-Topográfico para la higuera en tierras ejidales del estado de Coahuila, México.

Formular un IP de carácter cultural (IP-Cultural) de los pobladores ejidales, basado en el conocimiento autóctono sobre las potencialidades de la higuera y su disposición para cultivarla en Coahuila, México.

3. HIPÓTESIS

Una metodología para cuantificar las áreas con aptitud ambiental para cultivar la higuera, como la desarrollada por el INTA, Argentina, funcionará mejor en términos de su uso en las tierras ejidales de Coahuila, México, si se toman en cuenta factores culturales de la región, considerando que muchos ejidatarios muestran interés en este cultivo.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Definición e importancia de la aptitud ambiental

De acuerdo con la FAO (1976), la aptitud ambiental es el proceso de evaluación, determinación y predicción del comportamiento de una porción de tierra usada para fines específicos, considerando aspectos físicos, económicos y sociales. La evaluación tiene dos enfoques, se puede trabajar para valorar que tierras son las mejores para un determinado cultivo o servicio o cuál es el cultivo o servicio idóneo para cada tipo de tierra.

En el ámbito internacional se ha desarrollado muchos sistemas para la evaluación de tierras, desde los métodos convencionales (cualitativos) bien establecidos, hasta el desarrollo de Índices de Productividad y modelos de simulación matemática. Las tendencias principales desde 1950 son la incorporación de factores no relacionados con los suelos y un aumento en los aspectos cuantitativos (Van Diepen *et al.*, 1991).

4.2 Clasificación de la capacidad de uso USDA

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA, por sus siglas en inglés), desarrolló el sistema de clasificación por capacidad de uso, el cual fue diseñado por Klingebiel y Montgomery (1961), fue la principal herramienta para formular los usos más adecuados del territorio y las recomendaciones sobre prácticas de conservación de suelos (Morales *et al.*, 2015).

Este sistema ha sido adoptado en varios países con sus respectivas adecuaciones a sus condiciones particulares. La clasificación de la USDA aplica una metodología que permite ubicar las diferentes clases de uso, de acuerdo con rangos cuantitativos de los diferentes factores limitantes, dichas clases de terreno se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación de suelo según su capacidad de uso

Clases de terrenos	Descripción del uso de suelo
I	Tienen pocas limitaciones y restringen su uso
II	Tienen algunas limitaciones q reducen la elección de cultivos o requieren prácticas moderadas de conservación.
III	Las limitaciones son severas y reducen la elección de los cultivos, requieren prácticas especiales de conservación, o ambos.
IV	Tienen limitaciones muy severas y reducen la elección de cultivos, requieren un manejo muy cuidadoso, o ambos.
V	Tienen poco o ningún peligro de erosión, pero tienen otras limitaciones, impráctico para eliminar, que limitan su uso a pastos intensivos, bosque, o a alimento de fauna silvestre o de cubierta. (Nota: usualmente son suelos húmedos).
VI	Tienen limitaciones severas que los hacen generalmente no aptos para cultivos y limitan su uso a pastos o pastizales, bosque, o alimento de fauna silvestre o de cubierta.
VII	Tienen limitaciones muy severas que los hacen no aptos para cultivos y limitan su uso a pastoreo extensivo, bosque, o vida silvestre.
VIII	Tienen limitaciones que impiden su uso para la producción comercial de plantas y restringen su uso a recreación, fauna silvestre, abastecimiento de agua, o a propósitos estéticos.

Fuente: Elaboración con datos obtenidos de Klingebiel y Montgomery (1961).

Esta clasificación de suelos se distingue por hacer una evaluación general de la capacidad de la tierra, sin referirse a cultivos específicos. Además, el uso agrícola es reservado para las mejores tierras. Este sistema sirvió de apoyo para la elaboración del esquema de evaluación de tierras (FAO, 1976).

4.3 Esquema de Evaluación de Tierras FAO

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en 1976, apoyándose en el sistema paramétrico de Riquier, Bramao y Cornet y el sistema de evaluación de suelos USDA, diseñó el Esquema de Evaluación de Tierras. Esta propuesta surgió ante la necesidad de utilizar adecuadamente el suelo y planificar los usos agrarios del territorio, para disminuir la degradación provocados por el crecimiento demográfico y el desarrollo anárquico de las actividades productivas, sobre todo en los países subdesarrollados (Santé y Maseda, 2005).

De manera general, se consideran los considera tres grupos principales de actividades (Figura 1):

- I) Inventarios de los recursos de la tierra, mediante definición de zonas agroecológicas
- II) Inventario de los usos de la tierra y sus requerimientos
- III) Evaluación de la aptitud de la tierra de cada zona (FAO, 2003).

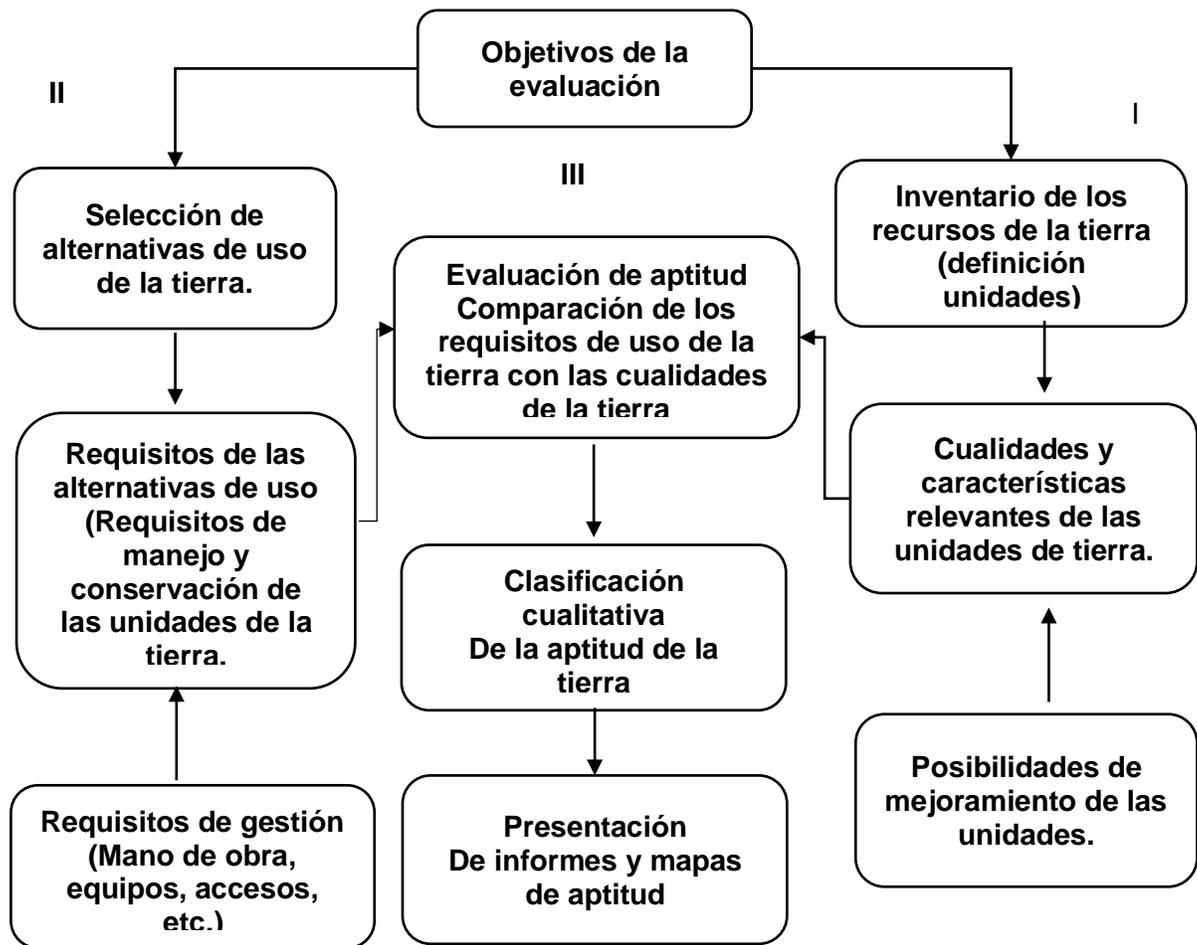


Figura 1. Principales actividades del proceso de evaluación de tierras según esquema (FAO, 2003).

Este esquema, ha sido utilizado como la principal referencia para la evaluación de tierras en diversas partes del mundo. No es un sistema de evaluación en sí mismo, sino que establece directrices generales sobre las cuales se puede construir uno. El proceso central de este esquema es la comparación de las cualidades de la tierra de cada unidad espacial con los requerimientos de cada tipo de utilización de la tierra (Santé y Maseda, 2005).

4.4 Evaluación de tierras por el INTA

En Argentina se ha registrado un proceso de deforestación relacionado con la expansión de la frontera agrícola (Montenegro *et al.*, 2005). La agricultura

industrial implementada ha incrementado la producción de granos, sin embargo, dicha expansión afecta la capacidad de los ecosistemas de proveer servicios. La agricultura industrial implementada también ha representado una amenaza directa para algunos pueblos aborígenes y criollos, dado que provoca el desalojo de las comunidades (Paruelo *et al.*, 2011).

Por las razones anteriores, en Argentina, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, realizó el Atlas de Suelos del país. Esta actividad implicó realizar la evaluación de tierras mediante el método paramétrico por el Índice de Productividad (IP), el cual tiene sus bases en la clasificación por capacidad de uso (USDA, 1961) y la FAO (1976). Este método cuantifica mediante puntajes diversos parámetros del suelo y medio ambiente, en un Índice de Productividad (IP) (Nakama y Sobral, 1998; Morales *et al.*, 2015).

4.5 Planificación de los usos de la tierra de México

En México se ha realizado planificación de los usos de la tierra desde la época prehispánica, sin embargo, se formalizó en términos legales hasta 1917, debido a la presión ejercida por parte de los campesinos de poseer su propia tierras de cultivo y formar ejidos (Ley de Restitución y Dotación de Tierras y Aguas, DOF, 1927), para el resto del país la Ley de Planificación (Ley Sobre Planeación General de la República, DOF, 1930) fue creado para descentralizar la población de las grandes ciudades de México (Beraud *et al.*, 2018b).

La organización del uso de la tierra en México ha implicado la planificación en las zonas rurales y urbanas (Beraud *et al.*, 2018a). Según los autores hay tres etapas: El primero 1930-1970, se centró en la política agrícola y en el modelo económico de la Industrialización a través de la sustitución de importaciones (ISI por sus siglas en inglés), otro, es de 1970-1990 caracterizado por el colapso de la modelo ISI y la transición rural a un modelo urbano-industrial; y finalmente 1990 hasta la actualidad que incluye las políticas neoliberales, desarrollo sectorial y globalización (Figura 2).

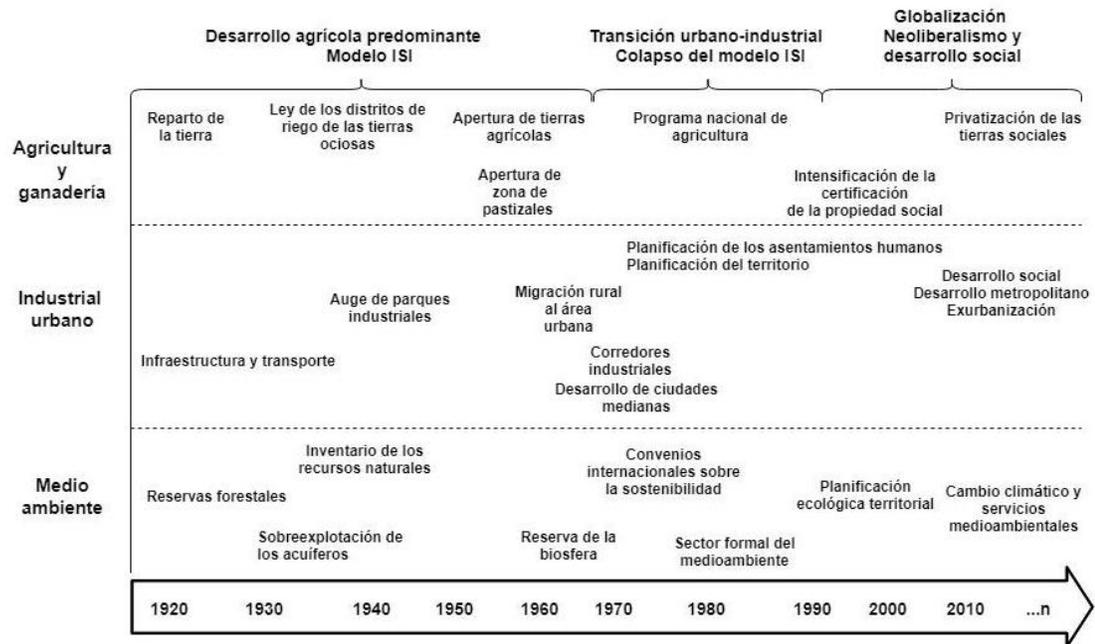


Figura 2. Línea del tiempo de tiempo de los cambios en los sectores territoriales. Fuente: Beraud, *et al.*, 2018a.

4.6 Ordenamiento ecológico y ordenamiento territorial en México

La planeación territorial, tomando en cuenta el entorno ambiental, es reciente en México. Su primer antecedente formal e indirecto, es la Ley General de Asentamientos Humanos (1976), y el primero directo es la Ley Federal de Protección al Ambiente, que en 1982 introduce en la legislación mexicana el concepto de ordenamiento ecológico, a nivel institucional, con lo que esta perspectiva apenas tiene poco más de 35 años de vida (Alfie, 2016).

En 1982 se modificó la Constitución Política para fomentar la protección de los recursos naturales, gracias al trabajo de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), con la promulgación de la Ley para la Protección del Ambiente. En 1987, Estado Mexicano generó compromisos para proteger el medio ambiente y promulgó la Ley del General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (SEGOB, 1988). Esta ley tiene como objetivo principal establecer instrumentos como el ordenamiento ecológico para la planeación territorial.

El ordenamiento ecológico del territorio está a cargo de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través del Instituto Nacional de Ecología (INE), mientras que el ordenamiento territorial (asentamientos humanos) es competencia de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), hoy Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). Cabe mencionar, que el ordenamiento ecológico proporciona al ordenamiento territorial un diagnóstico de la estructura y dinámica de los recursos naturales, así como una evaluación de los conflictos, las potencialidades y las propuestas de uso de suelo, con políticas y criterios ecológicos (SEMARNAT, 2019).

En la actualidad, la mayoría de los planes de ordenamiento territorial tienen un fuerte sesgo al aspecto natural, debido a que las instituciones encargadas de la elaboración de los planes consideran diferentes los conceptos de ordenamiento territorial y ordenamiento ecológico.

4.7 Regulación de los usos de suelo en los ejidos de México

Los ejidos son Núcleos Agrarios (NA) únicos en el mundo, y surgieron ante la aplicación de las leyes agrarias del periodo 1915-1935. Se caracterizan por poseer autonomía en el uso del suelo que mezclan bienes privados y comunes. Los usos del suelo están divididos en cuatro zonas: (1) el asentamiento humano; (2) la reserva de crecimiento; (3) tierras parceladas; y (4) las tierras comunales (SRA, 1992; RAN, 2016). De acuerdo con el Registro Agrario Nacional (RAN) en el 2016, se tenían 31,992 NA en el país y representan más del 50% de la superficie del país (Arango y Pires, 2017).

Los NA en su origen tenían reglas que prohibían la venta y renta de suelo. A su vez, las tierras ociosas eran expropiadas a sus dueños (CEPAL, 2002; Warman, 2003). En 1992 con la reforma al artículo 27 de la Constitución, se inició el Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares Urbanos (PROCEDE), para aprobar la autonomía a la asamblea ejidal sobre el uso del suelo y posibilitar a los ejidatarios la división de sus tierras para la adquisición del dominio pleno (Secretaría de la Reforma Agraria, 1992). Bajo esta normatividad agraria, los ejidatarios tienen la total autonomía de hacer con sus tierras

parceladas lo que mejor consideren, desde venderla total o parcialmente, rentarlas, u ofrecerlas en garantía, o sea, todo lo que puede hacer un propietario privado con los bienes inmuebles de su pertenencia (Pérez y Mackinlay, 2015)

Los NA están internamente organizados por la Asamblea General. El Comisariado Ejidal o de bienes comunales, es el órgano de representación del núcleo y el responsable de ejecutar las resoluciones de la asamblea (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 1917). Las instituciones agrarias en México son: La Secretaría de la Reforma Agraria (SRA) que se transforma en 2013 a Secretaria de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), el RAN, la Procuraduría Agraria (PA); los Tribunales Agrarios (TA), y el Fideicomiso Fondo Nacional de Fomento Ejidal (FIFONAFE) cuyas funciones se describen en la Figura 3.

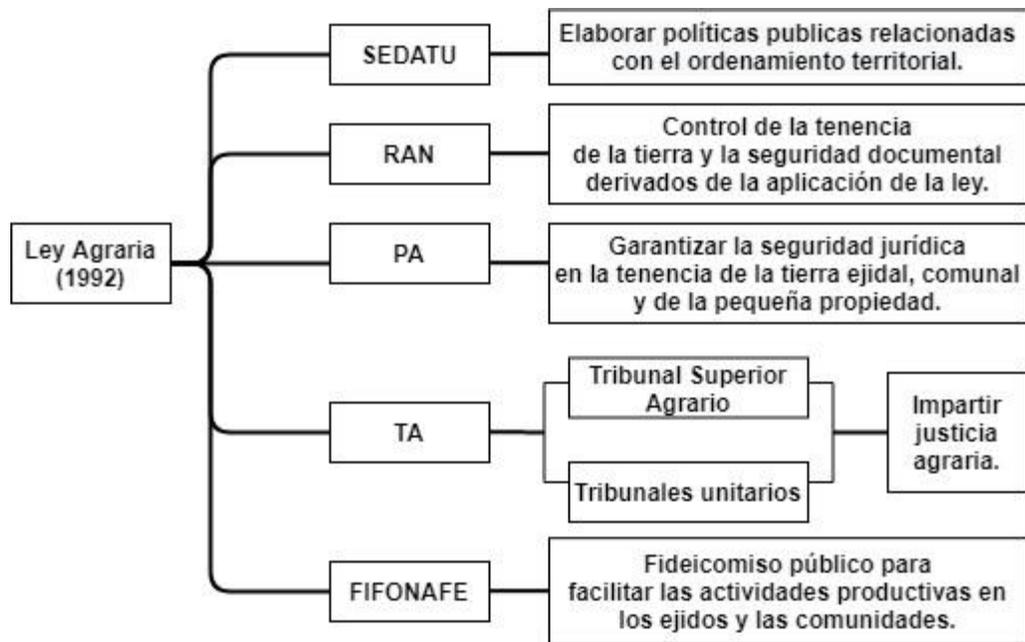


Figura 3. Marco legal institucional agrario de México. Fuente: Ley agraria, 1992.

De los cuatro usos de suelo estipulados en la normatividad agraria, se consideraron en el estudio de aptitud ambiental para cultivar la higuierilla las

tierras parceladas y tierras comunales, debido a que los ejidatarios pueden decidir de manera autónoma el uso de estas tierras.

La autonomía en el uso de las tierras ejidales es relativa, principalmente en el estado de Coahuila, debido a la falta de dinero y crédito, los ejidatarios se han visto obligados a cambiar sus cultivos tradicionales por forrajes, para establecer agricultura por contrato financiado por empresas privadas dueños de establos como la Empresa LALA. Estas empresas ofrecen precios por los cultivo acorde a sus intereses (Mercado *et al.*, 2019). Ante este panorama, es necesario proponer cultivos con bajos requerimientos de agua, para ayudar a disminuir los costos por extracción de agua subterránea para riego.

4.8 Distribución y cultivos de la higuera

La higuera es un arbusto o árbol de porte bajo originario de África oriental, en la zona de influencia de Etiopía; al extenderse por largos años debido a las migraciones humanas, y otras formas de movilidad propias de las especies vegetales, en la actualidad se cultiva en varias regiones tropicales y áridas del mundo (Lakhani *et al.*, 2015; Kallamadi *et al.*, 2015). Su presencia en América fue registrada en el siglo XIV por Fernández de Oviedo (1535) en La Española (República Dominicana-Haití), isla que constituyó el primer asentamiento europeo en “*el nuevo mundo*” (Keller *et al.*, 2018).

La higuera llegó a México con los españoles, quienes lo usaban como un activo energético con amplio uso en la iluminación, por ejemplo para encender lámparas, para iluminar viviendas y calles. Actualmente esta especie se encuentra de manera silvestre en varias regiones de República Mexicana, debido a su amplia variabilidad genética, morfológica y fenotípica por efecto de los factores ambientales prevaecientes en las zonas donde se desarrolla (García *et al.*, 2019).

La producción mundial de la higuera se ha incrementado de 1,371,000 t de grano en el 2000 a 1,481,000 t de grano en el 2009, siendo La India y Brasil los mayores productores de semillas y aceite de ricino, y los EE.UU. y el Reino Unido

los principales compradores. Así mismo, en los últimos 25 años se ha evidenciado un aumento del consumo de aceite de la higuera, al pasar de 400,000 t de aceite en 1985, a 610,000 t de aceite en el 2010 (Severino *et al.*, 2012; Pius *et al.*, 2014).

En México no existen datos precisos de la superficie cultivada de la higuera (García *et al.*, 2019). En el estado de Oaxaca y Michoacán hay zonas rurales que se dedican a recolección de los frutos de la higuera de poblaciones silvestres, para venderlos en la industria aceitera de México (Jiménez *et al.*, 2016). En Sonora la empresa Castor Fields en el 2015 inició la construcción de una planta productora de aceite a base de higuera. El proyecto estableció como meta lograr cultivar 14 mil hectáreas en Sonora y 1000 ha en Sinaloa de higuera (Vidal, 2015).

El Gobierno mexicano ha venido impulsado la investigación del cultivo de la higuera, a fin de incrementar la producción y diversificación en el uso de estos productos. Prueba de lo anterior, es que en el 2015 la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) apoyó a la empresa Ricinomex³ ubicado en Oaxaca, con 12.90 millones de pesos (MDP), para establecer 2,157 hectáreas de la higuera, intercaladas con maíz, agave y frijol principalmente, así como para instalar una biorrefinería (SAGARPA, 2017).

4.8.1 Importación de aceite de la higuera a México

Según las estadísticas del *International Trade Center*⁴ (ITC, 2019), del 2015 al 2018, las industrias que usan como materia prima el aceite de la higuera, y la industria bioenergética que se está desarrollando en México para producir biodiesel, importan el aceite para satisfacer la demanda nacional. En promedio se importan en México 3,913 toneladas de aceite por año. Los principales países exportadores son India, España, Brasil, Estados Unidos y Alemania (Figura 4).

³ <http://ricinomex.com.mx/>

⁴ <http://www.intracen.org/>

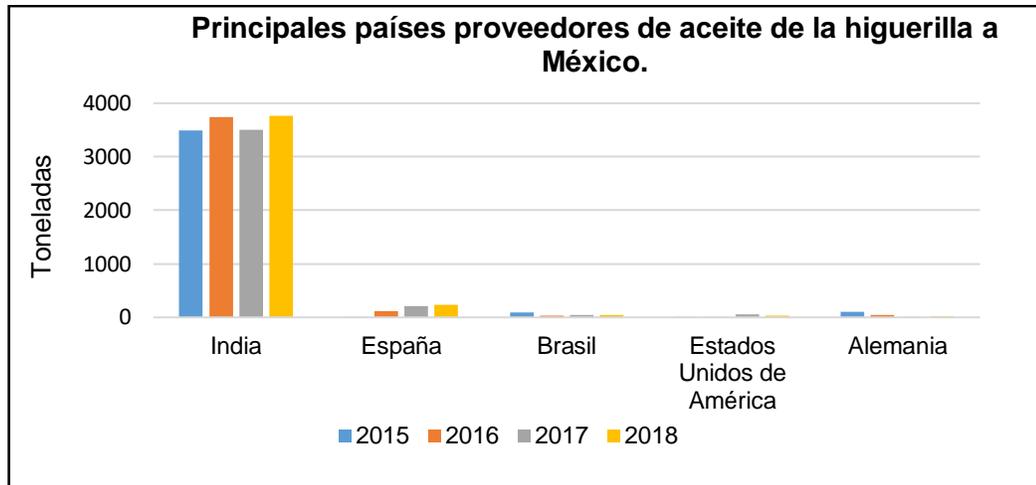


Figura 4. Principales países proveedores de aceite de la higuera a México. Fuente: Trade Map, 2020

4.8.2 Requerimientos ambientales para el cultivo de la higuera

Existen varias investigaciones referentes a los requerimientos ambientales para una producción óptima de semillas de la higuera, tal información es variable dependiendo del área de estudio.

Temperatura

La higuera crece de manera óptima a altas temperaturas constantes en un rango de 20-26°C, pero puede tolerar temperaturas entre 0° y 40°C (Nielsen *et al.*, 2011). Las condiciones extremas, de frío y calor, impiden la formación y maduración de las semillas (Amorim *et al.*, 2001). Sin embargo, en el cultivo experimental para evaluar la productividad de la higuera en el Norte de Sinaloa, y encontraron que las temperaturas máximas y mínimas del ambiente, no afectaron la formación, ni el llenado del grano (Valencia *et al.*, 2019).

Por otro lado, en Montecillo, Estado de México, se estableció un cultivo experimental para evaluar el rendimiento de frutos y semillas en condiciones de clima templado (con temperaturas mínimas de 2°C y máximas de 28°C), los autores lograron producciones de semilla, lo que sugiere la posibilidad de generar material genético adaptado a estas condiciones (Solís *et al.*, 2016).

Precipitación

Falasca *et al.*, (2012) manifiestan que la higuera se puede cultivar en zonas con precipitación anual en el rango de 200 mm, aunque estudios realizados por Espinosa *et al.*, (2013) indican que la precipitación óptima puede ser de 400 hasta 1,000 mm/año. Por otra parte, no se recomienda el cultivo de la higuera en zonas con precipitación mayor de 1500 mm/año, pues la lluvia excesiva estimula el crecimiento vegetativo y se prolonga el proceso de fructificación o puede perjudicar la polinización, al reducir la viabilidad del grano. La higuera necesita tiempo seco durante la fase de maduración del grano para favorecer el contenido de aceite (INIFAP, 2012; Salihu *et al.*, 2014).

Topografía del suelo

La pendiente óptima para el manejo agronómico de la higuera va del 2 al 15% (Espinosa *et al.*, 2015). Mientras que la altitud recomendada para sembrar a esta especie oscila entre 0 y 1,540 msnm, aunque se registra su presencia en lugares con más de 2,500 msnm. Sin embargo, la altitud influye en el desarrollo y la fructificación de la higuera. Conforme aumenta la altitud decrece el contenido de aceite en su semilla (Robles, 1980; Raya *et al.*, 2016).

Profundidad del suelo

La higuera constituye una alternativa para suelos donde no prosperan la mayoría de los cultivos anuales, para esta especie es suficiente 40 cm de suelo. No obstante, para alcanzar los máximos rendimientos, se requieren suelos profundos de hasta un 1 m (FAO, 1994; Portillo *et al.*, 2017).

Propiedades físicas y químicas del suelo

Los suelos óptimos para el cultivo de la higuera deben tener texturas medias: francos, franco-arenosos y franco-arcillo-arenosos (González *et al.*, 2011). Así mismo, la especie presenta buen desarrollo en suelos con contenido de materia orgánica entre 2% y 5% (Martínez y Montenegro, 2008). Para cultivar la especie de interés, es necesario un buen drenaje, y pH del suelo en un rango de 5.0 a 8.0 con un óptimo de 6.5 a 7.5 (Salihu *et al.*, 2014). La higuera es sensible a los suelos ácidos (Kiran y Prasad, 2017).

Resistencia a sequía

Babita *et al.*, (2010) afirma que la higuera mantiene un alto ajuste osmótico para adaptarse a condiciones de sequía, por lo tanto, producen un mayor rendimiento de semilla que las variedades de bajo ajuste osmótico, esto aun cuando se cultiven bajo condiciones de sequía. El ajuste osmótico es una característica heredable y existe variabilidad entre los genotipos de la higuera.

4.8.3 Datos climáticos de los sitios con cultivos de la higuera

Temperaturas y precipitación en Hermosillo, Sonora

De acuerdo con información del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en el 2017 Hermosillo, Sonora fue el principal productor de la higuera, con 1,418 ha de cultivo (SIAP, 2017).

En Hermosillo Sonora la temperatura máxima extrema anual es de 47.5 °C en el mes de julio y una mínima extrema de -0.1°C en el mes de diciembre. La temperatura media anual es de 24.8°C. La precipitación anual va de 200 mm en el clima muy seco semicálido y hasta 400 mm en el clima seco semicálido (INEGI, 2009; SMN, 2019) (Figura).

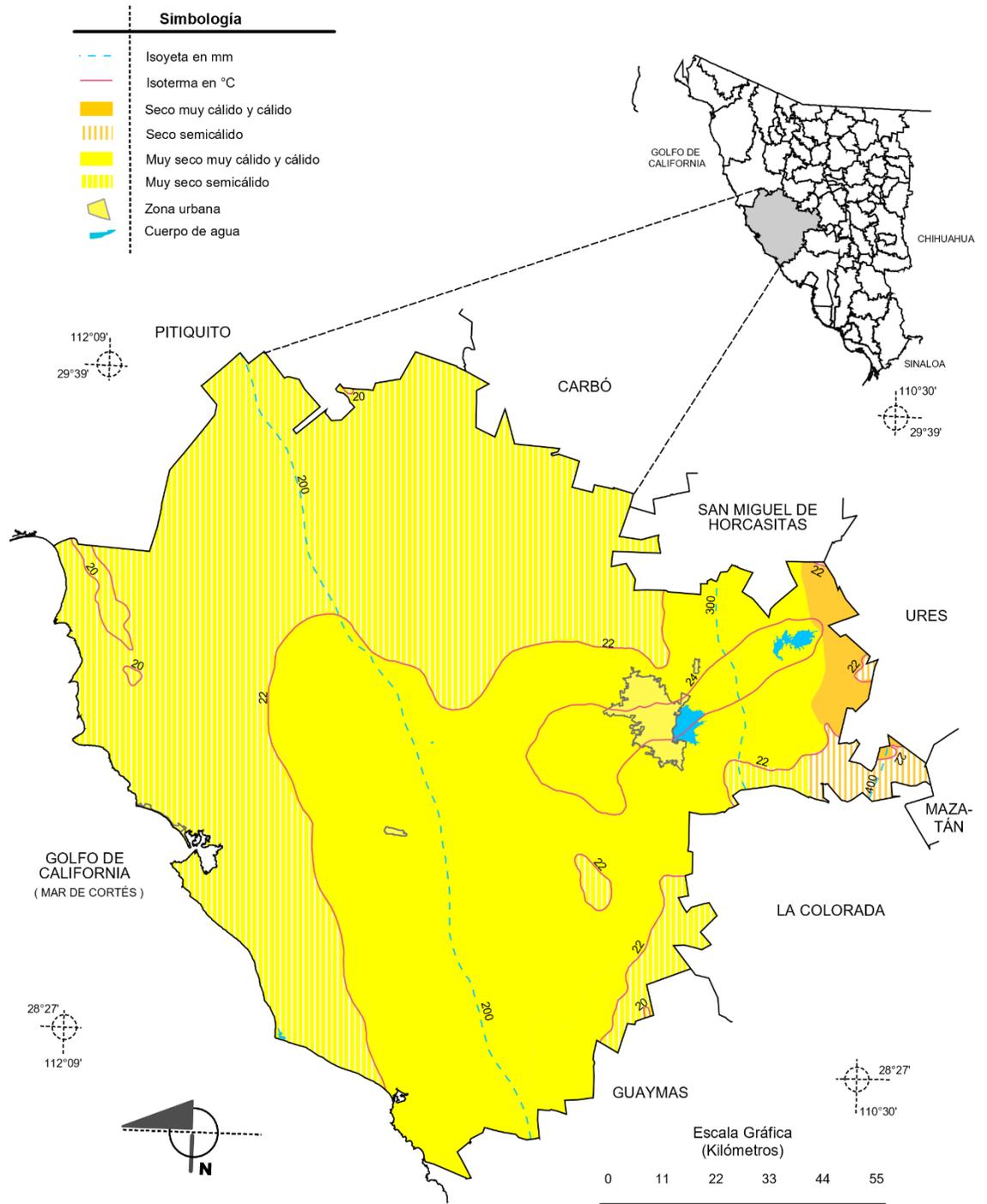


Figura 5. Climas de Hermosillo, Sonora. INEGI, 2009.

Temperaturas y precipitación en Heroica Ciudad de Ejutla de Crespo, Oaxaca.

La Empresa Ricinomex se ubica desde el 2015 en el municipio de Ejutla de Crespo, Oaxaca. Esta empresa se encarga de procesar las semillas de la higuierilla que compra con los productores de la región. Sin embargo, en la página del SIAP no existe información sobre la superficie de cultivo de la higuierilla en Oaxaca.

En Ejutla de Crespo la temperatura máxima extrema anual es de 43°C en el mes de junio y una mínima extrema de -0.2°C en el mes de enero. La temperatura media anual es de 20.7°C. La precipitación anual de esta región es de 660 mm (Serrano *et al.*, 2005; SMN, 2019) (Figura 6).

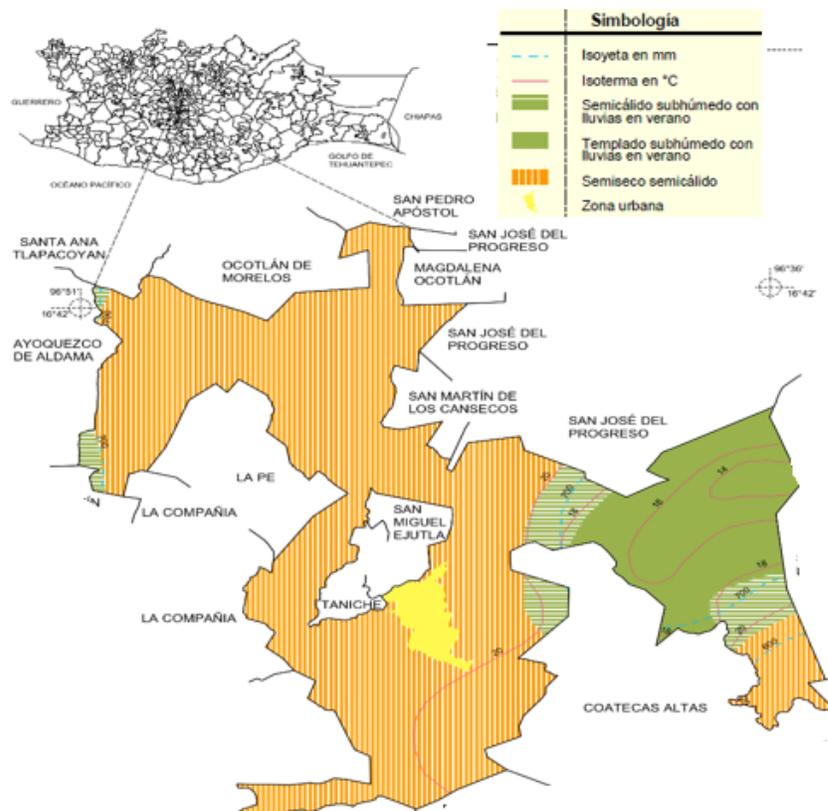


Figura 6. Climas del municipio de Ejutla de Crespo, Oaxaca. INEGI, 2009.

En México la higuera tiene gran variabilidad genética, por ello, los estudios de evaluación de tierras para cultivos de esta especie, se deben realizar considerando información obtenida de genotipos silvestres locales (Goytia *et al.*, 2011).

4.8.4 Usos de la higuera

Uso industrial

El principal producto que se obtiene de la higuera es el aceite de sus semillas, por su variedad de usos, por ejemplo, en la industria de plásticos. El aceite también es utilizado en la industria cosmética, para la fabricación de labiales, tónicos capilares, champús, brillos, emulsificantes, desodorantes y ceras. Así mismo, en la industria farmacéutica, se usa para elaborar anticaspa, laxante, catártico y emoliente; al igual que en la industria de pinturas, tintes y para el procesamiento de textiles (Córdoba, 2012).

Uso medicinal

Desde tiempos muy antiguos se ha utilizado la higuera con fines medicinales. El uso internacional más conocido es como purgante (Salihu *et al.*, 2014). En México esta planta se mencionó por primera vez en el Códice Florentino del siglo XVI, donde se describe que se usa untada la semilla para el cuerpo hinchado, ventosidades principalmente del vientre, e hidropesía y dolores de articulaciones. También actualmente es usada para otros malestares del estómago y manchas principalmente del rostro (CONABIO, 2009).

Los estados de Oaxaca, Guerrero, Veracruz, Estado de México, Morelos, Puebla y Quintana Roo usan la higuera para disminuir la fiebre. Además, también es usado para los corajes y mal de orín. Las hojas frescas se colocan sobre el estómago para "sacar el calor", o en el vientre para contrarrestar los dolores de parto, cólicos o dolores de inflamación. (Atlas de la Medicina Tradicional Mexicana, INI-UNAM, 2009).

La semilla es utilizada en padecimientos como diabetes, dolores musculares. Extrayendo su aceite se aplica en hinchazones de la piel, granos y piquetes de

insectos. Además, se utiliza en desórdenes digestivos y tifoideos. También en afecciones respiratorias como anginas (de pecho), dolor pulmonar, gripa, para problemas de la piel, del pelo y sarampión, mordedura de víboras (INI-UNAM, 2009).

Fertilizante orgánico y forraje

La pasta de la semilla que resulta de la extracción del aceite puede usarse como abono orgánico, debido al alto contenido de Nitrógeno (N), la mineralización rápida, y los efectos anti-nematodos. La mineralización de la planta es siete veces más rápida que el estiércol de bovino (Salahu *et al.*, 2014). Debido al alto contenido de nutrientes en la pasta de la higuera también puede ser aprovechado como alimento de ganado bovino (Jiménez *et al.*, 2016).

Aceite de la higuera en biodiesel

La producción de biodiesel a partir de aceite de la higuera es técnicamente factible. En primer lugar, porque el aceite no es comestible y puede cultivarse en tierras marginales. El biodiesel producido a partir de aceite de la higuera tiene una ventaja en relación con la lubricidad, debido a su alto valor energético y las propiedades del combustible (Espinosa *et al.*, 2015).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Área de estudio

La unidad de estudio (UE) se encuentra limitada por las siguientes coordenadas: 29° 52' 48" y 24° 32' 34" N; 103° 57' 36" y 99° 50' 35" O (INEGI, 2017). El estado de Coahuila de Zaragoza representa el 7.7% de la superficie del país y está integrado por cinco regiones socioeconómicas: región Carbonífera, región Laguna, región Sureste, región Centro-Desierto y región Norte (SEMA, 2016). Según el RHAN (2019), en Coahuila existe 2,438,489 ha de tierras parceladas y 4,068,598 ha de tierras de uso común (Figura 7).

El 49 % del territorio de Coahuila tiene clima seco y semiseco, el 46% tiene clima muy seco y el 5% restante registra clima templado subhúmedo. La temperatura media anual es de 18 a 22°C (INEGI, 2017).

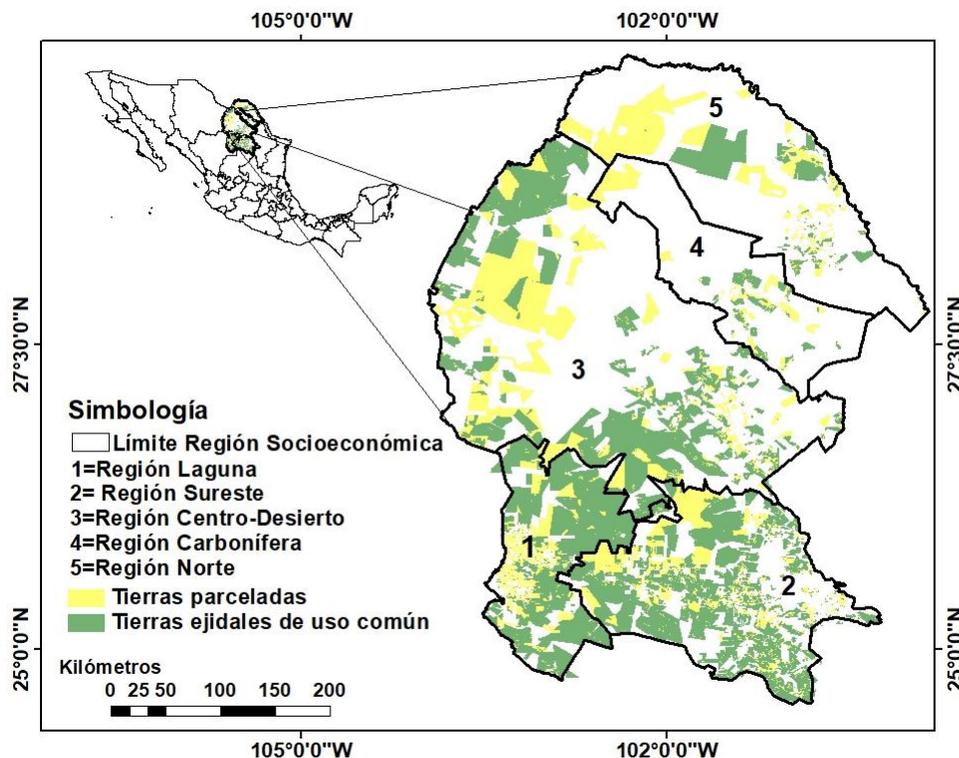


Figura 7. Ubicación de la Unidad de Estudio. Fuente elaboración propia con datos del RHAN (2019).

5.2 Pre-proceso de la información

El Pre-Procesos consistió en la búsqueda, descarga y levantamiento de información en campo de los insumos requeridos en cada uno de los parámetros implicados en el estudio. Para ello, se aplicaron geoprosos de extracción de información considerando los límites de la UE. Las fuentes de información se indican en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Fuentes de información de los insumos requeridos para determinar la aptitud ambiental de la higuera en Coahuila.

Componente	Insumo y fuente de información
Climáticos	Datos de precipitación Fuente: SMN, 2019.
Edafología	Conjunto vectorial edafológicos de la Serie II para GPS y perfiles. Fuente: INEGI, 2015. 12 muestras de suelo recolectadas en sitios con presencia de la higuera en la UE
Clasificación del uso de suelo y su cobertura	Conjunto vectorial del uso de suelo y vegetación Serie VI Fuente: INEGI, 2016.
Topografía	Modelo Digital de Elevación Fuente: SRTM, 2017. Vector del uso de suelo en los ejidos
Tenencia de la tierra	Fuente: RAN, 2019.

Fuente: Elaboración propia

5.3 Pos-proceso de la información

Se determinaron los requerimientos edáficos, topográficos y de precipitación para cultivar la higuera, con información de literatura y se complementaron con datos de campo obtenidos en 12 sitios con presencia de esta especie creciendo de manera silvestre en Coahuila. A cada uno de los parámetros del IP-Topográfico, IP-Edáfico e IP- Climático se le asignaron categorías con valores de 0 a 10 y representan las clases explicadas en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Clase y rangos del Índice de Productividad para cada parámetro del IP-Edáfico, IP-Climático e IP-Topográfico

Clase	Índice	Descripción
No apto	0	No hay productividad. Debido a que las propiedades físicas y químicas del suelo, la topografía, clima o factores culturales impiden el crecimiento de la higuera
Bajo	3	La productividad es baja. Debido a las severas limitaciones edáficas, topográficas y climáticas (requiere de altos niveles del insumo y manejo agronómico), o hay limitantes relacionados con la tenencia de tierra).
Medio	5	La productividad es media, se requiere de un 50% de insumo adicional.
Alto	<5 y >=9	La productividad es alta. Sin embargo, se podría obtener la máxima productividad con un insumo adicional.
Muy alto	10	Productividad máxima, no se requieren insumos y la tenencia de tierras es apropiada.

Fuente: Elaboración propia con datos de Morales *et al.*, 2015

5.3.1 Índice de Productividad-Edáfico

El IP-Edáfico se calculó con la metodología del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina (Nakama, V. y Sobral, R. 1987; Morales *et al.*, 2015). Para este índice se incluyeron las siguientes variables: drenaje (D), profundidad efectiva (Pe), textura superficial (Ts) textura subsuperficial (Tb), pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (Mo) y pedregosidad (Pg). Estas variables se resumen en la Ecuación (1).

$$IP - Edáfico = D + Pe + Ts + Tb + pH + CE + Mo + Pg \dots\dots\dots (1)$$

Las propiedades físicas y químicas del suelo para cultivar higuera se indican en el Cuadro 4 y 5.

Cuadro 4. Propiedades físicas para obtener el IP-Edáfico para cultivar la higuera.

Variable	Código (INEGI)	Clase	Índice
Drenaje	1	Nulo	0
	2	Muy escasamente drenado	3
	3	Escasamente drenado	3
	4	Moderadamente drenado	5
	5	Drenado	10
	7	Excesivamente drenado	3
Textura del horizonte superficial y textura del horizonte subsuperficial	A	Arenoso	5
	Ac	Arenoso-franco	5
	Ca	Franco-arenoso	10
	C	Franco	10
	Cl	Franco-limosa	10
	L	Limosa	5
	Cra	Franco-arcillosa-arenosa	10
	Cr	Franco-Arcillosa	10
	CrI	Franco-arcillo-limoso	5
	Ra	Arcillo-arenosa	9
	R	Arcillosa	5
	RI	Arcillo-limoso	5
RP	Arcillosa pesada	3	
Pedregosidad	Sin pedregosidad	0	10
	Ligeramente pedregoso	1-15	9
	Pedregoso	16-30	5
	Fuertemente pedregoso	31-50	3
	Excesivamente	51-90	0
	Profundidad efectiva	100 cm 0 mas	
		75- 99	9
		50- 74	7
		40-49	5
		>40	0

Fuente: Cabrales *et al.*, 2014; Gonzales *et al.*, 2011; Portillo *et al.*, 2017; Samayoa, 2007; Salihu *et al.*, 2014; Severino *et al.*, 2012.

Cuadro 5. Propiedades químicas del suelo para obtener el IP-Edáfico para cultivar la higuera.

Materia orgánica			pH	Conductividad Eléctrica.		
Código (INEGI)	% de MO	Índice	pH	índice	CE (dSm ⁻¹)	Índice
Sin presencia	0	0	5.6-6.5	5	0-2	10
Débil	0.2-1	5	6.6 a 7.5	10	2-4	5
Moderada	1-2	7	7.6-8.5	9	4-12	3
Fuerte	2-4	9	8.5- 9	3	>12	0
Muy fuerte	4.1-5	10	9.1	0		

Fuente: FAO, 1994; Salihu *et al.*, 2014; Samayoa, 2007.

Interpolación y validación cruzada

La interpolación consiste en proyectar mapas o superficies continuas a partir de datos discretos (Johnston *et al.*, 2001); para determinar el método de interpolación más conveniente se debe realizar evaluación cruzada. Este método permite observar el Cuadrado Medio del Error (CME), que se emplean para identificar el método de interpolación más adecuado (Henríquez *et al.*, 2013).

Las interpolaciones se realizaron por medio del programa ArcGis. Los métodos geoestadísticos de interpolación utilizados fueron: kriging bayesiano empírico (EBK), ponderación inversa de la distancia (IDW) y función de base radial (RBF). Estos se emplearon porque tienen como parámetro común la vecindad de datos y garantizan que todos los datos sean positivos (Esri, 2016). A partir de cada interpolador se tuvieron tres submétodos que correspondieron a los sectores de búsqueda de los interpoladores (Cuadro 6).

El método de interpolación de función base radial (FBR) con cuatro sectores fue el más apropiado para el IP-Edáfico (Cuadro 6).

Cuadro 6. Resultados de las comparaciones de CME de los interpoladores.

Interpolador*	Media	CME**
EBK 1 sector	-0.28	11.55
EBK 4 sector	0.09	11.53
EBK 8 sector	0.16	11.52
IDW 1 sector	-0.50	12.22
IDW 4 sector	-0.58	11.93
IDW 8 sector	-0.63	11.84
FBR 1 sector	-0.36	11.41
FBR 4 sector	0.03	11.47
FBR 8 sector	0.16	11.41

*IDW= ponderación inversa de la distancia; EBK= kriging bayesiano empírico; FBR= función de base radial; **CME= Cuadrado Medio del Error

5.3.2 IP-Topográfico

Para obtener los datos topográficos se descargó el Modelo Digital de Elevación (DEM) con una resolución de 30 m utilizando el Plugin SRTM de QGIS de la plataforma de la NASA. Posteriormente se calculó la pendiente y altura en metros sobre el nivel del mar (msnm) para la UE, y se categorizó de acuerdo con los requerimientos de la especie de interés (Cuadro 7).

Cuadro 7. Requerimientos topográficos para *Ricinus communis* en Coahuila, México.

Pendiente (%)	Categoría	Altitud (msnm)
<2 y >45	No apto	>3000
25-45	Baja	2500-3000
15-25	Media	1800-2500
	Alta	1500-1800
2-15	Muy alta	0-1500

Fuente: Espinosa, 2015; Samayoa, 2007.

5.3.3 IP-Climático

Análisis de la calidad de los datos históricos

Los datos de precipitación fueron sometidos a los siguientes análisis de calidad:

- Verificación de la ubicación espacial de las estaciones meteorológicas
- Eliminación de los registros repetidos
- Detección de sesgo en la captura de datos

El análisis de consistencia de los eventos extremos en acumulados mensuales de precipitación, se realizaron siguiendo la metodología de Méndez y Magaña (2010) descritos a continuación:

Los eventos extremos que ocurrieron en una estación meteorológica también se reflejaron en al menos una de las estaciones de los alrededores. Por lo que se elaboraron series de tiempo de las estaciones de referencia en el paquete estadístico R Versión 3.6. A partir de la serie de tiempo de la estación denominada estación de referencia, se determinó el umbral de precipitación mensual que corresponde al percentil 95 y definen a un evento extremo.

Después de lo anterior, se identificaron las fechas donde la precipitación mensual rebasó dicho umbral y se comparó con las estaciones vecinas localizados en un radio de 20 km. Si al menos una estación vecina reportó un valor superior al umbral en la misma fecha se consideró que el valor extremo de precipitación es válido. De lo contrario el registro de precipitación fue removido y reemplazado como dato perdido.

Interpolación y validación cruzada

Una vez realizada el análisis de calidad de los datos, se seleccionó el mejor interpolador, como se observa en el Cuadro 8, el Kriging bayesiano empírico (EBK) cumplió este criterio. Este método realiza simulaciones y asume que los datos más cercanos a un punto conocido tienen mayor peso sobre la interpolación, y disminuye conforme se aleja del punto de interés (Esri, 2019). En este caso se realizaron 100 simulaciones con ocho sectores de búsqueda.

Cuadro 8. Resultados de las Comparaciones de CME de los interpoladores

Interpolador*	CME**	Media
EBK 8 Sectores	0.98.492	0.161
EBK 4 Sectores	0.98.808	0.301
EBK 1 Sector	0.99.451	-0.385
IDW 8 Sectores	104.822	2.962
IDW 4 Sector	104.709	2.885
IDW 1 Sector	106.461	0.959
FBR 1 Sector	101.812	-0.341
FBR 4 Sectores	100.799	0.523
FBR 8 Sectores	100.736	-0.139

*IDW= ponderación inversa de la distancia; EBK= kriging bayesiano empírico; FBR= función de base radial; **CME= Cuadrado Medio del Error.

Finalmente se procedió a categorizar los requerimientos de precipitación de acuerdo con el Cuadro 9.

Cuadro 9. Requerimientos de precipitación para el IP-Climático

Precipitación (mm)	Categoría
< 200	No apto
200-350	Baja
350-1000	Muy Alta

Fuente: Espinosa *et al.*, 2013; Falasca *et al.*, 2012; Salihu *et al.*, 2014.

Una vez obtenido el IP-Edáfico, IP-Climático y el IP-Topográfico se procedió a visualizar los datos en el software ArcGis, con el fin de verificar que la ubicación geoespacial correspondiera a la de la zona de estudio.

Índice de Vegetación Mejorado para el periodo 2001-2018 en sitios con la higuera

Los índices más utilizados para el monitoreo global de la vegetación son el Índice Normalizado de Vegetación (NDVI, por sus siglas en inglés) y el Índice de Vegetación Mejorado (EVI, por sus siglas en inglés), este último fue optimizado a partir del NDVI para reducir la influencia de la atmósfera. Por lo tanto, este índice es más apropiado para zonas con escasa cobertura vegetal, pues el EVI minimiza la influencia del brillo del suelo, debido a que incorpora la banda del azul (Solano *et al.*, 2010).

El intervalo de valores del EVI varía de -1 a +1. De ellos, sólo los valores positivos corresponden a zonas de vegetación, los valores cercanos a cero pertenecen a zonas desprovistas de vegetación. La vegetación escasa, como los matorrales y arbustos pueden tener valores de 0.2 a 0.5. Los valores más altos corresponden a bosques templados y tropicales o cultivos en su etapa de mayor crecimiento (Chuvieco, 2008).

El crecimiento de la vegetación está determinado por factores como la humedad, y la precipitación es la principal fuente de humedad, existe relación entre la lluvia y los índices espectrales como EVI o NDVI (Hernández *et al.*, 2015). Por ello, se analizó el EVI para el periodo 2001-2018 en sitios con presencia de la higuera, zonas agrícolas y vegetación natural, y su relación con la precipitación media mensual, temperatura máxima y mínima promedio mensual, estos datos climáticos fueron obtenidos de estaciones meteorológicas cercanas a los sitios enlistados en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Coordenadas de los sitios analizados con el Índice de Vegetación Mejorado.

Longitud	Latitud	USV*	Estación meteorológica	Lugar
-101.664	27.0446	Sitio con la higuera	5050	Región Centro-Desierto
-101.680	27.058	Agricultura		
-101.702	27.062	Matorral		
-102.943	25.736	Sitio con la higuera	5036	Región Laguna
-103.010	25.751	Agricultura		
-103.106	25.667	Matorral		
-101.011	28.312	Pastizal	5074	Región Norte
-100.904	28.282	Matorral		
-100.944	28.355	Sitio con la higuera		
-101.586	25.317	Pastizal	5162	Región Sureste
-101.638	25.361	Agricultura		
-101.565	25.344	Matorral		
-101.643	25.357	Sitio con la higuera		
-96.828	16.656	Pastizal inducido	20118	La P, Oaxaca
-96.730	16.638	Predio Ricinomex		
-96.799	16.623	Predio la P		

*USV= Uso de Suelo y Vegetación. Fuente: Elaboración propia.

En este trabajo se utilizaron los productos EVI derivados de los satélite Terra y Aqua MODIS 13 versión 6, con una resolución espacial de 250 m y de 16 días de resolución temporal. Cada imagen incluye una capa de información que indica la

calidad de los datos de cada píxel. Las imágenes fueron procesadas en la plataforma Google Earth Engine⁵ (GEE), y la metodología desarrollada se sintetiza mediante el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 8.

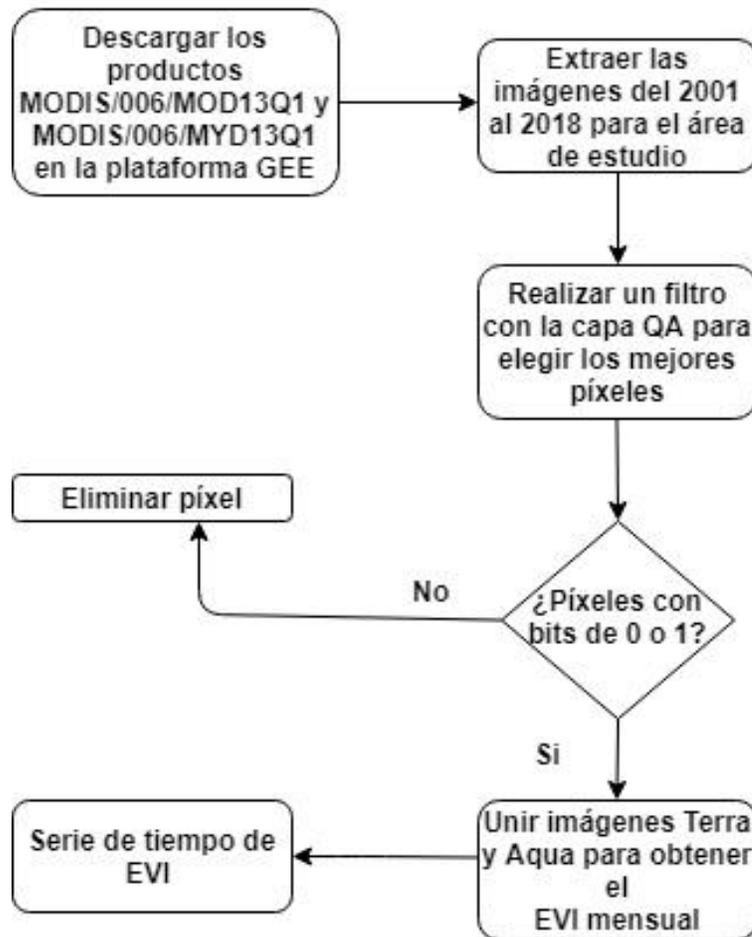


Figura 8. Metodología para obtener series de tiempo de EVI del periodo 2001-2018 para el área de estudio.

5.3. 4 IP-Cultural

Para el IP-Cultural se utilizó como técnica de investigación la encuesta y el instrumento básico empleado fue el cuestionario, el cual fue aplicado a las personas claves de los ejidos seleccionados de Coahuila. Además, se visitó al fundador de la empresa Ricinomex y a un campesino que cultiva la higuera en

⁵ <https://earthengine.google.com/>

el municipio de La P, Oaxaca, para documentar información actualizada referente al cultivo de la higuera en las zonas rurales de México.

Método de muestreo

Para la aplicación del cuestionario se utilizó el método de muestreo dirigido, el cual consiste en seleccionar a los individuos de acuerdo con los criterios determinados por el investigador (Otzen y Manterola, 2017). En este estudio se seleccionaron a los Comisariados Ejidales, por ser representantes legales de los ejidos ante el RAN (Ley Agraria, 1992). También se entrevistó a al menos un ejidatario de la zona.

Para efectuar las encuestas se diseñaron dos cuestionarios, el primero permitió obtener información sobre el conocimiento y usos locales de la higuera, mientras que el segundo sirvió para conocer la disposición de los pobladores rurales para el cultivo de esta especie. Los cuestionarios fueron revisados por los integrantes del comité e incluyó los siguientes elementos:

1. Datos demográficos del encuestado: Nombre del encuestado, nombre del ejido o comunidad, municipio, sexo, edad, ocupación y nivel de escolaridad.
2. Nombre y usos de la planta: Preguntas para conocer el nombre común y usos locales de la higuera
3. Modo de preparación y partes usada de la planta. Por otro lado, también se preguntó a los encuestados quién les transmitió el conocimiento etnobotánico.
4. Tenencia y usos de la tierra: para tener certeza si el entrevistado es ejidatario y conocer el uso de sus tierras
5. Superficie de las labores agrícolas: conocer el tipo de cultivo agrícola y superficie de siembra.
6. Cuantificación de las tierras agrícolas sin uso: conocer el motivo principal por el cual no realizan ninguna actividad en las tierras parceladas o de uso común

7. Destino final de los productos agrícolas.

8. Disposición para cultivar la higuera: Conocer la inclinación de los ejidatarios para cultivar la especie de estudio, y los motivos de tal disposición.

Para el reconocimiento de la planta de higuera por parte de los ejidatarios, se les mostró un ejemplar de esta especie recién recolectada y fotografías de las diferentes partes de la especie.

Prueba piloto

La prueba piloto consistió en seleccionar de manera aleatoria a siete ejidatarios de la Comarca Lagunera, con el fin de verificar el funcionamiento del cuestionario en campo. Con base en los resultados de esta prueba se realizaron ajustes a las preguntas del cuestionario.

Sitios de muestreo

Para la planificación de los sitios de muestreos se estratificó la UE por sus regiones socioeconómicas; para cuantificar y ubicar espacialmente las tierras ejidales se descargaron de la página del RAN⁶ el Padrón e Historial de Núcleos Agrarios (PHINA) y el formato vector de tierras parceladas y de uso común.

La región Carbonífera tiene menor superficie de tierras para usos agrícolas, por tal razón, se descartó para la aplicación de los cuestionarios; en esta región la actividad económica principal es la explotación del mineral del carbón, utilizado para generación de electricidad y siderurgia (Müller y Cárdenas, 2016). En el Cuadro 11 se indican los ejidos seleccionados.

6 <http://www.ran.gob.mx/ran/index.php/sistemas-de-consulta/phina>

Cuadro 11. Ejidos seleccionados para la aplicación del cuestionario en Coahuila, México.

Región	Municipio	Ejido	
Centro	Abasolo	Rodríguez	
	Cuatro Ciénegas	Ejido el Oso	
	Cuatro Ciénegas	Ejido Victoria	
	Cuatro Ciénegas	La Vega	
	Cuatro Ciénegas	San Vicente	
	Cuatro Ciénegas	Santa Teresa	
	Cuatro Ciénegas	El Tanque	
	Escobedo	1 de Mayo	
	Escobedo	Escobedo	
	Nadadores	San José del Águila	
	Nadadores	Villa de Nadadores	
	Ocampo	Villa de Ocampo	
	Sacramento	Sacramento	
	Laguna	Francisco I Madero	Batopilas
Francisco I Madero		Lequeito	
Matamoros		El Cambio	
Matamoros		Coyote	
Matamoros		El Cuije	
Matamoros		Escuadrón 201	
San Pedro		Frontera	
San Pedro		El Nilo	
San Pedro		San Miguel	
Viesca		Emiliano Zapata	
Viesca		La Rosita	
Viesca		Mielera	
Viesca		Tejaban del Esfuerzo	
Viesca		Villa de Bilbao	
Norte	Guerrero	Santa Mónica	
	Jiménez	Palmira	
	Jiménez	San Carlos	
	Jiménez	El Tepeyac	
	Morelos	Los Álamos	
	Piedras Negras	Centinelas	
	Piedras Negras	El Moral	
	Piedras Negras	San Isidro	
	Villa Unión	Azufrosa	
	Villa Unión	El Charco	
	Zaragoza	Ejido Zaragoza	
	Zaragoza	La Maroma	
	Sureste	General Zepeda	El Rincón Colorado
		General Zepeda	Fermín
General Zepeda		Macuyú	
General Zepeda		Pilar de Richardson	
General Zepeda		Porvenir de Tacubaya	
Parras		El Sol	
Parras	Huariche		

Fuente: Elaboración propia con información del RAN, (2019).

Los ejidos se seleccionaron conforme a los siguientes criterios:

1. Ejidos con tierras parceladas tierras y de uso común con superficies mayores a 1000 ha.
2. Ejidos inscritos en el RAN con tierras parceladas y de uso común y con uso de suelo y vegetación (USV) categorizada para la agricultura, agostadero o vegetación secundaria.
3. Sitios con antecedente de colecta de semillas de la higuera por parte del proyecto denominado "Potencialidades de la higuera como cultivo alternativo en el norte de México para la mitigación y adaptación al cambio climático (Clave: 19010-ECI-60)".

Bajo las consideraciones anteriores, se entrevistaron a 27 ejidatarios de la región Centro-Desierto, 20 ejidatarios de la región Norte, 15 ejidatarios de la región Sureste y 27 ejidatarios de región Laguna.

Análisis de la información

Los resultados de la encuesta se analizaron mediante la técnica de análisis descriptivo, con la función de tabla dinámica en Microsoft Office Excel 2013. El análisis se complementó con el contraste entre métodos, para corroborar la información obtenida en las encuestas (Figura 9). Este proceso de contraste lo definen como "el uso de dos o más métodos de recogida de datos en el estudio de algún aspecto del comportamiento humano" (Cohen y Manion 1990). Los resultados se deducen en los procesos de comparación de información (Salgado, 2007).



Figura 9. Sociograma de los actores involucrados en la investigación.

Análisis de diferencia y correlación

Para comprobar la influencia individual de las variables enlistadas en el Cuadro 12 con la disposición de los ejidatarios para cultivar higuera, se efectuaron análisis de diferencias. Para ello, se hizo un análisis de la normalidad de los datos con la prueba de Kolmogorov-Smirnov, esta prueba rechazó la hipótesis de normalidad de los datos, y se procedió a aplicar pruebas no paramétricas.

Cuadro 12. Nivel de medición de las variables utilizadas en el cuestionario

Variable	Categorías de las variables	Medición de la variable	Prueba
Región	Norte, Sureste, Centro-Desierto y Laguna	Nominal	Kruskal-Wallis
Conoce higuera	Si conoce la higuera; No conoce la higuera	Nominal	Mann-Whitney
Sexo	Hombre, mujer	Nominal	Mann-Whitney
Usa la higuera	Si la usa; No la usa	Nominal	Mann-Whitney
Actividad agrícola	Cultivo de hortaliza y frutal; Cultivo básico; Cultivo básico e industrial; Cultivo básico y forraje, Cultivo de forraje y hortaliza; cultivo de frutal; cultivo de hortaliza; cultivo de hortaliza e industrial; no cultiva.	Nominal	Mann-Whitney
Ha de cultivo	Nada (0 ha); poco (≤ 5 ha); mucho (>5 ha)	Ordinal	Kruskal-Wallis
Destino de la cosecha	Autoconsumo; autoconsumo y mercado local; mercado local; mercado nacional.	Nominal	Kruskal-Wallis
Tenencia de tierra	Tierras parceladas y uso común; uso común	Nominal	Kruskal-Wallis

Se utilizaron las pruebas no paramétricas Kruskal-Wallis para las variables categóricas politómicas y Mann-Whitney para las variables categóricas dicotómicas por medio del programa estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, 2000) versión 25.0 y un nivel de significancia $p < 0,05$ (Rojas, 2015).

Con base en los resultados del análisis estadístico de los cuestionarios y de la información obtenida en Ricinomex, se formuló el IP-Cultural (Cuadro 13).

Cuadro 13. Parámetros del IP-Cultural y sus respectivas categorías

Tenencia de tierra	Categoría	Índice
Tierras parceladas con USV de agricultura (a) o desprovista de vegetación (dv).	Muy alta	10
Tierras de uso común con USV de agricultura o desprovista de vegetación.	Medio	5
Bosque, matorral o suelo urbano	No apto	0

Fuente: Elaboración propia con datos del RAN (2019).

En la misma plataforma (ArcGIS), se procedió a realizar el álgebra de mapa de los datos y su rasterización para obtener el IP-higuerilla. En la Figura 10 se presenta el diagrama de flujo que sintetiza la metodología.

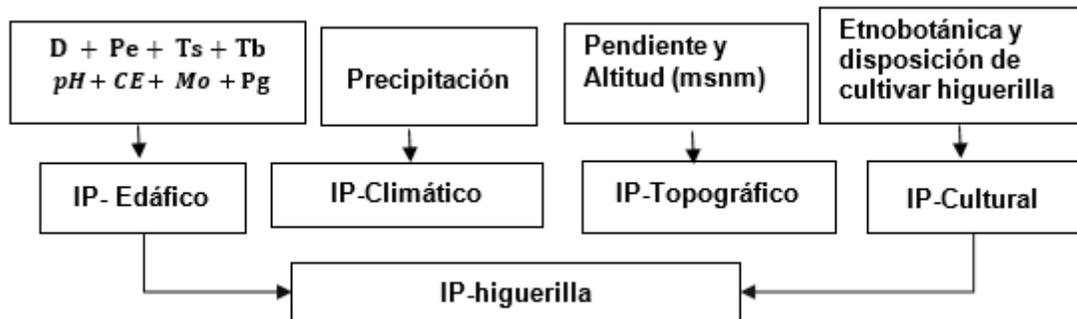


Figura 10. Diagrama de flujo que sintetiza la metodología para evaluar aptitud ambiental para la higuerilla bajo condiciones de cultivo.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Análisis del IP-Edáfico

El IP-Edáfico en la UE comprendió cuatro categorías. Se cuantificaron 5,729,839 ha en la categoría alta y representan el 88.19 % de las superficies ejidales. Por otro lado, se determinaron 760,095 ha con el IP-Edáfico muy alto, y 5,855 ha en la categoría media. Se encontraron que 1000 ha no son aptas para cultivar a la higuierilla (Figura 11).

En la región Norte se calculó la mayor superficie en la categoría muy alta, con 323,302 ha de terreno, seguido de la región Centro-Desierto con 255,665 ha. De acuerdo con varios autores como Samayoa (2007), la higuierilla se desarrolla en una gran cantidad de tipos de suelo, siendo las únicas limitantes, aquellos suelos que acumulan el exceso de agua; además, no tolera suelos salinos. Sin embargo, en Coahuila se encontró a la higuierilla en sitios con salinidad de 11.6 dSm^{-1} en el ejido Mieleras, Viesca y 10.2 dSm^{-1} en el ejido El Cambio, Matamoros Coahuila.

Las semillas generadas en ambientes maternos salinos tienen mayor habilidad para germinar en condiciones salinas (Clavijo y Wassner, 2014). Sin embargo, hasta el momento se carece de información que explique los mecanismos fisiológicos y anatómicos de la semilla para germinar y crecer en ambientes altamente salinos.

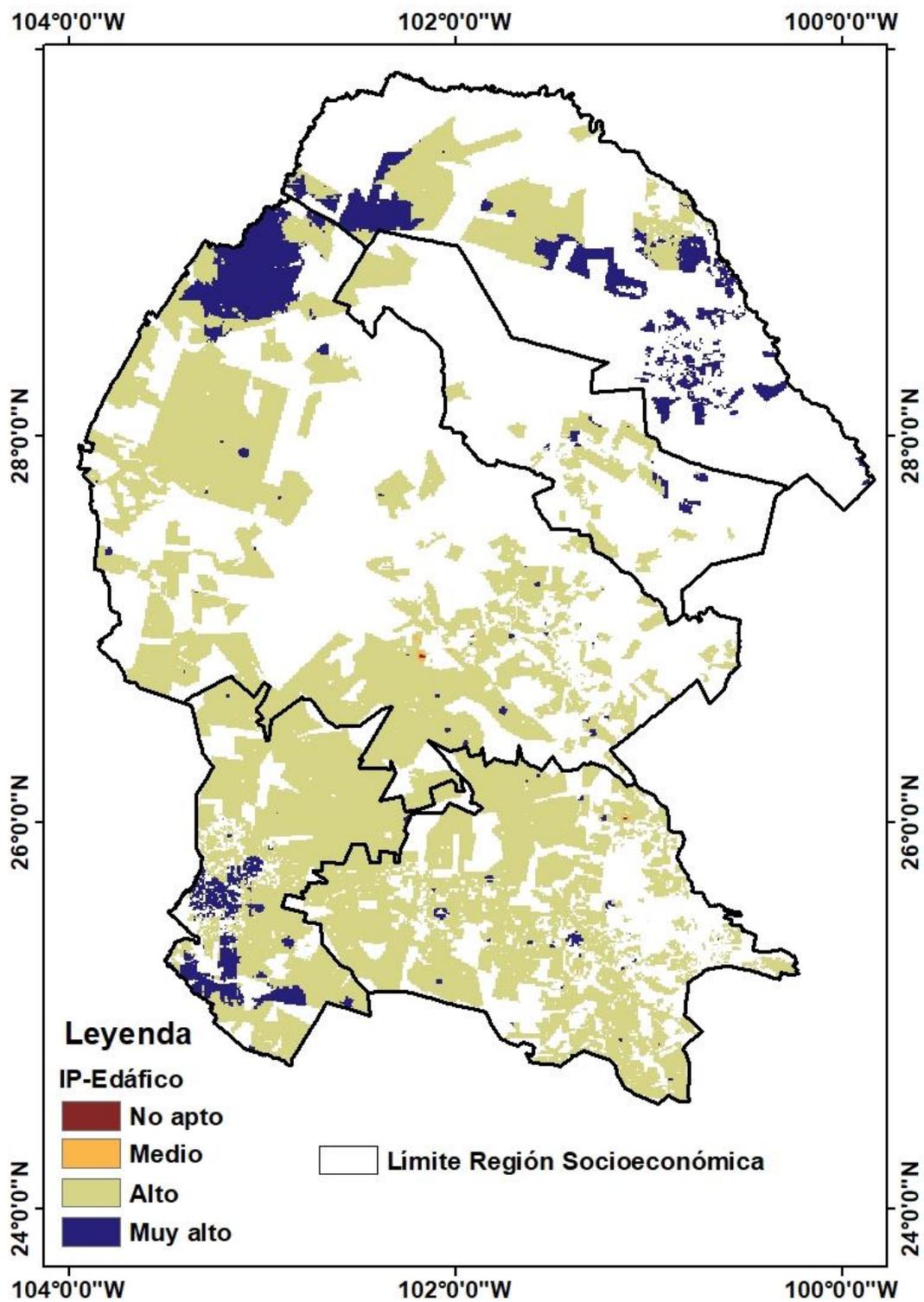


Figura 11. IP-Edáfico para cultivar la higuera en tierras ejidales de Coahuila.

6.2 Análisis del IP-Topográfico

El IP-Topográfico en la UE abarcó cinco categorías. Se obtuvieron 4,423,371 ha de terreno con aptitud muy alta y alta para cultivar higuera y representan el 68.23 % de los terrenos ejidales. Se determinaron 1,659,093 ha con IP-Topográfico medio y representan el 25.59 % de la UE. En la categoría baja se cuantificaron 264,539 ha. El 2.10 % de las superficies ejidales no son aptas para cultivar higuera y representan 135,948 ha. Esta categoría incluye superficies ejidales con altitud superior a los 3000 msnm y pendientes mayores a 45 % (Figura 12).

Las regiones Centro-Desierto y Laguna abarcaron mayores superficies en la categoría muy alta con 1,762,893 ha y 837,598 ha respectivamente. Estos terrenos tienen pendientes de 2 a 15 % y altitud de 0 a 1500 msnm. Rico *et al.*, (2011) reportan que la altitud de 0 a 1500 msnm se considera óptima para el cultivo de la higuera, y a mayor altitud decrece el contenido de aceite en la semilla; por otro lado, Solís *et al.*, (2016) realizaron un cultivo experimental a 2,240 msnm, y lograron producción, este panorama indica la posibilidad de generar variedades de la higuera adaptadas a estas altitudes (Figura 10).

En el estado de Coahuila se encontraron ejemplares silvestres de la higuera en rangos altitudinales que van de 217 msnm en Piedras Negras hasta 1571 en General Zepeda y en pendientes menores al 15 %.

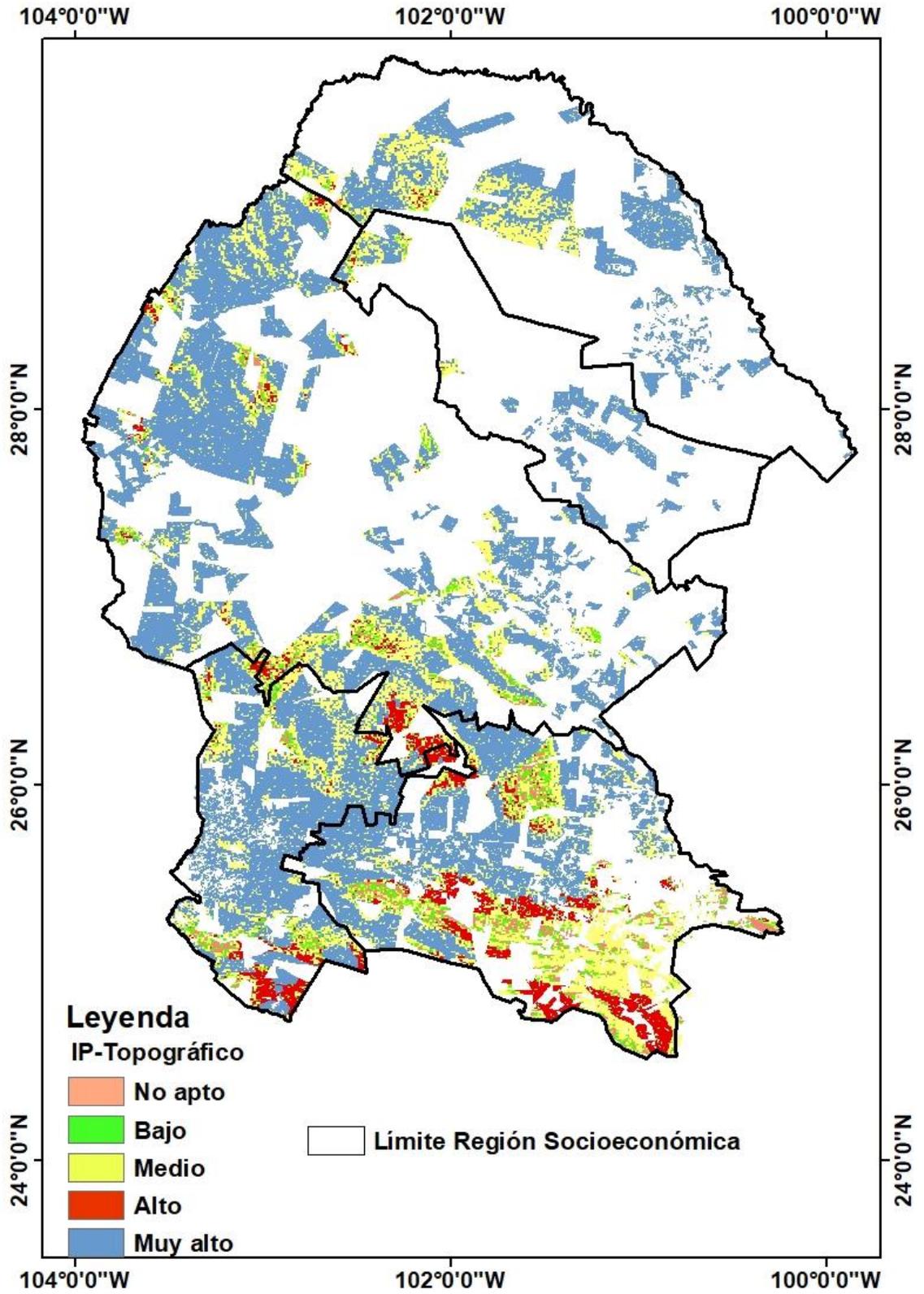


Figura 12. IP-Topográfico para cultivar la higuera en Coahuila.

6.3 Análisis del IP-Climático

El IP-Climático en la UE se estructuró en tres categorías. Se cuantificaron 1,291,636 ha de terreno en la categoría muy alta y representa el 19.88 % de las tierras ejidales. Se obtuvieron 5,192,811 ha de terreno en la categoría baja, y corresponden al 79.93 % de las tierras ejidales. Por otro lado, se determinaron que 12,023 ha de terrenos ejidales no son aptas para cultivar la higuera, porque las precipitaciones son inferiores a 200 mm. Estas superficies representan el 0.19% del área de estudio (Figura 13).

La región Laguna tiene el 99 % de su superficie en categoría baja. Esto implica que los cultivos de la higuera requerirían de riego para lograr buena productividad. Sin embargo, en la Comarca Lagunera (CL) se encontraron más sitios con presencia de esta especie (Figura 13).

Lo anterior se debe a que la CL, a pesar de las escasas precipitaciones tiene una alta actividad agropecuaria, derivado de la existencia de un sistema de irrigación basado en el uso de agua, tanto de los escurrimientos superficiales, (primordialmente del Río Nazas), como de la extracción del sub-suelo (bajo la administración del Distrito de Riego No. 17 de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). Por ejemplo, la CL en 2016 ocupó el primer lugar a nivel nacional en producción de melón, sorgo forrajero, sorgo escobero; segundo lugar en producción maíz forrajero y tercer lugar en algodón (González, 2016).

Las mayores superficies con IP-Climático muy alto se encuentran en la región Norte y Sureste, con 440,677 ha y 552,684 ha respectivamente (Figura 13).

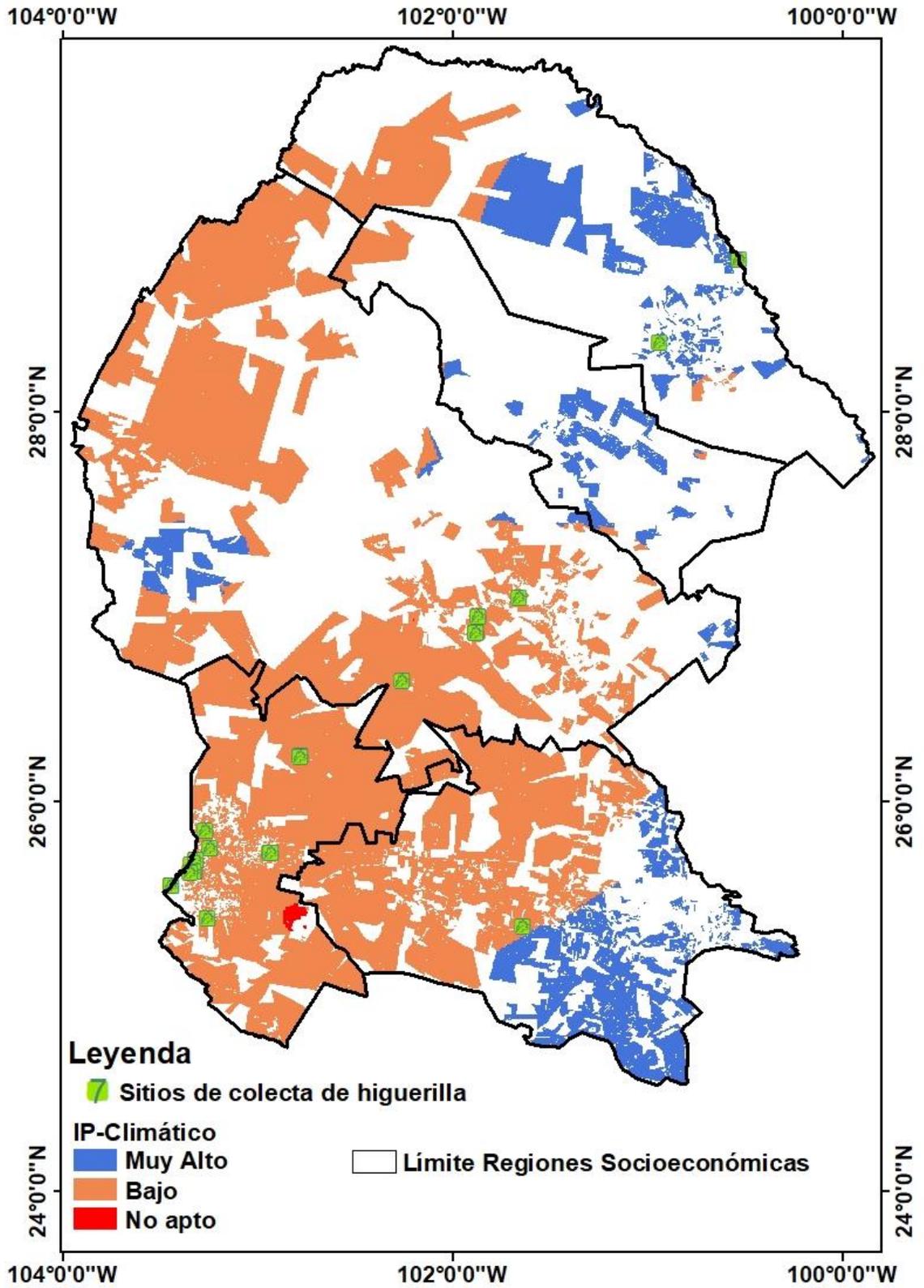


Figura 13. IP-Climático para las tierras ejidales en Coahuila.

6.3.1 Análisis del EVI en lugares con presencia de la higuera y sitios cercanos

En la región Centro-Desierto los valores máximos del EVI se presentaron en septiembre en todos los sitios analizados, después del comienzo del periodo máximo de lluvias. Por el contrario, de diciembre a febrero existió menor actividad fotosintética y coincidió con el periodo de lluvias bajas y temperaturas bajas. El sitio donde creció la higuera tuvo valores constantes de EVI y solo presentó una ligera disminución en invierno (Figura 14).

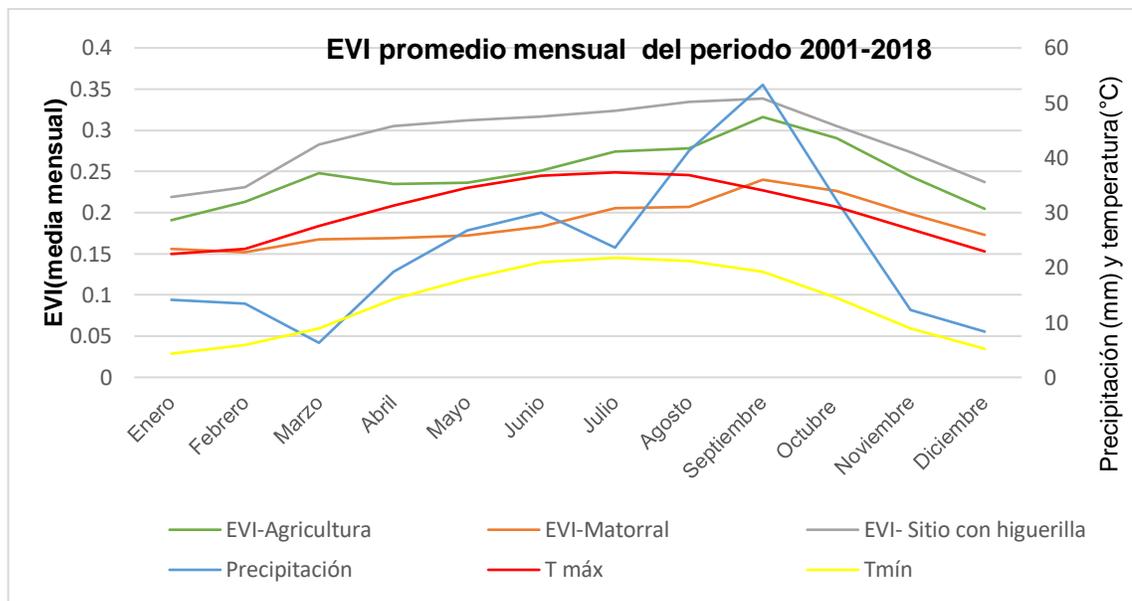


Figura 14. Evolución de EVI promedio mensual del periodo 2001-2018 y su correlación con precipitación media mensual, temperatura máxima y mínima media mensual para tres sitios en la región Centro-Desierto.

Se aprecia en la Figura 15, que el sitio con presencia de la higuera presentó valores máximos de EVI de 0.4, debido a que esta especie se encontró creciendo en un terreno baldío cerca del arroyo San José del Águila, Nadadores Coahuila. Es clara la evidencia de la sequía meteorológica registrada en el verano del 2011, puesto que todos los valores de EVI bajaron drásticamente en la zona de matorral. Así mismo en el sitio agrícola se observó que no se cultivó en varios años del periodo analizado.

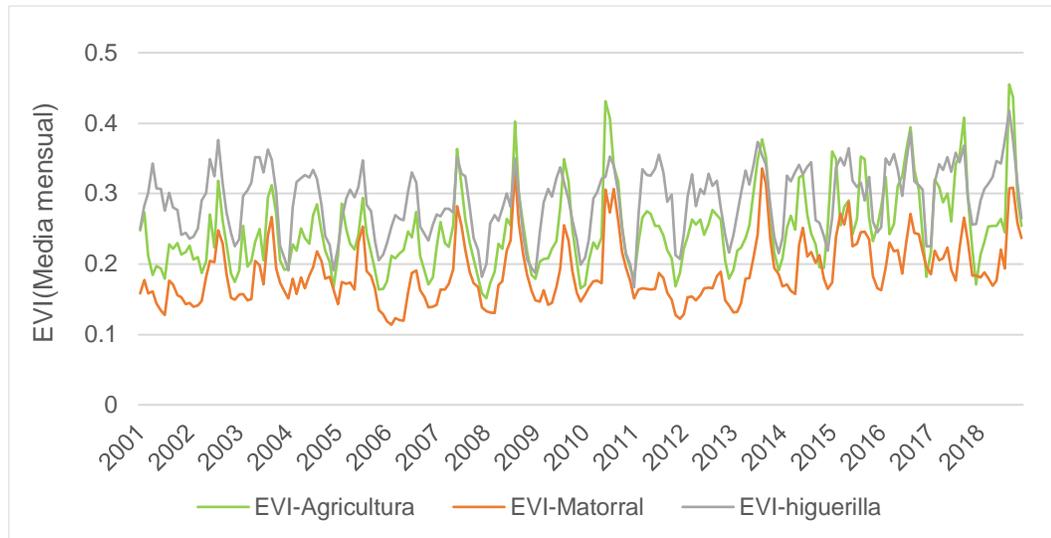


Figura 15. Series temporales de EVI para tres sitios de la región Centro-Desierto

En la región Laguna la zona con matorral presentó un ligero aumento del valor de EVI en septiembre y coincidió con el periodo máximo de lluvias y descenso de la temperatura máxima. El sitio con presencia de la higuerilla es un terreno agrícola abandonado y tuvo su máximo valor de EVI en julio. El máximo verdor del sitio con agricultura de temporal también ocurrió en julio. Cabe destacar que la agricultura de la CL, como ya se mencionó, es bajo sistema de riego, por tal motivo, no coincidió con el periodo máximo de lluvias (Figura 16).

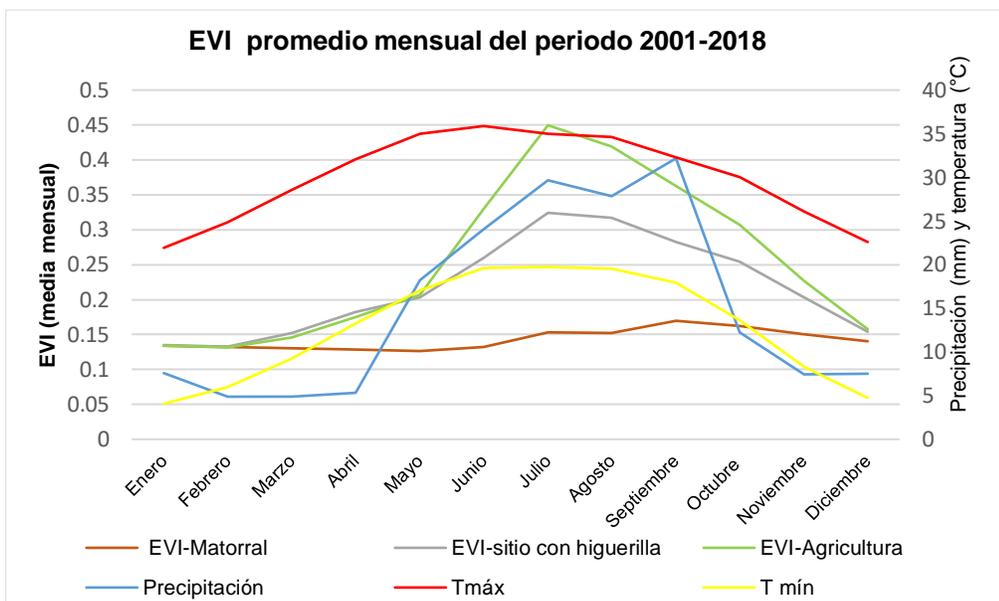


Figura 16. Evolución de EVI promedio mensual del periodo 2001-2018 y su correlación con precipitación media mensual, temperatura máxima y mínima media mensual para tres sitios en la región Laguna.

Se observa en la serie de tiempo de la Figura 17, que los valores mínimos de EVI ocurrieron en las mismas fechas para todos los sitios analizados. Mientras que los valores máximos de EVI para el sitio con uso agrícola fue variable en todos los periodos de tiempo, y presentó el máximo verdor en el mes de julio.

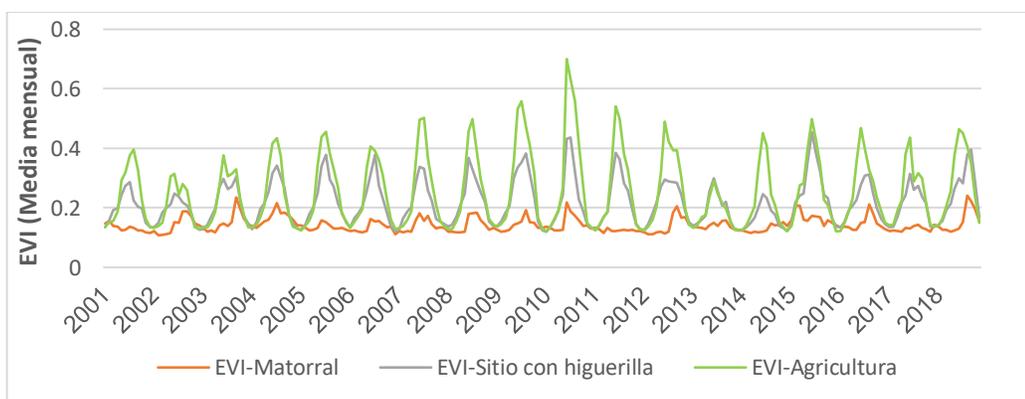


Figura 17. Series temporales de EVI para tres sitios de la región Laguna.

En la región Norte la mayor actividad fotosintética para todos sitios se inició en agosto, alcanzando su máximo valor en septiembre para el caso de pastizal y el terreno baldío donde se recolectó la higuera, mientras que para la zona de matorral aconteció el mayor valor de EVI en octubre. La menor actividad fotosintética sucedió en la temporada de invierno, y corresponde a la temporada de baja precipitación y descenso de temperaturas (Figura 18).

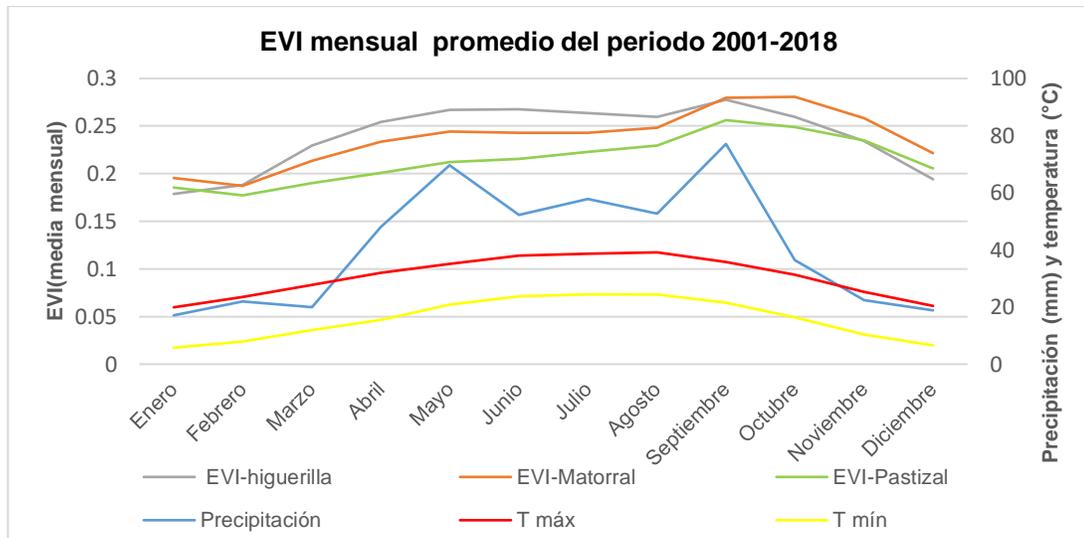


Figura 18. Evolución de EVI promedio mensual del periodo 2001-2018 y su correlación con precipitación media mensual, temperatura máxima y mínima media mensual para tres sitios en la región Norte.

Se aprecia en la Figura 19 que los valores más alto de EVI acontecieron en la zona de pastizal y matorral, sin embargo, durante el 2011 se tuvo una notable disminución, debido a la severa sequía meteorológica presentada en ese periodo y documentada por investigadores (Magaña *et al.*, 2018).

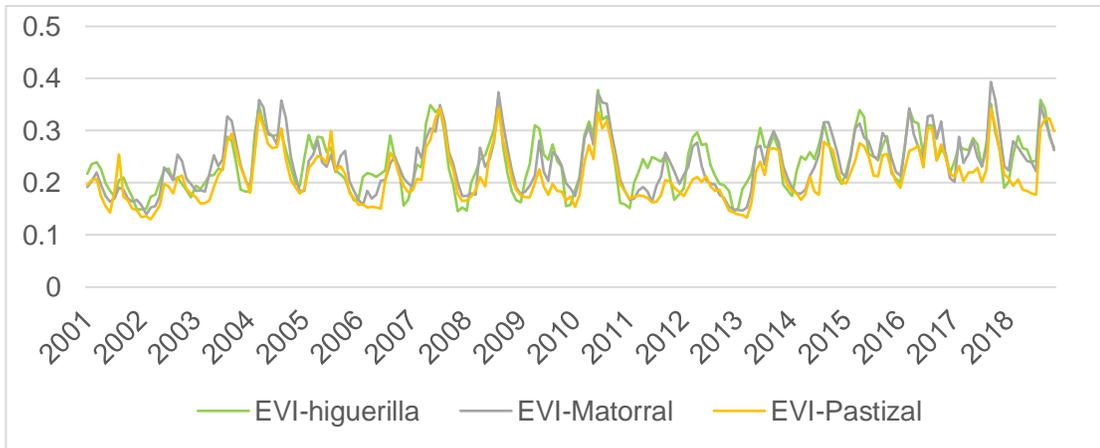


Figura 19. Series temporales de EVI para tres sitios de la región Norte

En la región Sureste los valores mínimos de precipitación acontecieron de noviembre a marzo coincidiendo este período con la respuesta más baja en los valores de EVI, esto se debe a que las diferentes formas de vida como las hierbas anuales, se pierden o entran en estrés. Por otro lado, la máxima precipitación sucedió en julio y los valores máximos de EVI para todos los sitios ocurrieron en septiembre (Figura 20).

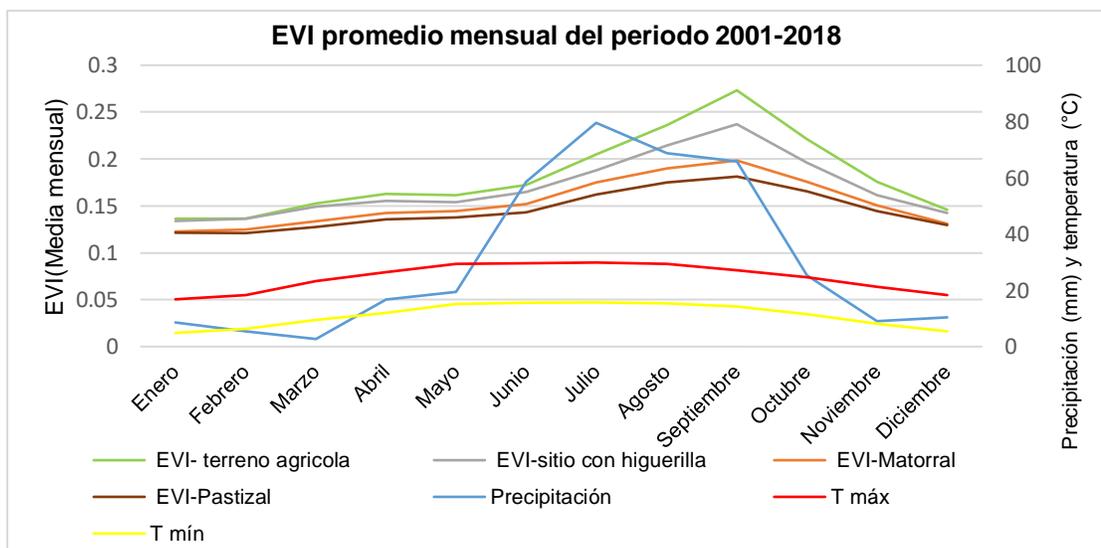


Figura 20. Evolución de EVI promedio mensual del periodo 2001-2018 y su correlación con precipitación media mensual, temperatura máxima y mínima media mensual para tres sitios en la región Sureste.

En la Figura 21 se observa que los valores más altos de EVI corresponden a la zona agrícola, no obstante han tenido una disminución desde el 2015. El sitio con presencia de la higuera tiene uso agrícola, y de acuerdo a los valores máximos de EVI se deduce que se dejó de cultivar durante varios años del periodo analizado.

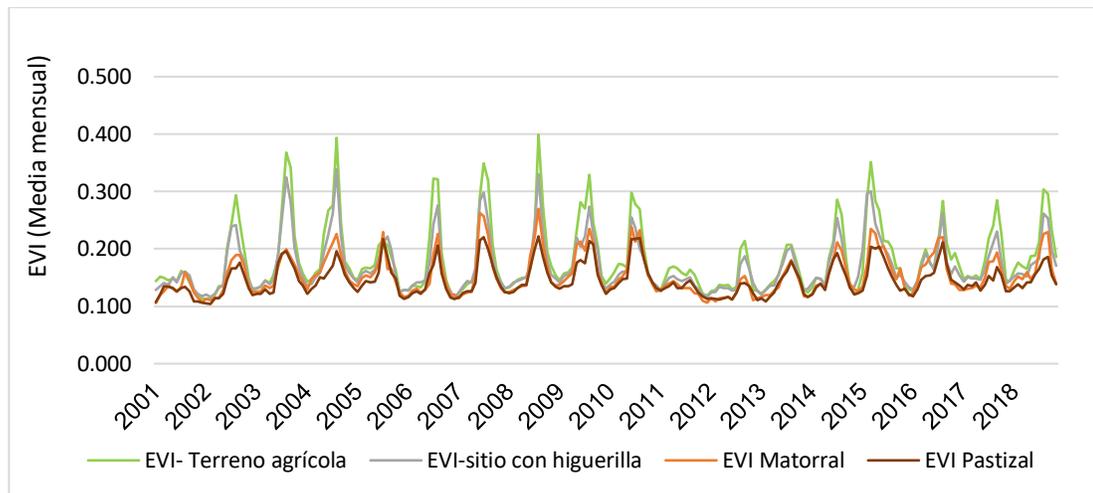


Figura 21. Series temporales de EVI para tres sitios de la Región Sureste.

Durante la Visita a la empresa Ricinomex, se obtuvieron coordenadas de los sitios con cultivo de la higuera con maíz en los municipios la P, y Ejutla de Crespo, Oaxaca. Para los sitios con cultivo, se encontró que el máximo verdor ocurrió en el mes de septiembre, pues de acuerdo a la información proporcionada por un campesino del municipio la P, la fecha de cultivo inicia a finales de julio y coincide con los meses de precipitación prolongada (Figura 22).

En este sitio la higuera tiene comportamiento perenne. Sin embargo, el agricultor refirió que prefiere cultivarla de manera anual, debido a que en condiciones perennes se tienen disminución de la cantidad de aceite en la semilla.

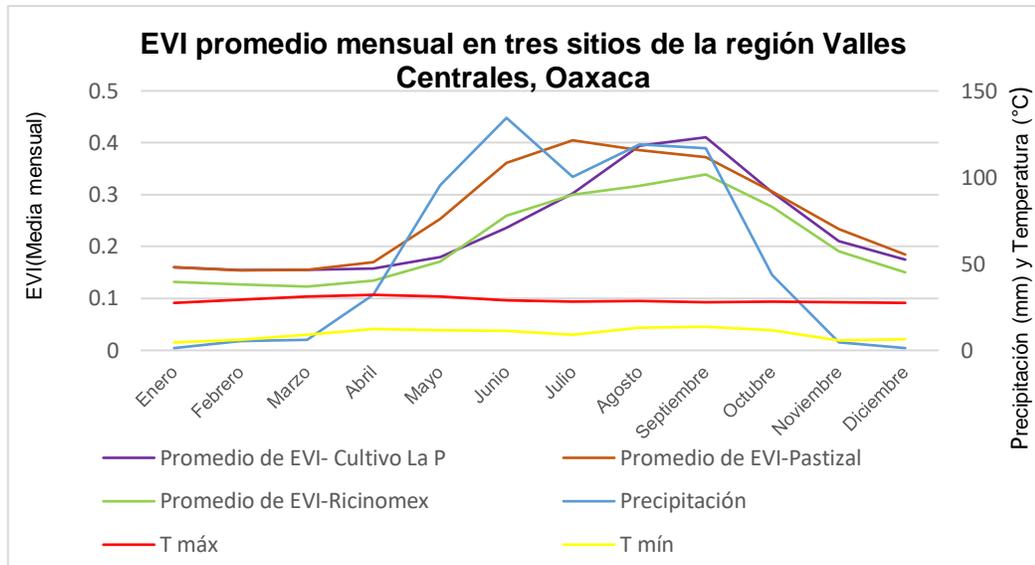


Figura 22. Evolución de EVI promedio mensual del periodo 2001-2018 y su correlación con precipitación media mensual, temperatura máxima y mínima promedio mensual para cuatro sitios de la región Valles Centrales, Oaxaca.

De acuerdo con la Figura 23 los valores más altos de EVI ocurrieron en los sitios con uso agrícola del Municipio la P. La zona de pastizal presentó dos picos de verdor en cada año del periodo analizado.

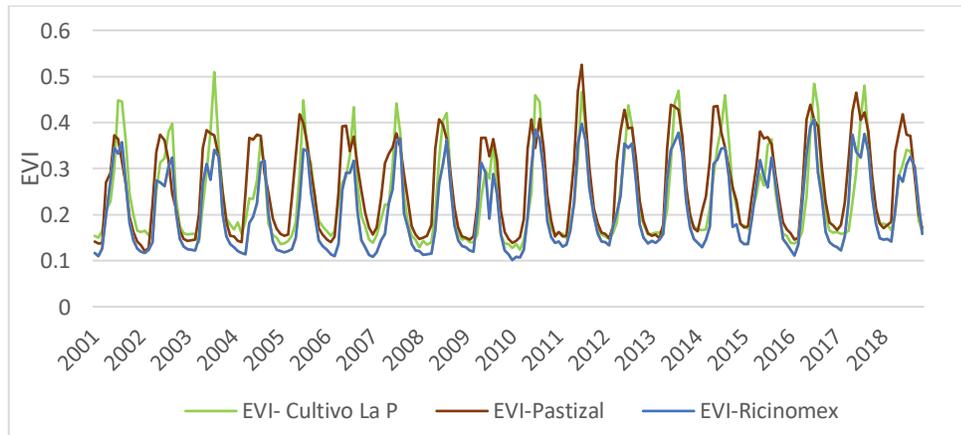


Figura 23. Series temporales de EVI para cuatro sitios de la región Valles Centrales, Oaxaca.

Los valores de EVI reportados para las zonas con presencia de la higuierilla equivalen a un cultivo o zona altamente estresado (Almeida *et al.*, 2006). Por lo tanto, la higuierilla tiene adaptaciones a los bajos niveles de humedad del suelo

en Coahuila. En todos los sitios se encontró que las variaciones de la precipitación se reflejan en el comportamiento temporal de EVI. Este resultado concuerda con lo reportado por Olivares y López (2019), quienes describieron una relación directa de los valores de NDVI con las condiciones climáticas del territorio indígena agrícola de Kashaama, Venezuela.

Los valores de EVI en los sitios de Coahuila son similares con lo reportado por Salinas *et al.*, (2017), quienes analizaron el comportamiento promedio y la tendencia sostenida del NDVI por píxel en la región meridional de la península de Baja California durante el periodo 2001-2015. Encontraron que la mayor parte de la región los valores de NDVI promedio oscilaron entre 0.1 y 0.3.

6.4 IP-Cultural

6.4.1 Análisis del conocimiento etnobotánico

La mayoría de los ejidatarios que fueron entrevistados son de sexo masculino, y sobre todo en la región Norte donde alcanzaron el 90 %. El mayor porcentaje de mujeres encuestadas se obtuvo en región Centro-Desierto (Figura 24). De manera general, solo el 21.4 % de los entrevistados fueron mujeres. En el contexto nacional la titularidad de los derechos parcelarios entre los ejidatarios expresa un fuerte predominio masculino, pues el 80.2 % de los titulares son hombres y solo el 19.8 % son mujeres (Morett y Cosío, 2017).

Lo anterior, se debe a la práctica cultural de adjudicar la parcela al proveedor del hogar, que usualmente es el hombre, las mujeres son marginadas y despojadas de los derechos agrarios (Arias, 2009; Baitenmann, 2007).

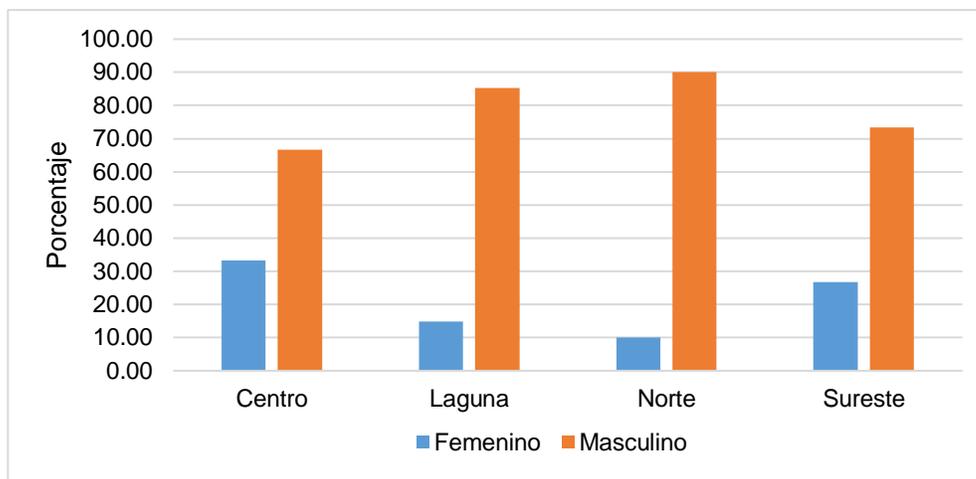


Figura 24. Porcentaje del sexo de los encuestados en 4 regiones de Coahuila, México.

En cuanto al rango de edad, en las cuatro regiones se encontró que, menos del 15 % de la población encuestada tiene entre 20 y 40 años. La mayoría de los encuestados de la categoría de 40-60 años, se ubica en la región Centro-Desierto. El rango de 60-80 años es más representativo en la región Laguna. De manera general, el 80.89 % de los ejidatarios encuestados de Coahuila tiene más de 40 años de edad (Figura 25).

Estos resultados coinciden con el panorama del resto del país, donde la mayoría de los ejidatarios son adultos mayores y no entregan sus propiedades a sus descendientes, porque es su seguro frente a su vejez. La parcela la utilizan para trabajarla, rentarla, venderla, pero también para negociar el apoyo de los hijos, para que los sigan atendiendo (Córdova, *et al.*, 2008; Arias, 2012). Además, en el contexto de Coahuila los ejidatarios comentaron que sus descendientes no tienen interés en trabajar la tierra; la población joven está optando por migrar a las zonas urbanas para trabajar en las industrias.

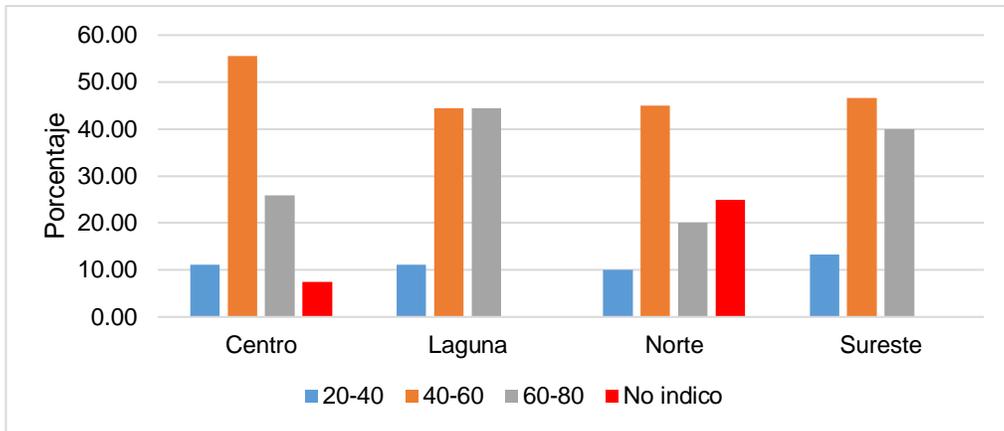


Figura 25. Frecuencia de edad de los encuestados en 4 regiones socioeconómicas de Coahuila, México.

Más del 60 % de los ejidatarios en las 4 regiones tienen educación básica. Se destaca la región Laguna por tener más registros de ejidatarios sin ningún nivel de escolaridad (14.8 %), pero también es la zona con más encuestados con estudios de nivel medio superior. Cabe aclarar que algunos encuestados de la región Centro-Desierto y Norte no indicaron su edad (Figura 26).

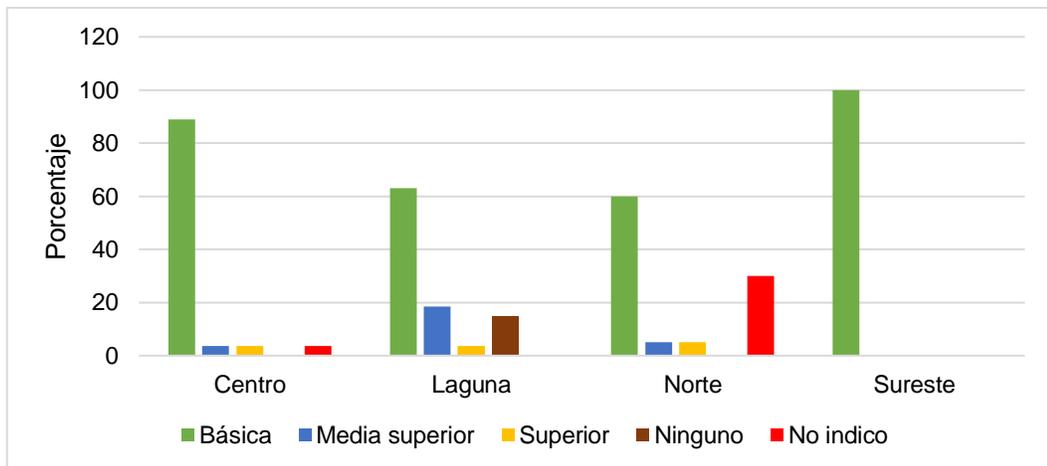


Figura 26. Escolaridad de los encuestados en 4 regiones socioeconómicas de Coahuila, México.

Conocimiento de la existencia de la higerilla y usos locales.

La higerilla es conocida por más del 90 % de los encuestados en la región Centro y región Laguna, en contraste, el 40 % de los ejidatarios en la región Sureste indicaron que no conocen a esta especie. De manera general, el 84% de

los encuestados de la UE si conocen a la especie de interés y le atribuyen el nombre de “higuerilla loca” (Figura 27).

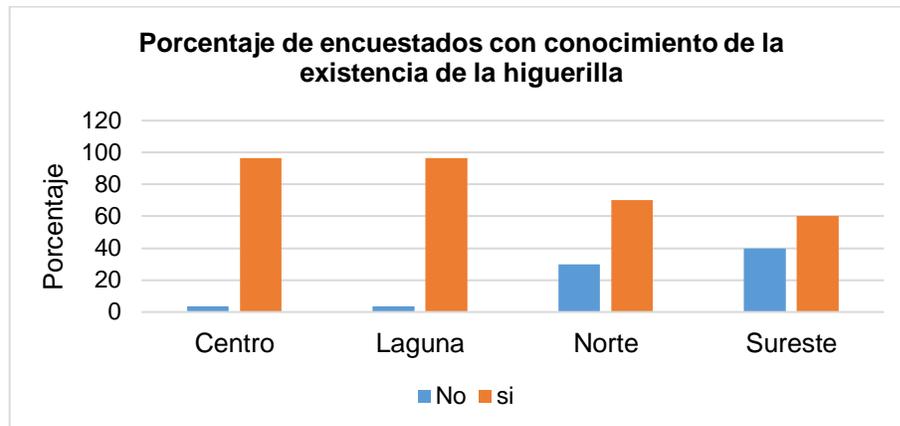


Figura 27. Porcentaje de ejidatarios con conocimiento de la existencia de la higuerilla en 4 regiones socioeconómicas de Coahuila, México.

De acuerdo con la información de los encuestados, la higuerilla crece en sitios cercanos a cuerpos de agua en la región Laguna y región Norte, los cuales pueden ser cerca de canales de riego, ríos o zonas de drenaje; también lo han visto crecer en terrenos agrícolas, principalmente en la región Centro-Desierto. Así mismo, la mayoría de los encuestados en la región Sureste reportaron la presencia de la higuerilla creciendo a orillas de caminos o carreteras (Figura 28).

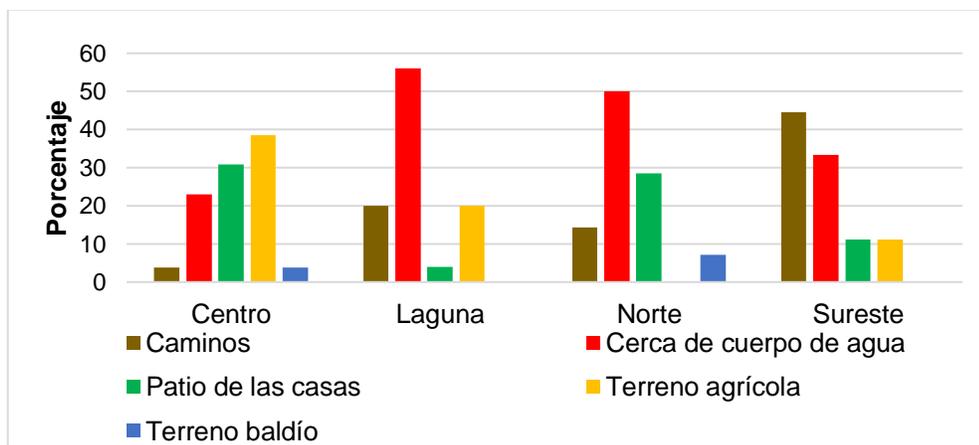


Figura 28. Sitios con presencia de la higuerilla de acuerdo a la información de los ejidatarios en Coahuila, México.

Las especies silvestres de la higuera crecen con comportamiento anual, y las plantas que crecen en los patios de las casas con fines ornamentales, tienen comportamiento perenne.

Los recorridos de campo se hicieron en diferentes periodos, por tal motivo, fue posible observar a la higuera en varios estados fenológicos. Las visitas que se realizaron en la región Sureste y Laguna fue de octubre a diciembre de 2018 y se encontró a tal especie fructificando, en el caso de los recorridos realizados en la región Norte se iniciaron en junio del 2019, y la higuera se encontró iniciando su crecimiento (Figura 29).

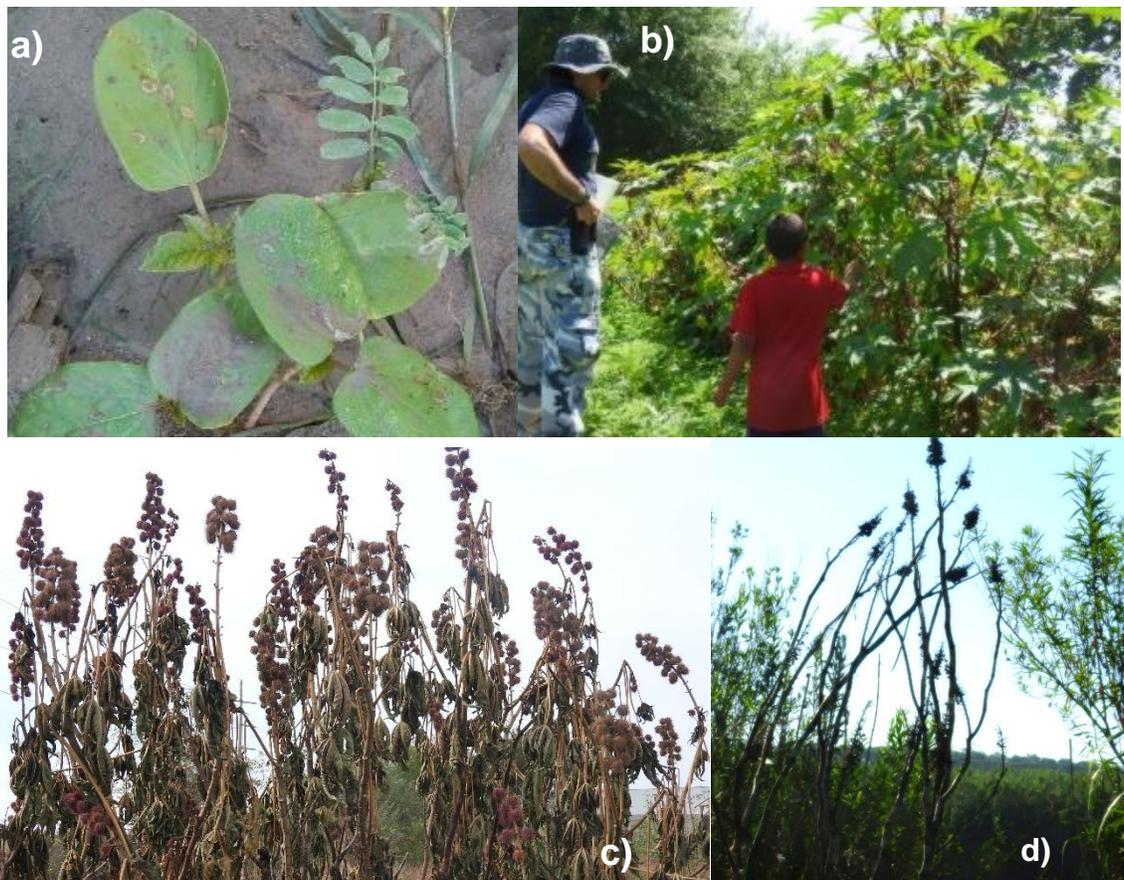


Figura 29. a). Plántulas de la higuera iniciando su crecimiento; b) Higuera en fructificación; c). Planta con frutos maduros de la higuera; d) planta seca de la higuera.

En las cuatro regiones de Coahuila usan la higuera, siendo la Región Centro-Desierto la más representativa con 61.54 % de encuestados que indicaron darle usos, en contraste, el 77.78 % de la población estudiada en la Región Sureste no le dan ningún uso a la higuera y la catalogan como maleza (Figura 30).

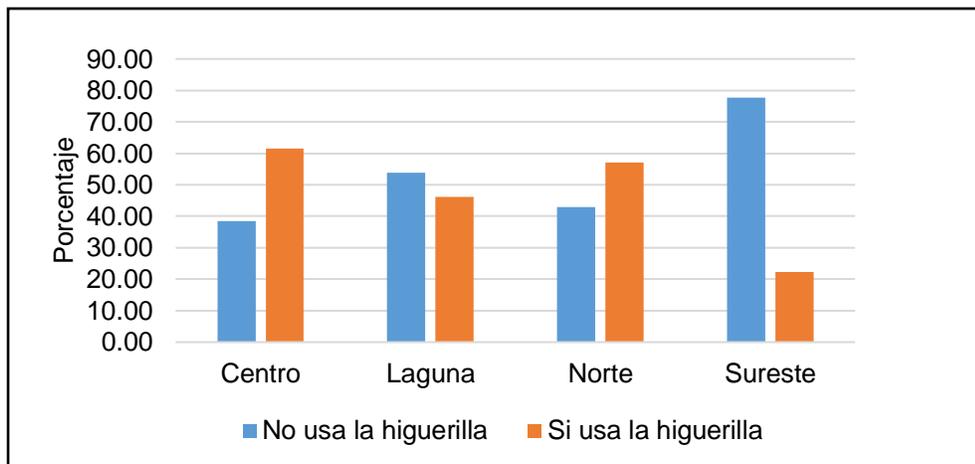


Figura 30. Población encuestada en Coahuila que usa la higuera.

En la región Laguna se encontró mayor diversidad en las fracciones de la planta utilizada, se aprovecha desde las hojas, tallos, semillas y planta completa. En contraste, los encuestados de la región Norte y Centro indicaron que únicamente aprovechan la planta completa (Figura 31).

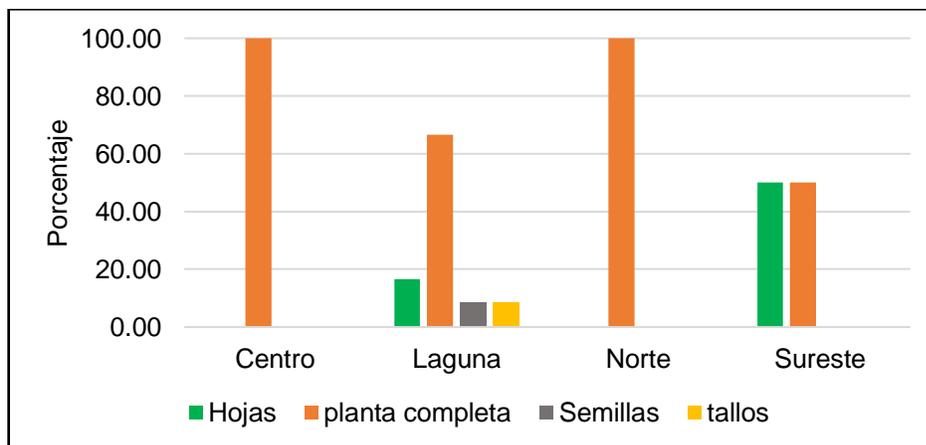


Figura 31. Partes de la higuera utilizada en las 4 regiones socioeconómicas de Coahuila, México.

El uso más frecuente de la higuera es como repelente de los topos en los cultivos agrícolas, los encuestados indicaron que siembran a la higuera, ya sea en el patio de sus casas o en el contorno de sus tierras agrícolas (Figura 32). Esta información etnobotánica ha sido transmitida por vecinos de la zona, excepto un encuestado de la región Laguna indicó que el conocimiento lo adquirió de los menonitas de Chihuahua. La efectividad de la higuera como repelente de animales se debe al alcaloide llamada ricina, y se sintetiza a partir del ácido nicotínico (Bullangpoti *et al.*, 2011).



Figura 32. La higuera como repelente de topos para hortalizas del patio de las casas de Coahuila México

En la Región Laguna los encuestados reportaron varios usos para la higuera, además de usarse como repelente (33.33 %), se utiliza como dendroenergético (8.33%), aunque su poder calorífico no es alto, también se emplea en la medicina veterinaria (8.3 %), para este último, las personas añaden el aceite de las semillas a la comida del cerdo y servirá como laxante para desparasitarlos (Figura 33).

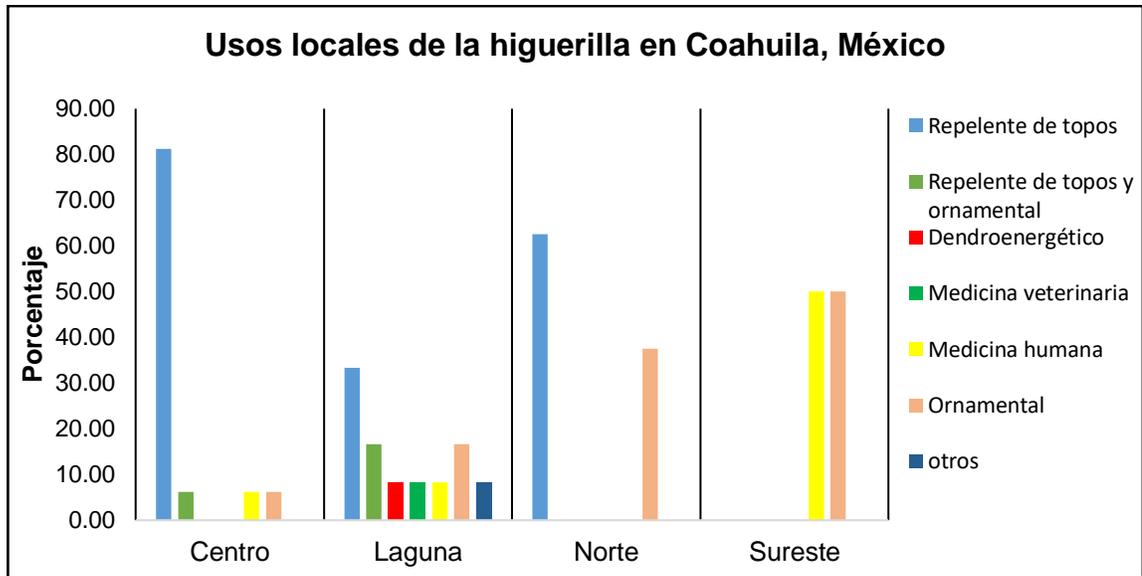


Figura 33. Usos locales de la higuierilla en 4 regiones socioeconómicas de Coahuila, México.

En la región Sureste se reportó el uso de la higuierilla para la medicina humana, lo emplean para cólicos menstruales, quitar calambre y dolor de talones. Los entrevistados indicaron que el modo de uso consiste en calentar las hojas con aceite de olivo o aceite comestible y colocarlas en cataplasma sobre la parte requerida. El conocimiento lo han adquirido de sus familiares.

La higuierilla debido a su plasticidad, comportamiento perenne y variabilidad en el color de las hojas es apreciada para fines ornamentales, en el área de estudio los encuestados indicaron estas características refiriéndose con el término “crece sola”, siendo más valorada y apreciada a las plantas con hojas o frutos de color rojizo (Figura 34).

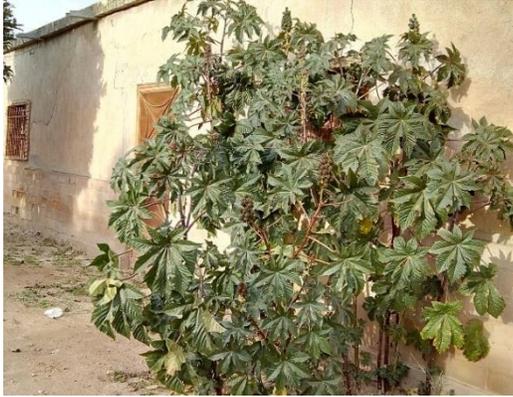


Figura 34. Uso de la higuera con fines ornamentales en Coahuila, México.

Se tiene descrito más de 500 usos de la higuera, sin embargo, la edición 2007 de Records Guinness World clasificó a *Ricinus communis* como la planta más venenosa del mundo. Entre las personas muertas como víctimas de esta planta es Markov, periodista del servicio mundial de la BBC y crítico del régimen comunista, murió después de ser inyectado ricina mientras se encontraba en una parada de autobús en Londres (Knight, 1979; Small, 2011).

De manera general, el 49 % de los encuestados en el estado de Coahuila comentaron que si conocen a la higuera, pero no le dan ningún uso. Además, es categorizada como maleza, por lo tanto, cuando los ejidatarios encuentran a la especie en sus tierras de cultivo la eliminan (Figura 35).



Figura 35. Higuera encontrada en la región Sureste categorizada como maleza.

El uso de las plantas con fines medicinales y alimenticios está asociado a la diversidad vegetal y riqueza cultural, por ello, las comunidades rurales indígenas son reconocidas por poseer grandes conocimientos tradicionales en el uso de las plantas (Velázquez *et al.*, 2019). Oaxaca, Chiapas, Veracruz y Guerrero son los estados con mayor diversidad florística y población indígena (Villaseñor, 2014; INEGI, 2015). Por tal razón, en estos estados la higuierilla tiene más de 15 usos etnobotánicos (INI-UNAM, 2009).

6.4.3 Análisis de la disposición para aprovechar la higuierilla

Principales cultivos agrícolas en el área de estudio

Se describieron cinco principales grupos de cultivo en el área de estudio y se destacó la CL por la diversidad de cultivos, como son: el forraje, hortalizas, frutales (palma datilera y nuez) y cultivos industriales como el algodón y sorgo escobero (Figura 36). En la región Centro-Desierto y región Norte más del 80% de los encuestados señalaron que se dedican al cultivo de forraje como es el trigo, avena, alfalfa y sorgo.

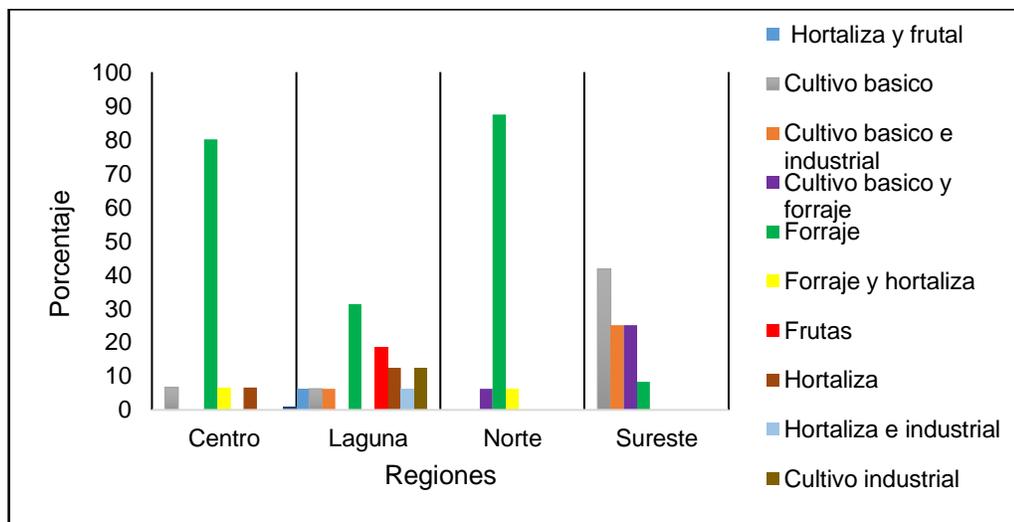


Figura 36. Principales cultivos agrícolas de los encuestados en 4 regiones socioeconómicas de Coahuila.

La mayoría de los encuestados tiene sus cultivos agrícolas en parcelas cuyo tamaño oscila de 1 a 5 ha, excepto en la región Norte, donde la categoría más

representativa es de 10 a 20 ha. Únicamente en la CL se cultiva en terrenos con superficies mayores a 20 ha (Figura 37).

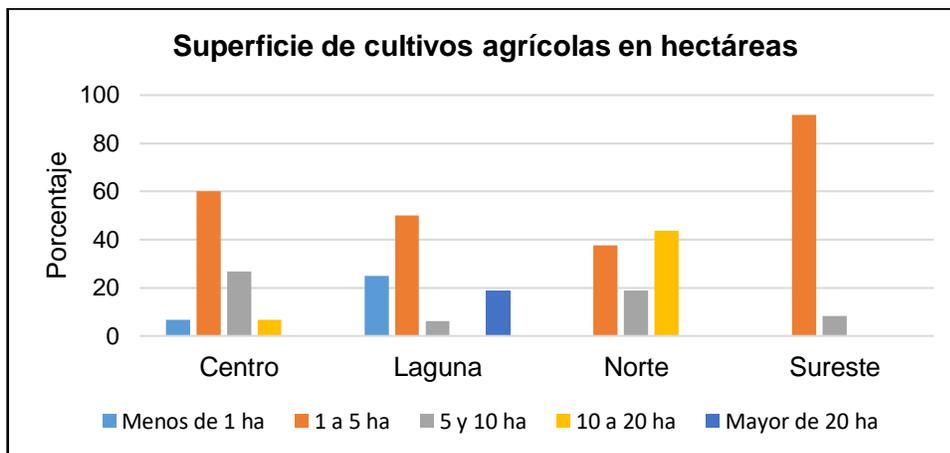


Figura 37. Superficie de cultivo agrícola de los ejidatarios encuestados en Coahuila, México.

Los sujetos agrarios de la región Centro-Desierto y Sureste comentaron que más del 50 % del producto de sus cultivos lo utilizan para autoconsumo, por el contrario, en la región Laguna más del 88 % de sus cultivos es para venta, los productos comercializados son: algodón, melón, palma datilera y forrajes (Figura 38).

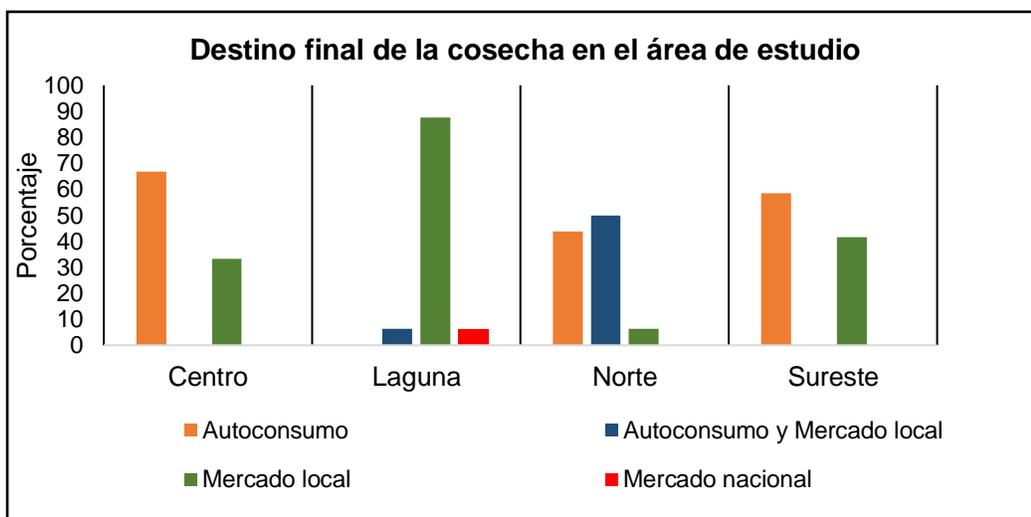


Figura 38. Destino final de la cosecha agrícola de los ejidatarios encuestado en Coahuila, México.

En toda la UE se encontraron ejidatarios sin cultivos agrícolas, el porcentaje de las personas en esta categoría es del 20 % para la región Sureste, 21.1 % para la región Centro-Desierto, y un máximo de 27.3 % para la Región Laguna y Norte. Con base en la Figura 39, una de las causas por las que no cultivan es la falta de agua en la región Centro-Desierto, en menor proporción tanto en la región Centro como en la región Norte prefieren dedicarse a la ganadería en modalidad de agostadero. En las demás regiones la mayoría de los ejidatarios indicaron que ya vendieron sus terrenos parcelados.

La venta de terrenos parcelados han cobrado importancia en años recientes, sin embargo, las operaciones de traspaso y venta de tierra ejidal era evidente desde la década de 1960 (Plata, 2013). En este sentido, Mazuera (2019) afirman que el mercado de tierras ejidales de forma legal se favoreció desde 1992, cuando el programa PROCEDE otorgó la posibilidad a los ejidatarios en su conjunto de optar por la disolución del ejido y para los ejidatarios individuales de obtener el dominio pleno sobre su parcela.

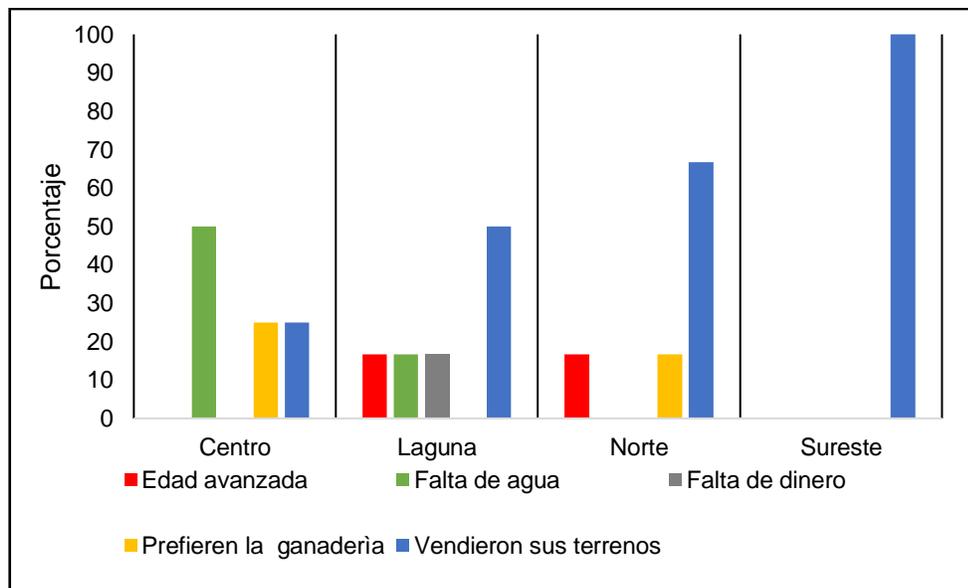


Figura 39. Motivos por las que no cultivan los ejidatarios encuestados de Coahuila

De los encuestados con cultivos agrícolas, se destacó la región Laguna porque el 62 % de los encuestados expresaron que cultivan todas sus tierras parceladas,

por el contrario, en la región Sureste solo el 16.7 % de los encuestados indicaron que realizan actividades agrícolas en estas tierras. Mientras que en la región Centro y Norte es el 40 % y 50 % respectivamente.

El censo ejidal 2009 realizado por el INEGI describió que en Coahuila no todas las tierras parceladas se encuentra sembrada, y reportó un 34% de estas tierras parceladas con agricultura, ubicando a Coahuila entre los estados con nivel bajo; solo seis estados de la República Mexicana se encuentran en el nivel alto de superficie parcelada con uso agrícola, y destinan más de 88 % del total de dicha área para sembrar (Morett y Cosío, 2017).

La principal limitante para cultivar el total de tierras parceladas es la falta de agua; los ejidatarios también argumentaron que no tienen dinero para abrir pozos profundos e instalar sistema de riego. En este sentido, Ávila (2019) establece que, una de las causas del decremento del sector agropecuario es la poca capacidad financiera y la falta de créditos rurales. En menor porcentaje en la región Norte y Sureste han optado por usar el terreno para agostadero (Figura 40).

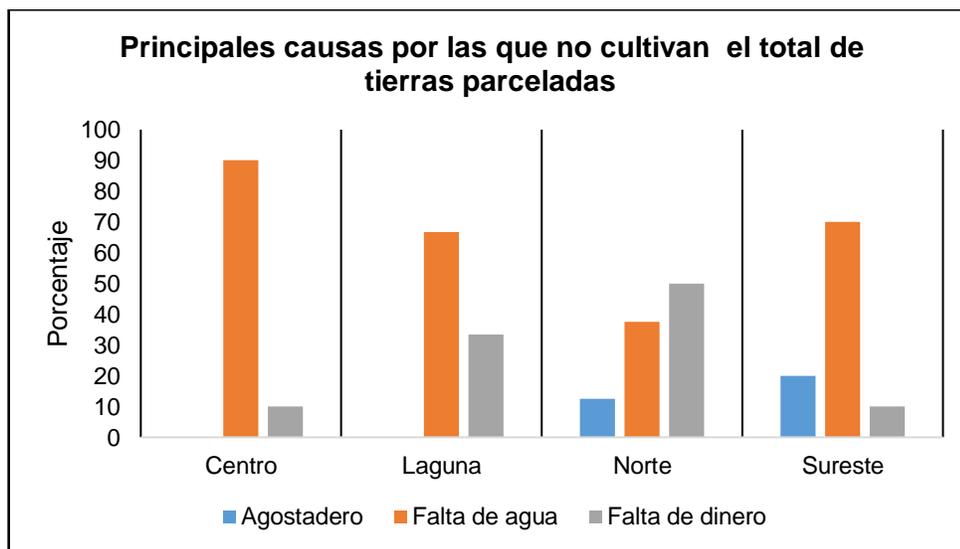


Figura 40. Principales motivos enlistados por los ejidatarios para no cultivar el total de las tierras parceladas.

Disposición de los ejidatarios para cultivar higuera

Con base en las encuestas realizadas a los ejidatarios se evidenció que la categoría de total disposición se encuentra mejor representada en la región Laguna y Norte, con el 40.9 % y el 36.4 % respectivamente. Mientras que la clase de media disposición fue la más mencionada por el 63.2 % los ejidatarios de la región Centro. El lugar con mayor porcentaje en la categoría de baja disposición es la región Sureste (Figura 41). En promedio en las 4 regiones el 30.7 % indicaron que tienen baja disposición para cultivar higuera.

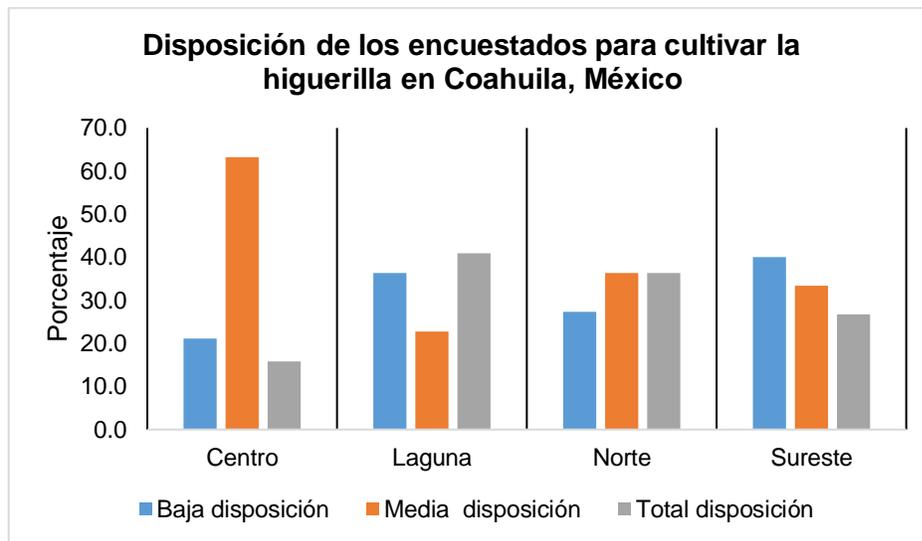


Figura 41. Análisis de la disposición de los encuestados para aprovechar la higuera en Coahuila, México.

Entre los motivos enlistados de la baja y media disposición de los encuestados para cultivar higuera, se encontró el desconocimiento de la rentabilidad económica de la higuera, especialmente en la región Centro. El segundo motivo nombrado es que la mayoría de los ejidatarios ya vendieron las tierras parceladas, principalmente en la región Laguna. Por otro lado, también se mencionó la falta de conocimiento del manejo agronómico. Cabe destacar que los ejidatarios comentaron que tienen disponibilidad de tiempo para recibir capacitación respecto a los requerimientos de la especie.

En las cuatro regiones de estudio, en promedio el 32.5 % de los agricultores encuestados se ubican en un rango de edad de 60 a 80 años, en consecuencia, también argumentaron que su edad avanzada es el motivo principal para tener baja disposición para aprovechar la higuera. En la región Norte el 40 % de los agricultores encuestados prefiere dedicarse a la ganadería (Figura 42).

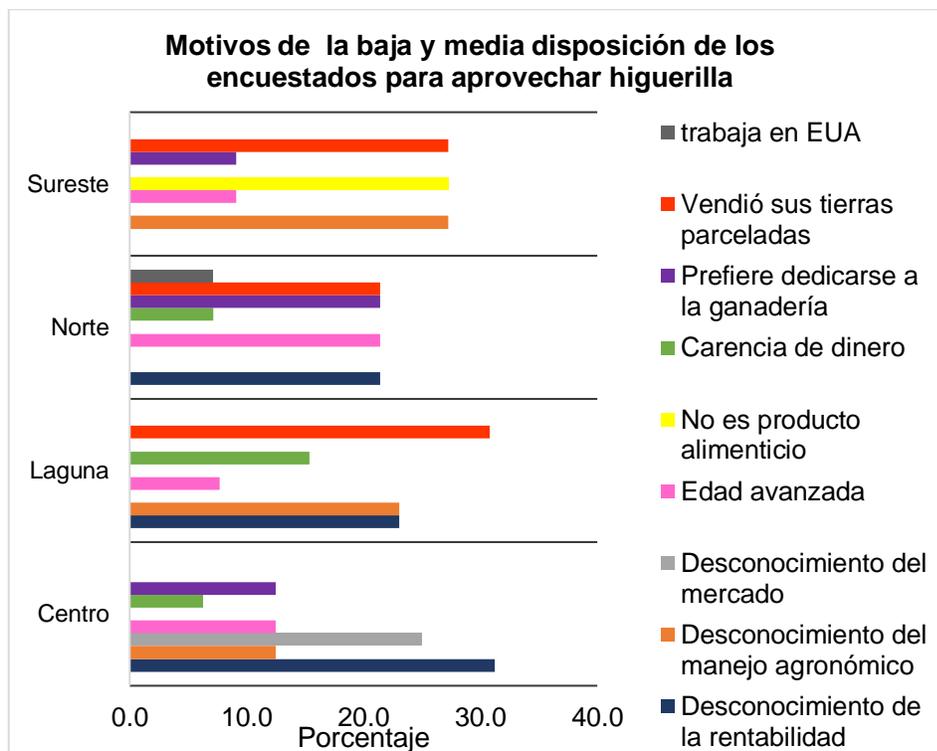


Figura 42. Principales motivos de baja y media disposición de los encuestados para aprovechar higuera en Coahuila, México.

Los encuestados con total disposición para cultivar la higuera, argumentaron varios motivos; en el caso de los ejidatarios de la región Laguna y Centro explicaron que la higuera tiene bajas exigencias en la cantidad de agua. Por su parte, la mayoría de los ejidatarios de la región Norte y Sureste indicaron que al iniciar con una alternativa de cultivo como la higuera podrían tener oportunidad de subsidio gubernamental como el PROAGRO Productivo (PROAGRO) antes el Programa de Apoyos Directos al Campo PROCAMPO (Figura 43).

Por otro lado, en menor porcentaje, mencionaron que su alta disposición se debe a la posibilidad de tener bajos costos de producción al cultivar higuera; sus

cultivos actuales tienen altos costos de producción debido al precio elevado de electricidad para extraer el agua subterránea para riego.

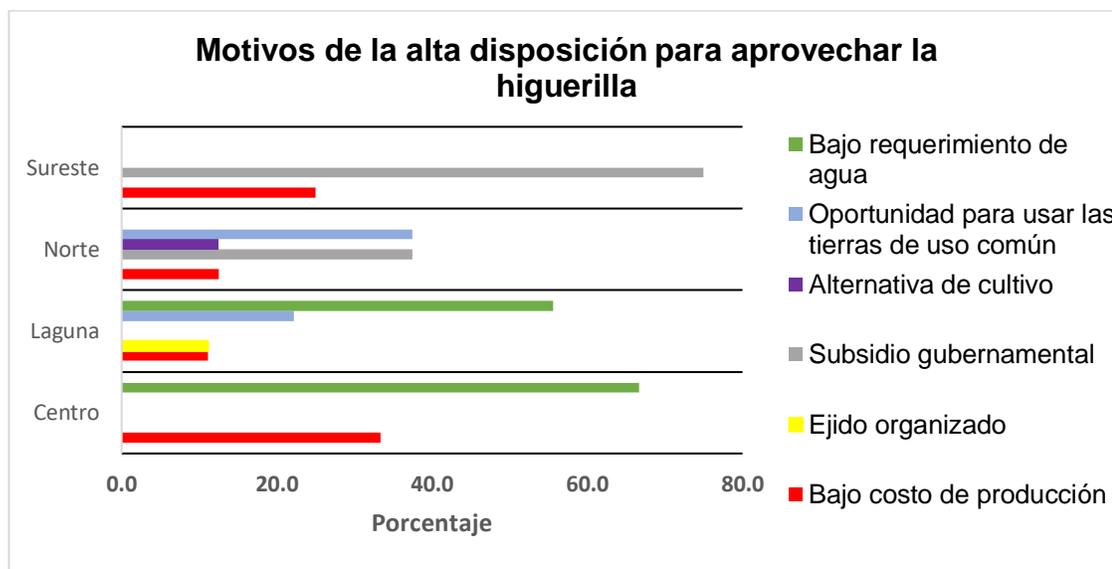


Figura 43. Principales motivos enlistados por los ejidatarios para aprovechar la higuierilla.

Análisis de la encuesta para prueba de independencia entre las categorías de estudio

En el Cuadro 14 se indica que no existe relación significativa entre los ejidatarios que usan la planta de la higuierilla y su disposición para cultivarla ($p > 0.05$). Por otro lado, si hay una asociación significativa entre la tenencia de la tierra y la disposición para cultivar higuierilla ($p < 0.013$); los encuestados con tierras parceladas y comunales tienen mayor disposición para cultivar higuierilla, respecto a los que únicamente poseen tierras comunales.

Parte de lo anterior, se explica en La Ley Agraria, esta normatividad estipula que para aprovechar las tierras de uso común en términos de cultivos comerciales, debe estar aprobado por la mayoría de los ejidatarios. Además, en su mayoría estas tierras son utilizadas de manera colectiva para pastoreo y extracción de los recursos forestales (de Ita, 2019).

Cuadro 12. Rangos promedios y nivel de Significancia (Probabilidad) por pregunta de encuesta realizada ejidatarios del estado de Coahuila.

Pregunta	Respuesta	Rangos promedios*	Probabilidad**
Conoce la higuera	no	41.30 ^a	0.720
	si	39.07 ^a	
Usa la higuera	no	39.50 ^a	1.000
	si	39.50 ^a	
Tenencia de la tierra	Parcelada y uso común	41.22 ^a	0.013*
	Uso Común	24.77 ^b	

*Rangos promedios de la Prueba de Mann-Whitney

** Promedios con la misma letra representa efectos iguales

En el norte del país, existe el mayor número de ejidos con tierras de uso común, de manera particular en Coahuila el RHAN (2019), estimó que el 62.5 % de las tierras ejidales son uso común. Existe un uso y acceso diferenciado a los recursos comunes, son pocos los ejidatarios que acceden a esas tierras para beneficiarse de sus recursos, y quienes lo hacen, son los ejidatarios dedicados a la ganadería (Pérez, 2004).

Lo anterior ha conllevado al fenómeno llamado la “tragedia de los comunes” que describe una situación en la que los individuos, motivados solo por sus intereses particulares, acaban sobreexplotando un recurso limitado que comparten con otros individuos. (Hardin, 1968). Ante este panorama es necesario regular el uso de las tierras comunales usadas como agostadero a fin de disminuir los problemas de erosión del suelo.

Según la prueba de Kruskal-Wallis indicado en el Cuadro 15, únicamente se encontró relación significativa entre las hectáreas de cultivo y la disposición para cultivar higuera ($P \leq 0.05$), encontrándose que se tiene baja disposición por parte de los ejidatarios sin cultivos agrícolas respecto a los que tienen terrenos en la categorías de menor o igual a 5 ha ($P \leq 0.039$), y mayor a 5 ha ($P \leq 0.03$).

Finalmente, en el aspecto de la actividad de agrícola, a pesar de que el cultivo predominante por parte de los ejidatarios en Coahuila es el forraje, no se tienen

diferencias significativas entre los tipos de cultivos agrícolas y la disposición para cultivar higuera (p>0.05).

Los ejidatarios son propensos a adoptar nuevas alternativas de cultivos a lo largo del tiempo. Por ejemplo, el cultivo de algodón en la CL, ya no es rentable, debido al abatimiento sistemático del manto freático, lo que incrementó considerablemente la profundidad y el costo de extracción de agua para riego, además el mercado del agua no es homogéneo (Ramírez *et al.*, 2019). Por otro lado, los ejidatarios que se dedican a la ganadería caprina expresaron estar inconformes con el precio de venta de la leche de cabra, y aproximadamente es de \$5 MXN/l.

Cuadro 13. Resultado del análisis de diferencia con la prueba de Prueba de Kruskal-Wallis

Pregunta	Respuesta	Rangos promedios*	Probabilidad
Región	Sureste	35.9	0.83
	Norte	41.95	
	Centro	38.08	
	Laguna	40.73	
Actividad agrícola	Cultivo de hortaliza y frutal	66.5	0.18
	Cultivo básico	39.5	
	Cultivo básico e industrial	53	
	Cultivo básico y forraje	26	
	Cultivo de forraje	42.88	
	Cultivo de forraje y hortaliza	39.5	
	cultivo de frutal	48.5	
	Cultivo de hortaliza	48.5	
	Cultivo de hortaliza e industrial	66.5	
	Cultivo industrial	39.5	
	No cultiva	28.13	
	Destino de la cosecha	No cosechan	
Autoconsumo		41.75	
Autoconsumo y mercado local		39.5	
Mercado local		44.9	
Mercado nacional		66.5	
Hectáreas de cultivo	Nada (0 ha)	28.13	0.015*
	Poco (<= 5 has)	40.88	
	Mucho (>5 has)	47.6	

Donde K= Prueba de Kruskal-Wallis; p= significancia estadística; * = diferencias estadísticas significativas (P<0.05).

Con base en el resultado anterior, se formuló el IP-Cultural, se cuantificaron 808,524 ha en la categoría muy alta y representan el 12.43 % de las superficies ejidales de la UE. En La región Centro se calculó la mayor superficie en esta categoría con 202,977 ha, sin embargo, no es una zona con alta productividad en el sector agrícola, debido a que la mayoría de las personas jóvenes han abandonado el campo para emplearse en zonas rurales (Figura 44).

En la categoría media se obtuvieron 658,774 ha y representan el 10.13 % de la superficie ejidal, la región Sureste es la zona con mayor superficie en esta categoría con 198,987 ha (Figura 44).

En la categoría no apta se determinaron 5,036,352 ha de la UE, y el 42.83 % de esta categoría se encuentra en la Región Centro, con 2,157,361 ha. Cabe mencionar, que esta región se caracteriza porque la mayoría de sus tierras ejidales son Matorrales y se ubican principalmente en el municipio de Ocampo, y la actividad principal es la extracción de cera de Candelilla (Aguirre *et al.*, 2019)

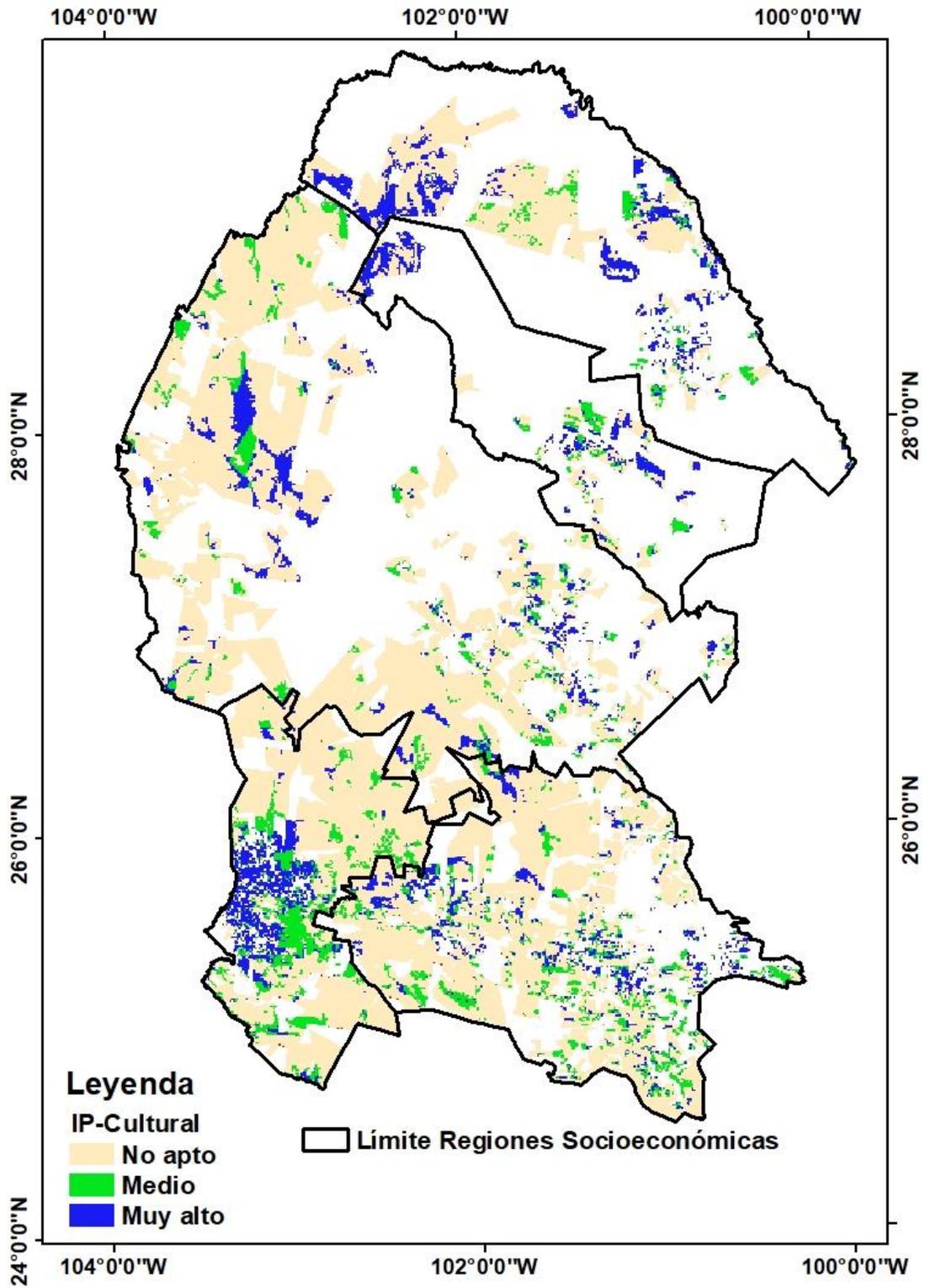


Figura 44. IP-Cultural para el cultivo de la higuera en tierras ejidales de Coahuila

Caso de éxito de cultivo de la higuera: Ricinomex

La empresa Ricinomex se fundó en 2015 con el objetivo de establecer 2,157 ha de cultivo de la higuera. Debido a que el proyecto es reciente, solo produce aceite para cosméticos y la torta de la higuera comercializada como fertilizante y se considera buena para cultivos de periodo corto.

La torta que resulta del prensado de las semillas para la obtención de aceite de la higuera, contiene 5.5 % de grasa, 20.4 % de proteína, 24 % de carbohidratos y 10.5 % de minerales, estas características son recomendadas para alimento del ganado (Mazzani, 2007). En el caso del Norte de México esta materia prima sería de gran utilidad para alimento del ganado bovino y caprino.

Con el propósito de lograr que esta siembra tenga alta aceptación para cultivarse por parte de los productores rurales, en Ricinomex desarrollaron paquetes tecnológicos para el cultivo intercalado de la higuera con maíz, agave mezcalero, calabaza y frijol (Figura 45).



Figura 45. Cultivo de maíz con higuera en Valles Centrales, Oaxaca.

Existen varios trabajos donde reportan asociaciones de la higuera a ciertos cultivos como maíz, frijol (Rodríguez y Zamarripa, 2013), sorgo (Correa *et al.*, 2006); cacahuete (Távora *et al.*, 1988). Esta asociación tiene varias ventajas, entre las que se destaca la disminución del costo de producción, debido a la reducción del control de malezas, y además, contar con la posibilidad de obtener

otros ingresos económicos entre la siembra y cosecha de la higuierilla (Furtado *et al.*, 2014).

6.5 IP-Ambiental de la higuierilla

En la UE el IP-ambiental para cultivar higuierilla se estructuró en cinco categorías. En la categoría muy alta se cuantificaron 114,300 ha de terreno y corresponden al 1.76 % de la UE (Cuadro 16). De esta categoría el 61.07 % se localiza en la región Norte y el 33.6 % en la región Sureste. Esta clase incluye a las tierras parceladas con condiciones edafológicas, topográficas y climáticas adecuadas para tener rendimientos máximos de la higuierilla (Figura 46).

Se tienen varios datos de rendimientos de cultivo de la higuierilla bajo condiciones óptimas; en el cultivo experimental establecido en Sinaloa se reportan producciones de hasta 3000 kg/ha (Valencia *et al.*, 2019); en Chiapas realizaron un estudio de rendimiento de 20 colectas de la higuierilla, encontraron producciones de 1,440 a 2,500 kg/ha de semilla (Grajales *et al.*, 2009).

En la categoría de aptitud ambiental alta se determinaron 659,100 ha de tierras ejidales, las mayores superficies de esta categoría se localizan en la región Centro y Sureste con el 26.87 % y 25.49 % respectivamente (Cuadro 16). En esta zona se incluye a los sitios con condiciones óptimas de edafología y topografía, pero con precipitación entre 200 y 350 mm, y para lograr mejores rendimientos se requiere de riego adicional.

En un estudio publicado por Severino y Auld (2013) los rendimientos de semilla de la higuierilla se incrementaron 10 veces, desde 232 kg hasta 2.758 kg/ha, aumentando el agua suministrada a través del riego en sitios con precipitación de 188 mm.

En la categoría media se calcularon 688,298 ha, y las mayores superficies se localizan en la región Centro con 204,529 ha y en la región Laguna con 200,845 ha. En esta categoría se incluye a los suelos modernamente drenados, con profundidades menores a 100 cm, ligeramente pedregosos, alcalinos; y altitudes

entre 1800 a 2500 msnm con precipitaciones inferiores a 350 mm. Para mejorar el rendimiento de cultivo en esta categoría, se requeriría de un sistema de preparación especial del terreno para la siembra y de riegos durante el cultivo (Figura 46).

En la categoría de aptitud ambiental baja se cuantificaron 5,600 ha de tierras, y representa el 0.09 % de la UE. En esta zona los suelos son de texturas gruesas, fuertemente pedregosos, pH superior a 8.5 ubicados en pendientes mayores al 25 %. Lo anterior conlleva a tener baja rentabilidad ambiental y económica para establecer cultivos en estas zonas (Cuadro 16).

Por otro lado, 5,036,353 ha de la UE no tiene condiciones ambientales para cultivar a la higuera. En esta categoría se incluye a los terrenos ejidales en su mayoría de uso común, ubicados en zonas con presencia de bosque y matorrales. Los usos actuales de esta vegetación son para extracción de productos forestales y como agostadero para el ganado bovino y caprino (Figura 44).

Cuadro 14. Superficie con aptitud ambiental para cultivar higuera en las tierras ejidales de Coahuila

Categoría	Región Norte	Región Sureste	Región Laguna	Región Centro	Región Carbonífera
No apta	528,896	1,311,022	906,315	2,157,361	132,759
Baja	300	500	0	500	4,300
Media	41,497	162,566	200,845	204,529	78,861
Alta	126,200	168,000	158,100	177,100	29,700
Muy alta	69,800	38,400	0	6,100	0
Total	766,693	1,680,488	1,265,259	2,545,590	245,620

Fuente elaboración propia

En el estudio realizado por Gómez *et al.*, (2014) para el estado de Hidalgo, encontraron que en condiciones de temporal existen 185,654 ha con categoría baja para cultivar higuera. La superficie total para el potencial medio fue de 267,160 ha y representan el 59 % de la superficie total, sin embargo, en condiciones de riego cuantificaron 289,801.21 ha con condiciones óptimas.

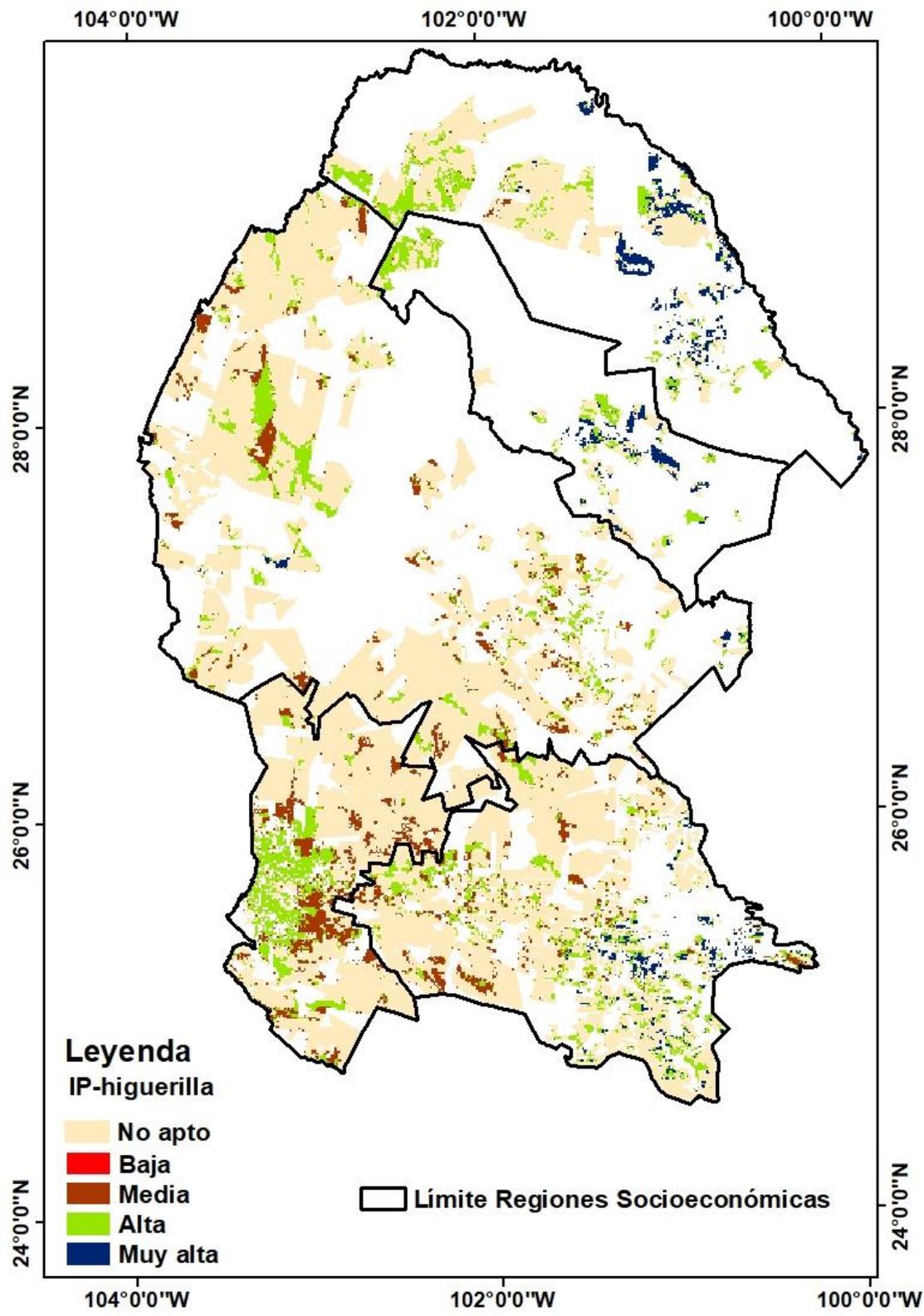


Figura 46. IP-higuerilla en las tierras ejidales de Coahuila.

La metodología desarrollada en este trabajo se diferencia de los demás estudios, porque se realizó para tenencia de tierras ejidales e incluyó el análisis de disposición de los sujetos agrarios. En contraste, los estudios realizados por el INIFAP (2012), en su investigación denominada potencial productivo de especies agrícolas de importancia socioeconómica en México se limitó al análisis de variables ambientales.

Se ha demostrado que los proyectos de planificación de usos del suelo que excluyen la participación de la sociedad no logran consolidarse con éxito en todos los niveles. Un ejemplo es el Plan Chontalpa ejecutado en Tabasco, cuyo objetivo fue realizar unión de ejidos para colectivizar la producción agrícola. En este caso, todas las decisiones fueron tomadas por las autoridades sin consultar previamente a los beneficiarios, generó resistencia por parte de los ejidatarios conllevando al fracaso del proyecto (Fraser y Restrepo, 1996).

Existe amplia información referente a los requerimientos ambientales para el cultivo de la higuera, debido a la variabilidad genética de la especie según las condiciones ambientales del lugar. Por ello, es importante evaluar y determinar el potencial de los silvestres, para seleccionar para cultivo a los mejores genotipos de la región (Goytia *et al.*, 2011).

En esta metodología se incluyó información edáfica obtenida de los sitios con presencia de la higuera en Coahuila, sin embargo, hace falta evaluar las semillas de las especies silvestres en condiciones de cultivo, para seleccionar el mejor en términos de productividad.

7. CONCLUSIONES

La metodología del presente estudio implicó la evaluación de las variables ambientales y la disponibilidad de los sujetos agrarios para el cultivo propuesto. De este modo se cuantificaron 114,300 ha de tierras ejidales con condiciones muy altas para cultivar *Ricinus communis*.

Por otro lado, se encontraron especies silvestres de la higuera en Coahuila en rangos de salinidad superiores a lo reportado por varias investigaciones que, tradicionalmente, han considerado propicios para su cultivo. Por esa razón, se recomienda que los estudios de aptitud ambiental para esta especie además de incluir información de literatura se calibren con datos obtenidos en sitios con presencia de la higuera en la región de estudio.

Los valores del Índice de Vegetación Mejorado descritos para los sitios con presencia de la higuera en Coahuila, indican que la especie tiene alta adaptación a las condiciones de baja humedad del suelo.

Las tierras con baja productividad para cultivar higuera, tienen como principal limitante las escasas precipitaciones, por tal razón, requerirían de riegos auxiliares para tener mayor rendimiento. A pesar de lo señalado anteriormente, existen suficientes tierras con aptitud ambiental muy alta para cultivar higuera en Coahuila, pues de acuerdo a datos proporcionados por Ricinomex, se necesita entre 2000 y 2500 ha de cultivo de la higuera para que sea viable técnica y económicamente.

La higuera como cultivo es una alternativa para incrementar el uso de las tierras parceladas principalmente cuando se experimentan sequías agrícolas, y junto con esto disminuir la migración de las persona en la búsqueda de empleo hacia las zonas urbanas del país y a Estados Unidos.

El campo rural de Coahuila debe ser apoyada en subsidios y capacitación sobre alternativas de cultivos, para disminuir el mercado de tierras ejidales.

8. LITERATURA CITADA

- Aguirre, L., Tobón, G. y Mendoza, R. 2019. Dinámica de las regiones de Coahuila: Entre las fuerzas de la cuarta revolución industrial, el asalto a sus recursos naturales y las luchas por el espacio. <http://ru.iiec.unam.mx/3924/1/104-Aguirre-Tob%C3%B3n-Mendoza.pdf>.
- Alfie, M. 2016. Política ambiental mexicana. Montañas de papel, ríos de tinta y pocos cambios en cuarenta años. *El Cotidiano*, (200) ,209-222. ISSN: 0186-1840. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=325/32548630018>.
- Almeida, T.I.R., De Souza, C.R., & Rossetto, R. 2006. ASTER and Landsat ETM+ images applied to sugarcane yield forecast. *International Journal of Remote Sensing*, 27(19), 4057-4069. 10.1080/01431160600857451
- Amorim, N. M. da S.; Araujo, A. E. e de Beltrão, N. E. de M. 2001. Clima e solo. *In: Pedrosa, de A. M.; Lima, F. E. e Ed, O. Agronegocio da mamona no Brasil. Embrapa Algodão, Campina Grande.* 62-76 pp.
- Arango, A y Silveira, V. 2017. Dinámica de los núcleos agrarios en México. *Extensão Rural*. 24. 7-19. 10.5902/2318179622814.
- Arias, P. 2009. *Del arraigo a la diáspora. Dilemas de la familia rural, México*, CUCSH-Editorial Miguel Ángel Porrúa. <http://biblioteca.diputados.gob.mx/janium/bv/ce/scpd/LX/arraigo.pdf>.
- Arias P. 2012. Herencia familia y migración en el campo mexicano. Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos. México, D.F. ISSN: 0185-6286. <https://journals.openedition.org/trace/1167>
- Ávila, S. 2017. Desafíos del sector primario y políticas públicas sustentables. *Economía Informa*. Volumen 402. Pages 29-39. <https://doi.org/10.1016/j.ecin.2017.01.003>.
- Babita, M., Maheswari, M., Rao, L. M., Shanker, A. K., and Rao, D. G. 2010. Osmotic adjustment, drought tolerance and yield in castor (*Ricinus communis*L.) hybrids. *Environ. Exp. Bot.* 69 (3), 243–249. 10.1016/j.envexpbot.2010.05.006
- Baitenmann, H. 2007 – “The Archaeology of Gender in the New Agrarian Court Ruling” in Helga Baitenmann, Victoria Chenaut y Ann Varley (Editoras) *Decoding Gender. Law and Practice in Contemporary Mexico*, NJ, Rutgers University Press, pp. 180-193.
- Beraud, V., Sosa, J., Maya, Y., Ortega, A. 2018a. 84 years of Mexico’s land use planning: reflections for biodiversity conservation. *Nova Scientia*. 20. 10.21640/ns.v10i20.1177.
- Beraud, V., Sosa, J., Maya, Y., Ortega, A. 2018b. La Reforma Agraria y los cambios de uso del suelo ejidal en Aguascalientes, 1983-2013. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 15(3), 443-463.

- http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722018000300443&lng=es&tlng=es.
- Bullangpoti, V., Khumrungrsee, N., Pluempanupat, W., Kainoh, Y., Saguanpong, U., 2011. Toxicity of ethyl acetate extract and ricinine from *Jatropha gossypifolia* senescent leaves against *Spodoptera exigua* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Pestic. Sci.* 36, 260–263.
- Clavijo, J y Wassner, D. 2014. Efecto del ambiente materno sobre la tolerancia a la salinidad durante la germinación de *Ricinus communis*.
<http://ri.agro.uba.ar/files/download/revista/agronomiayambiente/2014clavijo.pdf>
- Cabrales, R., Marrugo, J., Abril, J. 2014. Rendimiento en semillas y calidad de los aceites del cultivo de la higuera (*Ricinus communis* L.) En el valle de Sinú, Departamento de Córdoba. (Primera ed.). Colombia.
<https://docplayer.es/71294639-Rendimientos-en-semilla-y-calidad-de-los-aceites-del-cultivo-de-higuera-ricinus-communis-l-en-el-valle-del-sinu-departamento-de-cordoba.html>
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2002. *La sostenibilidad del desarrollo en América Latina y el Caribe: desafíos y oportunidades*. CEPAL-PNUMA. Santiago de Chile, 241 p.
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2322/2/S2002002_es.pdf
- Cohen, L y Manion, L. 1990. Métodos de investigación educativa. La Muralla
- Córdoba, R, Núñez, c y Skerritt, D. 2008. Migración internacional, crisis agrícola y transformaciones culturales en la región central de Veracruz, México, Plaza y Valdés. ISBN: 978 607 402 015 1.
<http://www.plazayvaldes.com.mx/libro/migracion-internacional-crisis-agricola-y-transformaciones-culturales-en-la-region-central-de-veracruz/1530/>
- Corrêa, P.,Távora, F.,Pitombeira, B. 2006.Comportamento de cultivares de mamona em sistemas de cultivo isolados e consorciados com caupi e sorgo granífero. *Revista Ciência Agronômica*, v.37, p.200-207.
- Córdoba, J. 2012. Comportamiento ecofisiológico de variedades de la higuera (*Ricinus communis* L.) para la producción sostenible de aceite y biodiesel en diferentes agroecosistemas colombianos. Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias. Medellín, Colombia.
<https://core.ac.uk/reader/11058216>
- CONABIO, Heike Vibrans. 2009. Malezas de México.
<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/euphorbiaceae/ricinus-communis/fichas/ficha.htm>.
- Chuvieco, E. 2008. Teledetección Ambiental 3ra edición. Editorial Ariel S.A. 595 p. ISBN 978-84-344-8073-3. <https://es.slideshare.net/jaiflo7503/teledeteccion-ambiental-listo>
- DOF. 930. Ley General sobre Planeación de la República. Diario Oficial de la Federación. 12 de julio de 1930, Suplemento, Tomo LXI, 4-8.

- http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/59_160218.pdf
- DOF 1927. Ley de Dotaciones y Restituciones de Tierras y Aguas. Diario Oficial de la Federación 27 de abril de 1927, Sección primera, Tomo XLL 1-16. <http://www.dof.gob.mx/index.php?year=1927&month=4&day=27>
- de Ita, Ana. 2019. "Las reformas agrarias neoliberales en México. Revista El cotidiano, No. 214, México. UAM, Azcapotzalco. P.95-108.
- Diamond, A. F. A. 2010. Cultivo del ricino una alternativa sustentable para el uso de suelos degradados. Rev. Virtual Época Ecol. Santa Cruz, Bolivia. 10 p. <https://www.diputados.gob.mx/%2FLeyesBiblio%2Fhtm%2F1.htm&usg=AFQjCN EpaH9iq9baJHbQO3Mzx87rZ338mA&sig2=edhzZieEbr8oArlpdkQKfQ>>.
- Espinosa P., H.; R. Rodríguez H. Y E. Bravo M. 2013. *Guía para cultivar higuera en condiciones de temporal, en los Valles Centrales de Oaxaca. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca*. CIRPAS-INIFAP. Folleto para Productores No. 13. Sto. Domingo Barrio Bajo, Etlá, Oax. 44 p.
- Espinosa-Paz, N.; López-Luna, A.; Espinosa-Paz, H.; Cadena-Iñiguez, P.; Vidal-López, C. 2015. *Áreas con potencial agroecológico para el cultivo de la higuera (Ricinus communis L.) en el estado de Chiapas*. Folleto Técnico N° 22. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México. 37 p. ISBN: 978-607-37-0437-3
- Esri, 2016. Comprender el análisis de interpolación. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/understanding-interpolationanalysis.htm>.
- Esri, 2019. What is EBK regression prediction. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/analysis/geostatistical-analyst/what-is-ebk-regression-prediction.htm>.
- Falasca, S., Uriberich, A., Uriberich, E. 2012. Developing an agro-climatic zoning model to determine potential production areas for castor bean (*Ricinus communis* L.). *Industrial Crops and Products*, 40, 185-191. 10.1016/j.indcrop.2012.02.044.
- Fraser, C y Restrepo. S. 1996. Comunicación para el desarrollo rural en México - en los buenos y en los malos tiempos. Santiago, Chile, FAO-Oficina Regional para Latinoamérica. <http://www.fao.org/3/w3616s/w3616s00.htm>
- FAO. 1976. A framework for land evaluation. Soils Bulletin 32. FAO, Roma. <http://www.fao.org/3/X5310E/x5310e00.htm>.
- FAO. 1994. ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Versión 1.0. AGLS. United Nations Food and Agriculture Organization (FAO). Rome, Italy.
- FAO. 2003. Evaluación de tierras con metodologías FAO. Santiago, Chile. ISBN 92-5-100111-1. Disponible en:

<https://www.scribd.com/document/344613588/Evaluacion-de-Tierras-con-Metodo-FAO-pdf>.

Furtado, Guilherme de F., Souza, Anielson dos S., Sousa Júnior, José R. de, Sousa, Jônatas R. M. de, Lacerda, Rodolfo R. de A., & Silva, Saulo S. da. 2014. Rendimiento e correlações da mamoneira consorciada com feijão-caupi e gergelim no semiárido paraibano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(9), 892-898.

<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n09p892-898>.

García-Herrera, E. J., Olivares-Ramírez, A., Amante-Orozco, A., Hernández-Ríos, I., Rossel-Kipping, E. D., Pimentel-López, J., Delgado-Ruiz, O; Gómez-González, A. 2019. Evaluación de colectas de la higuierilla (*Ricinus communis* L.) del altiplano Centro-Norte de México. *AGROProductividad*, 12(1), 25+.
<https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1334>

Gómez, M; Gómez, M., Martínez, E; Zarazúa, M. 2014. *Tecnología de producción de la higuierilla en el estado de Hidalgo*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Centro. Sitio Experimental Hidalgo Mineral de la Reforma, Hidalgo. Folleto Técnico Núm. 2.

González Ávila, A., García Mariscal, K.P., Hernández García, M.A., Rico Ponce, H.R., Hernández Martínez, M., Solís Bonilla, J.L., y Zamarripa Colmenero, A. 2011. Guía para cultivar Higuierilla (*Ricinus communis* L.) en Jalisco. Folleto Técnico Núm.1 INIFAP-CIRPAC Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatlán de Morelos, Jalisco, México.

<http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/handle/123456789/3447>.

González, D. 2016. La Laguna destaca en producción agrícola. El siglo del Torreón. <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/1241023.la-laguna-destaca-en-produccion-agricola.html>.

Goytia, M., Gallegos, C y Núñez, C. 2011. Relación entre variables climáticas con la morfología y contenido de aceite de semillas de la higuierilla (*Ricinus communis* L.) de Chiapas. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 17(1), 41-48. <https://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.08.048>.

Grajales, S. M., Ruiz C. P. y Zamarripa C. A. 2009. Evaluación de rendimiento y caracterización agronómica de 20 colectas de la higuierilla (*Ricinus communis* L.) en la Cuenca Cahoacán del Soconusco Chiapas. Memoria Crisis alimentaria y energética: Retos para el Siglo XXI. Reunión Anual de la Sociedad del PCCMCA. San Francisco de Campeche, México. Resumen. p. 117

Hardin, G. 1968. The Tragedy of the commons. *Science* 162 No. 859.

Hernández, A; Tarquis, A; Escribano, J. 2015. Selección de índices de vegetación para la estimación de la producción herbácea en dehesas. *Revistas Pastos*. N° 44(2): 6-18.

Henríquez, C., Méndez, J y Masis, R. 2013, "Interpolación de variables de fertilidad de suelo mediante análisis Kriging y su validación". *Agronomía*

- https://www.youtube.com/watch?v=wywDEkZZj-o&list=RDMMwywDEkZZj-o&start_radio=1 Costarricense, vol. 37, núm. 2, pp. 71-82.
- <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4593008.pdf>.
- INEGI. 2009. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Heroica Ciudad de Ejutla de Crespo, Oaxaca.* <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=20>.
- INEGI. 2015. Conjunto de Datos de perfiles de suelos, escala 1:250 000 Serie II. (Continuo Nacional), INEGI, Aguascalientes, Ags, México.
- INEGI. 2016. '*Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación, escala 1:250000 Serie VI. (Capa unión)*', escala: 1:250000. Edición: 1. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI. 2017. Anuario estadístico y geográfico de Coahuila de Zaragoza 2017. Consultado en www.beta.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=05
- INIFAP. 2012. Potencial productivo de especies agrícolas de importancia socioeconómica en México. (Primera ed.) Consultado en: http://www.cmdrs.gob.mx/sesiones/Documents/2012/5_sesion/inifap_estudio.pdf.
- INI-UNAM. 2009. Higuierilla; *Ricinus communis* L.; Euphorbiaceae. Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana.
- Jiménez, R; Rosales, R; Domínguez, P; Rodríguez, G; Rodríguez, J; Borja, M; Basave, E; Rosales, S; Alanis, R; Cobaleda M; Ponce, H; Barrios, E. 2016. *Estrategias para el uso integral de la higuierilla en México.* Libro Técnico Núm. 6. SAGARPA, INIFAP, CIRNOC, Campo Experimental Valle de Guadiana. Durango, Dgo. México. 181 p. ISBN: 978-607-37-0577-6.
- Johnston K., Ver Hoef J.M., Krivoruchko K., Lucas N. 2001. Using ArcGis Geostatistical Analyst. ESRI.
- Kallamadi, P; Nadigatla VPRGR, Mulpuri S. 2015. Molecular diversity in castor (*Ricinus communis* L.). *Industrial Crops and Products* 66: 271–281. 10.1016/j.indcrop.2014.12.061.
- Keller, H; Pirondo, A; Stampella, P. 2018. El cultivo del ricino y el amba'y en comunidades guaraníes del Nordeste Argentino, aproximación etnobotánica de su historia y cosmología; Instituto de Botánica del Nordeste; Bonplandia. <http://hdl.handle.net/11336/89691>
- Klingebiel, A. A. Y Montgomery, p. H. 1961: Land capability classification. *Agricultural Handbook* 210. Washington D.C., Soil Conservation Service. U.S.D.A., 21 pp. https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052290.pdf
- Knight, B., 1979. Ricin – a potent homicidal poison. *Br. Med. J.* 1, 350–351. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2651/265119729015>.
- Lakhani HN, Patel SV, Bodar NP, Golakiya BA. 2015. RAPD analysis of genetic diversity of castor bean (*Ricinus communis* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences.* 4. 696-703.

- Lavandera, G; Gil León, M; Mojica, H; Arvizu, Rosa. 2019. Presencia de flora exótica en el sitio Ramsar ecosistema Arroyo Verde Sierra de Álamos Río Cuchujaqui, Sonora México. *Conrado*, 15(70), 95-101:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442019000500095&lng=es&tlng=es.
- Ley Agraria. 1992. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/13.pdf>
- Mazuera, G. 2019. Tierras ejidales ¿Mercancía o territorios indígenas? Caravelle ISSN: 2272-9828. <https://doi.org/10.4000/caravelle.5605>
- Martínez J. y Montenegro. 2008. Manejo de Suelos. En: Higuera: Alternativa Productiva, Energética y Agroindustrial para Colombia. Navas A. (Ed.) Centro de Investigación La Selva-CORPOICA. Rionegro Antioquia, Colombia.
<http://hdl.handle.net/11348/3818>
- Magaña, Méndez, B. Nery, C. Vazquez, G. 2017. El riesgo ante la sequía meteorológica en México. Realidad, datos y espacio Revista Internacional de Estadística y Geografía. Edición: Vol.9, Núm.1.
<https://www.inegi.org.mx/rde/tag/sequia/>
- Mazzani, Elena. 2007. El tártago: la planta, su importancia y usos. CENIAP/INIA. Hoy. No. 14. Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Macay, Venezuela.
- Mendez, M and Magaña, V. 2010. Regional Aspects of Prolonged Meteorological Droughts over México and Central América. Centro de Ciencias de la Atmosfera, Universidad Nacional Autónoma de México.
<https://doi.org/10.1175/2009JCLI3080.1>
- Mercado, R., Márquez, R., Noriego, E. & Cervantes, J. 2019. Sistemas normativos locales sobre los derechos de uso y acceso al agua y su impacto en el proceso de concentración del agua para riego en los ejidos de la Comarca Lagunera. Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía. 4. 489. 10.35381/r.k.v4i8.296.
- MÉXICO. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. 5 de febrero de 1917, 5 de febrero de 1917.
- Montenegro, C; Strada, M; Bono, J; Gasparri, I; Manghi, E; Parmuchi, E y Brouver, M. 2005. Estimación de la pérdida de superficie de bosque nativo y tasa de deforestación en el norte de Argentina. Buenos Aires, UMSEF Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal, Dirección Bosques, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.
- Morales, C., Sobral, R., Nakama, V., Volante, J., y Bianchi, A. 2015. Evaluación de tierras mediante métodos paramétricos: ajuste del sistema índice de productividad, IP, y su aplicación mediante herramientas SIG para las provincias de Salta y Jujuy. ISBN 978-987-521-662-4. 1a ed. - Salta: Ediciones INTA, 2015.
https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_indice_productividad_salju_moralespocla_ava.pdf

- Morett, J; Carlos y Cosío, C. 2017. Panorama de los ejidos y comunidades agrarias en México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 14(1), 125-152. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722017000100125&lng=es&tlng=es.
- Muller, R y Cárdenas E. 2016. Prospectiva de la región carbonífera de Coahuila como zona económica a la luz de las tendencias de política energética nacional. Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México. Mérida, Yucatán del 15 al 18 de noviembre de 2016.
- Nakama, V y Sobral, R. 1987. Índice de Productividad. Método paramétrico para la evaluación de tierras. Secretaría de Agricultura, ganadería y Pesca – INTA. Documento del Proyecto PNUD Arg. 85/019. Buenos Aires.
- Nielsen, F., Banana, H., de Jongh, J., FACT-Arrakis. 2011. Castor (*Ricinus communis*). Potential of castor for bio-fuel production, 2nd ed, FACT Foundation. FACT, Wageningen, Netherlands.
- Otzen, Tamara, & Manterola, Carlos. 2017. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>.
- Olivares, By López, M. 2019. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada aplicado al territorio indígena agrícola de Kashaama, Venezuela. *UNED Research Journal*. 11. 112-121. 10.22458/urj.v11i2.2299.
- Paruelo, J; Verón, S; Volante, J; Seghezzo, L; Vallejos, M; Aguias, S; Amdan, L; Baldassini, P; Ciuffolif, L; Huykman, N; Davanzo, B; González, E; Landesmann y Picardi, D. 2011. Elementos conceptuales y metodológicos para la evaluación de impactos ambientales acumulativos (Heliaca) en bosques subtropicales. El caso del este de Salta, Argentina. En: *Ecología Austral* 21: 163 – 178. Asociación Argentina de Ecología.
- Pérez, C; Mackinlay, H. 2015. ¿Existe aún la propiedad social Agraria en México? *POLIS* 2015, vol. 11, núm. 1, pp. 45-82.
- Pérez Martin del Campo, Marco Antonio. 2004. Las Tierras de Uso Común en Ejidos Certificados. Documento de conferencia. dlc.dlib.indiana.edu/dlc/handle/10535/2301
- Pius C, Nnaemeka S, Charles O, Vincent N, Chinenye A. 2014. Design enhancement evaluation of a castor seed shelling machine. *Journal of Scientific Research & Reports* 3(7): 924–938
- Portillo, L; Rodríguez, N; Rodríguez, A; Gómez, R; Pérez, A. 2017. *Manejo de la higuera (Ricinus Communis) para el valle del Mezquital, Hidalgo*. Primera edición: 2017 ISBN: 978-607-9260-15-6.
- Plata, J. 2013. Mercado de tierras y propiedad social: una discusión actual. *An. Antrop.*, 47-II (2013), 9-38, ISSN: 0185-1225.
- Radhamani, T and Ushakumari, R. 2013. Variability studies in castor germplasm accessions (*Ricinus communis* L.). *Asian Journal of Bio Science*. 8(1): 6971

- Ramírez, A., González, A., Valdivia, R. Salas, J y García, J. 2019. Tarifas eficientes para el agua de uso agrícola en la Comarca Lagunera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(3), 539-550. <https://dx.doi.org/10.29312/remexca.v10i3.1295>.
- RAN (Registro Agrario Nacional). 2019. Padrón Histórico de Núcleos Agrarios. <http://phina.ran.gob.mx/phina2>.
- Raya, J., Ramírez, J.C., Covarrubias, J., Chablé, F., Aguirre, L. 2016. Manejo agronómico de la higuierilla (*Ricinus communis* L). *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*.
- Registro Agrario Nacional (RAN). Padrón e Historial de Núcleos Agrarios consultado en: <http://www.ran.gob.mx/ran/index.php/sistemas-de-consulta/phina>.
- Richardson, C. 2005. The role of *Jatropha curcas* in support of the Thai Government's National Policy for Bio diesel. Department of Government of Thailand. 63 p.
- Robles. S.R. 1980. Producción de oleaginosas y textiles. Ed. LIMUSA. México. Pag. 507-518.
- Rodríguez, Rafael y Zamarripa, A. 2013. Competitividad de la higuierilla (*Ricinus communis*) para biocombustible en relación a los cultivos actuales en el edo. de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 32,306-318 ISSN: 1405-9282. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=141/14125584013>
- Rojas, Marcelo. 2015. Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 16(1)1-14. ISSN. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=636/63638739004>.
- Salinas, C; Martínez, R; Morales, M. 2017. Tendencia en el siglo XXI del Índice de Diferencias Normalizadas de Vegetación (NDVI) en la parte sur de la península de Baja California. *Revista Investigaciones Geográficas*. 10.14350/rig.57214.
- SADER-SIACON. 2019. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>
- SAGARPA. 2017. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/ricinomex-una-joven-creacion-de-energia>.
- Salihu, B. Z., Gana, A. K., Gbadeyan, T. and Alabi, M. B. 2014. Castor Oil Plant (*Ricinus communis* L.): A Potential OilCrop for Agribusiness in Africa. *International Journal of Applied Research and Technology*. 3(8): 29 – 35.
- Salgado, A. 2007. Investigación cualitativa: Diseños, evaluación y rigor metodológico y retos. Universidad de San Martín de Porres.
- Samayoa M. 2007. Manual Técnico del Higuierillo. Ministerio de agricultura y ganadería. El Salvador C.A. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, CENTA. Programa Agroindustrial.

- Small Ernest. 2011. Castor Bean – taming the world's most poisonous plant, *Biodiversity*, 12:3,186-195, DOI: 10.1080/14888386.2011.623225.
- SRTM. 2017. <https://github.com/hdus/SRTM-Downloader/wiki>.
- para usos agroforestales”, *GeoFocus (Artículos)*, nº 5, p. 40-68. ISSN: 1578-5157.
- Secretaría de la Reforma Agraria. 1992. Ley Agraria. Diario Oficial de la Federación Tomo CDLXI No. 18. 26 de febrero de 1992.
- Secretaria del Medio Ambiente (SEMA). 2016. <https://www.sema.gob.mx/SRN-SIIAECC-DG-UBICACION.php>.
- SEGOB (Secretaría de Gobernación). 1988. Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- SEMARNAT. 2019. Ordenamiento Ecológico del Territorio. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/ordenamiento-ecologico-del-territorio>.
- Serrano, V., Silva, M., Cano, M., Medina, G., Ruiz, A. 2005. Estadísticas climatológicas básicas del Estado de Oaxaca. (Periodo 1961-2003). INIFAP. SAGARPA. Libro Técnico No. 4 Oaxaca, México. 272 pp.
- Severino S., L; Córdoba G., O J.; Zanotto, M.D. y Auld, D.L. 2012a. The Influence of the Caruncle on the Germination of Castor Seed Under High Salinity or Low Soil Water Content. En: *Seed Science and Technology*. 40(1): 139-143.
- Severino, L.S., & Auld, D.L. 2013. A framework for the study of the growth and development of castor plant. *Industrial Crops and Products*, 46, 25-38.
- SIAP. 2017. Estadística de Producción Agrícola. http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_a.php
- Solano, K., Didan, A. Jacobson, y A. Huete. 2010. MODIS Vegetation index User`s Guide (MOD13 Series). The University of Arizona.
- Solís, J., Muñoz, A., Escalante, J y Zamarripa, A. 2016. Crecimiento de variedades y componentes del rendimiento de higuierilla (*Ricinus communis* L.) en Montecillo, Estado de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(2), 311-323. Recuperado en 08 de mayo de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000200311&lng=es&tlng=es.
- SMN. 2019. *Red de Estaciones Climatológicas. Climatología por estado*. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado>. México, DF: Servicio Meteorológico Nacional.
- Távora, FJAF; Melo, FIO; Silva, FP da; Barbosa Filho, M. 1988. Consorciação da mamona com culturas anuais de ciclo curto. *Ciência Agrônômica* 19(2):85-94
- Trade Map. 2020 <http://www.intracen.org/>

- Valencia, G., Gracia, A., Espinoza, X., Grijalva, O., Hernández, A., Coyac, J. (2019). Productividad de la higuera (*Ricinus communis* L.) en el norte de Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 10. 1011-1022. 10.29312/remexca.v10i5.1790.
- Van Diepen, C.A., H. van Keulen, J. Wolf & J.A.A. Berkhout. 1991. Land Evaluación: From intuition to quantification. En: B.A. Stewart (Eds), *Advances In Soil Sciences*, Springer, pp.139-204.
- Velázquez, G., Pérez, B., Ortega, L. y Nelly, Z. 2019. Conocimiento etnobotánico sobre el uso de plantas medicinales en la Sierra Negra de Puebla, México. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de plantas medicinales y aromáticas*. ISSN 0717 7917. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1007975>
- Vidal, J. 2015. Sonora prevé colocar a México como gran productor de aceite de ricino. *Milenio*. <https://www.milenio.com/estados/sonora-preve-colocar-mexico-productor-aceite-ricino>.
- Villaseñor, J., Ortiz, E. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. <http://dx.doi.org/10.7550/rmb.31987>
- Warman, Arturo. 2003. La reforma agraria mexicana: una visión de largo plazo. In: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). *Reforma agraria. Colonización y Cooperativas*. 84-95. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/>

9. APÉNDICE

Apéndice 1. Cuestionario I para información etnobotánica de la higuera

Nombre del tema: Metodología para determinar aptitud ambiental para la higuera considerando el componente cultural del Norte de México

Tema: Conocimiento etnobotánico de la higuera

Datos demográficos

Nombre del entrevistador: _____

Nombre del entrevistado: _____

Nombre del ejido, comunidad o rancho _____

Municipio _____ Coordenadas geográficas: _____

Género: (F) (M) Edad: _____ Nivel de escolaridad _____

Ocupación _____

1. ¿Conoce usted a la higuera? Si la conoce con otro nombre

¿Cuál _____?

Si () No ()

*** Si la respuesta es positiva continuar con cuestionario I de lo contrario dar breve explicación de la higuera y continuar con cuestionario II.**

2 ¿Dónde ha visto crecer a la planta?

a) Camino () b) Área Agrícola o de cultivo () c) Cerca de cuerpos de agua ()

d) terreno baldío o barranca otro (_____)

3. ¿Usted personalmente usa la higuera o conoce a alguien que la usa?

En caso de ser afirmativo continuar con la pregunta 4, en caso de ser negativo pasar al tema II de la encuesta.

4. ¿Qué parte de la planta usa usted?

a) Hojas b) Frutos c) tallos d) Otro (_____)

5. ¿Quién le enseñó a usar la planta?

a) Familiares b) Vecinos de la zona c) Otro (_____)

6. ¿Qué usos le da o le dan las personas que la usan?:

Alimento () Medicina () Condimento () Ornamental () Ceremonial ()

Otro (_____)

6 a. Desglosar cada uso:

Medicina: ¿En cuáles y como lo emplea?

Ornamental: ¿por qué lo elije para uso ornamental?

Ceremonial: ¿en qué actividad ceremonial lo utiliza?

Otro: ¿cómo lo usa?

Obtención de la planta

1. ¿Cómo consigue la planta que usa?

En caso de que las extraiga del monte

¿En qué época del año las recolecta?

¿En qué etapa de crecimiento la colecta y porque las colecta en esta etapa?

Antes de la floración () _____

Durante la floración () _____

Cuando hay frutos () _____

En caso de que las compre ¿Dónde lo adquiere?

Las compra en la misma comunidad ()

Las compra en el mercado (___)

¿Cada cuándo consigue la planta? _____

Apreciación sobre la situación actual de la planta

1. ¿Es fácil, regular o difícil de encontrar la planta?

2. ¿Es abundante, regular o escasa?

3. ¿Usted ha notado que se mantienen, reducen o crecen las poblaciones?

Comentarios _____

