



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ**

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO FORESTAL

PRESENTA:

JAVIER DOMÍNGUEZ CHAN COBÁ

ASESOR INTERNO:

BENITO BERNARDO DZIB CASTILLO

TÍTULO:

**“PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN Y
CUANTIFICACIÓN DE AREAS PERTURBADAS EN SELVA BAJA
SUBPERENNIFOLIA Y SELVA MEDIANA CADUCIFOLIA EN EL MUNICIPIO DE
CALKINI”**

ABRIL 2024



MEJOR
EDUCACIÓN
SUPERIOR



Este trabajo fue revisado y aprobado por este comité y presentado por
el C. _____
como requisito parcial para obtener el título de:
_____ el día _____ del mes
_____ del año _____ en Chiná, Campeche.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro mas sinceros agradecimientos a las siguientes instituciones y personas:

Al Instituto Tecnológico de Chiná por nuestra formación académica.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnologia (CONACyT) por el apoyo financiero para llevar a cabo los estudios de tesis.

Al consejo que dirigió la realización de este estudio, integrado por los siguientes profesores: Dr Armando Anaya Hernandez (asesor externo), M.C. Benito Bernardo Dzib Castillo (asesor interno), y a todos los profesores quienes han contribuido a nuestra formación profesional, ademas de su amistad, colaboración y disposición de tiempo dedicado a esta investigacion.

A nuestros compañeros y amigos, por su convivencia y apoyo e insuperable amistad.

A los verdaderos amigos Lluvia, Ana Patricia, Joel Arduan, Eliezer, Alberto, Carmen y Erik que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y a salir adelante en estos años de alegrías y penas.

DEDICATORIAS

A mis Padres:

José Pedro Chan Chan y María Micaela Cobá Baas por toda su Comprensión, apoyo y cariño que solo un padre sabe dar.

A mis Hermanos:

Jaquelin, Pedro, Nery, Martha, Juan y Gabriel por su compañía y cariño que siempre me han brindado.

A mis Familiares:

A mi esposa María Natalia Tec Coh, por su compañía, apoyo y comprensión, estando siempre a mi lado en las altas y bajas de la vida, sobre todo en este proceso de la parte profesional.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	3
DEDICATORIAS.....	4
ÍNDICE DE CUADROS	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
RESUMEN	9
SUMMARY	10
1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. REVISIÓN DE LITERATURA	14
2.2 Concepto de perturbación	15
2.3 CLASIFICACIÓN DE LAS PERTURBACIONES.	16
2.4 Cambio de uso de suelo	16
2.5 Percepción remota.	18
2.6 Concepto de percepción remota.	19
3. OBJETIVOS.....	20
3.1 General	20
3.2 Específicos	20
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
4.2 Área de estudio.....	22
4.2.1 Localización.....	22
4.2.2 Clima	23
4.2.3 Fisiografía.....	25
4.2.4 Edafología	28
4.2.5 Geología	31
4.2.6 Hidrología	33
4.2.7 Tipos de vegetación	35
5. CONCLUSIONES.....	67
6. RECOMENDACIONES.....	69
7. BIBLIOGRAFIA.....	70

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Listado de municipios del Estado de Campeche	22
Cuadro 2. Claves y tipos de climas predominantes en el área de estudio	24
Cuadro 3. Clave y tipo de fisiografía en el municipio de Calkini	25
Cuadro 4. Tipo de subprovincia en el municipio de Calkini	25
Cuadro 5. Tipo de relieve o topoformas en el municipio de Calkini	27
Cuadro 6. Clave y tipo de suelo predominate en el municipio de Calkini	29
Cuadro 7. Clave y geología en el municipio de Calkini	32
Cuadro 8. Clave y región hidrológica en e municipio de Calkini	34
Cuadro 9. Tipos de cartas de uso de suelo y vegetación que existen hasta la actualidad en México.	44
Cuadro 10. Tipos de Uso de Suelo y Vegetación Serie V (INEGI 2010).	45
Cuadro 11. Tipos de Usos de Suelo y Vegetación Serie VII (INEGI 2021).	46
Cuadro 12. Agrupación o matriz por tipo de vegetación de la carta de uso de suelo serie VII del año 2021	47
Cuadro 13. Agrupación o matriz por tipo de vegetación de la carta de uso de suelo serie V del año 2010	48
Cuadro 14. Suma de los archivos vectoriales de las dos capas de vegetación y valores obtenidos	49
Cuadro 15. Cambios de cobertura que ha tenido el municipio de Calikini en once años.	53
Cuadro 16. Superficies con pérdida de selvas por otra actividad en el municipio de Calkini.	54
Cuadro 17. Superficies en recuperación de selvas en e municipio de Calkini.	57
Cuadro 18. Vegetación arbórea que no ha sufurido cambio en las dos capas de usos de suelo	58
Cuadro 19. Superficie de los usos de suelos que se han mantenido sin sufrir algun cambio de actividad.	59
Cuadro 20. Otros usos de suelo a la original que han sido cambiados	60

Cuadro 21. Superficies de Usos de Suelo y Vegetación de la serie V y VII, en el municipio de Calkini.	66
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio Municipio de Calkiní, Estado de Campeche, México.	23
Figura 2. Tipo de climas en el municipio de Calkini.	24
Figura 3. Mapa de ubicación de provincia y subprovincia fisiografica del municipio de Calkini.	26
Figura 4. Mapa de ubicación de tipo de relieve en el municipio de Calkini.	28
Figura 5. Ubicación del tipo de suelo en el municipio de Calkini.	31
Figura 6. Mapa de ubicación del tipo de geología predominante en el municipio de Calkini.	33
Figura 7. Mapa de ubicación de la región hidrológica y cuencas en el municipio de Calkini.	35
Figura 8. Mapa de Tipos de vegetación se la SERIE V	43
Figura 9. Mapa de Tipos de vegetación se la SERIE.	43
Figura 10. Función de la herramienta intersersec en el software Arcgis	49
Figura 11. Descripción de la tabla de atributos de los resultados de cambios de serie V a Serie V	50
Figura 12. Modelo utilizado para obtener los cambios de cobertura en selvas de las series V y VII.	51
Figura 13. Mapa resultado de uso del suelo y vegetación del año 2010 a 2021....	53

Figura 14. Mapa de afectación por cambio de uso de suelo del 2010-2021, en el municipio de Calkini.....	56
Figura 15. Mapa de áreas recuperadas de la serie VII a la serie V.....	57
Figura 16. Mapa se áreas de selvas que se han mantenido en el periodo 2010-2021.	58
Figura 17. Otros cambios de uso de suelo del periodo 2010-2021.	61
Figura 18. Comportamiento lineal de las acciones en el muniipio de Calkiní.....	62
Figura 19. Comportamiento de las acciones en el municipio de Calkini.....	63
Figura 20. Superficie de las agrupaciones del uso de vegetación del año 2010....	64
Figura 21. Superficie de las agrupaciones del uso de vegetación del año 2010....	65
Figura 22. Comparación de las diferentes tipos de cartas de uso de suelo y vegetación del 2010 y 2021.....	66

RESUMEN

La perturbación en los recursos naturales en todo el país es uno de los principales factores que alteran la estructura de los ecosistemas, comunidades y poblaciones a causa de las actividades humanas, y como resultado la pérdida de productividad de la superficie forestal y también de la biodiversidad. La perturbación depende del tipo de vegetación y uso del suelo que predominen en ese lugar, como los pastizales, selvas o bosques. Estos problemas se pueden solucionar con la elaboración de programas de manejo oportunos que ordenen la planeación de los recursos forestales. Este trabajo se realizó con capas de archivos vectoriales o shapefile de Uso de suelo y Vegetación de la serie V y VII publicadas en 2010 y 2021, ya con estas son elaboradas y publicadas por el Instituto Nacional Geografía y Estadística, con el análisis de las dos capas y con la clasificación de imágenes de satélite se pueden obtener los caracteres distintivos de cada área y la utilización de los sistemas de información geográfica, con esto tener bases para elaborar un plan de manejo. De aquí que el presente estudio tiene el objetivo de identificar y cuantificar áreas perturbadas en selva baja subperennifolia y selva mediana caducifolia en el municipio de Calkini, Campeche, a través de la clasificación supervisada en los SIG del municipio de Calkini se encuentra en un grado de perturbación moderada, lo cual indica que aun existe una superficie importante de vegetación que no ha sido intervenido por el ser humano. El cambio de uso de selva ha agricultura, asentamientos humanos, y pastizales se registró 15,520.20 hectáreas, teniendo un 7.37 % de la superficie total del municipio en once años, la recuperación agricultura a selvas es de 1,965.96 hectáreas con un 0.93 %, y las selvas que se han mantenido y no ha tenido intervención el ser humano es de 89,815.11 hectáreas, corresponde a un 42.67 %, estos datos son hasta el año 2021 según las cartas De Uso de Suelo y Vegetación del INEGI.

PALABRAS CLAVES: Perturbación, imágenes de satélite, sistemas de información geográfica, estructura, shapefile, programas de manejo.

SUMMARY

he disturbance in natural resources throughout the country is one of the main factors that alter the structure of ecosystems, communities and populations due to human activities, and as a result the loss of productivity of the forest area and also of biodiversity. . The disturbance depends on the type of vegetation and land use that predominates in that place, such as grasslands, jungles or forests. These problems can be solved with the development of timely management programs that organize the planning of forest resources. This work was carried out with layers of vector files or shapefiles of Land Use and Vegetation of series V and VII published in 2010 and 2021, with these they are already prepared and published by the National Institute of Geography and Statistics, with the analysis of the two layers and with the classification of satellite images the distinctive characters of each area can be obtained and the use of geographic information systems can be obtained, with this having bases to develop a management plan. Hence, the present study has the objective of identifying and quantifying disturbed areas in low subevergreen forest and medium deciduous forest in the municipality of Calkini, Campeche, through the classification supervised in the GIS of the municipality of Calkini. It is in a degree of moderate disturbance, which indicates that there is still a significant surface of vegetation that has not been intervened by humans. The change in use of the jungle to agriculture, human settlements, and grasslands was recorded at 15,520.20 hectares, accounting for 7.37% of the total surface area of the municipality in eleven years. The recovery from agriculture to forests is 1,965.96 hectares with 0.93%, and the forests that have been maintained and there has been no human intervention is 89,815.11 hectares, corresponding to 42.67%, these data are until 2021 according to the INEGI Land Use and Vegetation letters.

KEYWORDS: Disturbance, satellite images, geographic information systems, structure, shapefile, management programs.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos 50 años, los seres humanos han transformado los ecosistemas del mundo más rápida y extensamente que en ningún otro periodo comparable de la historia humana, en gran parte por un aumento en el deterioro de los recursos naturales debido a un uso irracional de éstos, (Walter V. Reid et al. 2005). El cambio de uso del suelo, contaminación de ríos y mares, emisión de contaminantes a la atmósfera, desertificación, abuso en el uso de plaguicidas e insecticidas, entre otros. La perturbación es un proceso que se va llevando a cabo la estructura de las zonas forestales que incluye modificaciones que van desde el empobrecimiento en la composición florística, la destrucción de las selvas. (INEGI, 2003).

La vegetación del trópico mexicano ha sido transformada y sustituida por sistemas agropecuarios a consecuencia del cambio en el uso del suelo donde las prácticas antrópicas más comunes son: el establecimiento de cultivos anuales, la expansión de pastizales para la ganadería extensiva, el crecimiento de las áreas urbanas y la expansión de la infraestructura de vías de comunicación, además de un aprovechamiento inadecuado de los recursos forestales. En suma, la falta de una política de planeación del uso del territorio ha provocado la pérdida de biodiversidad al disminuir las poblaciones de la flora y fauna, y se ha provocado la extinción local de las especies endémicas de plantas y animales (Forman, 1994; Luján et al. 2000; Williams-Linera, 2002; Enríquez et al. 2003).

La causa principal de deforestación en el mundo se asocia a la creciente demanda de productos derivados del bosque debido a la sobrepoblación. México sobresale con una tasa de deforestación estimada en 600 mil hectáreas anuales (CONAFOR, 2020) ubicado en los primeros lugares de deforestación de bosques y selvas en el mundo con la presencia de problemas de erosión, desertificación, pérdida de biodiversidad y en consecuencia una baja productividad de sus tierras.

En la Península de Yucatán se han tenido estadísticas de la vegetación arbórea que existe desde selvas altas, bajas y medianas, con el fin de contribuir con los usos que les dan el ser humanos a los recursos naturales, la vegetación ha sido descrita por Rzedowski (2006) Miranda (1958) y Flores y Espejel (1994).

El estado de Campeche consta de 5,727,715.79 ha de superficie territorial de las cuales 4,448,975.01 ha están consideradas como áreas forestales en donde se incluyen las selvas bajas y medianas que representan un 77.67% de la superficie total, el 1,278,740.78 ha (22.32%) restantes son áreas no forestales que incluyen áreas agrícolas, pastizales, asentamientos humanos, cuerpos de agua y áreas desprovistas de vegetación. La formación con mayor cobertura en el estado corresponde a la de selva altas y medianas con 75.4% de la superficie forestal estatal; le sigue en orden descendente las selvas bajas, el manglar, otras áreas forestales, otras asociaciones y latifoliadas, (IEF y S Campeche. 2013).

El municipio de Calkini cuenta con una superficie municipal de 208,539.74 ha, de los cuales existen y predominan las Selvas medianas subperennifolias con una superficie de 6,928.15 ha, selva mediana caducifolia con 94,506.10 ha, selva baja subperennifolia 9,686.23 ha, vegetación de manglar con 33,211.84 ha, vegetación de petén 10,645.80 ha, vegetación de sabana con 4,251.09 ha, vegetación de tular 11,954.18 ha y áreas no forestales con una superficie de 37,356.38 ha, lo cual se incluyen las áreas desprovistas de vegetación, agricultura, pastizales inducidos, zonas urbanas y agua. (IEF y S Campeche. 2013).

La perturbación es un proceso que se va llevando a cabo de la estructura de las zonas forestales que incluye modificaciones que van desde el empobrecimiento en la composición florística, la destrucción de las selvas, (INEGI, 2003). Por ello es necesario la ubicación y magnitud de la superficie perturbada como el grado de fragmentación, para esto existen diferentes maneras de realizarlo, una de ellas es a través del uso de imágenes de satélite y archivos vectoriales con la clasificación del uso del suelo y vegetación.

En la porción norte del Estado de Campeche se tiene un mosaico de vegetación secundaria, que establece una vez devastada la vegetación original derivada de las perturbaciones de estos tipos de vegetación. Las perturbaciones pueden ser originadas por el ser humano, como el derribo de los árboles, incendios forestales o por efecto natural como son los huracanes. (Rzedowski, 1978).

Para la detección de áreas perturbadas y la selección adecuada de sitios a reforestar según trabajos realizados en el macizo forestal de Chihuahua se requiere de procedimientos geoestadísticos que a través de datos de campo combinados con datos de imágenes de satélite y Modelos Digitales de Elevación permitan generar información actualizada, confiable y de bajo costo, que facilite su análisis para una adecuada planeación y ejecución de programas de reforestación en áreas perturbadas para lograr su productividad, conservación y administración sustentable.

Ante esto, el presente trabajo plantea la utilización del Sistema de Información Geográfica (SIG) para la identificación y cuantificación de áreas perturbadas de las selvas en el municipio de Calkiní, Estado de Campeche y sirva como antecedente para emprender acciones o proyectos para la recuperación de estas áreas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Sistema de Información geográfica (SIG)

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han sido definidos de diversas formas, en general, podemos decir que hoy en día hay múltiples definiciones de lo que es un SIG y probablemente ninguna totalmente satisfactoria, por lo que cada uno puede elegir la que más se aproxime al contexto en el que está utilizado (Barredo, 2005).

En este sentido un Sistema de Información Geográfica se define como un conjunto de hardware, software, datos geográficos y personal capacitado, organizados para capturar, almacenar, consultar, analizar y presentar todo tipo de información que pueda tener una referencia geográfica, siendo este una base de datos espacial (Puerta *et al.*, 2011). A continuación se define que es un archivo vectorial o shape file es un formato de datos geográficos vectoriales que almacena la forma de un objeto geográfico, desarrollado por ESRI el cual se compone de al menos 4 archivos con extensiones *.shp, *.dbf, *.shx y *.prj.

El uso del SIG se ha incrementado notablemente en estos últimos años, gracias a que son un medio de integración de información que ayuda a orientar y a entender algunos de los problemas con mayor impacto, a los que se enfrenta el mundo actual (Conabio 2010).

Los SIG particularizan un conjunto de procedimientos sobre una base de datos no gráfica o descriptiva de objetos del mundo real que tienen una representación gráfica y que son susceptibles de algún tipo de medición respecto a su tamaño y dimensión relativa a la superficie de la tierra.

En la actualidad el ser humano utiliza diversas plataformas para la observación de recursos naturales desde fotografías aéreas, cámaras de video y satélites, estos últimos ampliamente utilizados en la actualidad, ya que han mejorado bastante en

la resolución espacial con respecto a los primeros satélites que fueron puesto en órbita en la década de los setenta y ochenta.

2.2 Concepto de perturbación

Según Pickett y White (1985), una perturbación es un suceso discreto en el tiempo que altera la estructura de los ecosistemas, de las comunidades o de las poblaciones y cambia los recursos, la disponibilidad de habitat aptos y/o el medio físico.

Kaufmann (1994) distingue entre las perturbaciones naturales y las inducidas por el hombre, señalando que las prácticas de gestión pueden ser un factor importante. Begon *et al* (1990) añaden que éstas eliminan organismos y abren espacios que pueden ser colonizados por individuos de la misma o diferente especie.

Una perturbación es un suceso discreto en el tiempo (puntual, no habitual) que altera la estructura de los ecosistemas, de las comunidades o de las poblaciones y cambia los recursos, la disponibilidad de habitat aptos y/o el medio físico. Las perturbaciones no tienen un efecto único en el ecosistema sino que dependen del régimen de perturbaciones que son las características espaciales y temporales del patrón de las perturbaciones. Las perturbaciones son una parte integrante de los ecosistemas terrestres, que por su acción continuada a lo largo de la historia de los mismos, han provocado la adaptación de las especies y generado parte de la diversidad del planeta. Juegan, además, un papel muy importante en los ciclos biogeoquímicos de materia (Ariel 2011).

Ejemplos de perturbaciones naturales son el fuego, las avalanchas de nieve, fenómenos meteorológicos extremos (vientos intensos, temperaturas anormalmente altas o bajas), inundaciones y deposición de partículas, las plagas de insectos, las enfermedades y algunos mamíferos.

2.3 CLASIFICACIÓN DE LAS PERTURBACIONES.

Para Spurr y Barnes (1980) hay tres tipos de perturbaciones: las que alteran la estructura del bosque (incendios, viento, la explotación forestal), las que alteran la composición de especies del bosque (introducción o eliminación de nuevas plantas o animales) y las que alteran el clima en el cual crece el bosque (cambios climáticos bruscos).

Oliver y Larson (1996) clasifican las perturbaciones para los bosques según la intensidad (eliminan solo el piso de matorral o todo), frecuencia, magnitud y suma del estrato arbóreo, de matorral y de suelo eliminado por la intensidad según el dosel eliminado. Se distinguen dos tipos básicos:

"Mayores": las que eliminan todos los árboles del dosel superior ("stand-replacing disturbances")

"Menores": las que dejan vivos algunos árboles.

2.4 Cambio de uso de suelo

Es la remoción total o parcial de la vegetación forestal de los terrenos forestales arbolados o de otros terrenos forestales para destinarlos o inducirlos a actividades agropecuarias o distintas a lo forestal (CONAFOR, 2010).

Es decir, es cuando tenemos una vegetación que no ha llegado a tocar el hombre hasta que interviene para realizar una de sus actividades, como por ejemplo la agricultura, ganadería o asentamiento humano etc. Aunque existen eventos naturales, que propician variaciones en la cobertura natural, durante las últimas décadas, las actividades humanas se han convertido en el principal desencadenador de la transformación de los ecosistemas (Vitousek et al 1997).

El cambio en la estructura del paisaje y belleza escénica, debido a que se fragmenta y modifica la vegetación; disminuyen las existencias arbóreas y en algunas áreas se impide el inicio y establecimiento de las diferentes etapas de sucesión vegetal. En otras palabras, se modifica el entorno por el cambio de uso del suelo. Se mencionan algunas concepto de las causas del cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

Deforestación - Proceso de perturbación de la estructura de las zonas forestales que incluye modificaciones que van desde el empobrecimiento en la composición florística, las perturbaciones ocasionadas por incendios, tala clandestina y plagas, hasta la completa eliminación del estrato arbóreo con fines de cambio en el uso de suelo. (SEMARNAT LGDFS 2022).

Deforestación extensiva - Se refiere a un cambio de bosque a no bosque (en un área convexa de 6 ha o más. Este proceso es susceptible de ser detectado con sensores de baja resolución. (SEMARNAT LGDFS 2022).

Deforestación FAO - Se refiere al cambio de bosque a no bosque en una superficie de 0.5 ha o más. Este proceso es susceptible de ser detectado con sensores de resolución mediana. (SEMARNAT LGDFS 2022).

Degradación - Se refiere a una permanencia del bosque pero con pérdida de más de 30% de cubierta del dosel durante un periodo determinado (ej. una cubierta del dosel de 70% disminuye a una cubierta de 40%). (SEMARNAT LGDFS 2022).

Fragmentación - La fragmentación es el proceso de división de un hábitat continuo en secciones. Un hábitat es el ambiente que ocupa una población y puede ser un bosque, un arroyo, las dunas de arena, un charco. Los fragmentos resultantes difieren del hábitat original en ser de menor tamaño, en estar aislados en mayor o menor grado, y en tener efectos de borde. Los **efectos de borde**. (CONABIO 2020).

Se origina por la transformación del paisaje que se realiza con el objetivo de abrir tierras de cultivo, crear pastizales para el ganado, construir presas y carreteras o por el desarrollo urbano. Una vez que inicia un proceso de fragmentación, desencadena una serie de modificaciones en los procesos ecológicos y por consecuencia impacta las poblaciones y comunidades de flora y fauna, los suelos y el agua, que responden al cambio de la nueva estructura de los fragmentos. (CONABIO 2020).

La principal consecuencia de la fragmentación es el aislamiento de las poblaciones de flora y fauna, en particular de aquellas especies que tienen poca movilidad. Éstas generalmente son las especies pequeñas y que no vuelan. Las poblaciones en los fragmentos aislados tienen mayor riesgo de desaparecer ya que son de menor tamaño y las perturbaciones naturales como incendios, inundaciones o erupciones volcánicas las pueden eliminar. (CONABIO 2020).

2.5 Percepción remota.

La teledetección (también conocida como detección o percepción remota) es la obtención de información sobre un objeto desde una distancia. La fotografía es una forma muy común de teledetección. Hay diferentes formas de recolectar datos y se utilizan diferentes sensores dependiendo de la aplicación. Algunos métodos recopilan datos a nivel del suelo, otros desde el aire o el espacio, con la finalidad de obtener información interpretable de la tierra.

Para la identificación de las áreas perturbadas, las herramientas que hacen visible las características del terreno son varias, entre ellas la más importante por ser parte del estudio es la clasificación de imágenes de satélite, la cual genera datos que definen las características de la superficie terrestre de manera rápida.

2.6 Concepto de percepción remota.

Es el conjunto de técnicas y conocimientos que se utilizan para determinar las condiciones físicas y biológicas de la superficie terrestre, esto a distancia, sin estar en el sitio de estudio (Lasselin y Darteyre, 1991).

La interpretación de estas imágenes, es decir el tratamiento o uso que se le va a dar a la información del area, queda abierto el tema para poder decir cuáles son sus principales componentes y como se inicia el trabajo.

El SIG permite obtener una gran cantidad de información de distintos tipos, procesarla para convertirla en conjuntos de datos compatibles, combinarlos y exponer los resultados sobre un mapa.

La compilación y manejo de las bases de datos consiste en determinar la forma en que los datos han sido estructurados. Los atributos relacionados a las características sobre los mapas.

3. OBJETIVOS

3.1 General

Desarrollar una metodología para la identificación y cuantificación de áreas perturbadas de una selva baja subperennifolia y selva mediana caducifolia mediante el Sistema de Información Geográfica (SIG) Arc gis.

3.2 Específicos

- Identificar geográficamente las áreas perturbadas de la selva baja subperennifolia y selva mediana caducifolia del municipio de Calkiní, Campeche.
- Identificar diferencias de las cartas de Uso de Suelo y Vegetación (USV) del año 2010 a 2021 generadas por el (INEGI).
- Cuantificar la superficie y grado de perturbación de la selva baja subperennifolia y selva mediana caducifolia.
- Generar información útil para diseño e implementación de programas o proyectos de recuperación de las áreas en condiciones perturbadas.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

4.1.1 Material cartográfico

- ✓ Archivos vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación 1:250,000 Serie V (2010) y VII (2021)
- ✓ Archivo vectorial Edafológica 1:250,000 Serie II
- ✓ Archivo vectorial Climatología 1:250,000
- ✓ Archivo vectorial Hidrología 1:250,000
- ✓ Archivo vectorial Geología, Fisiografía y curvas de nivel 1:250,000
- ✓ Archivo vectorial del Estado de Campeche 1:250,000

Fuente: INEGI 2010

4.1.2 Equipo de campo y gabinete

- ✓ Computadora
- ✓ Impresora
- ✓ GPS

4.1.3 Programas utilizados

- ✓ Arc Gis 10.4
- ✓ Paquete Office
- ✓ Adobe Acrobat

4.2 Área de estudio

4.2.1 Localización

El municipio Calkini se localiza en la parte extrema del norte del estado, con longitud 90° 03'02.66'' y latitud 20° 22'16.41'', colinda al norte con el estado de Yucatán, al Sur con el municipio de Hecelchakán, al sureste con el municipio de Hopelchén y al Oeste con el Golfo de México. En cuanto a superficie ocupa el noveno puesto en la entidad ya que cuenta con una superficie aproximada de 208,539.75, que representa 3.64 % del total del Estado. (CONAFOR 2014 IEFyS Campeche. 2013).

Cuadro 1. Listado de municipios del Estado de Campeche

CLAVE	MUNICIPIO	SUPERFICIE (ha)
010	Calakmul	1,394,605.93
001	Calkiní	208,539.76
002	Campeche	322,344.56
011	Candelaria	565,799.97
003	Carmen	854,472.72
004	Champotón	682,065.07
009	Escárcega	476,683.14
005	Hecelchakán	126,557.00
006	Hopelchén	773,399.42
007	Palizada	218,141.12
008	Tenabo	105,107.12
Total		5,727,715.79

Fuente: CONAFOR (2015). Inventario Estatal Forestal y de Suelos - Campeche 2013.

En cuanto a población, según el ultimo censo del INEGI 2020, este municipio cuenta con un total de 59,232 habitantes, Comprende 63 localidades entre ellas comunidades y rancherías importantes del municipio de Calkini (que es la cabecera municipal), Becal, Dzitbalché, Tepakán, entre otras. Figura 1.

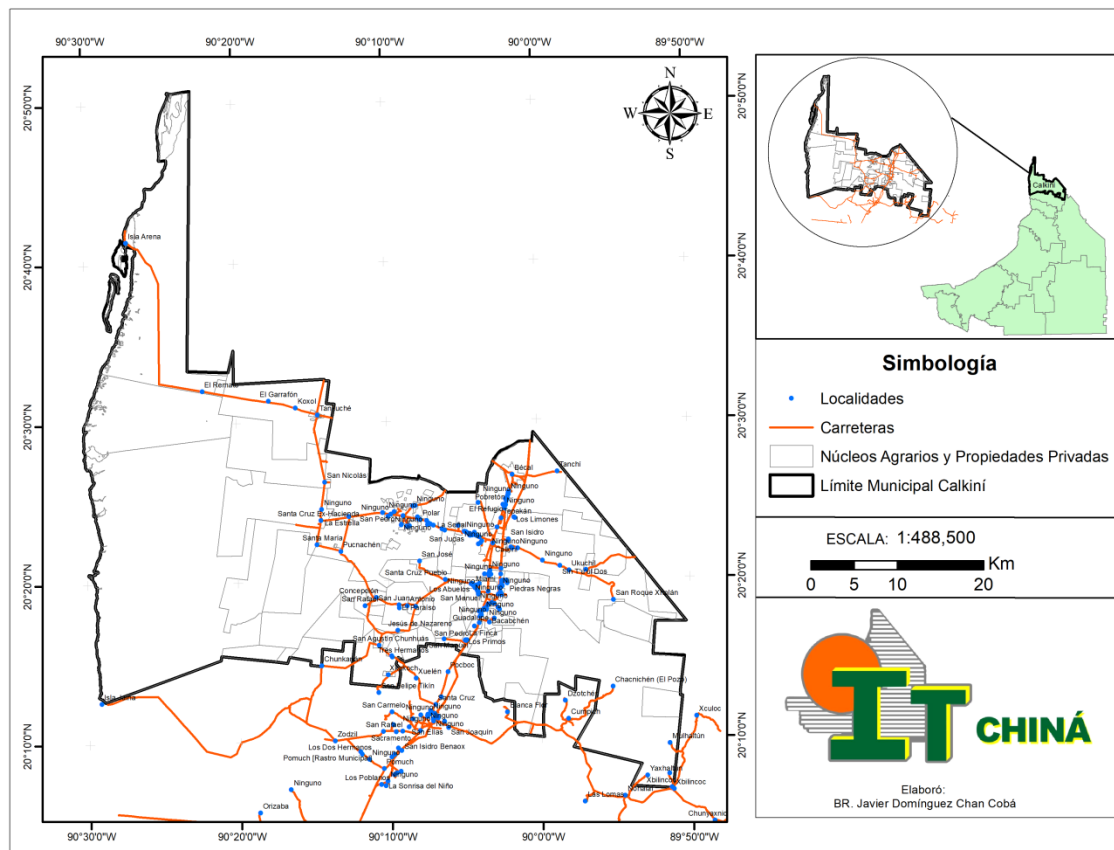


Figura 1. Ubicación del área de estudio Municipio de Calkiní, Estado de Campeche, México.

4.2.2 Clima

El clima que predomina en el municipio de Calkini, según la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García, es del tipo Aw0, Aw0(w), que corresponde a un clima cálido subhúmedo y BS1 (h')w, esta con lluvias la mayor parte del año e intensas en verano, con invierno fresco, una temperatura media anual de 26.4 °C (Enriqueta-García 2004). En el cuadro siguiente se menciona así como las superficies respectivas.

Cuadro 2. Claves y tipos de climas predominantes en el área de estudio

Clave	Tipo de Clima	Superficie (ha).
Aw0	Cálido subhúmedo	127,922.37
BS1(h')w	Semiseco muy cálido	1,676.10
Aw0(w)	Cálido subhúmedo	79,460.08

Fuente: INEGI 2020

En cuanto a la precipitación media anual del municipio de Calkini tiene un rango de 600 a 1,200 mm de agua, el régimen de humedad comprende entre 1 a 4 meses al año, este dato se representa en las diferentes partes del municipio. (INEGI 2015).

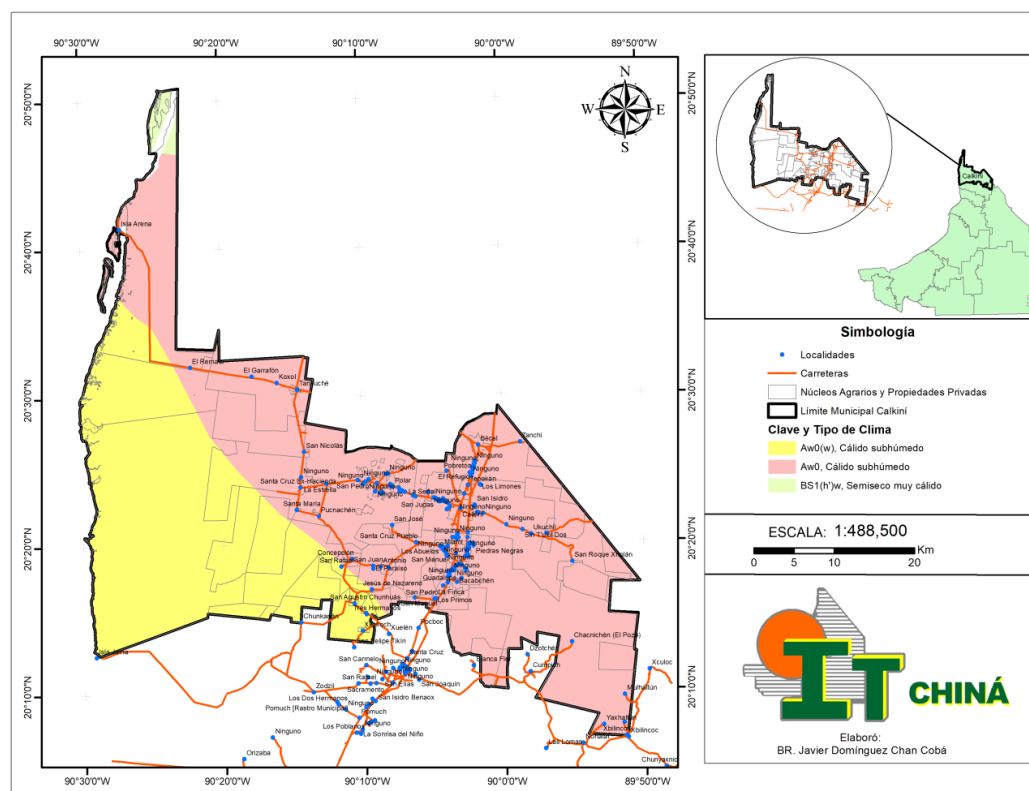


Figura 2. Tipo de climas en el municipio de Calkini.

4.2.3 Fisiografía

Fisiográficamente el municipio se localiza dentro de la subprovincia denominada Península de Yucatán, la cuál a su vez forma parte de la provincia *Llanura Costera del Golfo* en su porción norte, y corresponde a la parte suroccidental de la Península de Yucatán, caracterizándose por su planicie cubierta por calizas del Plioceno Inferior y el Mioceno Superior. El único rasgo morfológico notable de esta subprovincia, es la sierra de Ticúl, que nace al noroeste de la península y alcanza elevaciones dentro del municipio que van desde los 10 hasta los 80 metros. Geomorfológicamente, el territorio municipal se puede dividir en tres porciones: zona de lomeríos, zona costera de inundación y planicie (INEGI 2015).

Cuadro 3. Clave y tipo de fisiografía en el municipio de Calkini

Clave	Entidad	Tipo de fisiografía	Superficie (ha).
H2O	CUERPO DE AGUA PERENNE	N/A	1,406.38
XI	PROVINCIA	PENÍNSULA DE YUCATÁN	209,063.01

Asi mismo en el municipio se encuentra la subprovincia denominada carzo yucateca y carso y lomerio de Campeche, en el cuadro siguiente se muestra las superficies correspondientes de cada una de ellas.

Cuadro 4. Tipo de subprovincia en el municipio de Calkini

Entidad	Tipo de subprovincia	Superficie (ha).
CUERPO DE AGUA PERENNE	N/A	1,406.38
SUBPROVINCIA	CARSO YUCATECO	148,685.82
SUBPROVINCIA	CARSO Y LOMERÍOS DE CAMPECHE	60,377.19

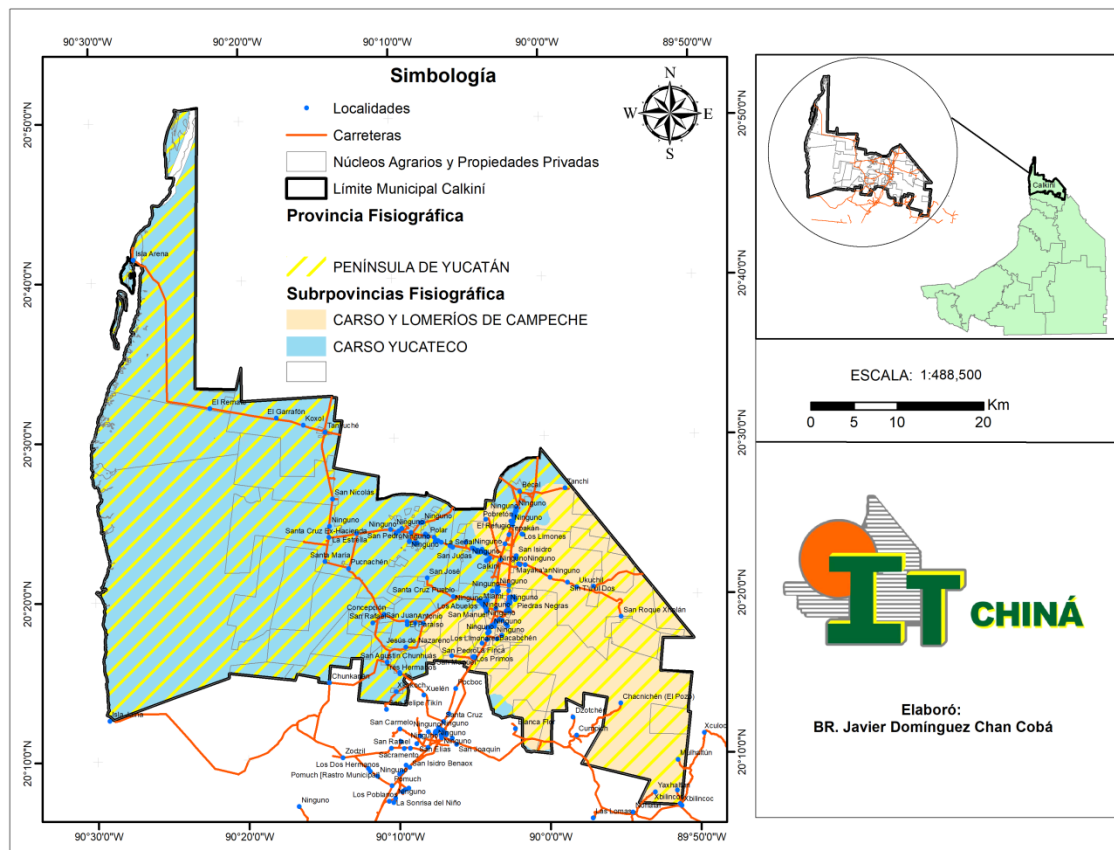


Figura 3. Mapa de ubicación de provincia y subprovincia fisiografica del municipio de Calkini.

La zona de lomeríos se localiza en la porción este del municipio, cerca a los límites ejidales de Dzitbalché, Xnolán y algunos otros predios de pequeña propiedad, como San Miguel Xiú; son lomeríos de formas suaves y redondeadas con alturas máximas sobre el nivel del mar de aproximadamente 80 metros. Los escurrimientos producto de las precipitaciones, descienden hacia las partes bajas, infiltrándose al subsuelo y a veces, debido a la impermeabilidad del suelo, se forman pequeños arroyos no definidos.

Paralela a la línea de costa del municipio, existe una franja donde se desarrolló y existen zonas de inundación, con manglares y pantanos, que en algunos puntos logran alcanzar hasta 15 Km de ancho; de igual manera afloran algunas riveras,

así como ojos de agua, que desembocan al mar. El resto del municipio, corresponde a la parte central y es una vasta extensión, que parte de la cabecera municipal con dirección SSE-NNE, hasta la zona de lomeríos, alcanzando elevaciones sobre el nivel del mar que varían de 15 a 35 metros; presentan una pendiente relativamente suave con rumbo occidental, en esta zona no existen corrientes superficiales (CNA, 2000). En el cuadro se puede observar el relieve del municipio.

Cuadro 5. Tipo de relieve o topoformas en el municipio de Calkini

Nombre	Tipo de relieve Topoformas	Superficie (ha).
Cuerpo de agua	N/A	1,406.39
Playa o Barra	PLAYA O BARRA INUNDABLE Y SALINA	1,171.87
Llanura	LLANURA ROCOSA DE PISO ROCOSO O CEMENTADO	60,061.72
Llanura	LLANURA ALUVIAL COSTERA INUNDABLE Y SALINA	38,845.31
Llanura	LLANURA ROCOSA DE TRANSICIÓN DE PISO ROCOSO O CEMENTADO	2,228.50
Playa o Barra	PLAYA O BARRA INUNDABLE Y SALINA	31,333.31
Llanura	LLANURA ROCOSA CON LOMERÍO DE PISO ROCOSO O CEMENTADO	60,377.19
Llanura	LLANURA COSTERA CON CIÉNAGAS	15,045.38

En la imagen se puede observar el comportamiento del relieve que predomina en el municipio de Calkini.

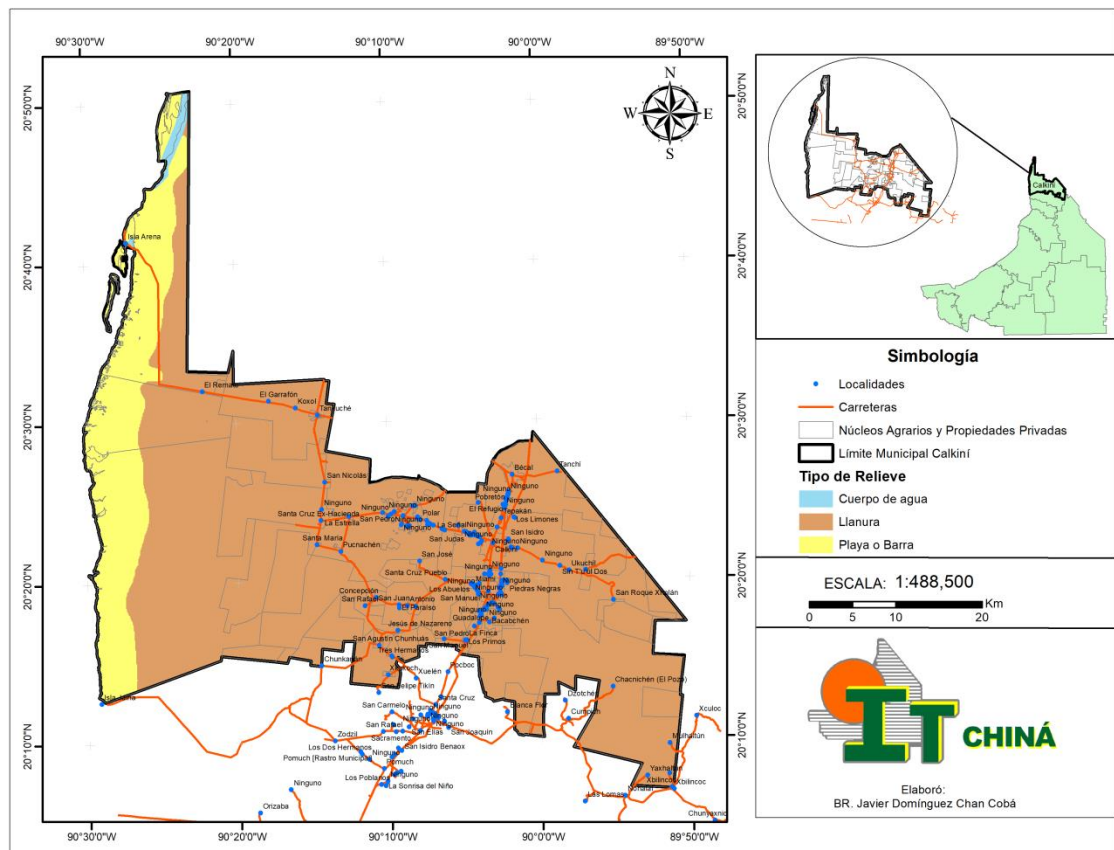


Figura 4. Mapa de ubicación de tipo de relieve en el municipio de Calkini.

4.2.4 Edafología

Según la carta edafológica serie II del INEGI, en el municipio de Calkini, es factible encontrar 9 distintos tipos de suelo, destacando por su predominancia del Leptosol rendzico (Rendzinas), del territorio municipal, seguido por una parte menor de Solonchak órtico y Gleysol mólico, los 7 restantes tipos de suelo representan en conjunto de la superficie del municipio. Si bien las Rendzinas son suelos con buena fertilidad, su escasa profundidad y vulnerabilidad a la erosión no las hacen especialmente favorables a las actividades agrícolas-pecuarias. Por su parte, los suelos de Gleysol son de textura fina y drenaje lento, suelen estar inundados y su contenido de materia orgánica va de moderado hasta alto, presentan poca

susceptibilidad a la erosión. Pueden soportar pastos inducidos o cultivados con rendimientos moderados y agricultura de temporal en cultivos como arroz o caña de azúcar. (INEGI, 2003).

Cuadro 6. Clave y tipo de suelo predominate en el municipio de Calkini

Clave	Nombre suelo 1	Nom subsuelo 1	Nombre suelo 2	Nombre subsuelo 2	Textura	Fase Física	Superficie (ha).
H2O	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,493.67
ZU	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	148.99
ZU	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	144.27
ZU	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	404.50
ZU	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	32.49
ZU	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	185.15
Bc+I+Rc/2/L	Cambisol	crómico	Litosol	N/A	Mediana	Lítica	6,484.71
E+I/2/L	Rendzina	N/A	Litosol	N/A	Mediana	Lítica	3,193.40
E+I/2/L/sn	Rendzina	N/A	Litosol	N/A	Mediana	Lítica	7,646.16
E+I+Bc/2/L	Rendzina	N/A	Litosol	N/A	Mediana	Lítica	22,304.92
E+I+Bc/3/L	Rendzina	N/A	Litosol	N/A	Fina	Lítica	1,949.91
E+I+Lc/2/L	Rendzina	N/A	Litosol	N/A	Mediana	Lítica	3,722.74
E+Lc/2/L	Rendzina	N/A	Luvisol	crómico	Mediana	Lítica	3,089.18
Gm+Zo+Rc/2/sN	Gleysol	mólico	Solonchak	órtico	Mediana	NINGUNO	33,062.24
I+E/1	Litosol	N/A	Rendzina	N/A	Gruesa	NINGUNO	2.69
I+E+Lc/2	Litosol	N/A	Rendzina	N/A	Mediana	NINGUNO	957.67
Lc+E/3	Luvisol	crómico	Rendzina	N/A	Fina	NINGUNO	417.38
Lc+E+Ne/3	Luvisol	crómico	Rendzina	N/A	Fina	NINGUNO	409.59
Lc+Ne/3	Luvisol	crómico	Nitosol	éutrico	Fina	NINGUNO	580.74
Ne+E+Lc/3	Nitosol	éutrico	Rendzina	N/A	Fina	NINGUNO	10,183.80
Ne+Lc/3	Nitosol	éutrico	Luvisol	crómico	Fina	NINGUNO	983.21
Ne+Lc+E/3	Nitosol	éutrico	Luvisol	crómico	Fina	NINGUNO	3,098.7

							5
Oe+Zo/2/L/sN	Histosol	éutrico	Solonchak	órtico	Medi a	Lítica	6,523.8 5
Oe+Zo/2/sn	Histosol	éutrico	Solonchak	órtico	Medi a	NINGUNO	4,065.7 3
Rc+Zo/1/n	Regosol	calcáric	Solonchak	órtico	Grue sa	NINGUNO	915.05
Zo/1/N	Solonchak	órtico	NINGUNO	NINGUNO	Grue sa	NINGUNO	954.06
Zo+Oe/3/N	Solonchak	órtico	Histosol	éutrico	Fina	NINGUNO	32,612. 97
Zo+Rc/1/N	Solonchak	órtico	Regosol	calcáric	Grue sa	NINGUNO	117.82
E+Lc+l/2/L	Rendzina	N/A	Luvisol	crómico	Medi a	Lítica	40,131. 69
E+l+Lc/2/L	Rendzina	N/A	Litosol	N/A	Medi a	Lítica	13,639. 91
E+l/2/L	Rendzina	N/A	Litosol	N/A	Medi a	Lítica	1,996.7 4
Lc+E+l/3/LP	Luvisol	crómico	Rendzina	N/A	Fina	Lítica Profunda	9,015.5 2

En la figura siguiente se observa los diez tipos de suelos predominantes en el lugar ue se llevó a cabo el estudio correspondiente del municipio de Calkini, esta información es de la serie II del INEGI, la más predominantes es la redzina con una superficie de 97,674.64 hectáreas abarcando, seguido con el suelo denominado solonchak con 33,684.85 hectáreas y como tercero el gleysol con 33,062.24 hectáreas, cabe mencionar que debido a la región y topografía dichos suelo son los existentes, ya que existen combinaciones entre lomerios, planadas y partes humedales, por lo que se logra describir en la figura.

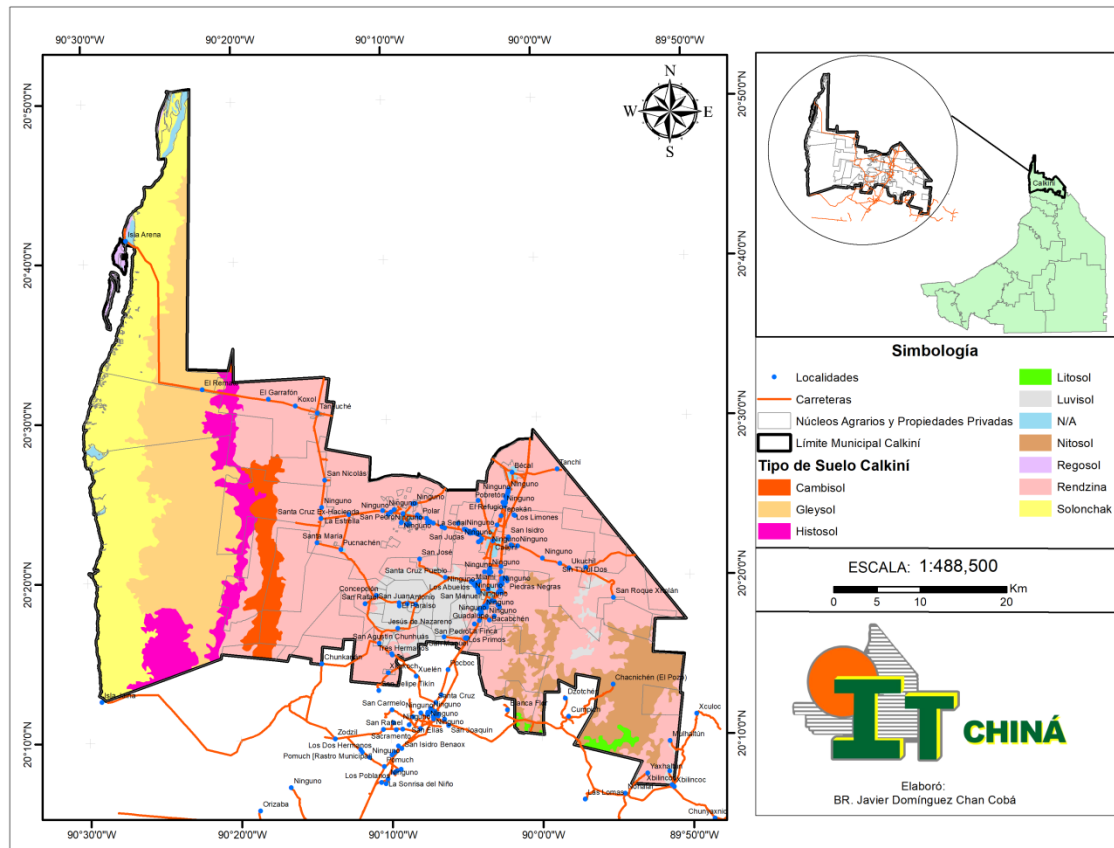


Figura 5. Ubicación del tipo de suelo en el municipio de Calkiní.

4.2.5 Geología

La mayor parte de la península de Yucatán aflora una secuencia cenozoica, principalmente calcárea, que no presenta deformaciones significativas y no esta formada por caps que conservan una actitud horizontal. (INEGI 2015).

La Península de Yucatán es una plataforma calcárea que se originó en el Cenozoico con un promedio de altitud de diez m con sólo una pequeña sierra importante en el centro de la Península, donde se alcanza una altitud máxima de 150 m. Sólo existen 12 lagos de un volumen mayor a medio millón de metros cúbicos ubicados en la zona sur (Schmitter Soto et al., 2002). Debido a su

configuración geológica, al infiltrarse el agua de lluvia forma cauces subterráneos y como la pendiente es muy suave, no hay afloramientos y sus movimientos son lentos. El agua subterránea forma todo un sistema de estructuras, tipificadas por los cenotes, dolinas, aguadas y lagunas pequeñas. Los cenotes se forman por la acción disolvente del agua en la superficie calcárea, las dolinas como producto de la disolución subterránea de las calizas cuyos techos llegan a colapsarse y la aguada por la acumulación de agua de lluvia en depresiones impermeables (Lazcano-Barrera et al., 1995).

En el lugar de estudio se menciona que predomina los depósitos cenozoicos que están representados principal mente por secuencias calcáreas y dolomíticas con intercalaciones de evaporitas. Butterlin y Bonet (1963) han reconocido una columna que varía desde el Paleoceno hasta el Cuaternario. Esta columna incluye, en orden ascendente, las formaciones Chichén Itzá e Icaiche del Paleoceno-Eoceno; las formaciones Bacalar; Estero Franco y Carrillo Puerto del Mioceno Superior, Plioceno y las calizas con moluscos del Pleistoceno-Holoceno. El Oligoceno no ha sido reconocido en superficie, pero fue cortado en las perforaciones exploratorias de los pozos Chicxulub No. 1 y Cacapuc No. 1 (Butterlin y Bonet, 1963). La distribución en superficie de las unidades del Cenozoico muestra claramente una retirada gradual de los mares hacia la línea de costa actual y es sólo en el Eoceno cuando los mares transgreden y cubren casi por completo la península de Yucatán (Butterlin y Bonet op. cit.). en el cuadro se puede observar la clase , la era y el sistema a que pertenece el municipio de Calkini.

Cuadro 7. Clave y geología en el municipio de Calkini

Clave	Clase	Tipo	Era	Sistema	Superficie (ha).
H2O	N/A	N/A	N/A	N/A	1,406.38
Q(s)	N/A	N/A	Cenozoico	Cuaternario	67,396.24
Ts(cz)	Sedimentaria	Caliza	Cenozoico	Neógeno	89,416.99

Te(cz)	Sedimentaria	Caliza	Cenozoico	Terciario	43,243.67
Q(s)	N/A	N/A	Cenozoico	Cuaternario	647.80
Q(s)	N/A	N/A	Cenozoico	Cuaternario	5,510.03
Q(s)	N/A	N/A	Cenozoico	Cuaternario	2,567.12
Q(s)	N/A	N/A	Cenozoico	Cuaternario	276.71
Q(s)	N/A	N/A	Cenozoico	Cuaternario	4.48

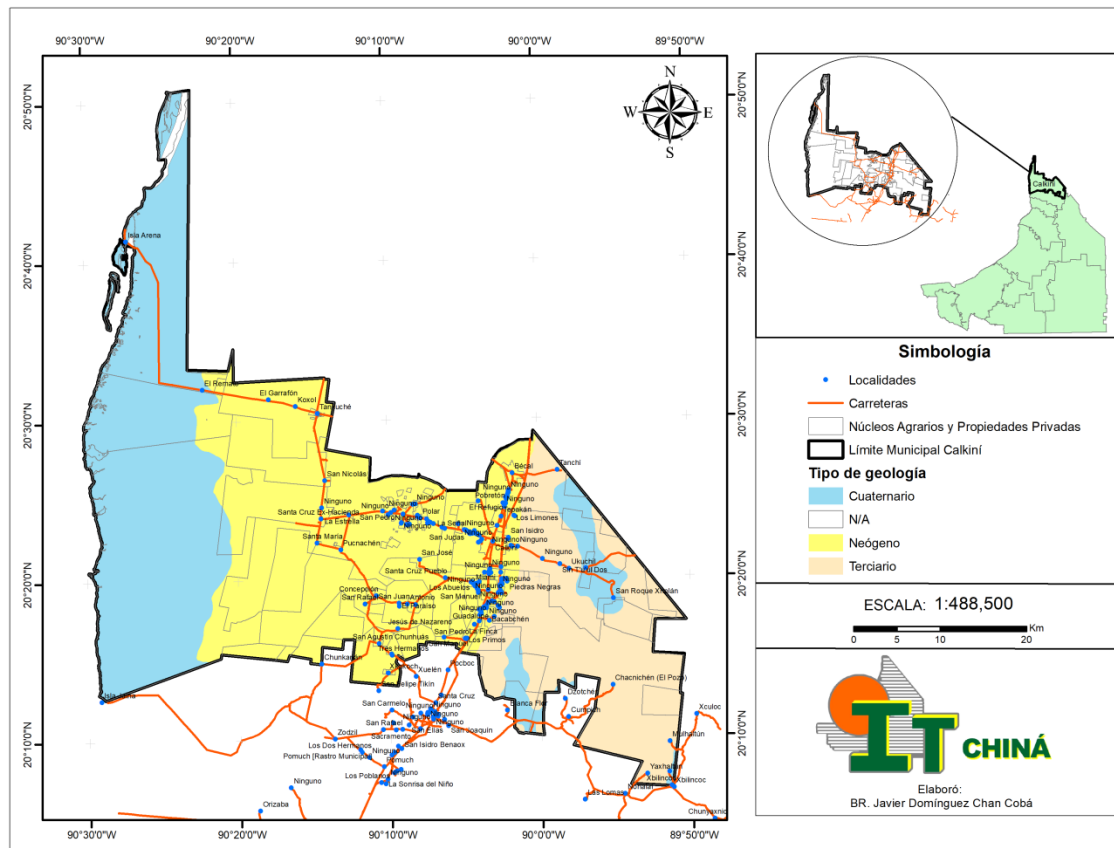


Figura 6. Mapa de ubicación del tipo de geología predominante en el municipio de Calkini.

4.2.6 Hidrología

La región hidrológica Yucatán Norte (32) perteneciente al Organismo de Cuenca Península de Yucatán se encuentra ubicada en los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo Limita con las regiones hidrológicas Yucatán Oeste y

Yucatán Este en su parte suroeste y en su parte sureste respectivamente. Ver cuadro y figura 7.

La región hidrológica Yucatán Norte no cuenta con corrientes superficiales importantes, ya que se encuentra constituida por un terreno kárstico que permite que la mayor parte de la lluvia se infiltre al subsuelo por la permeabilidad que caracteriza al terreno. Sin embargo, existen cuerpos de agua considerados un tipo de lago conocidos como cenotes y aguadas de gran importancia para la zona (Schmitter Soto et al., 2001).

Cuadro 8. Clave y región hidrológica en e municipio de Calkini

Clave subcuenca	Clave Región Hidrológica	Región Hidrológica	Clave Cuenca	Cuenca	Subcuenca
RH32Ba	RH32	YUCATÁN NORTE (YUCATÁN)	RH32B	YUCATAN	Mérida

En el mapa siguiente se puede observar como se encuentra representado la regionon hidrologica, la cuenca y la subcuenca del área de estudio en donde se llevo a cabo el proyecto de la presente metodología.

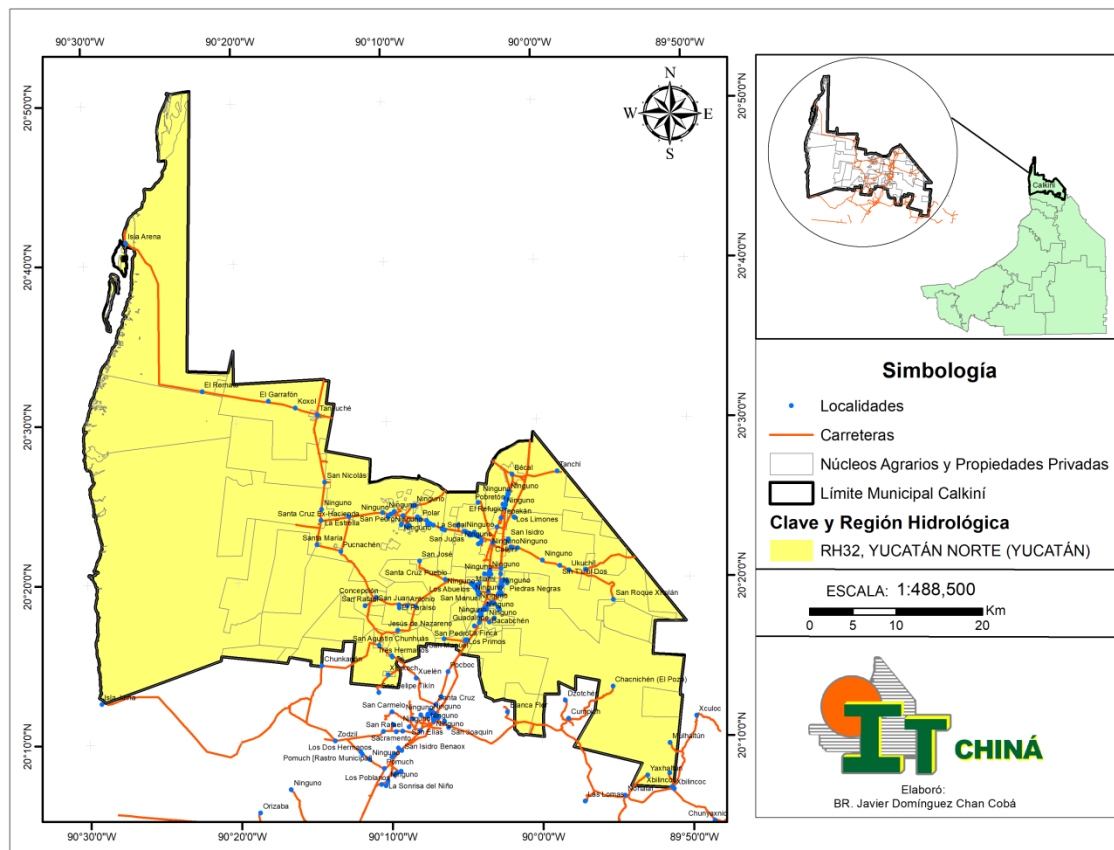


Figura 7. Mapa de ubicación de la región hidrológica y cuencas en el municipio de Calkini.

4.2.7 Tipos de vegetación

Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2021), tiene clasificado los tipos de vegetación en el municipio de Calkini, así como sus características, lo cual se describe a continuación.

Agricultura de riego; Estos agrosistemas utilizan agua suplementaria para el desarrollo de los cultivos durante el ciclo agrícola, por lo que su definición se basa principalmente en la manera de cómo se realiza la aplicación del agua, por ejemplo la aspersión, goteo, o cualquier otra técnica, es el caso del agua rodada (distribución del agua a través de surcos o bien tubería a partir de un canal

principal y que se distribuye directamente a la planta), por bombeo desde la fuente de suministro (un pozo, por ejemplo) o por gravedad cuando va directamente a un canal principal desde aguas arriba de una presa o un cuerpo de agua natural.

Agricultura de temporal; Se clasifica como tal al tipo de agricultura en donde el ciclo vegetativo de los cultivos que se siembran depende del agua de lluvia, por lo que su éxito depende de la precipitación y de la capacidad del suelo para retener el agua, su clasificación es independiente del tiempo que dura el cultivo en el suelo, que puede llegar a más de diez años, en el caso de los frutales, o bien son por periodos dentro de un año como los cultivos de verano.

El INEGI define a la selva como comunidades formadas por vegetación arbórea de origen meridional (Neotropical), generalmente de climas cálido húmedo, subhúmedo y semiseco. A diferencia de los bosques, las selvas son comunidades muy complejas en cuanto a la composición de su flora, por lo que su clasificación se realiza con base principalmente en su aspecto fisonómico y secundariamente en su composición florística.

Se clasifican de acuerdo a su altura y a la persistencia o caducidad de la hoja durante la época más seca del año.

Selva Perennifolia: Comunidades arbóreas de origen tropical que crecen en lugares con alta precipitación y cuyos componentes vegetales mantienen su follaje verde la mayor parte del año.

Selva Subcaducifolia: Comunidades arbóreas de origen tropical que crecen en lugares con precipitación estacional y cuyos componentes vegetales pierden las hojas del 50% al 75% durante la época seca del año.

Selva Caducifolia: Comunidades arbóreas o subarbóreas de origen tropical que crecen en lugares con precipitación estacional y en donde más del 75% de sus componentes vegetales pierden las hojas durante la época de secas.

Selva Espinosa: Comunidades arbóreas o subarbóreas de origen tropical que crecen en lugares con precipitación estacional y en donde sus componentes vegetales pierden las hojas más del 75% durante la época seca del año y las especies que la forman tienen espinas en sus tallos y/o ramas.

Selva Baja Subperennifolia (SBQP); Comunidad vegetal que se encuentra en las mismas regiones de la Selva Alta perennifolia, alta y mediana subperennifolia, se distribuye prácticamente en la península de Yucatán, en climas Cálidos húmedos y subhúmedos con temperaturas de 24 a 36°C y precipitaciones entre los 1300 y 2000 mm.

La distribución de esta selva está dada por las características geomorfológicas; esto es, en las zonas bajas y planas que en época de lluvias sufren cierto grado de inundación, pues se desarrollan en terrenos con drenaje deficiente, mismos que se inundan en la época de lluvias pero se secan totalmente en invierno (temporada seca). La altitud en que se distribuyen es del nivel del mar hasta 150 msnm. Los individuos que están presentes en este tipo de vegetación cuentan con una altura no mayor a 5 m. Son especies importantes *Byrsonima crassifolia*,

Byrsonima bucidaefolia (sakpaj), *Crescentia alata*, *C. kujete*, *Curatella americana*, *Coccoloba* spp., y *Metopium brownei* (chechén), También por lo regular este tipo de selvas se pueden relacionar con las sabanas y la selva mediana subperennifolia.

Selva Mediana Subcaducifolia (SMS) ; Se desarrolla en regiones cálidas subhúmedas con lluvias en verano, la precipitación anual oscila entre 1 000 y 1 229 mm y la temperatura media anual es de 25.9 a 26.6°C, con una temporada seca muy bien definida y prolongada. Los climas en los que prospera son los Am más secos y preferentemente los Aw. Se localiza entre los 150 y 1 250 m de altitud. El material parental que sustenta a este tipo de vegetación está constituido por rocas basálticas o graníticas y afloramientos de calizas que dan origen a suelos oscuros, muy someros, con abundantes rocas o bien en suelos grisáceos

arenosos y profundos. Los valores de pH son francamente ácidos o cercanos a la neutralidad, aunque sin llegar a 7. En la Península de Yucatán, sus suelos, aunque pedregosos, tienen una pequeña capa de materia orgánica formada por la gran cantidad de hojas que dejan caer los árboles; posee afloramiento de rocas calcáreas de colores rojizos y blancos, especialmente en la periferia de la sierra de Ticul y en las hondonadas o rejolladas. La densidad de los árboles es menor que la de las selvas altas perennifolias y subperennifolias; sin embargo, a mitad de la temporada de lluvias, en la época de mayor desarrollo de follaje, la cobertura puede ser lo suficientemente densa para disminuir fuertemente la incidencia de la luz solar en el suelo.

Especies importantes en este tipo de selva son;

Hymenaea courbaril (guapinol, capomo), *Hura polyandra* (jabillo, habillo), *Brosimum alicastrum* (ox, ramón, capomo, ojoche), *Lysiloma bahamensis*, *Enterolobium cyclocarpum* (pich, parota, orejón), *Piscidia piscipula* (habin), *Bursera simaruba* (chaka, palo mulato), *Agave* sp. (ki), *Vitex gaumeri* (yaaxnik), *Ficus* spp. (amate), *Aphananthe monoica*, *Astronium graveolens*, *Bernoullia flammea*, *Sideroxylon cartilagineum*, *Bursera arborea*, *Calophyllum brasiliense*, *Cordia alliodora*, *C. elaeagnoides*, *Tabebuia donnellsmithii*, *Dendropanax arboreus*, *Ficus cotinifolia*, *F. involuta*, *F. mexicana*, *Luehea candida*, *Lysiloma divaricatum*, *Sideroxylon capiri*, *Attalea cohune*, *Swietenia humilis*, *Tabebuia impetiginosa*, *T. rosea*, *Acacia langlassei*, *Apoplanesia paniculata*, *Trichospermum mexicanum*, *Bursera excelsa*, *Jacaratia mexicana*, *Ceiba aesculifolia*, *Coccoloba barbadensis*, *Cordia seleriana*, *Croton draco*, *Cupania glabra*, *Esenbeckia berlandieri*, *Eugenia michoacanensis*, *Euphorbia fulva*, *Exothea copalillo*, *Forchhammeria pallida*, *Inga laurina*, *Jatropha peltata*, *Plumeria rubra*, *Psidium sartorianum*, *Swartzia simplex*, *Licania arborea*, *Haematoxylon campechianum*, *Annona purpurea*, *Lonchocarpus lanceolatus*, *Diospyros digyna*, *Pithecellobium dulce*, *P. lanceolatum*, *Annona reticulata*, *Gyrocarpus jatrophiifolius*, *Sideroxylon persimile*, *Godmania aesculifolia*, *Manilkara zapota*, *Vitex mollis*, *Calycophyllum*

candidissimum, *Pterocarpus acapulcensis*, *Lafoensi punicaefolia*, *Andira inermis*, *Morisonia americana*, *Homalium trichostemon*, *Poeppigia procera*, *Tabebuia impetiginosa*, *Couepia polyandra*, *Erythroxylon areolare*, *Dalbergia granadillo*, *Hauya microcerata* (yoá); *Ficus bemslyana* (amate), *Platymiscium dimorphandrum* (hormiguillo), *Guettarda combsii* (palo de tapón de pumpo), *Wimmeria bartlettii* (hoja menuda de montaña), *Ulmus mexicana*, *Maclura tinctoria* y *Myroxylon balsamum*, *Ceiba pentandra*, *Sideroxylon foetidissimum*, *Caesalpinia gaumeri*, *Cedrela odorata*, *Alseis yucatanensis*, *Spondias mombin*, *Pseudobombax ellipticum*, *Astronium graveolens*, y *Vitex bemslei*. Las formas de vida epífitas y las plantas trepadoras así como el estrato herbáceo son reducidos en comparación con ambientes mucho más mesófilos. Como epífitas están algunas aráceas como *Anthurium tetragonum*, bromeliáceas como *Tillandsia brachycaulos* y orquídeas como *Catasetum integerrimum*.

Se distribuye principalmente a lo largo de la vertiente sur del Pacífico, aunque se encuentra también en áreas pequeñas del centro de Veracruz y en la parte central y norte de la Península de Yucatán, así como en la Depresión Central de Chiapas.

Selva Baja Subcaducifolia (SBS); Se distribuye al poniente de Yucatán, al norte de Quintana Roo y en la Costa Maya.

Los climas en que se desarrollan son del tipo Semicalido subhúmedo y Seco semicalido con temperaturas que oscilan entre los 16°C y los 36°C se desarrollan a una altitud entre los 50 a 100 msnm, sobre suelos poco desarrollados y poco profundos.

Fisonómicamente es semejante a la SBC, excepto en que los árboles dominantes conservan por más tiempo el follaje a causa de una mayor humedad edáfica. Impactan visualmente los elementos de *Beaucarnea plianilis* y *Pseudophoenix sargentii*.

El estrato superior típico lo componen elementos con 5 a 6 metros de altura como: chechén negro (*Metopium brownei*), tsalam (*Lysiloma bahamensis*), pomolche' (*Jatropha gaumeri*), chaka' (*B. simaruba*), zapote, ya'axnik (*Vitex gaumeri*), sak-katsim (*Mimosa bahamensis*), kitamche' (*Caesalpinia gaumeri*), akits (*Thevetia gaumeri*), boob (*Coccoloba barbadensis*); en el estrato intermedio contiene a elementos de 2 a 3 metros de altura como: Nancen (*Byrsonimia crassifolia*), flor de mayo (*Plumeria rubra*), ts'ipil (*Beaucarnea pliabilis*), palma kuka' (*Pseudophoenix sargentii*), palma de wano, katalox (*Swartzia cubensis*), chí'may (*Pithecellobium dulce* y *P. albicans*) y *Croton* spp. En el estrato inferior se encuentran especies de 1 a 2 m de altura como: Subin (*Acacia* sp.), pata de vaca (*Bauhinia* sp.) y subinche' (*Platymiscium yucatanum*).

Son especies importantes: *Metopium brownei* (boxchechén), *Lysiloma latisiliqua* (tsalam), *Beaucarnea ameliae* (ts'ipil), *Pseudophoenix sargentii* (kuka'), *Agave angustifolia* (ki, babki'), *Bursera simaruba* (chaka'), *Nopalea gaumeri* (tsakam), *Bromelia pinguin* (ch'om), *Coccoloba* sp (boop), *Thevetia gaumeri* (akits).

Selva Mediana Caducifolia (SMC); Se encuentra en climas AW₁ y AW₂ cálidos sub-húmedos con condiciones más húmedas que AW₀, con una temperatura media anual que va desde los 18 a 28° C y precipitaciones que se enmarcan entre los 700 y 1500 mm la precipitación es estacional concentrándose en 3 a 4 meses presentando una estación seca que se extiende generalmente de diciembre a mayo. El estrato arbóreo de esta selva se presenta de 15 a 20 metros con estratos arbustivos y herbáceos reducidos.

La selva se encuentra en diferentes situaciones topográficas y tipos de suelo aunque muestra una preferencia por suelos someros pedregosos y sobre laderas de cerros, los suelos presentan características de la roca madre la cual puede ser ígnea, metamórfica o sedimentaria marina.

Los suelos que se presentan con esta selva se encuentran generalmente en condiciones más favorables de humedad edáfica que la Selva Baja Caducifolia.

Las condiciones del suelo son bastante variables las texturas pueden variar de arcilla hasta arena, el PH de ácido a ligeramente alcalino, pueden ser pobres o ricos en materia orgánica y de diferentes colores. Por lo general son suelos jóvenes y bien drenados.

Prospera en lugares más protegidos y con suelos más profundos, su altura es de 15 a 20 metros. Las áreas que cubre esta selva actualmente presentan una cantidad considerable de vegetación secundaria debido a las actividades humanas.

Especies importantes: *Lysiloma bahamensis* (tsalam, guaje), *Piscidia piscipula* (jabín), *Bursera simaruba* (chaka', palo mulato), *Cedrela odorata* (cedro rojo), *Cholophora tinctoria*, *Cordia dodecandra* (siricote, cuéramo), *Alvaradoa amorphoides* (Belsinikche', camarón), *Lonchocarpus rugosus*, *Cordia gerascanthus*, *Gyrocarpus*, *Neomillspaughia emarginata*, *Gyrocarpus americanus* y *Caesalpinia gaumeri*, *Ehretia mexicana*, *Simarouba glauca*, *Bucida wigginsiana*, *B. macrostachya*, *Tabebuia palmeri*.

Distribución: Se presenta como una franja en dirección NE-SO al centro de Yucatán, que se prolonga al norte de Campeche; también en la vertiente sur del Pacífico dentro del área del istmo de Tehuantepec existen selvas bastante densas y frondosas.

Selva Baja Caducifolia (SBC); Se desarrolla en condiciones climáticas en donde predominan los tipos cálidos subhúmedos, semisecos o subsecos. El más común es Aw, aunque también se presenta en BS y Cw. La temperatura media anual oscila entre los 18 a 28°C. Las precipitaciones anuales se encuentran entre 300 a 1,500 mm. Con una estación seca bien marcada que va de 6 a 8 meses la cual es muy severa.

Se le encuentra desde el nivel del mar hasta unos 1,900 m, rara vez hasta 2,000 metros de altitud, principalmente sobre laderas de cerros con suelos de buen drenaje, en la vertiente del golfo no se le ha observado arriba de 800 m la cual se relaciona con las bajas temperaturas que ahí se tienen si se le compara con lugares de igual altitud de la vertiente del pacífico.

Los componentes arbóreos de esta selva presentan baja altura, normalmente de 4 a 10 m (eventualmente hasta 15 m). El estrato herbáceo es bastante reducido y sólo se puede apreciar después de que ha empezado claramente la época de lluvias y retoñan o germinan las especies herbáceas. Las formas de vidas crasas y suculentas son frecuentes, especialmente en los géneros *Agave*, *Opuntia*, *Stenocereus* y *Cephalocereus*.

En este tipo de selva son comunes: *Bursera simaruba* (chaka, palo mulato); *Bursera* sp. (cuajote, papelillo, copal, chupandia); *Lysiloma* sp. (tsalam, tepeguaje); *Jacaratia mexicana* (bonete); *Ceiba* sp. (yaaxche, pochote); *Bromelia pinguin* (chom); *Pithecellobium keyense* (chukum); *Ipomoea* sp. (cazahuate); *Pseudobomba* sp. (amapola, clavellina); *Cordia* sp. (ciricote, *P* cuéramo); *Pithecellobium acatlense* (barbas de (c chivo); *Amphypterigium adstringens* (cuachalalá); *C Leucaena leucocephala* (waxim, guaje); *Erythrina* (c sp. (colorín), *Lysiloma divaricatum*, *Phoebe h tampicensis*, *Acacia coulteri*, *Beaucarnea pinermis*, *Lysiloma acapulcensis*, *Zuelania guire donia*, *Pseudophoenix sargentii* (kuká), *Beaucarnea pliabilis*, *Guaiacum sanctum*, *Plumeria obtusa*, *Caesalpinia vesicaria*, *Ceiba aesculifolia*, *Diospyros cuneata*, *Hampea trilobata*, *Maclura tinctoria*, *Metopium brownei*, *Parmenteria aculeata*, *Pisdicia piscipula*, *Alvaradoa amorphoides* (camarón o plumajillo), o *Heliocarpus reticulatus* (namo), *Fraxinus purpusii* (aciquité o saucillo), *Lysiloma demostachys* (tepeguaje), *Haematoxylon campechianum*.

En las siguientes imágenes se pueden observar los tipos de vegetación de las serie V y VII, del municipio de Calkini.

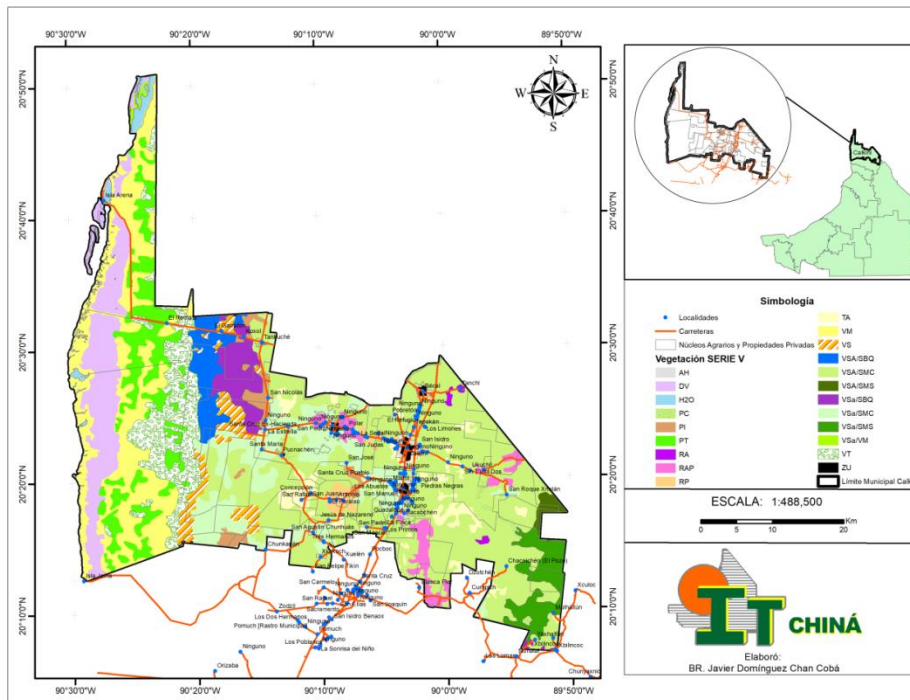


Figura 8. Mapa de Tipos de vegetación de la SERIE V

Fuente: Datos vectoriales INEGI 2022

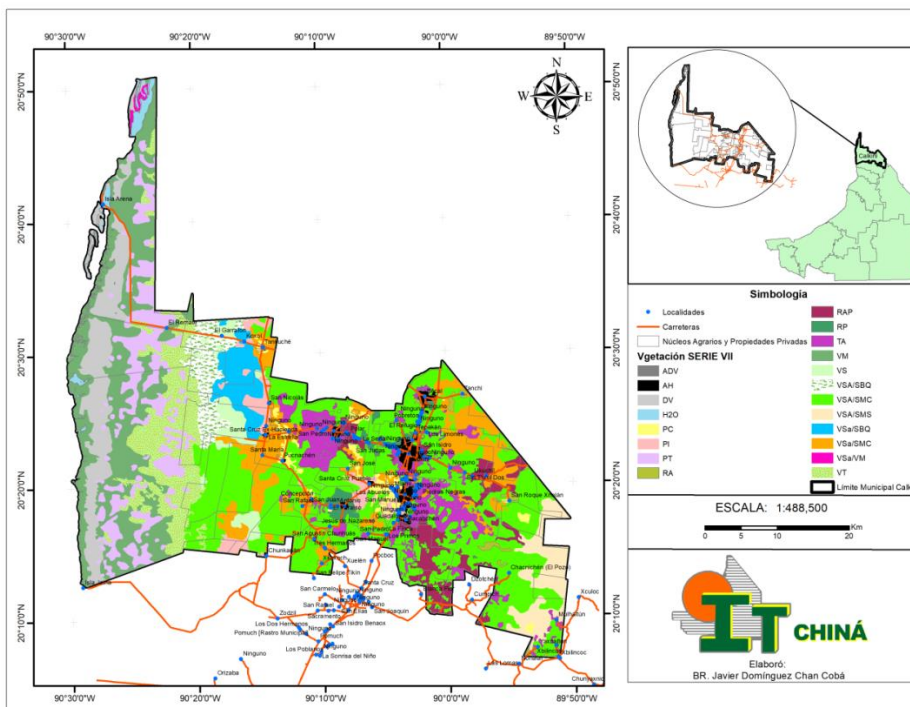


Figura 9. Mapa de Tipos de vegetación de la SERIE VII

Fuente: Datos vectoriales INEGI 2022

4.3 ANÁLISIS DE MAPAS DIGITALES Y CARTAS DE USO Y VEGETACIÓN

En este trabajo se realizó con la interpretación visual de los archivos o mejor conocidos como *shapefile*, el análisis de las cartas de uso y suelo vegetación creados y proporcionados por el INEGI (Serie V y VII). Cada capa vectorial fue analizado con el software *Arcmap*, ya que se procesó, identificó y cuantificó la información requerida.

Primero se obtuvo las cartas de uso de suelo y vegetación del municipio de Calkiní, posteriormente se realizaron cortes de cada carta, teniendo como base los límites del municipio de Calkiní en el software ya mencionado, esto con el objetivo de observar los cambios que ha tenido la vegetación desde hace 11 años, en el cuadro se muestran las diferentes series de uso de suelo y vegetación que predominan en la región. Para este trabajo se utilizaron únicamente dos cartas de uso de suelo los cuales fueron la serie V y VII respectivamente el INEGI. (Cuadro 9).

Cuadro 9. Tipos de cartas de uso de suelo y vegetación que existen hasta la actualidad en México.

SERIE	AÑO
I	1980
II	1993
III	2002
IV	2007
V	2010
VI	2015
VII	2021

Fuente: INEGI 2022.

Con base a la manipulación de los archivos vectoriales de las cartas de vegetación de la serie V y VII en el software arc gis, se obtuvo la tabla de atributos que conforman de cada vectorial antes mencionado con sus actividades y claves correspondientes así como las superficies correspondientes, las cuales se muestran a continuación (Cuadro 9 y 10).

Cuadro 10. Tipos de Uso de Suelo y Vegetación Serie V (INEGI 2010).

DESCRIPCIÓN	CLAVE	SUPERFICIE (ha).
Agricultura de Riego Anual	RA	609.81
Agricultura de Riego Anual y Permanente	RAP	4,640.80
Agricultura de Riego Permanente	RP	2,057.21
Agricultura de Temporal Anual	TA	7,158.91
Asentamientos Humanos	AH	2,260.60
Cuerpo de Agua	H2O	1,667.13
Manglar	VM	28,869.70
Pastizal Cultivado	PC	1,524.80
Pastizal Inducido	PI	3,212.89
Sabana	VS	5,808.22
Sin Vegetación Aparente	DV	17,068.51
Tular	VT	14,327.84
Vegetación de Petén	PT	14,778.70
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Espinosa Subperennifolia	VSA/SBQ	5,798.78
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Caducifolia	VSA/SMC	66,864.09
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subcaducifolia	VSA/SMS	986.06
Vegetación Secundaria Arbustiva de	VSa/VM	425.62

Manglar		
Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Espinosa Subperennifolia	VSa/SBQ	5,538.10
Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Mediana Caducifolia	VSa/SMC	20,007.34
Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Mediana Subcaducifolia	VSa/SMS	5,949.34
Zona Urbana	ZU	915.43

Cuadro 11. Tipos de Usos de Suelo y Vegetación Serie VII (INEGI 2021).

DESCRIPCION	CLAVE	SUPERFICIE (ha.)
Agricultura de Riego Anual	RA	1,317.72
Agricultura de Riego Anual y Permanente	RAP	8,070.86
Agricultura de Riego Permanente	RP	2,308.48
Agricultura de Temporal Anual	TA	13,139.51
Asentamientos Humanos	AH	3,357.84
Cuerpo de Agua	H2O	1,667.14
Desprovisto de Vegetación	ADV	19.33
Manglar	VM	28,914.73
Pastizal Cultivado	PC	3,426.75
Pastizal Inducido	PI	4,283.97
Sabana	VS	3,971.08
Sin Vegetación Aparente	DV	14,162.01
Tular	VT	16,517.71
Vegetación de Petén	PT	16,201.39
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Subperennifolia	VSA/SBQ	6,133.20
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Caducifolia	VSA/SMC	57,886.54
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Mediana Subcaducifolia	VSA/SMS	6,722.27
Vegetación Secundaria Arbustiva de Manglar	VSa/VM	425.62
Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja	VSa/SBQ	5,467.26

Espinosa Subperennifolia		
Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Mediana Caducifolia	VSa/SMC	16,476.48

Conociendo la descripción (tabla de atributos) de las dos cartas de uso de suelo y vegetación, se procedió a la agrupación o matriz por tipo de vegetación existente; con la función selección por atributos se les fue asignando los ID, como primero el Asentamiento humano, Agricultura, Pastizales, Cuerpos de agua, Sin vegetación aparente, Vegetación hidrófila y Selvas, asignándole claves o indicadores del 1 al 7; esto se realizó en primer instancia en la serie VII de USV. (Cuadro 11)

Cabe mencionar que para determinar el grado de perturbación en selvas, se puede emplear dos métodos de investigación que son: método cualitativo el cual no establece rangos numéricos para la descripción de información y el método cuantitativo que establece rangos numéricos para la descripción de información. Para este trabajo se utilizó el método cuantitativo ya que se emplearon valores de indicadores para distinguir cada serie utilizada y tener información precisa por la relación numérica que se utilizó y determinar estadísticamente el grado de afectación que ocurrió del 2010 al 2021.

Cuadro 12. Agrupación o matriz por tipo de vegetación de la carta de uso de suelo serie VII del año 2021.

CLASIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN	
TIPO DE VEGETACIÓN (AGRUPACIÓN)	INDICADOR (ID)
AH	1
RA, RAP, RP, TA	2
PC, PI	3
H2O	4
ADV, DV	5
PT,VM, VT, VS	6

VSa/SBQ, VSA/SBQ, VSa/SMC, VSA/SMC, VSa/SMS, VSA/SMS, VSa/VM, SMC	7
---	---

Posteriormente se realizó el mismo procedimiento para la serie V, agrupando Asentamiento humanos y zona urbana, agricultura, pastizales, agua, desprovisto de vegetación, vegetación de petén, manglar sabana y tular y como ultimo tipo de vegetación las selvas abóreas como arbustivas, asignándoles indicadores del 10 al 70, esto se hace con el fin de ver los cambios sufridos al momento de sumar cartográficamente los archivos vectoriales de las cartas de los diferentes tipos de vegetación del 2010 al 2021. (Cuadro 12).

Cuadro 13. Agrupación o matriz por tipo de vegetación de la carta de uso de suelo serie V del año 2010.

CLASIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN	
TIPO DE VEGETACIÓN (AGRUPACIÓN)	IDENTIFICADOR (ID)
AH, ZU	10
RA, RAP, RP, TA	20
PC, PI	30
H2O	40
DV	50
PT,VM, VT, VS	60
SMC, VSa/SBQ, VSA/SBQ, VSa/SMC, VSA/SMC, VSa/SMS, VSA/SMS, VSa/VM	70

Ya teniendo agrupado la matriz de las dos series, se procedió a utilizar la herramienta ***intersec de Arcgis***, calcula una intersección geométrica de las entidades de entrada. Las **entidades** o partes de entidades que se superponen con todas las capas o clases de entidad se escriben en la clase de entidad de

salida, esto con el objetivo de observar los cambios entre las dos capas mencionadas así como calcular las superficies. (Cuadro 6).

Ilustración

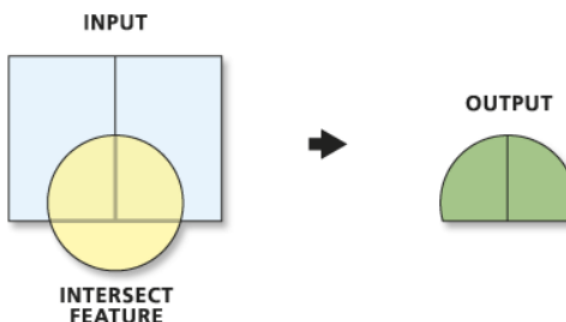


Figura 10. Función de la herramienta intersec en el software Arcgis

La entrada deben ser entidades simples, por ejemplo, entidades de punto, multipunto, línea o polígono. No puede utilizar entidades complejas tales como entidades de anotación, entidades de dimensión o entidades de red

La determinación del grado de perturbación o cambios de uso de suelo de las selvas se realizó mediante dos formas básicamente, cualitativamente el cual no establece rangos de clases y cuantitativamente que si establece estos rangos, la metodología mas recomendable es la que se hace cuantitativamente ya que esta proporciona información más precisa y da una idea más general del grado de afectación. . En este caso fueron polígonos que se precosearon con la finalidad d ver los cambios de manera calitativa y cuantitativa.

Cuadro 14. Suma de los archivos vectoriales de las dos capas de vegetación y valores obtenidos.

TIPO DE VEGETACIÓN (AGRUPACIÓN)	VALORES SERIE VII	VALORES SERIE V
AH, ZU	1	10
RA, RAP, RP, TA	2	20
PC, PI VS	3	30
H2O	4	40

DV	5	50
PT,VM, VT	6	60
SMC, VSa/SBQ, VSA/SBQ, VSa/SMC, VSA/SMC, VSa/SMS, VSA/SMS, VSa/VM	7	70

4.4 Identificación de áreas perturbadas

Para este proceso se utilizaron los datos contenida en las capas vectoriales de las series V y VII ambos archivos shape obtenidos de INEGI con escalas de 1:250,000, para distinguir los polígonos con cobertura forestal de los no forestales asignándoseles valores numéricos que al combinarse dieran como resultado un identificador único que permitiera identificar el tipo de cambio en el uso de suelo.

Con la finalidad de identificar donde se habían dado cambios en el uso del suelo y el tipo de cambio se creó una matriz de cambios mediante un procedimiento simple de combinación de ambas capas de Uso de suelo. Con la herramienta *intersect* de Arcgis se combinaron ambas capas vectoriales en una operación matemática de suma dando como resultado la siguiente matriz de cambios (Figura). En la imagen siguiente se observa los cambios obtenidos usando la herramienta *intersect* del *arcgis*, el campo *cambio* se encuentra las fases de acciones que ha pasado, y el campo *sup_cambio* se plasma las hectáreas en recuperación, pérdida o conservado.

Shape *	FID_USV_Ca	CLAVE	DESCRIPCIO	Area	ID_2021	FID_USV_1	OBJECTID	CVE_UNION	DESCRIPC_1	Area_1	ID_2010	Cambio	Sup_cambio
Polygon	0	ADV	DESPROVISTO DE VEGETACIÓN	19.33	5	145	112958	VSA/SMC	VEGETACIÓN SECUNDARIA	54,007.32	70	75	19.33
Polygon	1	AH	ASENTAMIENTOS HUMANOS	15.72	1	0	2875	AH	ASENTAMIENTOS HUMANO	15.72	10	11	15.72
Polygon	1	AH	ASENTAMIENTOS HUMANOS	15.72	1	135	112874	Vsa/SMC	VEGETACIÓN SECUNDARIA	2,068.64	70	71	0.00
Polygon	2	AH	ASENTAMIENTOS HUMANOS	32.51	1	1	2887	AH	ASENTAMIENTOS HUMANO	32.51	10	11	32.51
Polygon	3	AH	ASENTAMIENTOS HUMANOS	197.95	1	2	2904	AH	ASENTAMIENTOS HUMANO	197.95	10	11	197.95
Polygon	4	AH	ASENTAMIENTOS HUMANOS	106.04	1	3	2909	AH	ASENTAMIENTOS HUMANO	106.04	10	11	106.04
Polygon	5	AH	ASENTAMIENTOS HUMANOS	41.04	1	4	2913	AH	ASENTAMIENTOS HUMANO	41.04	10	11	41.04
Polygon	6	AH	ASENTAMIENTOS HUMANOS	71.55	1	5	2926	AH	ASENTAMIENTOS HUMANO	71.55	10	11	71.55
Polygon	7	AH	ASENTAMIENTOS HUMANOS	800.16	1	6	2931	AH	ASENTAMIENTOS HUMANO	604.15	10	11	604.15
Polygon	7	AH	ASENTAMIENTOS HUMANOS	800.16	1	145	112958	VSA/SMC	VEGETACIÓN SECUNDARIA	54,007.32	70	71	10.87
Polygon	7	AH	ASENTAMIENTOS HUMANOS	800.16	1	159	120201	ZU	ZONA URBANA	185.14	10	11	185.14
Polygon	8	AH	ASENTAMIENTOS HUMANOS	32.49	1	160	120216	ZU	ZONA URBANA	32.49	10	11	32.49
Polygon	9	AH	ASENTAMIENTOS HUMANOS	58.52	1	8	2948	AH	ASENTAMIENTOS HUMANO	58.52	10	11	58.52
Polygon	10	AH	ASENTAMIENTOS HUMANOS	193.84	1	9	2949	AH	ASENTAMIENTOS HUMANO	25.45	10	11	25.45

Figura 11. Descripción de la tabla de atributos de los resultados de cambios de serie V a Serie V

En el cuadro anterior se visualiza la suma de todas las actividades de cada serie con sus valores correspondientes, teniendo como resultado que la zona urbana y asentamiento humano, lo cual se interpretó que el ID 11 no sufrió cambio o pérdida de vegetación, el ID 21 nos dice que hubo un cambio de actividad que es de zona urbana a agricultura, 23 se explica que de actividad de pastizal cultivado o inducido paso a zona urbana, paso a ser 27 y 37 se recuperó las selvas, es decir de agricultura y pastizal paso a ser vegetación arbórea.

Se ilustra el modelo de la metodología, utilizado para obtener los resultados cualitativos y cuantitativos de los cambios de cobertura arbórea de la capa de uso de suelo y vegetación serie V y serie VII del INEGI, publicada en su página oficial.

Conociendo el procedimiento utilizado, esto con la finalidad de obtener la superficie total de la vegetación; sin cambio, recuperación y pérdida de selvas. En la siguiente figura se muestra el modelo utilizado en la metodología para identificar las áreas perturbadas, realizado en Arcgis con la herramienta ModelBuilder.

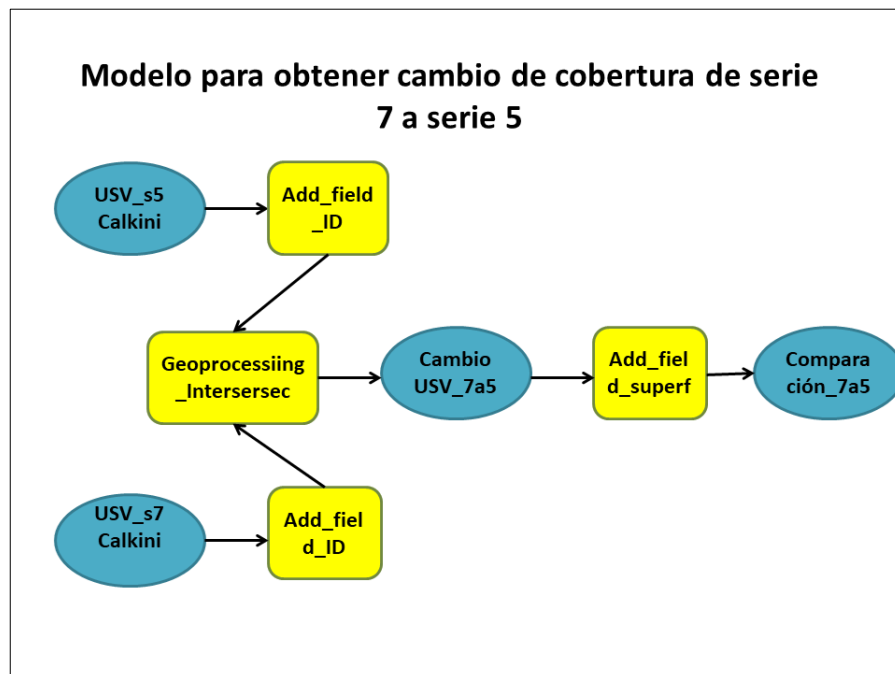


Figura 12. Modelo utilizado para obtener los cambios de cobertura en selvas de las series V y VII.

4.5 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CAPAS

Como resultado final de este trabajo obtuvo diferentes tipos de mapas finales, lo cual nos dice como está conformado el municipio de Calkín, Campeche, de manera que en el siguiente mapa se puede ver los usos de suelo y tipos de vegetación que se encuentran presentes hoy en día, el tipo de vegetación selva baja subperennifolia y selva mediana caducifolia fue el objetivo a realizar este estudio. Del mapa de clasificación de vegetación y uso del suelo se observa en toda la zona de estudio que el área está cubierta por vegetación arbórea en diferentes grados de densidad y perturbación, lo cual refleja que no existe una fuerte tasa de deforestación, esto con el análisis de información con el software arcgis.

Derivado al procesamiento y análisis de la información de las capas vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación de la serie V y VII del INEGI, se obtuvo las superficies de los cambios que han sufrido las selvas, del municipio de Calkini en un periodo de 11 años aproximadamente. Se clasificaron en cinco momentos o acciones, pérdida de vegetación, recuperación, conservación o permanencia de la vegetación, las que no han sufrido cambios y otros cambios.

De acuerdo a la metodología aplicada para determinar las áreas perturbadas en el municipio de Calkiní, se obtuvo el siguiente mapa en donde se observa los cambios que a tenido la vegetación en un periodo de mas de una década.

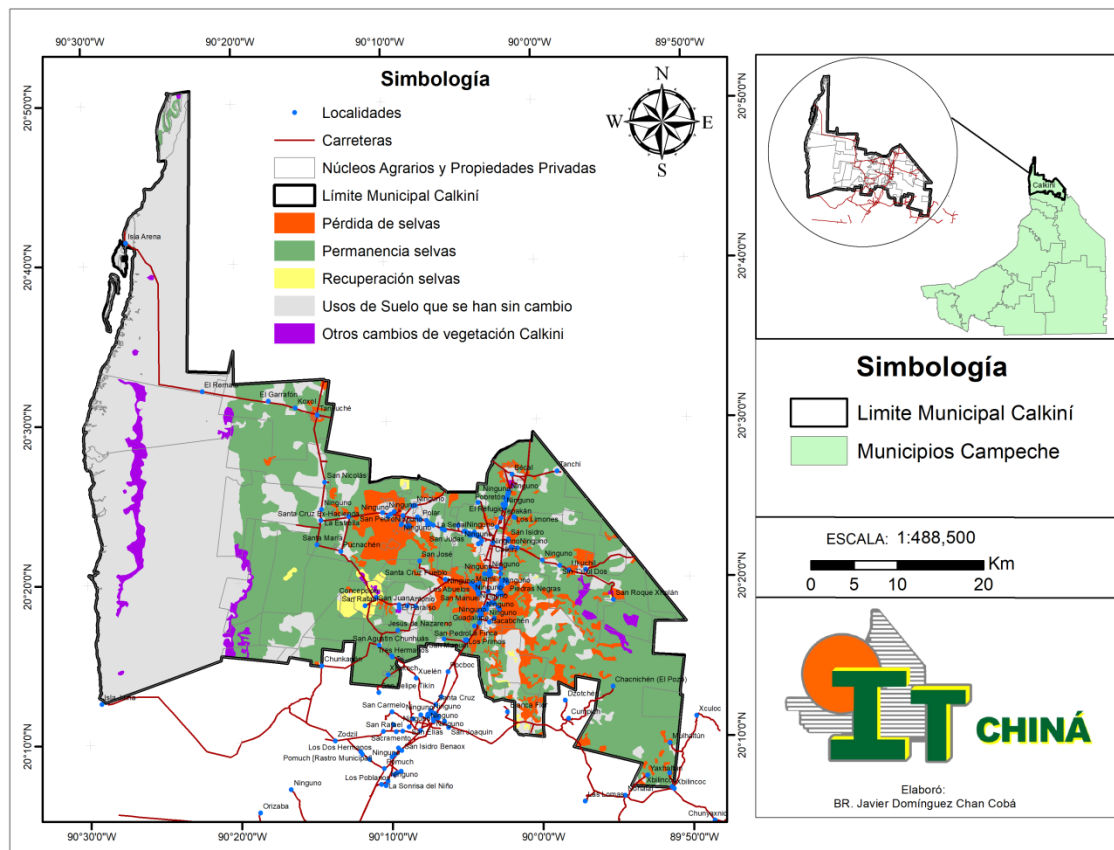


Figura 13. Mapa resultado de uso del suelo y vegetación del año 2010 a 2021

En el mapa anterior se puede visualizar la zonificación del municipio de Calkiní, en donde se representa cualitativamente los cambios que se ha realizado en los tipos de vegetación de las serie V y VII.

Como primero tenemos que la pérdida de vegetación representa el 7.37 % de la superficie forestal del área de estudio, el 0.93 % de la superficie se ha recuperado, el 42.67 % se ha tenido la permanencia de las selvas. En el cuadro siguiente se tiene las superficies con sus porcentajes correspondientes de la zonificación mencionada.

Cuadro 15. Cambios de cobertura que ha tenido el municipio de Calikini en once años.

Procesos o acciones	Superficie	%
Pérdida de la cobertura forestal (selvas)	15,520.20	7.37
Recuperación de la cobertura forestal	1,965.96	0.93
Permanencia o Conservación de selvas	89,815.11	42.67
Tipos de vegetación que se han mantenido	97,587.04	46.37
Otros usos de los tipos de vegetación	5,580.96	2.65
Total	208,539.76	100.00

Ya teniendo las acciones por lo que se ha tenido los cambios de cobertura, en el siguientes cuadros se observan y se describen cada una de las acciones así como las superficies en hectáreas, siguiente el orden del cuadro anterior se describen las áreas que han sido perturbadas o las que han sufrido modificación por el ser humano.

Cuadro 16. Superficies con pérdida de selvas por otra actividad en el municipio de Calkini.

Pérdida de la cobertura forestal (selvas)			
No.	Cambio de SERIE V a la VII	Clave de cambio	Superficie (ha)
1	Selva a desprovisto de vegetación / sin vegetación aparente	75	60.92
2	Selva a Asentamiento Humanos	71	81.51
3	Selva a Agricultura	72	11,993.19
4	Selva a pastizal cultivado	73	3,384.59
Total			15,520.20

Se plasma la superficie que se ha perdido de selvas a la actividad que predomina en la región que es la agricultura, con estas superficies dan mucho que decir, en

tan solo de 2010 a 2021 la cobertura forestal a pasado a un cambio de uso de suelo en porciones muy altas, en el cambio de lo que fue selva y ahora es agricultura se registro perdida de 15,520.20 hectáreas en los 11 años transcurridos.

En el análisis realizado se concluye que el mayor cambio de uso de suelo o la mayor perturbación es debido a la actividad agricola, seguido a la ganadería, como tercero esta la ampliación de las zonas urbanas o asentamientos humanos y como ultimo quedan las áreas desprovistas de vegetación.

La región norte del estado de Campeche, en específico el municipio de Calkini, su actividad principal económica son los cultivos de las tierras de temporal o mecanizada, el manejo integrado de la ganadería, por ello en este tiempo tiene un cambio radical de la vegetación. En la figura se ilustra el comportamiento de las ampliaciones de la frontera agricola.

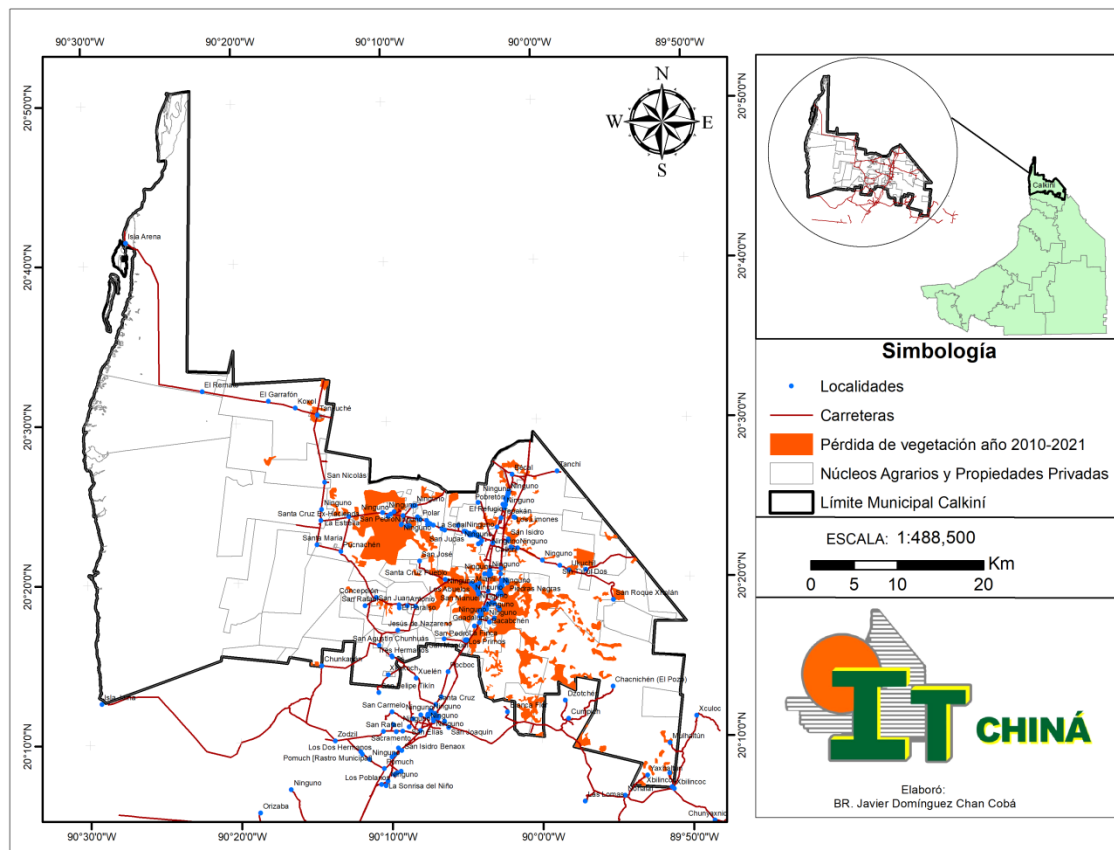


Figura 14. Mapa de afectación por cambio de uso de suelo del 2010-2021, en el municipio de Calkini.

Otra de las acciones es las áreas recuperadas de la cobertura forestal, en este caso fue la actividad de agricultura que ya por el paso de los años y del descanso de las tierras ya se han convertido en zonas de acahuales, lo cual es un tipo de vegetación arbórea en la región. En el cuadro siguiente se muestran la superficie que se ha ganado en este periodo y que ha sido incorporado en la carta de uso de suelo de la serie VII del INEGI.

Cuadro 17. Superficies en recuperación de selvas en e municipio de Calkini.

Recuperación de la cobertura forestal			
No.	Cambio de SERIE V a la VII	Clave de cambio	Superficie (ha)
1	Agricultura/Pastizal a Selvas	27 y 37	1,965.96

Como otro de los productos obtenidos en esta metodología es el mapar de recuperación de la actividad agricola a la de selvas, se observa el comportamiento de los cambios obtenidos entre las dos series ya mencionadas.

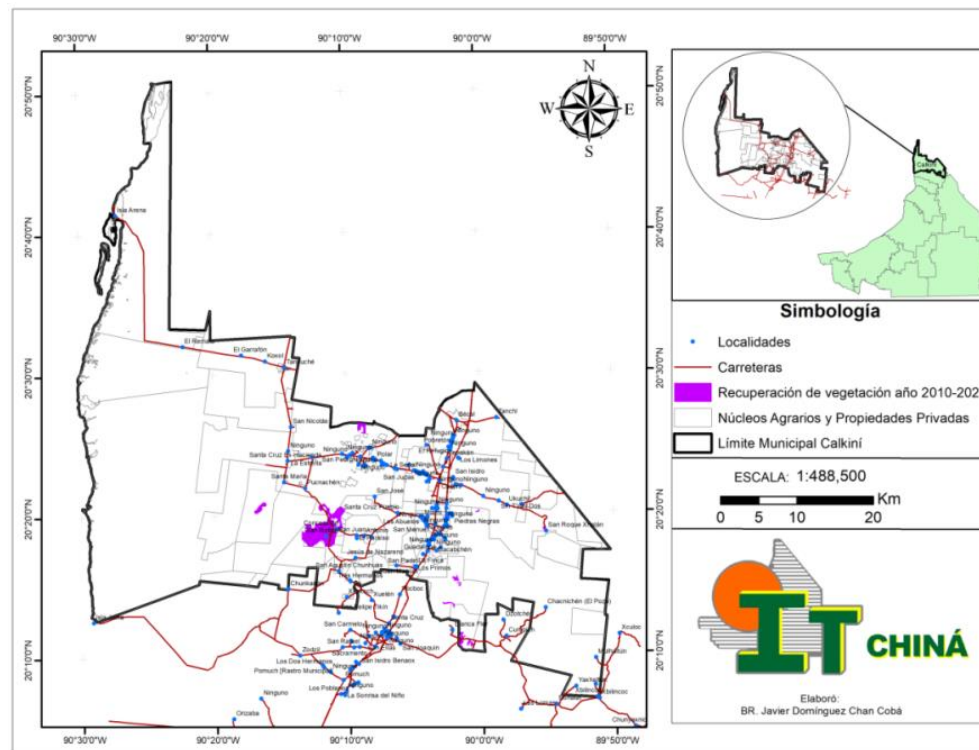


Figura 15. Mapa de áreas recuperadas de la serie VII a la serie V.

La vegetación que se ha mantenido y no ha sufrido cambios durante este tiempo es la agrupación de todo tipo de vegetación arbórea y arbustiva de selva baja, mediana caducifolia, subperennifolia, espinosa según la clasificación del INEGI.

En el cuadro se tiene las hectáreas de selvas que ha tenido permanencia de la serie V a la serie VII.

Cuadro 18. Vegetación arbórea que no ha sufrido cambio en las dos capas de usos de suelo.

Permanencia o Conservación de selvas			
No.	Cambio de SERIE V a la VII	Clave de cambio	Superficie (ha)
1	Selvas	77	89,815.11

En el mapa siguiente se ilustra las zonas que se han conservado, que no han tenido algun cambio de uso de suelo por el ser humano.

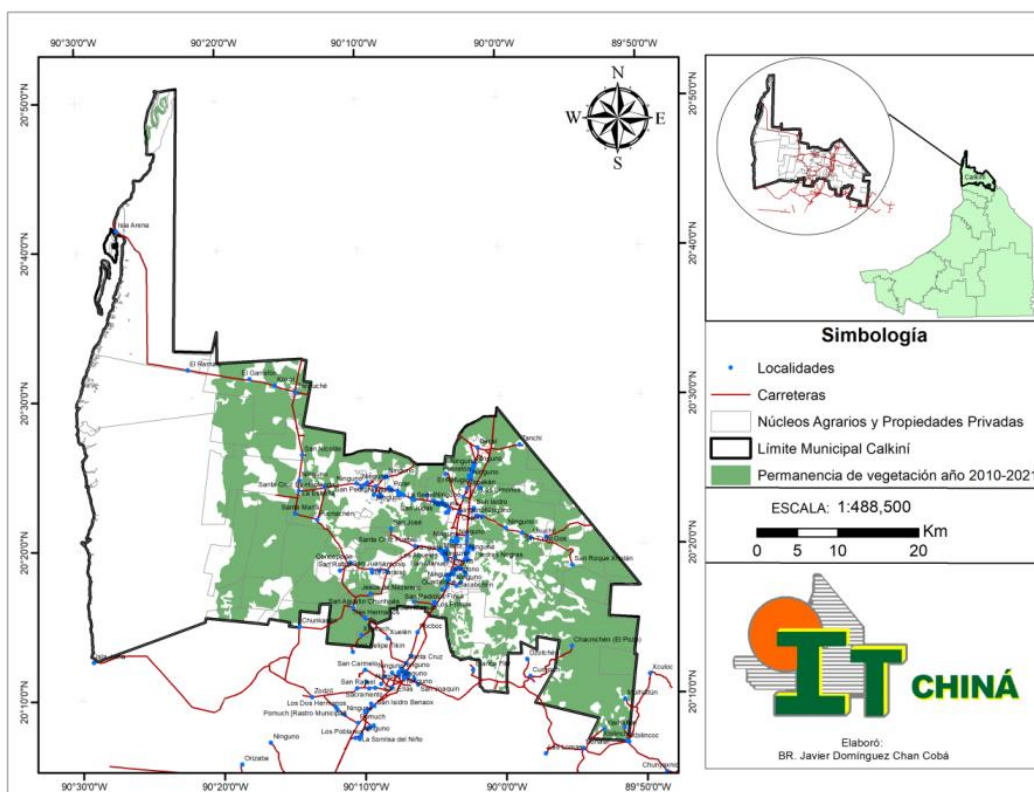


Figura 16. Mapa de áreas de selvas que se han mantenido en el periodo 2010-2021.

Entre en año 2010 al 2021 estas son los tipos de vegetación que se han mantenido y no han sufrido algun cambio al contrario han ido ganando áreas, es decir que el tipo de actividad halla cambiado, por lo que se menciona una superficie de 97,587.04 hectáreas, lo que representa el 47.37 % de la superficie total del municipio de Calkini. En este sentido los tipos de vegetación que se encuentran en el mapa de ubicación que se plasma, se observa que la mayor parte de encuentra en la Reserva de la biosfera de los Petenes, ya que es un área federal y la vegetación se encuentra son alguna modificación por el ser humano.

Cuadro 19. Superficie de los usos de suelos que se han mantenido sin sufrir algun cambio de actividad.

Tipos de vegetación que se han mantenido			
No.	Cambio de SERIE V a la VII	Clave de cambio	Superficie (ha)
1	Asentamiento humano, agricultura, pastizales, cuerpos de agua, Despovisto de vegetación, manglar, vegetación de petén y tular	11, 22, 33, 44, 55 y 66	97,587.04

En la imagen se observa la ubicación del los tipos de vegetación que no ha sufrido algun cambio, en lo particular la vegetación de manglar y de peten son los que predominan y se le ha conservado para conservar estos tipos de ecosistemas de gran importancia para el Estado y la Peminula de Yucatán.

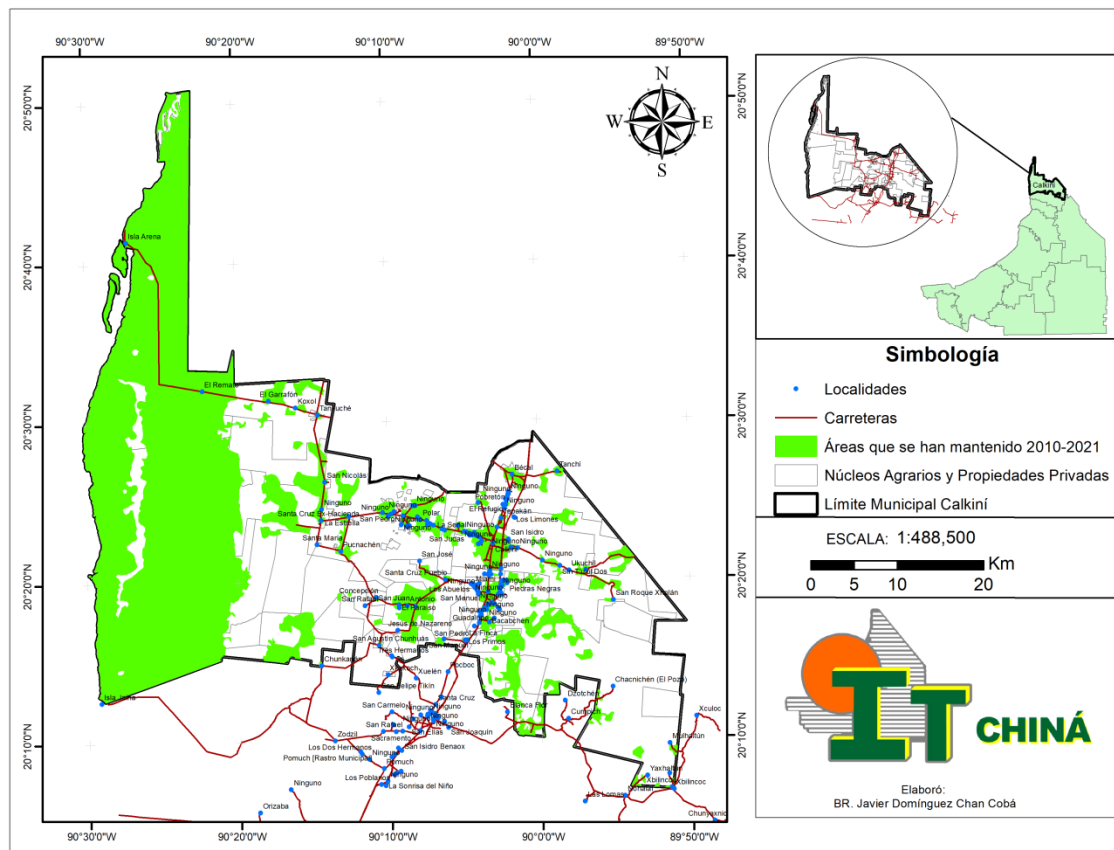


Figura 16. Mapa de representación de las áreas que se han mantenido

Como ultima clasificación de las acciones o eventos que ha tenido como resultados de la presente metodología, se realizó el análisis de la seriee cinco y siete, en este sentido se mencionan algunos cambios de uso que se le ha dado, por ejemplo de agricultrura a asentamiento humano o zona urbana, de ganaderia a agricultura o viceversa. Por lo que en el cuadro y figura siguiente se visualiza los datos de los resultados obtenidos en el municipio de Calkini.

Cuadro 20. Otros usos de suelo a la original que han sido cambiados.

Otros usos de los tipos de vegetación			
No.	Cambio de SERIE V a la VII	Clave de cambio	Superficie (ha)
1	Otros tipos de vegetación	21, 23, 32, 51, 56, 67 y 76	5,580.96

En esta acción se observa que es mínima la superficie de cambios, este apartado hace mención el cambio de uso que le ha dado el ser humano, como se hace mención en el texto anterior. En el mapa se observa la ubicación que se distribuye en el polígono del municipio de Calkini. En el mapa se ilustra donde esta distribuidas esos tipos de vegetación que han pasado diferentes cambios.

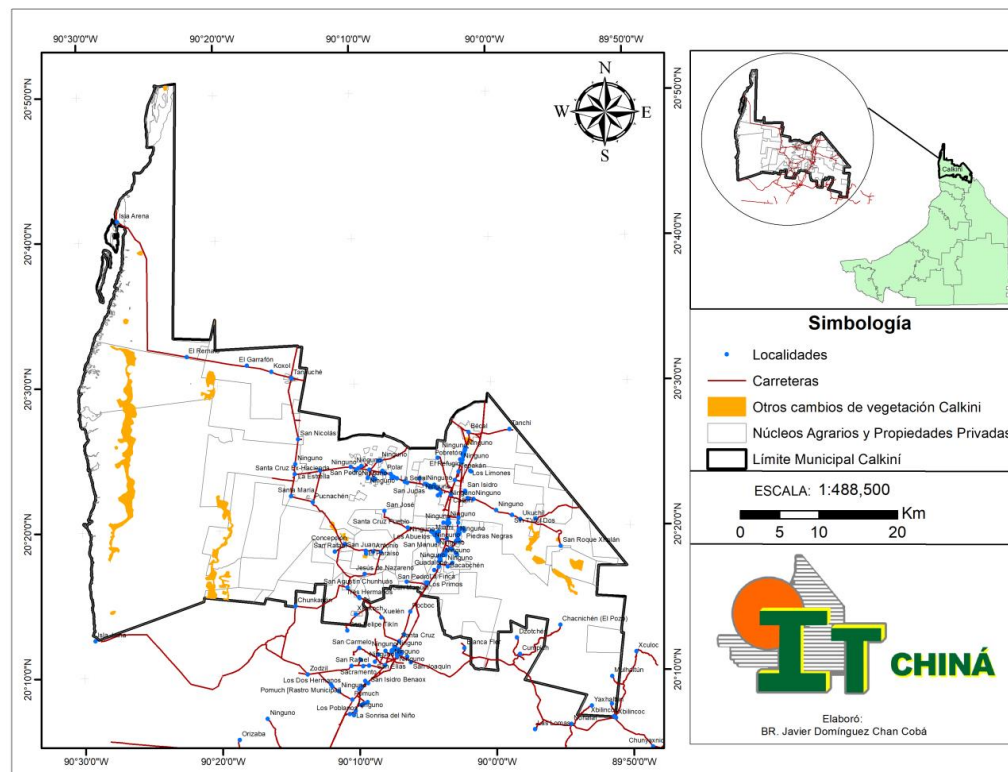
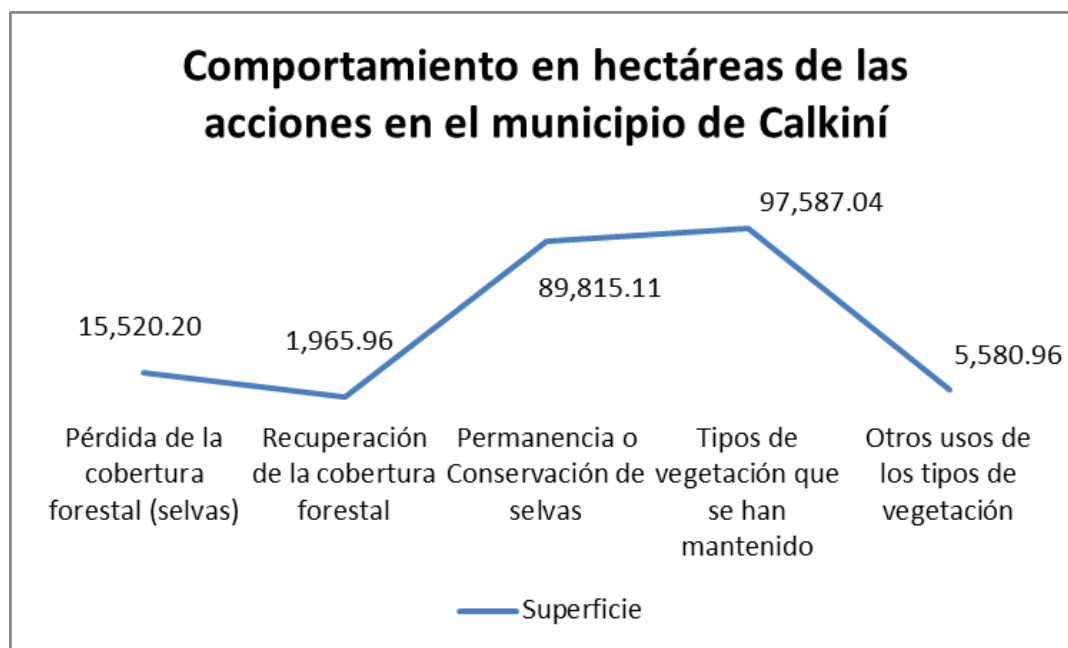


Figura 17. Otros cambios de uso de suelo del periodo 2010-2021.

Como resumen se tiene las gráficas siguientes del comportamiento de las acciones o actividades por las que han tenido alguna modificación, alteración o cambio de uso de suelo de la cobertura forestal en el municipio de Calkini. Como primero se observa el comportamiento lineal, de igual manera en los tipos de gráficas posteriores en hectáreas.

Según las clasificaciones que se realizó, se tiene que 97,587.04 hectáreas se ha mantenido, debido a que esta vegetación se encuentra en una zona protegida, la Reserva de la Biosfera de los Petenes, en segundo lugar se tiene las selvas que no han tenido alteración por el ser humano con una superficie estimada de 89,815.11 hectáreas, como tercera clasificación tenemos las pérdidas de vegetación de selvas con 15,520.20 hectáreas y como último se tiene la recuperación que ha sido mínimo con una superficie de 1,965.96 hectáreas, mismas que han sido mencionadas en los cuadros anteriores.

Figura 18. Comportamiento lineal de las acciones en el municipio de Calkiní



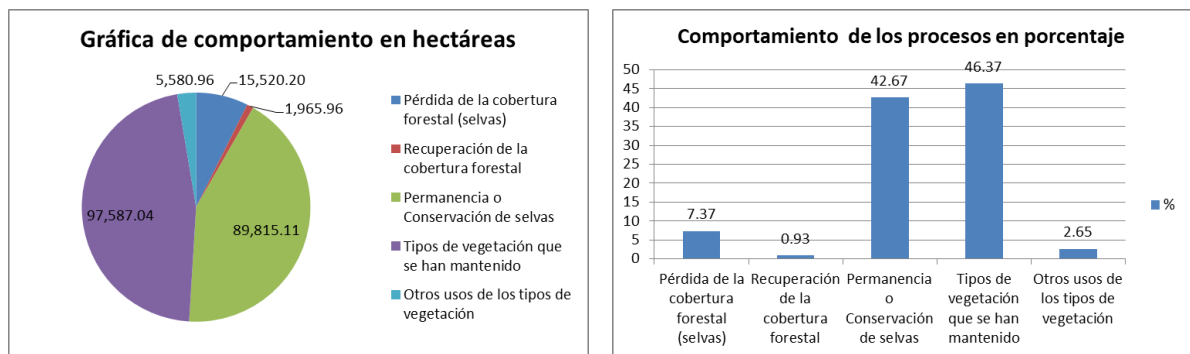


Figura 19. Comportamiento de las acciones en el municipio de Calkini.

Con los resultados del 2010 al 2021 podemos decir que ser humano a perturbado fuertemente el uso del territorio que nos encontramos. De igual manera se puede ver la recuperación de las selvas de manera natural o inducida. En las gráficas anteriores de se muestra como sido el cambio de las dos cartas de uso de suelo analizadas.

4.6 Comparativo de Áreas perturbadas

Se realizó la comparación de la carta de uso de suelo de la serie V correspondiente al año 2010, como se mencionó en la metodología se agruparon en siete estatus, al realizar la reclasificación se identificó y cuantificó como estaba conformada el uso del suelo en el año mencionado, en agricultura se registró 24,836.51 Ha, pastizales con 7,710.63 ha, en los cuerpos de agua se obtuvo registro de 1,667.13, las selvas por ahora cuenta con la mayor superficie de 93,110.83 Ha, las áreas sin vegetación con 14,181.34 Ha, la vegetación hidrófila la cual esta en segundo lugar en superficie con 65,604.73 Ha y por último tenemos una superficie de 3,357.84 Ha de las zonas urbanas en general. (Figura 18).

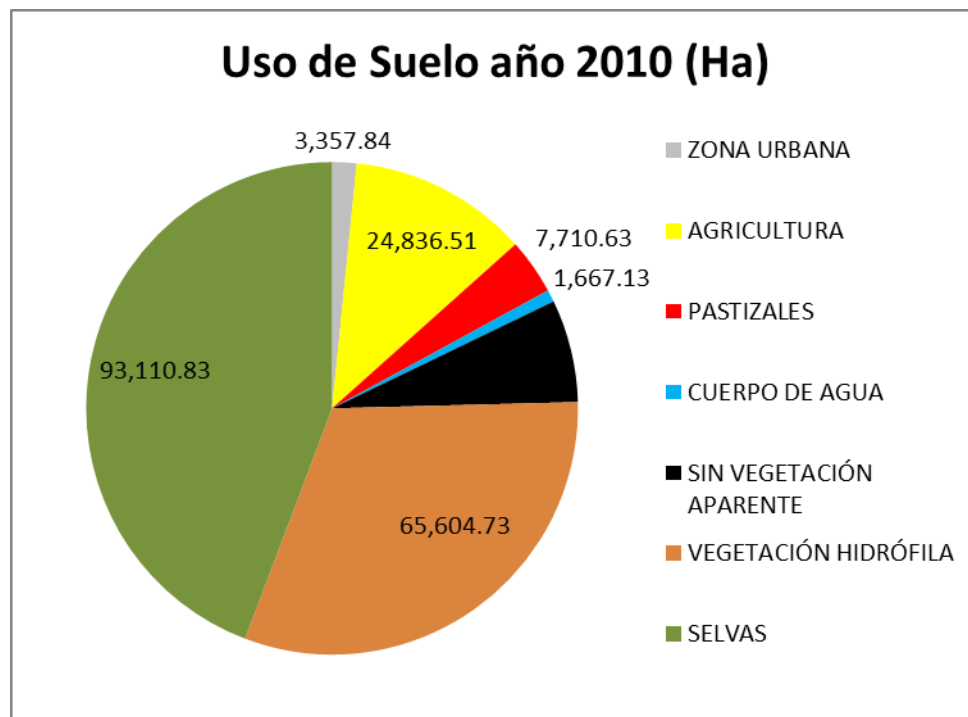


Figura 20. Superficie de las agrupaciones del uso de vegetación del año 2010.

También se realizó la comparación de la carta de uso de suelo de la serie VII, correspondiente al año 2021, agrupando en siete estatus como en la serie V, al realizar la reclasificación se identificó y cuantificó como estaba conformada el uso del suelo en el año mencionado de la siguiente manera, en agricultura se registró 14,466 Ha, pastizales con 4,737.67 ha, en los cuerpos de agua se obtuvo registro de 1,667.13, las selvas por ahora cuenta con 105,568.91 Ha, las áreas sin vegetación con 17,068.45 Ha, la vegetación hidrófila la cual esta en segundo lugar en superficie con 63,784.12 Ha y por último tenemos una superficie de 3,176.03 Ha de las zonas urbanas en general. (Figura 19).

Teniendo estas dos comparaciones se podrá implementar programas para la recuperación donde hay mayor pérdida de vegetación.

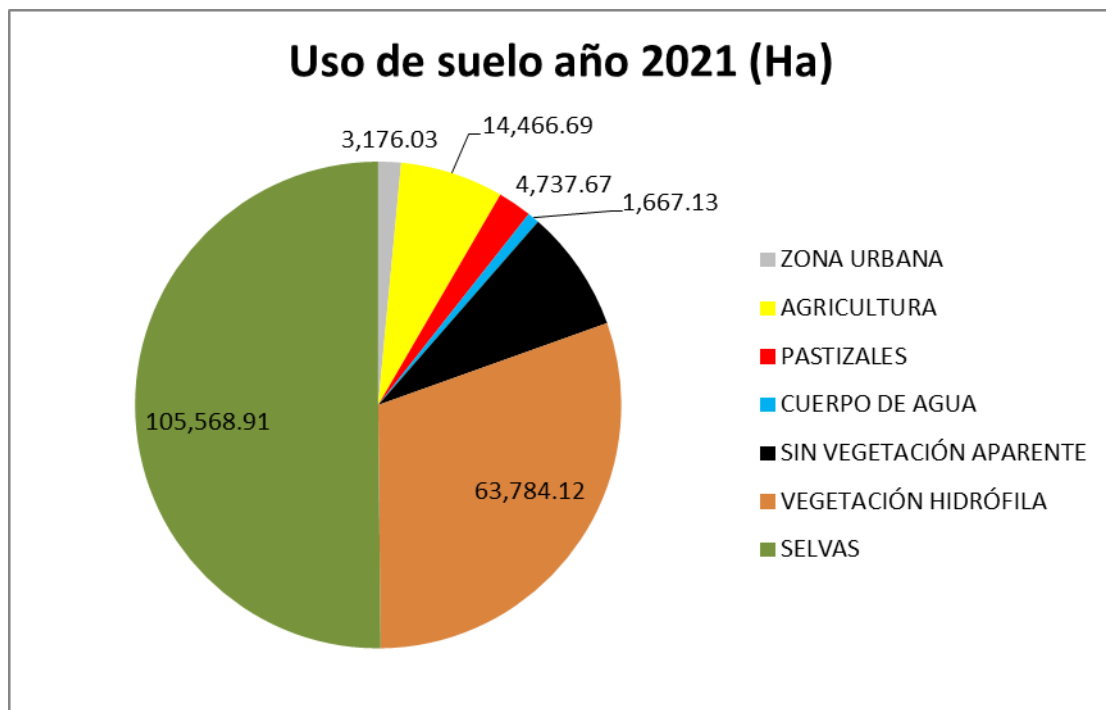


Figura 21. Superficie de las agrupaciones del uso de vegetación del año 2010.

Como parte final de esta metodología en el comparativo siguiente se observa que las selvas tiene una superficie de 12,458 hectáreas de recuperación en el año 2021, es decir que la regeneración natural o inducida se han implementado en para la recuperación de las selvas, en los pastizales ha disminuido con 2,972.96 hectáreas, en cuerpos de agua se sigue manteniendo el dato con 1,667.13, ya que no ha tenido algún cambio de uso, en la agricultura se ha recuperado 10,369.82 hectáreas. Ver cuadro 20.

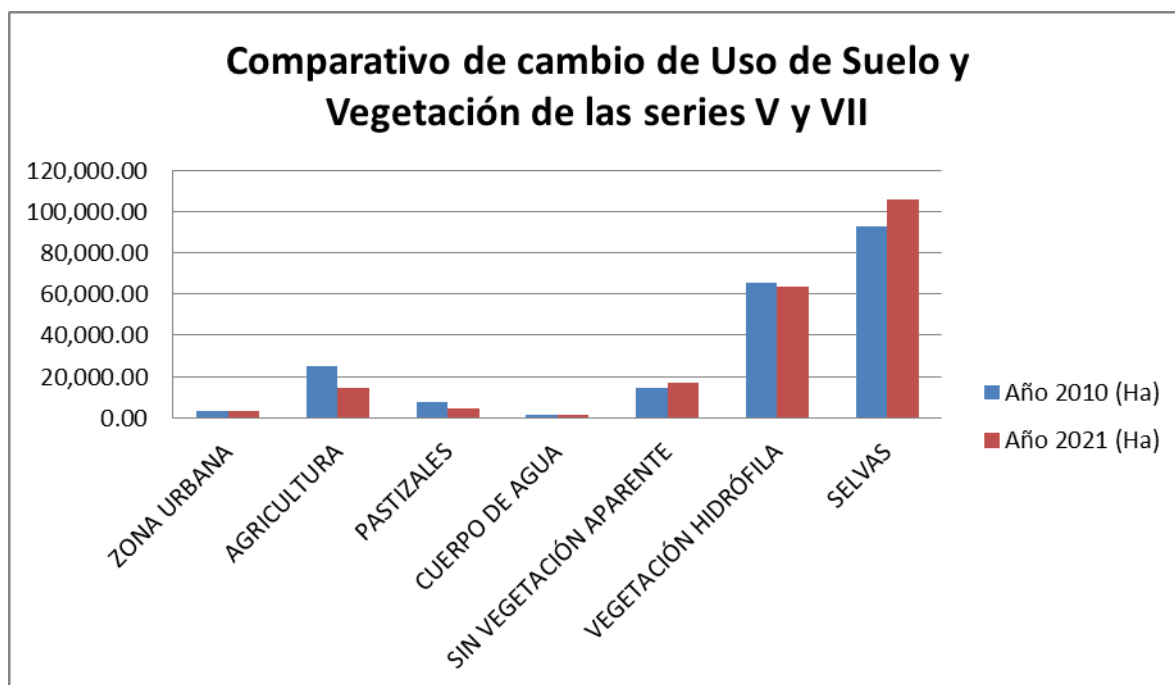


Figura 22. Comparación de las diferentes tipos de cartas de uso de suelo y vegetación del 2010 y 2021.

Cuadro 21. Superficies de Usos de Suelo y Vegetación de la serie V y VII, en el municipio de Calkini.

Tipos de Uso de Suelo	Año 2010 (Ha)	Año 2021 (Ha)
ZONA URBANA	3,357.84	3,176.03
AGRICULTURA	24,836.51	14,466.69
PASTIZALES	7,710.63	4,737.67
CUERPO DE AGUA	1,667.13	1,667.13
SIN VEGETACIÓN APARENTE	14,181.34	17,068.45
VEGETACIÓN HIDRÓFILA	65,604.73	63,784.12
SELVAS	93,110.83	105,568.91

5. CONCLUSIONES

Con este análisis obtenido con la metodología que se propone en el trabajo de tesis, servirá como base para proyectos de recuperación, restauración forestal, protección y conservación y aprovechamientos forestales sustentables maderables y no maderables de las localidades que conforman el municipio de Calkini. En la imagen siguiente se plasma las diferencias de los usos de suelo y vegetación del 2010 al 2021.

Al realizar la clasificación del área de trabajo se logró identificar los componentes de degradación en sus diferentes niveles, esto conjugado con el tipo de vegetación proporcionó los elementos para poder ubicar las agrupaciones de interés que están perdiendo.

La generación de mapas preliminares fue de gran utilidad ya que permitió generar la cartografía de uso actual del suelo para discriminar las áreas perturbadas de la selva mediana subcaducifolia y caducifolia como uno de los principales objetivos de la presente metodología, ya que con esta información obtenida se cuantificará los polígonos a implementar programas de recuperación de las áreas, de igual manera que sean de carácter productivos, como por ejemplo uno de ellos es la reforestación, los sistemas agrofrestales etc.

Se generó información cartográfica digital de las áreas perturbadas que ayudará para emprender actividades de recuperación mediante reforestaciones y obras de conservación de suelos en el estado de Campeche.

Finalmente, es importante recalcar la necesidad de controlar y restringir las causas de la perturbación a nivel regional y en función de los distintos tipos de vegetación que se afectan mayormente en México. Por un lado, es necesario frenar el cambio en el uso del suelo por expansión de las fronteras agrícola y pecuaria para empezar a controlar el problema, pero, por otro lado, también se requiere empezar a evaluar financieramente los servicios ambientales que ofrece la permanencia y

manutención de los ecosistemas naturales para los asentamientos poblacionales y las regiones aledañas a donde aún se ubican fragmentos de vegetación natural para sensibilizar a la población de lo que se pierde en cuanto a calidad y salud del ambiente con la deforestación.

6. RECOMENDACIONES

1. Realizar una comprobación del estudio, hacer una comparación de los resultados contra las condiciones en el terreno y obtener el porcentaje de precisión. Con fotografías aéreas se podría realizar este proceso de corroboración.
2. La clasificación en estudios de áreas perturbadas deben hacerse con imágenes de las diferentes condiciones que se presentan las asociaciones vegetales durante las diferentes estaciones de año.
3. Para realizar mejor la clasificación de perturbación es necesario tener elementos de cartografía con información a detalle, esto significa que se necesita generar las cartas de suelo a escala 1:250,000 y también obtener los datos de clima del área en cuestión y de todo el país.

7. BIBLIOGRAFIA

Evaluación de los ecosistemas del milenio y bienestar humano Walter V. Reid et al. 2005, p 15.

Forman, R.T.T., 1994. Land mosaic, the Ecology of land scapes and Regions. Cambridge University Press., 632 pp.

Luján-Álvarez, C., J.A. Diemer y M.L. Stanford, 2000. "Desarrollo de comunidades forestales sustentables en Chihuahua, México". *Madera y Bosques*, 6(2): 29-39.

William-Linera, G., 2002b. "Tree species richness complementarity, disturbance and fragmentation in a Mexican tropical montane cloud forest". *Biodiversity and Conservation*, 11: 1825-1843.

Enríquez-Enríquez, E.D., S.D. Koch y M.S. González-Elizondo, 2003. "Flora y vegetación de la Sierra de Órganos, municipio de Sombrerete, Zacatecas, México". *Acta Botánica Mexicana*, 64: 45-89.

CONAFOR (2020). Estimación de la tasa de deforestación en México para el periodo 2001-2018 mediante el método de muestreo. Documento Técnico. Jalisco, México. Disponible en: <https://www.gob.mx/conafor/documentos/estimacion-de-la-tasa-de-deforestacion-bruta-en-mexico-para-el-periodo-2001-2018-mediante-el-metodo-de-muestreo?idiom=es>

Rzedowski, J., 2006 Vegetación de México. 1ra Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.

Jose I. Barredo 2005.- Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio (segunda edición).

Begon, M., Harper, J.L., TOWNSEND, C.R. 1990. Ecology. Individuals, populations and communities. Blackwell. Oxford.

Chan y Cuevas, residencia profesional caracterización en el municipio de Calkini, 2013.

Comisión Nacional del Agua (CNA), 2010 identificación de climas en el norte del estado de Campeche.

Comisión Nacional Forestal (Conafor), 2010, definición de cambio de uso de suelo en México.

CONAFOR, 2013. Comisión Nacional Forestal. Inventario Estatal Forestal y de Suelo del estado de Campeche.

NEGI, 2002. Carta topográfica. "Hoja Becanchán E16A13. escala 1: 50 000". Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

Conjunto de datos vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Escala 1:250 000, Serie V, del Instituto Nacional de Geografía y Estadística 2010

Conjunto de datos vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Escala 1:250 000, Serie VII, del Instituto Nacional de Geografía y Estadística 2021.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). Diccionario de datos de climas 1:250 000,/ Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México 2021.

Diccionario de Datos Geológicos (Vectorial) Escala 1: 250000 Sistema Nacional de Información Geográfica 1999.

Diccionario de Datos Geológicos (Vectorial) Escala 1: 50, 000 Sistema Nacional de Información Geográfica 2001.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). Diccionario de datos edafológicos : escala 1 :250 000 / Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México: INEGI, c2009. x, 35 p. : il. Serie II.

FAO. 1974. Manual del inventario forestal con especial referencia a los bosques mixtos tropicales. Roma. Italia. 195 p.

Inegi, 2010. Tipos de vegetación en la república mexicana y estadística de los ecosistemas forestales.

KAUFMANN, M.R.; GRAHAM, R.T.; BOYCE JR., D.A.; MOIR, W.H.; PERRY, L.; REYNOLDS, R.T.; BASSETT, R.L.; MEHLHOP, P.; EDMISTER, C.B.; BLOCK, W.M.; CORN, P.S. 1994. An ecological basis for ecosystem management. Gen. Tech. Rep. RM-246. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.

Lasselin D y J.P. Darteyre. 1991. Iniciación a la teledetección y al procesamiento de imágenes. Apuntes del curso Satélites y Agricultura. Colegio de Posgraduados. Montecillos, México. 3 p.

Mas, J.-F. and J. Sandoval Correo 2000 Análisis de la fragmentación del paisaje en el área protegida "Los Petenes", Campeche, México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM (43):42-59.

Masera R. O., Deforestación y Degradación Forestal en México. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada (GIRA). Documento de Trabajo Núm. 19. México D. F. 1996.

Oliver, C.D. Y Larson, B.C. 1996. Forest stand dynamics. Update edition. John Wiley & Sons, Inc. USA.

Pennington, T; Sarukán, J. 2005. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, D.F. 523 pp.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México, D. F. México. 432 p. Miranda, E. 1958. Estudios acerca de la vegetación, En: Beltrán, E (eds). Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento. Publ. Inst. Rec. Nat. Renov., vol 11. Pp 215-271.

Spurr, S.H. Y Barnes, B.V. 1980. Ecología forestal. AGT editor, S.A. México.

White, P.S., . Pickett, T.A., 1985. Natural disturbance and patch dynamics: an introduction. In S.T.A. Pickett and P.S. White (eds.), *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*, Academic Press, New York, pp.3-13.