



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS

**“ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE LA
VEGETACIÓN Y USO DE SUELO PARA LA
ZONA SUR DE LA RESERVA DE LA
BIOSFERA SELVA EL OCOTE Y SU ÁREA
ADYACENTE, EN CHIAPAS, MÉXICO.”**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS EN
DESARROLLO SUSTENTABLE Y
GESTIÓN DE RIESGOS**

PRESENTA

SEYDI GLADIOLA CULEBRO GONZÁLEZ

DIRECTOR

DR. ARTURO CARRILLO REYES

CODIRECTORA

DRA. TAMARA MILA RIOJA PARADELA

ASESORES

DR. JORGE ANTONIO PAZ TENORIO

MTRO. LEONEL SANTIZO LÓPEZ

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

26 de Octubre de 2023



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS

**“ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE LA
VEGETACIÓN Y USO DE SUELO PARA LA
ZONA SUR DE LA RESERVA DE LA
BIOSFERA SELVA EL OCOTE Y SU ÁREA
ADYACENTE, EN CHIAPAS, MÉXICO.”**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS EN
DESARROLLO SUSTENTABLE Y
GESTIÓN DE RIESGOS**

PRESENTA

SEYDI GLADIOLA CULEBRO GONZÁLEZ

DIRECTOR

DR. ARTURO CARRILLO REYES

CODIRECTORA

DRA. TAMARA MILA RIOJA PARADELA

ASESORES

DR. JORGE ANTONIO PAZ TENORIO

MTRO. LEONEL SANTIZO LÓPEZ

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

26 de Octubre de 2023



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 25 de octubre de 2023
Oficio No. SA/DIP/919/2023
Asunto: Autorización de Impresión de Tesis

C. Seydi Gladiola Culebro González
CVU 1186177
Candidata al Grado de Maestra en Ciencias en
Desarrollo Sustentable y Gestión de Riesgos
Facultad de Ingeniería
UNICACH
Presente

Con fundamento en la opinión favorable emitida por escrito por la Comisión Revisora que analizó el trabajo terminal presentado por usted, denominado Análisis espacio-temporal de la vegetación y uso de suelo para la zona sur de la Reserva de la Biosfera Selva El "Ocote" y su área adyacente, en Chiapas, México cuyo Director de tesis es el Dr. Arturo Carrillo Reyes (CVU: 101140) quien avala el cumplimiento de los criterios metodológicos y de contenido; esta Dirección a mi cargo autoriza la impresión del documento en cita, para la defensa oral del mismo, en el examen que habrá de sustentar para obtener el Grado de Maestra en Ciencias en Desarrollo Sustentable y Gestión de Riesgos.

Es imprescindible observar las características normativas que debe guardar el documento impreso, así como realizar la entrega en esta Dirección de un ejemplar empastado.

Atentamente
"Por la Cultura de mi Raza"

Dra. Carolina Orantes García
Directora



C.c.p. Ing. Mónica Catalina Cisneros Ramos, Directora de la Facultad de Ingeniería, UNICACH. Para su conocimiento.
Dr. Arturo Carrillo Reyes, Coordinador del Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNICACH. Para su conocimiento.
Archivo/minutario.

RJAG/COG/igtr

2023 AÑO DE FRANCISCO VILLA
EL REVOLUCIONARIO DEL PUEBLO



Dirección de Investigación y Posgrado
Libramiento Norte Poniente No. 1150
Colonia Lajas Maciel C.P. 29039
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
Tel:(961)6170440 EXT.4360
investigacionyposgrado@unicach.mx

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a DIOS por darme la fuerza y la sabiduría para empezar y culminar este bello proyecto.

“Y todo lo que hagáis, sea de palabra o de hecho, hacedlo en el nombre del Señor Jesús, dando gracias a Dios el padre por él”

COLOSENSES 3:17

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo económico otorgado durante los últimos seis meses.

A mis padres Felipe e Hilda por apoyarme en todo momento, por los valores que me inculcaron y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación profesional.

A mis hermanas Adriana, Andrea y a mi sobrina Zoe por ser parte importante de mi vida, por llenar mi vida de alegría y amor cuando más lo he necesitado.

Al Dr. Arturo Carrillo por la confianza y por haberme dado la oportunidad de realizar este proyecto. Gracias por haber compartido conmigo sus conocimientos y su amistad.

A la Dra. Tamara Rioja por la paciencia, las enseñanzas y los consejos. Gracias por brindarme tan maravillosa amistad.

Al Dr. Jorge Paz por seguir apoyándome en esta etapa académica, por la confianza y la amistad.

Al Mtro. Leonel Santizo López por su tiempo, su conocimiento, su amistad y por brindarme la información necesaria para este proyecto.

INDICE

RESUMEN	9
ABSTRACT	11
1. INTRODUCCIÓN	13
2. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 DESARROLLO SUSTENTABLE.....	16
2.1.1 La controversia entre Sustentable o Sostenible	17
2.2. ÁREAS NATURALES PROEGIDAS (ANPs).....	19
2.2.1. Clasificación de las áreas naturales protegidas (ANPs).....	20
2.2.2. Reserva de la Biosfera	22
2.3. COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO	24
2.3.1. Impactos en los cambios de uso de suelo.....	26
2.4. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)	27
2.4.1. Funcionalidad de los SIG	30
2.4.2. Quantum Gis (QGIS).....	31
3. ANTECEDENTES	33
3.1. Internacionales.....	33
3.2 Nacionales	34
3.3 Estatales	35
4. OBJETIVOS.....	36
4.1. Objetivo general	36
4.2. Objetivos específicos	36
5. HIPÓTESIS	37
6. MÉTODOS.....	38
6.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	38
6.1.1. Localización.....	38
6.1.2. Clima	39
6.1.3. Asociaciones vegetales y Uso de suelo	39
6.2. CARACTERIZACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO.....	41
6.2.1. Preclasificación.....	41
6.2.2. Cálculo del NDVI.....	42
6.2.3. Clasificación de cobertura vegetal y Uso de Suelo	43
6.3. TASA DE CAMBIO DE VEGETACIÓN Y USO DE SUELO	43

7. RESULTADOS	44
7.1. COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO (CUS)	44
7.2. TASA DE CAMBIO.....	47
8. DISCUSIONES	49
9. CONCLUSIONES	54
10. LITERATURA CITADA	55

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. SUPERFICIE DE CADA COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO (EN HECTÁREAS), DEL POLÍGONO “GENERAL LÁZARO CÁRDENAS”, EN SUS SECCIONES UBICADAS DENTRO Y FUERA DE LA ANP RESERVA BIOSFERA SELVA “EL OCOTE” EN TRES DISTINTOS AÑOS (1984, 2003 Y 2022).	44
TABLA 2. SUPERFICIE DE CADA COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO (EN HECTÁREAS) EN EL POLÍGONO DE “RIVIERA PIEDRA PARADA”, EN SUS SECCIONES UBICADAS DENTRO Y FUERA DE LA ANP RESERVA BIOSFERA SELVA “EL OCOTE” EN TRES DISTINTOS AÑOS (1984, 2003 Y 2022).	45
TABLA 3. TASA DE CAMBIO DE LAS SIETE COBERTURAS VEGETALES Y USO DE SUELO DEL POLÍGONO “GENERAL LÁZARO CÁRDENAS”, EN SUS SECCIONES UBICADAS DENTRO Y FUERA DE LA ANP RESERVA BIOSFERA SELVA “EL OCOTE” EN TRES PERÍODOS DE ANÁLISIS. LAS CASILLAS SIN DATOS REPRESENTAN AQUELLOS CASOS EN LOS QUE LA FÓRMULA DE LA FAO (1996) NO ES APLICABLE PORQUE LA COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO NO EXISTE EN ALGUNOS DE LOS PERIODOS QUE SE COMPARAN.	47
TABLA 4. TASA DE CAMBIO DE LAS NUEVE COBERTURAS VEGETALES Y USO DE SUELO DEL POLÍGONO “RIVIERA PIEDRA PARADA”, EN SUS SECCIONES UBICADAS DENTRO Y FUERA DE LA ANP RESERVA BIOSFERA SELVA “EL OCOTE” EN TRES PERÍODOS DE ANÁLISIS..	48

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DE LOS POLÍGONOS DE ESTUDIO, “GENERAL LÁZARO CÁRDENAS” Y “RIVIERA PIEDRA PARADA”, DENTRO Y FUERA DE LA RESERVA BIOSFERA SELVA “EL OCOTE”, CHIAPAS, MÉXICO.....	38
FIGURA 2. COBERTURA VEGETAL Y USOS DE SUELO DE LOS POLÍGONOS “GENERAL LÁZARO CÁRDENAS” Y “RIVERA PIEDRA PARADA” EN SUS SECCIONES DENTRO Y FUERA DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA SELVA "EL OCOTE" (1984, 2003 Y 2022).	46

RESUMEN

Los cambios de cobertura vegetal y de uso de suelo pueden ocasionar la fragmentación y destrucción de ecosistemas, resultando en un impacto sobre la diversidad biológica. Es probable que haya ocurrido en las últimas décadas en la Reserva de la Biosfera Selva “El Ocote”, en Chiapas, México. Por ello, el objetivo de este proyecto de investigación fue determinar la tasa de cambio en la vegetación y uso de suelo para la zona sur de la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote (REBISO) y su área adyacente, para el periodo 1980-2022. Primero se llevó a cabo una caracterización de los tipos de vegetación y uso de suelo en dos polígonos (áreas) localizados al sur de la REBISO a partir de imágenes Landsat. Posteriormente se realizó una clasificación supervisada, y finalmente se determinó la tasa de cambio de uso de suelo y vegetación a partir de la fórmula de tasa de cambio descrita por la FAO (1996).

Los resultados obtenidos mostraron que en el polígono denominado “General Lázaro Cárdenas”, en su sección ubicada dentro de la REBISO, constó de siete tipos de cobertura vegetal y uso de suelo, de los cuales fueron Acahual, Selva Mediana Subperennifolia, Asentamientos Humanos, Caminos, Pastizales, Río y Zonas Agrícolas; mientras que en su sección fuera de la REBISO, se identificaron seis tipos de cobertura y usos de suelo: Acahual, Asentamientos Humanos, Caminos, Pastizales, Selva Mediana Subperennifolia y Zonas Agrícolas. Por otro lado, para el polígono denominado “Riviera Piedra Parada”, en su sección ubicada dentro de la REBISO, se caracterizó por siete tipos de cobertura vegetal y uso de suelo los cuales fueron, Acahual, Asentamientos Humanos, Caminos, Pastizales, Selva Baja Caducifolia, Cuerpos de Agua y Zonas Agrícolas; mientras que, en su sección ubicada fuera de la REBISO, se identificaron nueve tipos de cobertura vegetal y usos de suelo: Acahual, Asentamientos Humanos, Caminos, Cuerpos de Agua, Dolina, Pastizales,

Selva Baja Caducifolia y Zonas Agrícolas. La Tasa de cambio en la sección localizada dentro de la REBISO del polígono “General Lázaro Cárdenas” se caracterizó por el incremento de Acahual, Pastizal y Zonas Agrícolas, y por la disminución de Selva Mediana desde 1984 hasta el 2022. La sección de este polígono localizada fuera de la REBISO, se caracterizó por una disminución de Selva Mediana, así como por un aumento de Pastizal, Acahual, Caminos, Asentamientos Humanos y de Zonas Agrícolas en el mismo periodo. En cuanto a la sección localizada dentro de la REBISO del polígono “Riviera Piedra Parada”, la tasa de cambio se caracterizó por la disminución de Selva Baja Caducifolia y un aumento de Acahual, Cuerpos de agua y de Zonas agrícolas en el mismo periodo, mientras que la sección de este polígono localizada fuera de la REBISO, se caracterizó por la disminución de Acahual, Selva Baja Caducifolia de 1984 al 2022. Esta información sugiere la pérdida de asociaciones vegetales originales y el aumento de usos de suelo antropogénicos dentro y fuera de la REBISO. Esta información es importante para llevar a cabo la actualización de su Plan de Manejo, y permitir la creación de distintos mecanismos que ayuden al aprovechamiento sustentable de sus recursos naturales, contribuyendo a la conservación de su flora y fauna, y al mejoramiento de calidad de vida de las comunidades de la zona.

Palabras claves: Actividad antropogénica, Área Natural Protegida, Asociaciones vegetales, Fragmentación, Tasa de cambio.

ABSTRACT

Changes in vegetation cover and land use can cause the fragmentation and destruction of ecosystems, resulting in a negative impact on biological diversity. It is likely that it occurred in recent decades in the Selva "El Ocote" Biosphere Reserve, in Chiapas, Mexico. Therefore, the objective of this research project was to determine the rate of change in vegetation and land use for the southern zone of the Selva El Ocote Biosphere Reserve (REBISO) and its adjacent area, for the period 1984-2022. First, a characterization of the types of vegetation and land use was carried out in two polygons (areas) located to the south of REBISO based on Landsat images. Subsequently, a supervised classification was carried out, and finally the rate of change in land use and vegetation was determined based on the rate of change formula described by the FAO.

The results obtained show that in the polygon called "General Lázaro Cárdenas", in its section located within the REBISO, it consisted of seven types of vegetation cover and land use, of which were Acahual, Selva Mediana Subperennifolia, Human Settlements, Roads, Pastures, River and Agricultural Zone; while in its section outside REBISO, six types of cover and land uses were identified: Acahuals, Human Settlements, Roads, Pastures, Medium Subevergreen Forest and Agricultural Zones. On the other hand, for the polygon called "Riviera Piedra Parada", in its section located within REBISO, it was characterized by seven types of vegetation cover and land use, which were: Acahuals, Human Settlements, Roads, Pastures, Low Jungle Deciduous, Water Bodies and Agricultural Zones; while, in its section located outside REBISO, nine types of vegetation cover and land uses were identified: Acahuals, Human Settlements, Roads, Bodies of Water, Sinkhole, Pastures, Low Deciduous Forest and Agricultural Zones. The rate of change in the section located within the REBISO of the "General Lázaro Cárdenas"

polygon was characterized by the increase of Acahual, Pastizal and Agricultural Zones, and by the decrease of Selva Mediana from 1984 to 2022. The section of this polygon located outside the REBISO, it was characterized by a decrease in Medium Forest, as well as an increase in Grasslands, Acahual, Roads, Human Settlements and Agricultural Zones in the same period. As for the section located within the REBISO of the "Riviera Piedra Parada" polygon, the rate of change was characterized by the decrease in Low Deciduous Forest and an increase in Acahual, Bodies of water and agricultural areas in the same period, while that the section of this polygon located outside the REBISO, was characterized by the decrease of Acahual, Selva Baja Caducifolia from 1984 to 2022. This information suggests the loss of original plant associations and the increase of anthropogenic land uses inside and outside the REVIEW. This information is important to be able to carry out the update of its Management Plan, and allow the creation of different mechanisms that help the sustainable use of its natural resources, contributing to the conservation of its flora and fauna, and the improvement of quality of life of the communities in the area.

Keywords: Anthropogenic activity; Protected Natural Area; Plant associations; Fragmentation; Exchange rate.

1. INTRODUCCIÓN

Las actividades humanas constituyen un impacto considerable sobre la diversidad biótica (flora y fauna), sobre la degradación y la calidad del suelo, los recursos hídricos, la seguridad alimentaria y el bienestar humano, afectando la capacidad de los sistemas biológicos para sustentar las demandas del ser humano (Camacho *et al.*, 2015; Escandón *et al.*, 2018). Cuando ocurren cambios en estos elementos, se suelen afectar los sistemas globales (por ejemplo, el microclima y ciclo de nutrientes), sin importar si ocurren de manera localizada, ya que en su conjunto llegan a sumar un total significativo y se reflejan en buena medida en la cobertura vegetal global (Escandón *et al.*, 2018).

En este sentido, uno de los temas ambientales que mayor controversia ha generado en los últimos años en México, es el ritmo y la magnitud en el que se pierden los bosques y selvas del país para convertirlos en otros usos de suelo (campos de cultivo, potreros, zonas urbanas, etc.). Puesto que México es un país privilegiado por su diversa riqueza biológica, siendo catalogado como el cuarto país mega diverso, solo después de Brasil, no es la excepción entre los países que ha perdido parte de su biodiversidad debido a procesos de cambio de sus asociaciones vegetales (SEMARNAT, 2001). Como estrategia para contrarrestar dichas afectaciones surge la opción de la creación de Áreas Naturales Protegidas (ANP), que son zonas del territorio nacional en donde ambientes originales no han sido alterados por las actividades del ser humano, pero no están exentas a sufrir cambios causados por la urbanización de zonas adyacentes a las ciudades ya existentes, el uso no sustentable de los recursos, la caza, la contaminación de cuerpos de agua y sequías a causa de la aplicación del fuego (Chavarría y Lanuza, 2021; Subia, 2021).

La REBISO es una ANP localizada en el estado de Chiapas, México, misma que funge como una zona prioritaria para la conservación de la flora y fauna del sur de nuestro país albergando ecosistemas de Selva Alta, Selva Mediana Perennifolia, Selvas Subperennifolia, Selvas Caducifolia, entre otras asociaciones vegetales, así como una biodiversidad faunística representada por alrededor de 555 especies de vertebrados terrestres, lo que corresponde a un 46% de las especies reportadas para el estado de Chiapas (SEMARNAT, 2001). Además, conserva ecosistemas tropicales lluviosos que permiten la continuidad de ciclos y procesos naturales de gran importancia (SEMARNAT, 2001).

Evaluar el estado de la conservación y los cambios temporales de sus asociaciones vegetales y de tipos de uso de suelo dentro y fuera de esta ANP cobra gran relevancia dado que dicha información es indispensable para llevar a cabo la actualización de su plan de manejo, así como permitir la aplicación de distintos mecanismos que ayuden al aprovechamiento sustentable de sus recursos naturales, contribuyendo a la conservación de su flora y fauna, y al mejoramiento de calidad de vida de las comunidades locales adyacentes (Tejeda, 2009). Por tal razón, estudios sobre los procesos de cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo son de gran importancia para la sustentabilidad, permitiendo entender el mecanismo de dichos procesos y con ello contar con una guía para la toma razonable de decisiones sobre el uso sustentable del territorio (Escobar, 2016).

De acuerdo al Plan de Manejo de La Reserva Protegida Biosfera Selva “El Ocote”, Chiapas, México (2001), esta ANP ha sufrido modificaciones a lo largo de su historia debido a actividades agrícolas-ganaderas, mismas que han generado una disminución y fragmentación de su cubierta vegetal original (SEMARNAT, 2011). Estos cambios tienen un impacto negativo considerable sobre la diversidad de la Reserva, tales como la distribución

de especies faunísticas, que son ampliamente utilizadas y amenazadas por la explotación irracional de tráfico o cacería, principalmente especies como los Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), Jabalí (*Pecari tajacu*), Mono araña (*Ateles geoffroyi*), Jaguar (*Panthera onca*), entre otras más;; también se presentan cambios en la distribución de especies de flora tales como las poblaciones de barbasco (*Discorea compositae*), palma camedor (*Chamaedorea spp.*), cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swetenia macrophyla*). Igualmente, para las especies endémicas de cavernas se ven afectadas, además de la posible pérdida de calidad de más de 6 millones de metros cúbicos de agua (SEMARNAT, 2001).

Es por ello que el presente estudio determinó por primera vez la tasa de cambio de la cobertura en las asociaciones vegetales y en los distintos tipos de uso de suelo dentro y fuera de la zona sur de la Reserva de la Biosfera Selva “El Ocote” y su área adyacente, en el estado de Chiapas, México, para el periodo 1984-2022. Este estudio se realizó como parte de un proyecto de tesis de doctorado denominado “Efecto de la Ecología del Paisaje Sobre los Patrones de Actividad y las Relaciones Interespecíficas de Mamíferos en la Región Zoque, Chiapas, México”, mismo que se realiza en dos polígonos al sur de la REBISO.

La información obtenida a partir de esta investigación, permitió conocer la dirección e intensidad en que han ocurrido los cambios de vegetación y uso de suelo en el sur de esta ANP y su área adyacente, datos básicos para la creación de protocolos adecuados de manejo sustentable de la misma. Los resultados de esta investigación fueron plasmados en cartografía digital que podrá ser consultada y utilizada, no solo por académicos e investigadores, sino por la Administración de esta ANP.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 DESARROLLO SUSTENTABLE

El interés por el cuidado ambiental se remite al siglo XVIII y XIX, con una declaración a favor del cuidado ambiental para el aseguramiento del alimento y del desarrollo de las poblaciones. Los orígenes del concepto de Desarrollo Sustentable se encuentran en el análisis realizado por Malthus 1798, el cual hablaba de la restringida capacidad del planeta para producir alimentos que cubrieran la necesidad de la población creciente, estos análisis no evitaron las consecuencias ambientales de la Revolución Industrial y que se agudizan en la actualidad (Reyes *et al.*, 2018).

Fue hasta el siglo XX cuando se volvió a rescatar el interés y la discusión por el impacto ambiental debido a las actividades humanas, así como la planeación de un mecanismo nuevo de desarrollo que salvaguardara el bienestar ambiental y de las poblaciones actuales y futuras (Larrouyet, 2015).

La primera conferencia de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) sobre los problemas ambientales fue celebrada en Nueva York, en 1949, pero tuvo muy poco interés por la tensión ocasionada por la reconstrucción de la postguerra, los suministros de alimentos y el inicio de la guerra fría (Larrouyet, 2015).

Fue entre el período de 1942 al 1972 cuando los temas ecológicos fueron trabajados por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), señalando un programa de estudios interdisciplinarios sobre las consecuencias de las actividades humanas; éste culminó en la Conferencia Internacional de la Biósfera, celebrada en París en 1968. Fue en ese evento en el que se retoma la discusión por parte del Club Roma, dirigido por Aurelio Peccei y Alexander King en conjunto con políticos,

intelectuales, monarcas, ex jefes de estados y grupos de influencia, preocupados por solucionar problemas mundiales, quienes discutieron y analizaron problemas relacionados con los límites de crecimiento económico y el uso excesivo de los recursos naturales (Reyes *et al.*, 2018).

Por lo tanto, en la década de 1980 comenzó a insinuarse el concepto de desarrollo sustentable, como resultado de normativas, informes y pronunciamientos internacionales y apertura mundial a la exposición de motivos por los que se exigiera la búsqueda de modelos de desarrollo que cuidaran el ambiente y sus recursos. Para 1987, la Comisión Nacional del Medio Ambiente y Desarrollo llamó la atención sobre la necesidad urgente de un desarrollo económico que reuniera elementos de equidad ambiental y social. Es en este año en donde se hace oficial el concepto Desarrollo Sustentable o Sostenible (Reyes *et al.*, 2018).

2.1.1 La controversia entre Sustentable o Sostenible

En la actualidad son usados sin distinción los términos: sostenible, sustentable, duradero o perdurable. En inglés solo existe el término “sustainable” y en francés “perdurable o durable”, sin embargo, en español se utilizan los términos sostenible y sustentable, lo que ha generado discusiones sobre el concepto (Larrouyet, 2015).

El concepto tiene su comienzo en el proceso de traducción del idioma inglés al español, como sostenible o sustentable en la que se utilizan ambos términos para lo que aparentemente es el mismo término.

Los franceses, con su resistencia a la inclusión del idioma inglés, comparten el concepto general de “sustainable development” y rechazan una traducción más o menos literal, lo que sería “development soutenable”, utilizando “development durable”. Por lo consiguiente la lengua española en Hispanoamérica utiliza los vocablos más justamente aplicables a una traducción literal, tomando en cuenta la definición y con la finalidad de cumplir mejor con el objetivo, tratan de utilizar “sustentable”. De acuerdo con la definición dada por el Diccionario de la Lengua Real Española (RAE), se define sustentable a lo que se puede sustentar o defender con razones, y sostenible a lo que se puede mantener sin agotar los recursos (Dourojeanni, 2000).

El desarrollo sostenible conceptualizándolo se enfoca como un desarrollo que implique el despliegue y la adquisición de capacidades humanas en conjunto con el respeto de la sostenibilidad ecológica como un principio básico de justicia intergeneracional, que a su vez implique la posibilidad de convivir en el entorno conociendo sus demarcaciones, por lo que el desarrollo sostenible se convierte en sustentable si logramos vivir dentro de los límites de los ecosistemas (Larrouyet, 2015).

Así como el desarrollo sustentable nos conduce a considerar varios elementos necesarios para su establecimiento, como un paradigma que piensa en un futuro en el que las consideraciones ambientales, económicas y sociales se equilibren en la búsqueda de desarrollo y una mejor calidad de vida. Se basa en la participación de las personas en una lucha por justicia social, derechos humanos, diversidad cultural y respecto al ambiente. De esta manera el desarrollo sustentable se debe pensar como una relación entre el crecimiento económico y la conservación de la naturaleza integrando el desarrollo tecnológico, la cultura

y la sociedad para construir un desarrollo sustentable que sea capaz de satisfacer las necesidades básicas de la humanidad, mejorando su calidad de vida (Dourojeanni, 2000).

Es por ello que en la literatura en español se utilizan los términos sostenible y sustentable; desarrollo sostenible y desarrollo sustentable. No obstante, la utilización de estas expresiones se basa en el término en inglés sustainability, para referencias en sus publicaciones. Es por ello que se pueden encontrar artículos científicos que lo traducen como sostenibilidad y/o sustentabilidad, aun cuando la referencia es la misma puesto que no se presenta mayor diferenciación con respecto a la aplicación al desarrollo, esta diferencia correspondería al lugar en donde se utilice la expresión, por lo tanto no modificaría su objetivo principal: satisfacer la necesidades de la generación presente sin comprometer las necesidades de la generaciones futuras (Cortes y Peña, 2015).

2.2. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS (ANPs)

Al hablar de patrimonio natural se hace referencia a la riqueza en flora, fauna y suelos, en otras palabras, a los elementos generados por la naturaleza sin intervención del ser humano. En México, el concepto de área natural protegida (ANP) se conoce desde la época precolombina, si bien, la primera área natural protegida fue creada en 1876 y desde entonces hasta la fecha se han establecido un gran número de ANPs (Valenzuela & Vázquez, 2009). Los establecimientos de las áreas naturales protegidas (ANPs) constituyen el patrimonio nacional, por ello es considerado uno de los principales mecanismos políticos que se encargan de proteger y mantener la existencia de diversos tipos de diversidad natural y evitar la extinción de especies de flora y fauna. Su principal finalidad es preservar la biodiversidad y sus recursos (Díaz y Miranda, 2012).

El Diario Oficial de la Federación en el año 1988, presentó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente con el fin de definir y establecer lineamientos para la selección y manejo de estas áreas que son patrimonio nacional. Esta define a las Áreas Naturales Protegidas como: “las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce soberanía y jurisdicción, en las que los ambientes originales no han sido alterados por la actividad del ser humano, o que se requieren ser preservadas y restauradas”.

2.2.1. Clasificación de las áreas naturales protegidas (ANPs)

Las áreas naturales protegidas no son iguales, normalmente se asocian a las estrategias de conservación predominante que justifican la elección de dicho espacio como área natural protegida (Solano, 2013).

Según Solano (2013), en las áreas naturales protegidas se consideran opciones que incluyen:

Áreas de uso indirecto: son las áreas que permiten la investigación científica no manipulativa, el turismo y la recreación, en zonas que estén designadas y manejadas para ello. En estas no se permiten la extracción de recursos naturales, ni las modificaciones del ambiente natural.

Áreas de uso directo: son aquellas en las que se permite la extracción de recursos, dando prioridad a las poblaciones locales definidos por el plan de manejo del área.

Las categorías de las áreas protegidas son las que indican el modelo de gestión de acuerdo a sus objetivos de conservación (Solano, 2013).

- a) Parques nacionales. Son las áreas que conforman muestras representativas de la diversidad natural del país y de sus grandes unidades ecológicas. En ellas se protegen la integridad ecológica de varios ecosistemas, las asociaciones de flora y fauna silvestre, así como características paisajistas o culturales que estén asociadas.
- b) Santuarios nacionales. En estas áreas se protegen intangibles espacios de una especie o comunidad de la flora y fauna, así como formaciones naturales de interés científico y paisajista.
- c) Santuarios históricos. En ellas se protegen espacios que contienen valores naturales que constituyen el entorno de sitios de especial significado nacional (zonas arqueológicas y monumentales) en donde se desarrollaron hechos sobresalientes de la historia del país.
- d) Reservas naturales. son las áreas destinadas a la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de recursos de flora y fauna silvestre, acuática o terrestre.
- e) Reservas comunales. Las áreas destinadas a la conservación de flora y fauna silvestre, que beneficia a las poblaciones rurales vecinas, llevando el manejo por la autoridad y conducidos por los mismos beneficiarios.
- f) Bosques de protección. En ellas se establecen garantizar la protección de las cuencas altas o colectoras, las riberas de los ríos y de otros cursos de agua, para proteger contra la erosión a las tierras frágiles que lo requieran.

2.2.2. Reserva de la Biosfera

A las reservas de la biosfera se les dio un concepto creado y modificado por científicos, con el propósito de crear una alternativa distinta que no excluye a los parques nacionales y similares.

Se planteaba crear una red internacional de áreas naturales protegidas que mantuvieran la diversidad genética en un enfoque sistémico y que fuera de privilegio para la investigación científica. Fue en 1976, el año en el que se estableció la primera lista de reservas aceptadas por la MAB- UNESCO. En los años de la guerra fría la Unión Soviética y los Estados Unidos compitieron estableciendo reservas de la biosfera, en la que simplemente cambiaron de denominación sus principales parques nacionales. Fue en México en donde la creación de las primeras reservas tuvo un distinto camino, las circunstancias hicieron que centros de investigación propusieran crear reservas de la biosfera en colaboración con los gobiernos estatales y con el apoyo económico de proyectos de CONACyT, hoy CONAHCYT, en el cual se establecieron distintas reservas en todo el país. En este proceso de establecimiento de las primeras reservas se buscó la participación de las poblaciones locales y fueron incluidas dentro de los programas de trabajo (Halffter, 2011).

La primera conferencia internacional sobre reservas de la biosfera se celebró en 1983 en Minsk, Bielorrusia, en donde varios científicos mexicanos tuvieron una importante contribución, dando dos ideas muy diferentes sobre lo que debía ser una reserva de la biosfera. En la segunda conferencia internacional sobre las reservas de la biosfera que se celebró en Sevilla en 1995, la situación cambió, la participación y las necesidades de las poblaciones locales, la investigación para el desarrollo sustentable y la restauración de la

biodiversidad en áreas degradadas, fueron totalmente incorporadas en la declaración que emanó la conferencia (Halffter, 2011).

La estrategia de Sevilla se concentró en un desarrollo sustentable que incluía la protección del ambiente y su riqueza biótica, con una mayor equidad social, respetando los usos tradicionales de las comunidades locales. Más que “islas de conservación” las reservas deberán ser laboratorios para armonizar las necesidades del ser humano con la conservación de la naturaleza, en donde surgieron dos propósitos para poner en valor los conocimientos tradicionales, y servir de referencia regional para superar las dificultades derivada de los distintos programas e intereses regionales (Halffter, 2011).

Ante estos propósitos se establecieron dos aspectos importantes.

- a) El primero, se establecieron zonas claras dentro de cada reserva, que permitan la distinción de áreas destinadas exclusivamente a la conservación y la investigación científica que no se manipule y de aquellas destinadas a la restauración ecológica y a la búsqueda de alternativas sustentables de uso de los recursos bióticos.
- b) El segundo, es que las reservas no podrán ser espacios vacíos de población humana.

La estrategia de Sevilla aclara que la gestión de cada reserva debe verse como un pacto entre comunidades locales y la sociedad en conjunto, representada por los respectivos gobiernos (Halffter, 2011).

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (1988), define que las reservas de la biosfera estarán constituidos por áreas biogeográficas relevantes a nivel nacional, serán representadas específicamente por ecosistemas no alterados significativamente por la acción del ser humano o que requieran ser preservados y restaurados, en los que habiten especies representativas de la biodiversidad nacional, serán incluidas a las consideradas endémicas, amenazadas o en peligro de extinción.

En las zonas núcleo solo se autoriza la ejecución de actividades de preservación de los ecosistemas y sus elementos, de investigación científica y educación ambiental, prohibiendo la realización de aprovechamiento que altere los ecosistemas.

Por su parte, en las zonas de amortiguamiento solo se realizarán actividades productivas emprendidas por comunidades que ahí habiten al momento de la expedición, deberán ser estrictamente compatibles con los objetivos, criterios y programas de aprovechamiento sustentable en los términos decretados por los programas de manejo que se expida.

2.3. COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO

Con el paso del tiempo el hombre fue cambiando su forma de vida, el ser humano rara vez se siente parte del entorno, exceptuando algunas comunidades y grupos originarios que ancestralmente siguen involucrándose con el medio ambiente (Flores, 2016).

Los sucesos como la necesidad abrumadora de los recursos naturales para destinarlos a otras actividades a causa del ser humano que trata de ser el centro de atención del mundo adoptando una visión antrópica y, por consiguiente, el manejo que hace del mismo es previsible y consistente. Los cambios en los usos de la tierra fueron introduciéndose por

suelos con fines agrícolas, científicos y políticos, causando que estas áreas que en un principio estaban ocupadas por bosques primarios, selvas, y distintos ecosistemas naturales, sean campos de actividades agrícolas- ganaderas o sean abandonados debido a la migración de la comunidades cercanas hacia las ciudades urbanas (Rodríguez, 2018).

La cubierta vegetal natural nos beneficia directa (calidad de aire, atenúa enfermedades infecciosas) e indirectamente (mejora la filtración del suelo, atrapa sedimentos y contaminantes)(Loza y Taype, 2021), elementos que son conocidos como servicios ambientales que permiten tener un enfoque global, para interactuar con el entorno (Cornejo *et al.*, 2014). El concepto de asociación o comunidad vegetal es muy general y es aplicable a: tipos de vegetación de cualquier tamaño y tiempo, a una zona de plantas en un área local, como las hierbas y los musgos del bosque; a una parcela de vegetación que experimenta cambios rápidos en las especies que la componen o también a una vegetación estable, la cual no ha sido expuesta a cambios significativos durante años (Zúñiga, 2021).

La cubierta y uso de suelo son dos términos separados que se utilizan con frecuencia indistintamente, puesto que están estrechamente relacionados y pueden ser incluso superpuestos. Se distinguen distintas categorías o tipos de cobertura de la tierra: áreas de vegetación, suelos desnudos, masas de agua, entre otros. Estas clasificaciones suelen ser del resultado de la observación del territorio (Rodríguez, 2018).

La cubierta del suelo es referida a la cubierta física y biológica observada en la tierra, así mismo, a la vegetación o las características hechas por el hombre. La FAO afirma que el uso de suelo es la función o propósito para la cual el suelo es utilizado por la población

humana local y se define como las actividades humanas relacionadas directamente con el suelo, haciendo uso de sus recursos (FAO, 1995, citado en Pérez, 2021).

Por otra parte, Pineda y Jaramillo 2022 mencionan que los atributos biofísicos de la superficie terrestre y los usos de suelo determinan el funcionamiento de los ecosistemas, que pueden afectar directamente a la biodiversidad, contribuyendo al cambio climático y a la degradación de los suelos. Es por ello que el cambio de cobertura vegetal es el fenómeno que afecta la capacidad de proporcionar servicios ambientales, producidos por el exceso de utilización de recursos naturales con el fin de conseguir un medio de subsistencia.

2.3.1. Impactos en los cambios de uso de suelo

En los últimos años los humanos hemos transformado los ecosistemas del mundo de una manera exuberante que en ningún otro periodo en la historia. Las profundas transformaciones con efectos aún desconocidos en algunos casos, han impactado procesos ambientales locales, regionales y globales, acelerando pérdidas en la biodiversidad y provocando el deterioro de muchos servicios ambientales como la disponibilidad de agua y la regulación del clima, entre otros (Pérez, 2021).

Los procesos del cambio de uso de suelo son generados por diversas causas y propósitos. La conversión de suelos agrícolas a usos urbanos, es influida y determinada por múltiples impulsores, uno de ellos, es la decisión de los mismos propietarios de terrenos con vocación agrícola para convertir los suelos con cultivos a usos no agrícolas, en especial a usos urbanos (Pérez, 2021).

Los incrementos a nivel global, local y regional son graduales en los cambios de uso de suelo con cultivos a gran escala y largo plazo provocando efectos graves como el abandono de los suelos o el deterioro de estos mismos (Pérez, 2021).

Los cambios ocasionados por impulsos biofísicos incluyen un sin fin de características y procesos del entorno natural, algunas causas pueden ser de origen exclusivamente natural como terremotos, erupciones volcánicas o periodos glaciares, o también pueden ser resultados indirectos de las acciones humanas, como: erosión y sedimentación por el aclareo de bosques, o causas antrópicas, como los agujeros de la capa de ozono, o el calentamiento global (Pérez, 2021).

Las causas humanas directas son consecuencia de la presión poblacional, socio culturales y tecnológicas, organizaciones económicas y estrategias específicas de uso de la tierra, los ejemplos muy significativos de estos cambios están implementados en la política agrícola comunitaria en Europa, en la revolución verde de la india o en los últimos cambios políticos en rusia (Pérez, 2021).

2.4. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

En la década de los 60's, se desarrolló la primera experiencia relevante cuando Waldo Tobler define los principios de un sistema denominado MIMO (map in map out) con la finalidad de aplicar los ordenadores al campo de la cartografía, estableciendo los principios básicos para la creación de datos geográficos, su codificación, análisis y representación dentro de un sistema informatizado. Estos son elementos bases de los principales softwares que integran

el SIG, y que habrán de aparecer en todas las aplicaciones desarrolladas desde ese momento (Olaya, 2014).

Surgen los primeros sistemas de información geográfica formalmente en Canadá en el Departamento Federal de Energías y Recursos con un sistema denominado CGIS (Canadian Geographical Information Systems) creado por Roger Tomilson, quien dio forma a una herramienta que tenía por objeto el manejo de datos del inventario geográfico canadiense y su análisis para la gestión del territorio rural. El desarrollo de éste es considerado el pionero de este campo y se considera como el nacimiento del SIG. Es en este momento en el que surge el término de SIG y Tomilson es conocido como “el padre del SIG” (Olaya, 2014).

La aparición de estos programas no implica solamente la creación de una herramienta nueva sino también el desarrollo de técnicas nuevas que hasta entonces no habían sido necesarias. La codificación y el almacenamiento es lo más importante de la información geográfica.

McHarg en la década de los 60 desarrolla su obra *Design with nature*, en la que plantea la metodología SIG. Esta es un método manual de superposiciones transparentes de matrices binarias, con el cual formula el concepto de análisis de capacidad/ susceptibilidad. Este método presentaba diversos problemas como la imposibilidad de considerar las variables por el carácter binario, su determinación y el aumento de la dificultad en su uso a medida que aumentaba el número de documentos a combinar (Bravo, 2000).

En esa década y como aplicación y desarrollo de los conceptos descritos por McHarg, se desarrolla los SIG ráster o matriciales. En esta línea se desarrollan en los laboratorios de

la Universidad de Harvard los sistemas SYMAP y GRID, que se caracterizan por ser sencillos y económicos, aunque tienen un carácter sin capacidad para manejar atributos y solo son aplicables a espacios muy compartimentados (Bravo, 2000).

En los sesenta fue la década en donde se presentaron los primeros pioneros y las primeras implementaciones y en la década de los setenta es de la investigación y desarrollo. A partir de estos SIG primitivos se van dando forma a un área de conocimiento con gran futuro, elaborando una base sólida de conocimiento y de herramientas aptas para un uso más genérico (Olaya, 2014).

Un SIG se define como el método o técnica de tratamiento de la información geográfica que nos permite combinar eficazmente información básica para obtener información derivada (Domínguez, 2000).

Las definiciones para los sistemas de información geográfica se fueron actualizando año con año, autores citados en Bravo (2000), lo definen como:

- Cebrián en 1988 lo definió como “una base de datos computarizado que contiene información espacial”.
- NCGIA en 1990 definió a los sistemas de información geográfica como un “Sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión”.

- Star y Estes en 1990 definieron al SIG como un “Sistema de Información diseñado para trabajar con datos georreferenciados mediante coordenadas espaciales y geográficas”.

2.4.1. Funcionalidad de los SIG

Según Bravo (2000), un Sistema de Información Geográfico nos permite realizar análisis vicariantes, permite realizar comparaciones entre clases, imitando una cierta capacidad de representación de diferentes lugares al mismo tiempo, también diferencia entre cambios cualitativos y cuantitativos, aportando una gran cantidad de cálculos, gestiona un gran volumen de información a diferentes escalas y proyecciones, integrando datos tabulares y geográficos junto a cálculos sobre variables topológicas. Por último, un SIG admite multiplicidad de aplicaciones y desarrollos, poniendo a disposición herramientas informáticas estandarizadas que pueden ir desde simples cajas de herramientas hasta paquetes llave en mano.

Según Santos (2004), la utilidad de los SIG proviene de la capacidad para responder a cuestiones de problemas de disposición espacial. Los SIG están preparados para ofrecer respuestas a lo relacionado con la localización y organización espacial de las actividades del territorio. Se distinguen seis tipos de cuestiones a lo que un SIG puede dar respuesta:

- Localización directa: consiste en conocer de manera rápida y eficaz los atributos correspondientes a una entidad geográfica.
- Localización condicionada: establece cual es la parte más óptima del espacio que cumple con varias condiciones, relacionado con un problema concreto, ofreciendo

como solución la delimitación de zonas que se adaptan a condicionamientos de carácter geográfico.

- Tendencias: ofrece respuestas que permiten conocer la evolución de fenómenos de carácter temporal, se realiza contrastando imágenes en diferentes momentos del tiempo, permite la comparación de mapas de años distintos, extrayendo la tendencia de crecimiento y la comparación con las normas de planteamientos que existan.
- Rutas: da respuesta a cuestiones para las rutas más óptimas para la construcción de carreteras o para el traslado.
- Pautas: establece el patrón que define la diferencia social de una ciudad intentando precisar con sectores las áreas de nivel contrastado y las pautas de la distribución de una ciudad.
- Modelos: simular la realidad a través de un modelo teórico, con mecanismos o series de algoritmos que imiten el comportamiento del mundo real.

2.4.2. Quantum Gis (QGIS)

El software libre era sinónimo de gratis y GNU/Linux era un sistema operativo del que no se había oído hablar. La situación actual es otra, algunas aplicaciones libres se han puesto a la par e incluso han superado sus correspondientes propietarias. Con el paso del tiempo más empresas han optado por desarrollos de software libre (Megías y Pérez-Navarro, s/f).

Los SIG también se han visto inmersos en la evolución de software libre, en muy pocos años se ha pasado de una situación en los que los SIG libres no eran una opción, la presencia en el mercado de diversas soluciones totalmente válidas y funcionales (Megías y Pérez-Navarro, s/f).

El software Quantum GIS (QGIS) es un sistema de información geográfica de código abierto, que permite analizar, visualizar y editar datos espaciales, permitiendo a los usuarios crear mapas multicapa, utilizando varias proyecciones cartográficas. Los mapas pueden tener propósitos como los análisis ambientales, urbano, demográfico, entre otros (Flenniken, s/f).

QGIS se ha desarrollado como una alternativa al software SIG comercial. En la actualidad este software puede ser ejecutada en la mayoría de plataformas, además soporta un gran número de formatos ráster y vectoriales, con nuevos soportes fácilmente añadibles utilizando sus complementos (Flenniken, s/f).

QGIS es un proyecto impulsado por voluntarios que acepta contribuciones de los usuarios en forma de código, desarrollo de herramientas, informes de errores y correcciones, documentación y promoción/apoyo. La naturaleza de código abierto impulsado por voluntarios de QGIS que promueve un alto grado de control de calidad. El software de código abierto se beneficia de las contribuciones de expertos y usuarios de todo el mundo y de la capacidad de todos los usuarios para acceder y verificar el código, y los algoritmos de procedimiento (Flenniken, s/f).

3. ANTECEDENTES

Se han elaborado diversos trabajos que abordan el cambio de cobertura y uso de suelo que describen las causas de ello y que analizan este proceso, a continuación, damos mención a algunos de ellos:

3.1. Internacionales

Martínez (2002), llevó a cabo un estudio en la reserva biológica de Yuscarán, El Paraíso, Honduras, con el objetivo de evaluar los cambios en el uso de la tierra ocurridos durante un período de 20 años, mediante el análisis de fotografías aéreas de los años 1975 y 1995. El estudio arrojó que la tasa de deforestación para el bosque latifoliado denso fue de 1.8% anual y la del bosque latifoliado moderadamente (0.8%), dando una tasa conjunta de los dos tipos de bosque de 1.1%. Esto representó una pérdida en área de 588 ha de bosque, las cuales muchas han pasado a ser tierras agrícolas con una tasa de crecimiento de 3.2%, siendo negativo por las prácticas inadecuadas de conservación de suelo.

Rojas *et al.* (2019) analizaron los índices de cobertura y cambio de uso de suelo en la amazonia peruana, evaluando mediante los métodos de clasificación supervisada de máxima probabilidad e interpretación visual interdependiente de imágenes de satélite. Los resultados mostraron una pérdida acumulada de 918.59 km² de cobertura boscosa. La intensidad de los cambios de cubierta y usos de suelo al igual que la tasa de deforestación fueron mayores en el segundo periodo de análisis. Las principales causas de la pérdida de bosques fueron la actividad ganadera y la expansión agrícola migratoria a pequeña explotación, favorecidas por la accesibilidad de infraestructuras de transporte.

Subia (2020) realizó un análisis multitemporal del cambio de cobertura y uso de suelo para el período de 1984 al 2018, en el Parque Nacional Bahuaja Sonene (PNBS) y su zona

de amortiguamiento en Puna, Perú. Encontró que las áreas que presentaron cambios por la dinámica de cobertura vegetal fueron de 1.45% de su territorio total. La extensión de suelos agrícolas que se encontraron en la zona sur en el PNBS tuvieron una tasa de crecimiento de 13 has/año. Dentro de estos resultados en la zona de amortiguamiento los suelos agrícolas presentaron un crecimiento a partir del año 2010, señalando que dentro del periodo 1984-2018 presentaron un aumento de suelo agrícola con una tasa de crecimiento de 117.47 has/año.

Pineda y Jiomilla (2022) analizaron de manera multitemporal el cambio de cobertura vegetal en la zona de amortiguamiento altoandina del Parque Nacional Cotacachi-Cayapas, Ecuador; durante los años 1990 y 2019. Encontraron que la cobertura de bosque nativo y vegetación arbustiva presentaron valores de deforestación con una tasa de -0.98%, existiendo una transición representativa hacia la cobertura de cultivo; aumentaron las zonas agrícolas representadas en su mayoría por cultivos de ciclo corto.

3.2 Nacionales

Trucíos *et al.* (2011), realizaron un estudio en el norte del municipio de León, Guanajuato, y el área común que comparte con el sur del Área Natural Protegida Sierra de Lobos. El objetivo de este trabajo consistió en determinar el cambio de uso de suelo de 1970 a 2007, a través de interpretación mesoscópica, asociado a las actividades que realiza el hombre dentro del ANP Sierra de Lobos. Los resultados mostraron que disminuyó el 10.5% de superficie agrícola temporal, pasando de 5525 a 2395 ha, principalmente por abandono de parcelas, teniendo un incremento en la superficie de matorrales y pastizal inducido con una tasa de cambio anual de 10.9 y 68.4 ha al año.

Por su parte, Camacho *et al.* (2015) llevaron a cabo un análisis de los cambios de cobertura y uso de suelo ocurridos entre 1989 y 2009 en la PSEM (Porción Surponiente del Estado de México). El análisis se realizó utilizando, la interpretación de imágenes de satélite, y permitió la construcción de mapas temáticos de uso de suelo y vegetación para la zona de estudio. Los resultados obtenidos demostraron que la cobertura del bosque disminuyó considerablemente.

3.3 Estatales

El Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. (2010), realizó una estimación y actualización de la tasa de transformación del Hábitat de las Áreas Naturales Protegidas, Sistema Nacional de las Áreas Naturales Protegidas (SINAP) I y (SINAP) II del Fondo de Áreas Naturales Protegidas (FANP). Se determinó la tasa de transformación del hábitat en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote para el periodo 2000-2009. Como resultado, se encontró una tasa de transformación de 0.0186, lo que corresponde a una superficie de cambio de -143.64 ha. La cobertura forestal presentó una ligera disminución en zonas que tradicionalmente había actividades agropecuarias.

Durante (2016) llevó a cabo un estudio en el que desarrolló un modelo de detección de cambios de uso de suelo en el municipio de Marqués de Comillas en Chiapas. Se conoció la dinámica de los cambios de uso de suelo que tuvo la selva alta perennifolia en el período de 1986 al 2007. Se generaron escenarios prospectivos que mostraron las posibles tendencias de cambios de uso de suelo. Los resultados obtenidos demostraron que las áreas de selva han perdido superficie y continuidad con el paso del tiempo.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Analizar la tasa de cambio de vegetación y uso de suelo para la zona sur de la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote y su área adyacente, en el estado de Chiapas, México, para el periodo 1984-2022.

4.2. Objetivos específicos

- Determinar el tipo y la superficie de la cobertura de vegetación y uso de suelo dentro y fuera de dos áreas en la zona sur de la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, en el estado de Chiapas, México.
- Calcular la tasa de cambio del tipo de vegetación y uso de suelo dentro y fuera de dos áreas en la zona sur de la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, en el estado de Chiapas, México, de 1984 al 2022.

5. HIPÓTESIS

H1. Dentro de la zona sur de la Reserva Biosfera Selva “El Ocote” se presenta una mayor cobertura de asociaciones de vegetación nativa, mientras que fuera predominan los tipos de uso de suelo de áreas agrícolas, pecuarias y urbanas, asociados a la actividad antropogénica.

H2. De 1984 al año del 2022, la tasa de cambio de las asociaciones vegetales y tipo de usos de suelo dentro y fuera de la zona sur de la Reserva de la Biosfera Selva “El Ocote” muestran una tendencia hacia la reducción de las áreas con cubierta vegetal original y un aumento de los tipos de uso de suelo característicos de la actividad antropogénica.

6. MÉTODOS

6.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

6.1.1. Localización

El área de estudio se encuentra en la zona sur de la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, localizada al sureste de México, en la parte occidental del estado de Chiapas (Fig. 1), abarcando los municipios de Ocozocoautla de Espinosa y Cintalapa de Figueroa. Al interior del área de estudio, se delimitaron dos polígonos como parte del proyecto de doctorado denominado “Efecto de la ecología del paisaje sobre los patrones de actividad y las relaciones interespecíficas de mamíferos en la región zoque, Chiapas, México” (Santizo-López, 2022.), el primero se denominó “General Lázaro Cárdenas”, y el segundo polígono de estudio se denominó “Riviera Piedra Parada”.

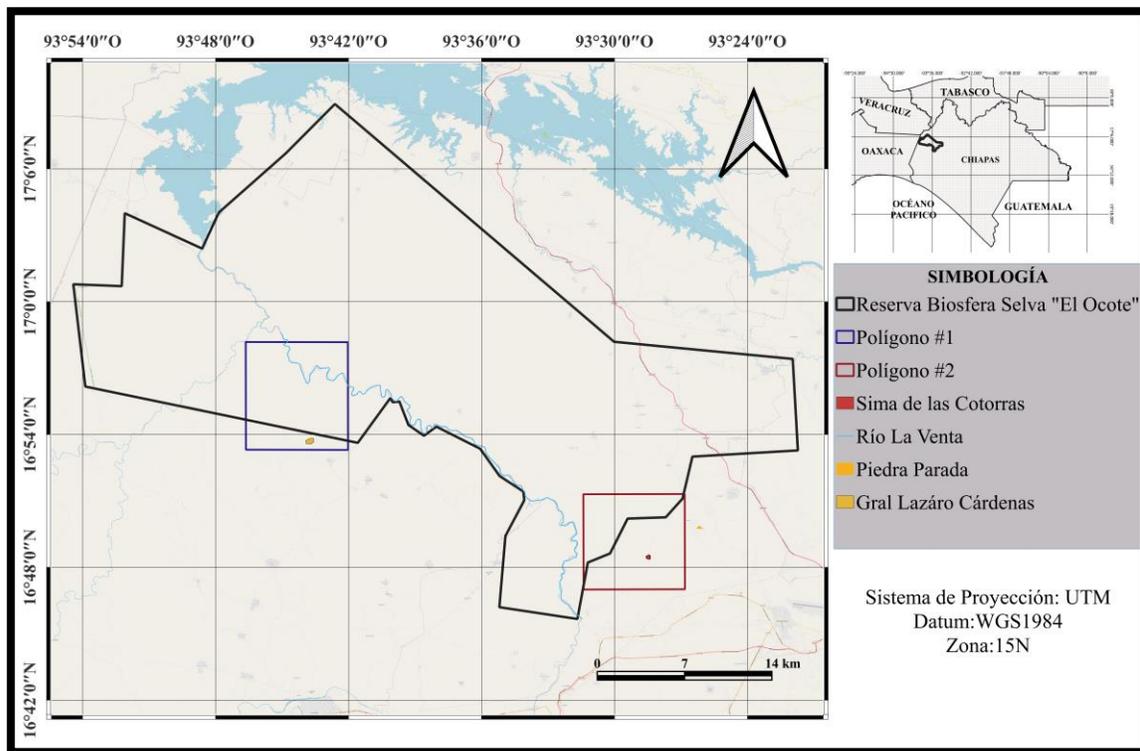


Figura 1. Ubicación de los polígonos de estudio, “General Lázaro Cárdenas” y “Riviera Piedra Parada”, dentro y fuera de la Reserva Biosfera Selva “El Ocote”, Chiapas, México.

6.1.2. Clima

El clima general para ambos municipios en donde se encuentran los dos polígonos a estudiar es Aw2 según la clasificación de Köppen correspondiente a un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, presentando una precipitación anual de 1200 y 2000 mm, teniendo en cuenta que la temporada de lluvia abundante son los meses de mayo a octubre y siendo marzo el mes más seco. Su temperatura media anual es menor a 22 °C, pero mayor a 18 °C (SEMARNAT, 2001; Santizo, 2019; INEGI, 2010).

6.1.3. Asociaciones vegetales y Uso de suelo

Dentro del polígono denominado “General Lázaro Cárdenas”, las asociaciones vegetales presentes son la Selva Mediana Subperennifolia, Acahual, Pastizal y Zonas Agrícolas (SEMARNAT, 2001). La Selva Mediana Subperennifolia es una asociación vegetal que se caracteriza porque el 25% de las especies pierden sus hojas en la temporada de secas. Son abundantes y representativas las lianas, bejucos y plantas epífitas; la altura del estrato superior fluctúa entre los 20 y 35 m. Los suelos en que se desarrolla son poco profundos y de colores oscuros, con alto porcentaje de pedregosidad en un relieve principalmente Kárstico. Entre las especies dominantes del estrato superior sobresalen las siguientes: chicozapote (*Manilkara sapota*), caoba (*Swietenia macrophylla*), molinillo (*Quararibea funebris*), mojú (*Brosimum alicastrum*), copalillo (*Pseudolmedia oxyphyllaria*), cedro rojo (*Cedrela odorata*), huesito (*Zinowiewia integerrima*), baqueta (*Chaetoptelea mexicana*), mulato (*Bursera simaruba*), ceiba (*Ceiba pentandra*), canelo (*Calycophyllum candidissimum*), barí o leche maría (*Calophyllum brasilense*), palo de chombo (*Guatteria anomala*), matacucuyuchi (*Louteridium donnell-smithii*), zapote de mico (*Licania platipus*), bojón (*Cordia alliodora*), jobo (*Spondias mombin*), amate (*Ficus* sp.), cojón de cochi (*Stemmadenia mollis*), zapote colorado (*Calocarpum sapota*), alacrán (*Santhoxylon*

procerum), (*Senecio orcuttii*) y (*Astronium graveolens*). En el dosel inferior resaltan diferentes especies de palma camedor (*Chamaedorea* sp.), tzitzún (*Astrocaryum mexicanum*), barbasco (*Dioscorea composita*), bejuco cocolmea (*Dioscorea bartlettii*) y la cícada (*Ceratozamia* sp.) (SEMARNAT, 2001). El Acahual es una vegetación secundaria que se origina como consecuencia inmediata de eliminar la vegetación original para la incorporación de terrenos a las actividades agropecuarias aplicando técnicas que incluyen ciclos de descanso de las parcelas; esta situación propicia la colonización de especies secundarias de rápido crecimiento, formando agrupaciones muy densas. Las especies representativas en esta vegetación son: el corcho (*Bellotia mexicana*), guarumbo (*Cecropia peltata*) y (*C. obtusifolia*), majagua (*Heliocarpus appendiculatus*), jolosín (*H. donnell-smithii*), platanillo (*Heliconia* sp.), cuajinicuil (*Inga* sp.) y (*L. nigra*), ojo de venado (*Mucuna* sp.), madre cacao o mata ratón (*G. sepium*) y hierba Santa (*P. auriantum*) (SEMARNAT, 2001). El Pastizal se caracteriza por la ausencia de árboles, es una asociación vegetal donde predominan los estratos herbáceos de especies de la familia Poaceae (CONABIO, 2022). Finalmente, las Zonas Agrícolas son zonas dedicadas a la agricultura de temporal que se caracterizan por cultivos de maíz, frijol, chile y café (INEGI, 2018).

Por su parte, el polígono denominado “Riviera Piedra Parada” presenta también asociaciones vegetales de Acahual, Pastizal y Zonas Agrícolas, pero se diferencia del polígono anterior en que en éste se encuentra la asociación vegetal de Selva Baja Caducifolia (SEMARNAT, 2011). La Selva Baja Caducifolia abarca una superficie de 5245 ha, y se localiza en altitudes que abarcan los 600 a los 700 m.s.n.m; es una asociación diversa en donde la altura media de los árboles es menor a los 15 m (SEMARNAT, 2001). Las especies más comunes son: mulato (*Bursera simaruba*), copal (*B. excelsa*), copalillo (*B. bipinnata*),

copalillo (*Protium copal*), cacho de toro (*Bucida macrostachya*), guaje (*Leucaena* sp.), flor de mayo (*Plumeria rubra*), jobo (*Spondias mombin*), espino (*Acacia pennatula*), quebracho (*A. millenaria*), pochota (*Ceiba aesculifolia*) y huesito (*Dodonaea viscosa*) (SEMARNAT, 2001).

6.2. CARACTERIZACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO

Para la caracterización de la vegetación y uso de suelo se utilizaron imágenes satelitales sin distorsiones, con menos de 10% de nubosidad, con coincidencia estacional, correspondientes a los sensores Landsat Thematic Mapper(TM) y Enhanced Thematic Mapper Plus (ETMX), que cubren un área de 185 x 185 km aproximadamente, con una resolución de 30 y 120 m (TM) y 15, 30 y 60 m (ETMX), conteniendo 7 y 8 bandas espectrales respectivamente. Las imágenes fueron obtenidas del sitio electrónico del United States Geological Service (1879); para 1984 se descargó una imagen LANDSAT 4 (path:022, row:048, fecha de adquisición: 09/01/1984) y para 2003 una imagen LANDSAT 7 (path: 022, row: 048, fecha de adquisición: 14/02/2003) (Rojas et al., 2019); para 2022 se descargó una imagen SENTINEL 2B (fecha de adquisición: enero 2021) (Santizo-López, 2022).

6.2.1. Preclasificación

Durante la fase de preprocesamiento de las imágenes se realizó una corrección atmosférica, la cual se trató de una corrección dirigida a reducir el error de medida producido por perturbaciones y deformaciones. Esta corrección de perturbaciones atmosféricas hace parte de la corrección radiométrica y es necesaria como consecuencia de una reducción de la radiación solar reflejada por la tierra. Esta radiación solar que da cuenta de objetos sobre el suelo, esta modificada y puede dar pie a falsas interpretaciones sobre las características de la

vegetación (Leija et al., 2020). Para esta corrección se utilizó el complemento Semi – Automatic Classification Plugin (SCP; Congedo, 2016) para el software Qgis (Quantum Gis, 2019). Se creó una sola imagen multibanda con las bandas individuales de cada imagen utilizando las herramientas del mismo software.

6.2.2. Cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

El NDVI es un índice en el que se basa el comportamiento radiométrico de la vegetación. Está relacionado con la actividad fotosintética y la estructura foliar de las plantas la cual permite determinar la vigorosidad de la planta. Sus valores están en función de la energía reflejada por las plantas en diversas partes del espectro electromagnético. El resultado espectral de la vegetación cuando está sana, muestra un claro contraste entre el espectro del visible, especialmente la banda roja, y el infrarrojo cercano. Cuando la vegetación sufre un estrés hídrico o vegetación menos joven, disminuye el infrarrojo cercano (NIR) y aumenta en el rojo (RED) al tener menos absorción de clorofila. Esta diferencia permite con facilidad diferenciar cubiertas vegetales (Chavarría y Lanuza, 2021).

El NDVI se obtuvo por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

$$\text{NDVI} = (\text{Banda infrarroja cercana} - \text{Banda roja}) / (\text{Banda infrarroja cercana} + \text{Banda roja}).$$

Este índice es el más utilizado para todo tipo de aplicaciones, por la sencillez de cálculo y por disponer de un rango de variación fija entre -1 y +1 (Chavarría y Lanuza, 2021).

A fin de identificar claramente las zonas cubiertas por vegetación y aquellas sin la misma, se calculó este índice, utilizando la calculadora ráster de Qgis (Quantum Gis, 2019).

6.2.3. Clasificación de cobertura vegetal y Uso de Suelo

La cobertura vegetal y uso de suelo se determinó con base en una interpretación visual de las imágenes de satélite. Se visualizaron distintas combinaciones de bandas RGB (Red, Green y Blue), además del NDVI calculado en el paso anterior, para así destacar la información de las distintas zonas que se puedan encontrar en la ANP (Leija, 2013). Una vez identificadas las coberturas, se generaron los vectoriales correspondientes a la vegetación y uso de suelo de las zonas de estudio, para luego calcular las superficies de cada clase (Zenteno, 2022).

6.3. TASA DE CAMBIO DE VEGETACIÓN Y USO DE SUELO

Por último, se calculó la tasa de cambio, dentro y fuera de la Reserva, para los períodos de estudio (1984-2003, 1984-2022 y 2003-2022) a partir de la ecuación propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1996), en la que un valor negativo de dicha tasa indica una disminución de la cobertura en particular, mientras que, si es mayor a cero, hay un aumento en la misma.

Los análisis se realizaron utilizando el programa de Excel (Microsoft, 2018) con la siguiente ecuación:

$$s_n = \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^{1/n} - 1$$

Donde:

S es la tasa de cambio (para expresar en % hay que multiplicar por 100)

S₁ superficie en la fecha 1

S₂ superficie en la fecha 2

n es el número de años entre las dos fechas

7. RESULTADOS

7.1. COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO (CUS)

El polígono denominado “General Lázaro Cárdenas”, en su sección ubicada dentro de la reserva, constó de siete tipos de cobertura vegetal y uso de suelo: Acahual, Selva Mediana Subperennifolia, Asentamientos Humanos, Caminos, Pastizal, Ríos y Zonas Agrícolas, mientras que, en su sección ubicada fuera de la reserva, se identificaron seis tipos de cobertura y usos de suelo: Acahual, Asentamientos Humanos, Caminos, Pastizal, Selva Mediana Subperennifolia y Zonas Agrícolas (Tabla 1). Es claro que, durante 1984, no existían asentamientos humanos y caminos dentro y fuera de la reserva en este polígono; tampoco existían zonas agrícolas fuera de la reserva en 1984 y en el 2003, sino que aparecieron hasta el 2022. En la Figura 2 se aprecia la distribución espacial de estas CUS para el polígono, en sus secciones dentro y fuera de la Reserva Biosfera Selva “El Ocote” para los años 1984, 2003 y 2022.

Tabla 1. Superficie de cada cobertura vegetal y uso de suelo (en hectáreas), del polígono “General Lázaro Cárdenas”, en sus secciones ubicadas dentro y fuera de la ANP Reserva de la Biosfera Selva “El Ocote” en tres distintos años (1984, 2003 y 2022).

Clasificación	1984		2003		2022	
	Dentro	fuera	dentro	Fuera	Dentro	Fuera
Acahual	49.42	38.83	145.55	73.98	471.16	119.21
Asentamientos humanos			0.14	0.07	0.62	9.99
Caminos			3.25	1.43	4.43	8.58
Pastizal	4.031	5.84	11.39	26.12	219.02	173.72
Ríos	25.71		25.71		25.71	
Selva Mediana Subperennifolia	7228.86	6054.015	5823.874	1238.88	5214.32	617.89
Zonas Agrícolas	1.10		1.10		75.83	65.53

Datos del año 2022 aportados por Santizo-López (2022).

El polígono “Riviera Piedra Parada”, en su sección ubicada dentro de la reserva se caracterizó por siete tipos de cobertura vegetal y uso de suelo: Acahual, Asentamientos Humanos, Caminos, Cuerpos de Agua, Pastizal, Selva Baja Caducifolia y Zonas Agrícola. En cambio, en su sección ubicada fuera de la reserva, se identificaron nueve tipos de cobertura vegetal y usos de suelo: Acahual, Asentamientos Humanos, Caminos, Cuerpos de agua, Dolina, Pastizal, Selva Baja Caducifolia y Zonas Agrícolas (Tabla 2).

Tabla 2. Superficie de cada cobertura vegetal y uso de suelo (en hectáreas) en el polígono de “Riviera Piedra Parada”, en sus secciones ubicadas dentro y fuera de la ANP Reserva Biosfera Selva “El Ocote” en tres distintos años (1984, 2003 y 2022).

Clasificación	1984		2003		2022	
	Dentro	Fuera	dentro	fuera	Dentro	fuera
Acahual	117.49	1652.64	488.551	2127.44	615.61	1514.12
Asentamientos Humanos					0.47	28.14
Caminos			9.111	11.81	9.98	21.67
Cuerpos de agua	2.051	4.24	2.159	4.24	2.15	10.99
Dolina		1.32		1.32		1.32
Pastizal					21.23	64.85
Selva Baja Caducifolia	2315.81	2349.74	1928.981	1800.44	1664.25	1555.79
Zonas Agrícolas	1.42	2.311	13.852	65.009	123.06	782.78

Datos del año 2022 aportados por Santizo-López (2022).

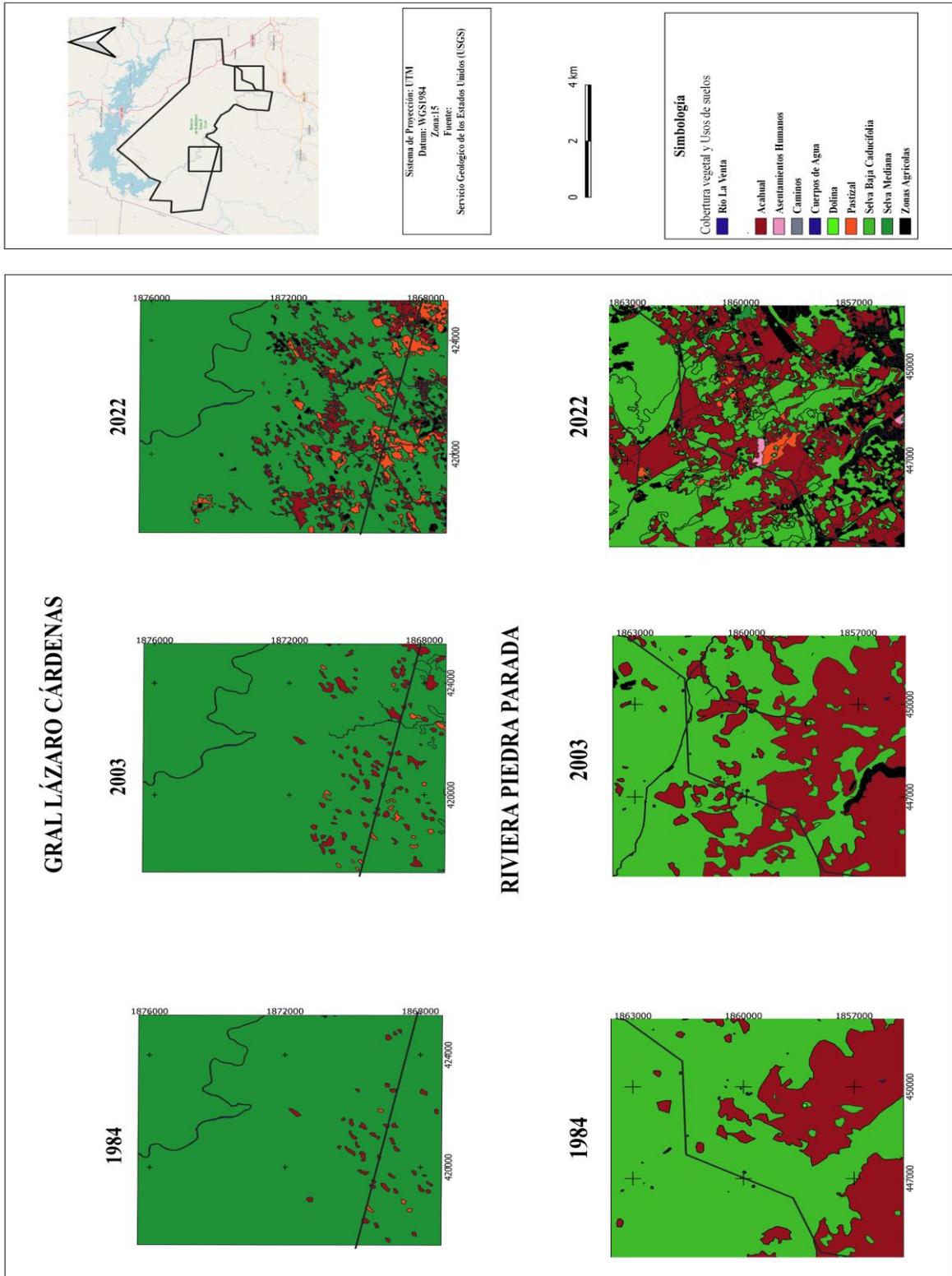


Figura 2. Cobertura vegetal y usos de suelo de los polígonos “General Lázaro Cárdenas” y “Riviera Piedra Parada” en sus secciones dentro y fuera de la Reserva de la Biosfera Selva "El Ocote" (1984, 2003 y 2022).

7.2. TASA DE CAMBIO

La tasa de cambio en la sección localizada dentro de la reserva del polígono “General Lázaro Cárdenas” se caracterizó por el incremento de Acahual, Pastizal y Zonas Agrícolas, y por la disminución de 0.855% de la Selva Mediana desde 1984 hasta el 2022; también se observó la aparición de Asentamientos Humanos y Caminos en el 2003 (Tabla 3). La sección de este polígono localizada fuera de la reserva, se caracterizó por una disminución de Selva Mediana, así como por un aumento de Pastizal, Acahual, Caminos; Asentamientos Humanos y de Zonas Agrícolas de 1984 al 2022 (Tabla 3).

Tabla 3. Tasa de Cambio de las siete Coberturas Vegetales y Uso de Suelo del polígono “General Lázaro Cárdenas”, en sus secciones ubicadas dentro y fuera de la ANP Reserva Biosfera Selva “El Ocote” en tres períodos de análisis. Las casillas sin datos representan aquellos casos en los que la fórmula de la FAO (1996) no es aplicable porque la cobertura vegetal y uso de suelo no existe en algunos de los periodos que se comparan.

Clasificación	1984-2003		2003-2022		1984-2022	
	Dentro	fuera	Dentro	fuera	dentro	fuera
Acahual	5.85	3.45	6.37	2.54	6.11	2.99
Asentamientos humanos			7.90	29.27		
Caminos			1.64	9.87		
Pastizal	5.62	8.20	16.83	10.48	11.08	9.33
Ríos	0		0		0	
Selva Mediana Subperennifolia	-1.13	-8.01	0.580	-3.59	-0.855	-5.82
Zonas Agrícolas	0		24.91		11.76	

Datos del año 2022 aportados por Santizo-López (2022).

La tasa de cambio en la sección localizada dentro de la reserva del polígono “Riviera Piedra Parada” se caracterizó por la disminución de Selva Baja Caducifolia y un aumento de Acahual, Cuerpos de agua y de Zonas Agrícolas de 1984 al 2022. La sección de este polígono localizada fuera de la reserva, se caracterizó por la disminución de Acahual, Selva Baja Caducifolia de 1984 al 2022. Esta sección presentó un aumento de Cuerpos de Agua, Pastizal, de Zonas Agrícolas y Caminos entre 2003 y 2022 (Tabla 4).

Tabla 4. Tasa de Cambio de las nueve Coberturas Vegetales y Uso de Suelo del polígono “Riviera Piedra Parada”, en sus secciones ubicadas dentro y fuera de la ANP Reserva Biosfera Selva “El Ocote” en tres períodos de análisis.

Clasificación	1984-2003		2003-2022		1984-2022	
	dentro	fuera	dentro	fuera	dentro	Fuera
Acahual	7.78	1.33	1.22	-1.77	4.45	-0.230
Asentamientos humanos						
Caminos			0.482	3.24		
Cuerpos de agua	0.270	0	0	5.13	0.135	2.53
Dolina		0		0		0
Pastizal						
Selva Baja Caducifolia	-0.957	-1.39	-0.773	-0.765	-0.865	-1.07
Zonas Agrícolas	12.71	19.19	12.18	13.99	12.45	16.56

Datos del año 2022 aportados por Santizo-López (2022).

8. DISCUSIONES

A lo largo del estudio, los resultados son claros al señalar una tendencia a la disminución de las coberturas vegetales nativas dentro y fuera de la zona sur de la Reserva, fenómeno común en otras áreas naturales protegidas, tal y como lo reportaron Pineda y Jaramillo (2022), quienes registraron la pérdida en la cobertura de bosque nativo por la deforestación en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Cotacachi Cayapas, en Ibarra, Ecuador. Por su parte, Guerra y Ochoa (2006) también encontraron que para la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla en Tabasco, México, las tasas de cambio por la pérdida anual se estimaron en 6.1% para la Selva de Puckté, y 34.9% de Selva de Tinto, y un incremento anual de 27.8% en el pastizal; estos cambios se deben a la presencia de carreteras pavimentadas, localidades y canales; por lo que el crecimiento poblacional requiere de movilidad y mejora en sus vías de comunicación para satisfacer las necesidades básicas del ser humano. Por lo tanto, uno de los factores claves es la infraestructura, esta se divide en dos grandes tipos: las naturales, que resulta del medio físico como los ríos y las de actuación antrópica que son las resultantes de las acciones del hombre sobre el territorio como son las infraestructuras sociales que son la creación de centros culturales y asistenciales, como edificios y equipamientos para la administración; y las infraestructuras económicas que se compone de los servicios públicos, servicios de telecomunicaciones y las infraestructuras de transporte. Estas últimas son las que mayor impacto han tenido sobre los ecosistemas por la destrucción de la vegetación nativa (Guevara y Montalvo, 2015).

El polígono “General Lázaro Cárdenas”, en su sección localizada al interior de la reserva, experimentó un incremento de Acahual, Pastizal y Zonas Agrícolas, y por otra parte, la disminución de la Selva Mediana desde 1984 y hasta el 2022; es probable que todo ello se deba a que los habitantes de la comunidad cercana de Lázaro Cárdenas hayan desmontado la Selva Mediana para

abrir campos agrícolas de maíz, chile y frijol, dando lugar a la aparición no sólo de áreas agrícolas, sino de pastizales y de vegetación secundaria o acahuals para ganadería extensiva (SEMARNAT, 2001; Aschkar, 2022; Reyes *et al.*; 2012). Aunado a ello, se observó la aparición de Asentamientos Humanos y Caminos en este polígono, desde el 2003 a la fecha, probablemente debido a los procesos asociados con la urbanización y expansión de la frontera agropecuaria (Camacho *et al.*, 2015) que requieren de la construcción de viviendas y creación de caminos, usos de suelo que pueden constituirse como una barrera que obstruye el acceso a la fauna silvestre y la fragmentación del hábitat que antes era continuo (Sepúlveda *et al.*, 1997). En un estudio realizado por De Jong *et al.* (2000) en la Selva Lacandona y en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, en Chiapas, se determinó que al abrir el acceso a la Selva mediante caminos y carreteras impacta más la masa forestal que el propio establecimiento de poblaciones, debido a la relación de la cantidad de superficie expuesta a los factores negativos en comparación con un asentamiento humano. Por otra parte, la sección de este polígono localizada fuera de la reserva, se caracterizó por una disminución de Acahual y de Selva Mediana, así como por un aumento de Pastizal y de Zonas Agrícolas de 1984 al 2022. Las causas de ello podrían ser las mismas que en su parte interior, ya que precisamente es más fácil desmontar toda la vegetación nativa, e incluso vegetación secundaria como el Acahual, para abrir campos para agricultura y pastizales para ganadería extensiva fuera de la reserva, ya que no existe una normatividad para el manejo adecuado de las asociaciones vegetales nativas en las áreas adyacentes a la REBISO. Los pobladores de las comunidades cercanas no prestan atención a la conservación de los recursos bióticos fuera de los límites (Halffter, 2011). Estos resultados guardan relación con lo sostenido por Rojas *et al.* (2019) en la Amazonia Peruana, donde determinaron que los principales factores que ocasionaron cambios en la cubierta vegetal se dan a causa de los pequeños agricultores que desarrollan actividades de agricultura mixta y pastizales, para poder establecer sus cultivos y ganadería extensiva. Estos fenómenos también se

encuentran en estudios como el de Villegas y Gomez (2021) en el Parque Otomí-Mexica del Estado de México, en el cual los espacios ocupados por cobertura vegetal nativa como los bosques de oyamel sufren procesos de tala y roza para convertirlos en terrenos para desarrollar actividades agrícolas, mismos que cuando dejan de ser económicamente rentables, son abandonados y de manera natural se convierten en pastizales o acahuales.

En cuanto a la tasa de cambio de la sección localizada dentro del polígono “Riviera Piedra Parada”, ésta se caracterizó por la disminución de Selva Baja Caducifolia y un aumento de Zonas Agrícolas, Asentamientos Humanos y Acahuales de 1984 al 2022. Estos resultados coinciden con lo sucedido en el polígono anterior, aunado al uso sin control o cuidado del fuego. La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y The Nature Conservancy (2009) en el Programa de Manejo Integral del Fuego Reserva de la Biosfera Selva El Ocote señalan que el área se encuentra ubicada en una de las zonas críticas de las zonas de riesgo por incendios forestales, debido a la agricultura (roza, tumba y quema) y quemas de zonas boscosas sin causa aparente (probablemente cultivos ilícitos). Por otra parte, coinciden también con lo señalado por la literatura científica para otras áreas naturales protegidas, por ejemplo, Martínez (2002) determinó que en la Reserva Biológica del Yuscaran, Honduras, se pierden 26.1 ha de bosque maduro por año debido principalmente a la extracción de madera y al avance de la frontera agrícola. La SEMARNAT (2001) por su parte, en el Plan de Manejo de la Reserva Biosfera Selva “El Ocote”, indica que en un análisis realizado para la poligonal de la zona de Protección Forestal y Faunística Selva el Ocote, en un periodo de 23 años (1972 a 1995), mostró una disminución de 5000 ha de la Selva como resultado de la búsqueda de nuevas áreas para la agricultura y la ganadería, las cuales se incrementaron en un 6.4% del área de la Reserva. La sección de este polígono localizada fuera de la reserva, se caracterizó por la disminución de Acahual y de Selva Baja Caducifolia de 1984 al

2022, aunada a un aumento en Caminos. Es probable que en este caso, el aumento de cobertura de caminos se deba a la presencia de la zona ecoturística denominada “Sima de las Cotorras”; este centro ecoturístico, si bien ha tenido capacitación de distintas ONGs y CONANP para llevar a cabo acciones de manejo sustentable, continúa presentando serias deficiencias en el manejo de sus recursos naturales, no sólo aumentando la extensión de caminos e infraestructura, sino teniendo problemas para el manejo de la basura que genera, degradación del hábitat natural de especies endémicas por presión antrópica y la ausencia de un sistema de optimización en el uso del agua, entre otras problemáticas, así como la falta de programas de conservación de los recursos naturales y culturales, es claro que el problema continuará y pudiera agravarse más con el paso del tiempo (Alarcón, 2010; Camacho, 2015). Un ejemplo claro del impacto negativo de la apertura de caminos, lo proporciona Rojas et al. (2019) que dejan en claro que la apertura de redes viales terrestres y la ausencia de una relación política de ocupación es parte de los causantes de la deforestación de extensiones de bosques tropicales en la Amazonia Peruana.

Es claro que estos procesos de cambio y transformaciones que experimenta la zona sur de la REBISO generan panoramas ambientales fuertemente comprometidos a futuro y por ello están en el centro de la investigación ambiental (Pérez, 2021). La pérdida de vegetación nativa es un factor importante que afecta negativamente a los ecosistemas, influye directamente a la pérdida de hábitat y de especies, la reducción de los recursos naturales y aumenta los problemas de degradación de suelo como la erosión, el cual es un proceso destructivo que puede afectar negativamente a la calidad del agua, la biodiversidad y la producción de alimentos. Estos procesos causados por prácticas insostenibles de gestión de la tierra son resultados de diversos factores sociales, económicos y de gobernanza. La degradación de la tierra y de los usos de suelo pondrán en peligro la capacidad de las generaciones futuras para cubrir sus necesidades básicas, el daño

producido afectará los medios de vida, la seguridad alimentaria y el bienestar humano (Torres & Rojas, 2019; FAO, 2023).

Este estudio deja en claro que el evaluar las trayectorias de los distintos procesos de cambios de cubierta vegetal y usos de suelo que existen dentro y fuera de la REBISO, son importantes porque dan una idea de la magnitud de los cambios causados por las distintas actividades agrícolas y ganaderas (Martínez, 2002). Por ello estos resultados se consideran importantes para las actualizaciones del Plan de Manejo de la Reserva Biosfera Selva El Ocote en la toma de decisiones en torno a la gestión de esta Área Natural Protegida y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales de la zona (Pineda & Jaramillo, 2022).

9. CONCLUSIONES

Se acepta la hipótesis que señala que dentro de la zona sur de la Reserva Biosfera Selva “El Ocote” existe una mayor cobertura de las asociaciones de vegetación nativa, mientras que fuera predominan los tipos de uso de suelo característicos de actividades antropogénicas, ya que en la sección fuera de ambos polígonos la mayor cobertura se caracterizó por la presencia de Zonas Agrícolas, Caminos y Asentamientos humanos.

Se acepta la hipótesis que señala que la tasa de cambio de las asociaciones vegetales y tipo de usos de suelo dentro y fuera de la zona sur de la Reserva Biosfera Selva “El Ocote” muestran una tendencia hacia la reducción de las áreas con cubierta vegetal original y un aumento de los tipos de uso de suelo característicos de actividades antropogénicas de 1984 al 2022, ya que en ambos polígonos se registró el aumento de la cobertura de Zonas Agrícolas, Caminos y Asentamientos humanos, y la disminución de la Selva Mediana Perennifolia y de la Selva Baja Caducifolia durante dicho período.

Este estudio es el primero en dar a conocer cómo está aumentando la presencia de actividades humanas fuera y dentro de la zona sur de la REBISO, proporcionando información básica para el establecimiento de futuros planes de manejo sustentable de la zona sur de la reserva y sus áreas adyacentes.

10. LITERATURA CITADA

- Alarcón, P. (2010) “Implicaciones y Contradicciones del ecoturismo en La Sima de las Cotorras, Ocozocoautla de Espinoza, Chiapas”. El Colegio de la Frontera Sur. Chiapas, México
- Aschkar, G. (2022) “Alteraciones físicas, químicas y biológicas en suelos afectados por desmonte en el Noreste rionegrino. Contribución a la conservación de suelos de regiones semiáridas”. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. Argentina
- Bravo, J. D. (2000). “Breve Introducción a la Cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica (SIG)”. 34.
- Camacho, E. (2015) indicadores turisticos como herramientas de evaluacion de las sostenibilidad en el centro ecoturistico- sima de las cotorras. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Chiapas, México.
- Camacho, J., Juan, J., Pineda, N., Cadena, E., Bravo, L., y Sánchez, M. (2015). “Cambios de cobertura / uso de suelo en una porción de la zona de transición mexicana de montaña”. Madera y Bosques. 21 (1), 93-112.
- Cebrián, J (1988). Sistemas de Información Geográfica. In AA.VV. Aplicaciones de la Informática a la geografía y ciencias sociales: Madrid: Síntesis.
- Chavarría, E., & Lanuza. (2021). “Evaluación multitemporal del cambio de uso del suelo y cobertura vegetal mediante teledetección espacial en la Reserva Ecológica El Bajo, en el período 1986-2020”. 122
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2022). Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México. [En línea]. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/>.
- CONANP y TNG (2009). Programa de manejo integral del fuego, Reserva de la Biosfera Selva El Ocote Chiapas, México. 2009-2012. 43 p.

- Congedo, L. (2016). Semi-Automatic Classification Plugin Documentation. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>
- De Jong, B., Castillo, M., Masera, M. y Flamenco, A. (2000). Dinamica de cambios de uso de suelo y emisiones de carbono en le tropico humedo de Mexico. El Colegio de la Frontera Sur y Universidad Nacional de Mexico. Mexico.
- Díaz, R., & Miranda, J. (2012). Áreas-Naturales-Protegidas-en-el-Perú. (p. 44). IEP Instituto de Estudios Peruanos.
- Domínguez, J. (200). Breve Introducción a la Cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Informes técnicos Ciemat.
- Dourojeanni R., A. (2000). Procedimientos de gestión para el desarrollo sustentable. CEPAL.
- Durante, A. (2016). Análisis de las tendencias del cambio de uso de suelo en el municipio de Marqués de comillas, Chiapas. Universidad autónoma metropolitana. Ciudad de México.
- Escandón, J., Ordoñez, J., & Ordoñez Díaz, M.” (2018). Cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo de 2000 al 2009 en Morelos, México” Revista Mexicana de Ciencias Forestales.
- Escobar, R. (2016). “Análisis del cambio del uso de suelo y cobertura en el soconusco de Chiapas”. Colegio de la frontera sur. San Cristóbal de las casas, Chiapas
- FAO (1996) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. FAO. Roma. Recuperado de <https://www.fao.org/3/w0015e/W0015E04.htm#ch2.3>
- FAO (2001). Global Forest Resources Assessment 2000 Main Report. Rome, Italia. FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/004/Y1997E/Y1997E00.HTM>
- FAO (2023). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/food-security-and-the-right-to-food/es/>

- Flenniken, J. M. (s/f). Quantum GIS (QGIS): Una introducción a una alternativa gratuita a las plataformas GIS más costosas. 6.
- Guerra, V. y Ochoa, S. (2008) Evaluacion del programa de manejo de la Reserva de la biosfera Pantanos de Centla en Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 24 (2), 135- 146.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792008000200006&ing=es&tIng=es
- Guevara, M. y Montalvo, R. (2015) Cambio de uso de suelo y vegetacion derivados de la dotacion de infraestructura: Sierra norte del Estado de Puebla. *Nova scientia*,7(13), 314-336.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052015000100017&ing=es&tIng=es
- Halffter, G. (2011). Reservas de la Biosfera: Problemas y Oportunidades en México. *ACTA ZOOLOGICA MEXICANA (N.S.)*, 27(1). <https://doi.org/10.21829/azm.2011.271743>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, GEOGRAFIA E INFORMATICA (INEGI).
http://Inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/07/07017
- Juan, J. (2021). Estudio de los procesos de cambio de uso del suelo en México. 156.
- Larrouyet, M. C. (2015). Desarrollo sustentable: Origen, evolución y su implementación para el cuidado del planeta. 47.
- Leija, E., Valenzuela, S., Valencia, M., Jimenez, G., Castañeda, G., Reyes, H. y Mendoza, M. (2020) Analisis de cambios en la cobertura vegetal y uso de suelo en la region centro- norte de México. El caso de la cuenca baja del río Nazas. *Ecosistemas* (29)(1):1826.
<https://doi.org/0.7818/ECO.1826>
- Loza, A., & Taype, I. (2021). Análisis multitemporal de asociaciones vegetales y cambio de uso del suelo en una localidad altoandina, Puno Perú. *SciELO Vol. 35, N°. 2, pp. 1-19*.

- Martínez, R. (2002). Análisis multitemporal de la cobertura vegetal de la Reserva Biológica de Yuscarán, El Paraíso, Honduras. Universidad Zamorano. Honduras.
- Megías, D., & Pérez-Navarro, A. (s/f). Introducción al software libre en general y a los SIG libres en particular. 12. Microsoft Corporation. (2018). Microsoft Excel. Obtenido de <https://office.microsoft.com/excel>.
- NCGIA (1989). The research plan of the National Center for Geographic Information and Analysis, International Journal of Geographic Information Systems, 3,2, 117-136
- Olaya, V. (2014). Sistemas de Información Geográfica.
- Pineda, J. & Jaramillo, C. (2022). Análisis Multitemporal Del Cambio De Cobertura Vegetal En La Zona De Amortiguamiento Altoandina Del Parque Nacional Cotacachi-Cayapas (1990-2019). Universidad técnica del norte. Ibarra, Ecuador.
- QGIS.ORG. <http://www.qgis.org> (consulta: mayo de 2022)
- Reyes, H., Aguilar, M., Aguirre, J., & Trejo, I. (2012). Cambios en la cubierta vegetal y uso de suelo en el área del proyecto Pujal- Coy, San Luis Potosí, México, 1973- 2000. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM
- Reyes, I., Poblete, X., & Villafuerte, M. (2018). HISTORIA DEL CONCEPTO DESARROLLO SUSTENTABLE Y SU CONSTRUCCIÓN EN LA POBLACIÓN ACTUAL. ESPACIO I+D. Innovación + Desarrollo, VII (17), 64–77. <https://doi.org/10.31644/IMASD.17.2018.a05>
- Rodríguez, N. (2018). Determinación de la deforestación entre los años 1986 y 2016 mediante técnicas de teledetección y SIG, distrito Sauce – Perú. UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN.

- Rojas, N. B., Barboza, E., Maicelo, J. L., Oliva, S. M., & Salas, R. (2019). Deforestación en la Amazonía peruana: Índices de cambios de cobertura y uso del suelo basado en SIG. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 81, 2538, 1–34.
- Santizo-López, L. (2022). Efecto de la ecología del paisaje sobre los patrones de actividad y las relaciones interespecíficas de mamíferos en la región Zoque, Chiapas, México. Tesis de doctorado. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Santizo-López, L. (2019). *Efecto De La Composición Y Configuración Espacial Del Paisaje Sobre La Diversidad De Mamíferos De La Selva El Ocote, Chiapas, México*. Universidad De Ciencias Y Artes De Chiapas.
- Santos, J (UNED.) (2020). “Sistemas de Información Geográfica” Universidad Nacional a Distancia, Madrid.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2001). Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote. Ocozocoautla de Espinoza, CHIAPAS.
- Sepulveda, C., Moreira, A. y Villareal, P. (1997) Conservación biológica fuera de las áreas silvestres protegidas. *Ambiente y Desarrollo*. Chile.
- Solano, P. (2013). Legislación y conceptos aplicables a las áreas naturales protegidas en el Perú. *Derecho PUCP*, 70, 143–164. <https://doi.org/10.18800/derechopucp.201301.007>
- Star J & Estes J. (1991). *Geographic information systems. An introduction*. Prentice Hall. Nueva Jersey, USA
- Subia, Y. (2020). Análisis Multitemporal De Cambio De Cobertura Vegetal Y Uso De Suelos En El Parque Nacional Bahuaja Sonene Y Su Zona De Amortiguamiento. Universidad Nacional Del Altiplano. Puno, Perú.
- Tejeda- Cruz, B. (2009). *Ganadería Campesina Y Manejo De Áreas Naturales Protegidas (ANP). El Caso De La Colonia Felipe Ángeles En La Reserva De La Biosfera Selva El Ocote*,

Chiapas, México. En L. Paré & D. Ayala (Eds.), Caminos por andar en la gestión sustentable de los recursos naturales (1.a ed., Vol. 4, pp. 167–189). Asociación Mexicana de Estudios Rurales, AC, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y H. Cámara de Diputados. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/236000683>
[GANADERIA CAMPESINA Y Manejo De Areas Naturales Protegidas Anp El Cas](#)
[o De La Colonia Felipe Angeles En La Reserva De La Biosfera Selva El Ocote](#)
[C Hiapas Mexico](#)

Torres, F. y Rojas, A. (2018) Suelo agrícola en México: Retrospección y Prospectiva para la Seguridad Alimentaria. INEGI. Realidad, Datos y Espacio.

Trucíos, R., Estrada, Juan., Cerano, J., Rivera, M. (2011). INTERPRETACIÓN DEL CAMBIO EN VEGETACIÓN Y USO DE SUELO Terra Latinoamericana, vol. 29, núm. 4, pp. 359-367 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.

Valdiviezo, A. (2019). “Manejo del software QGIS para gestionar datos de redes de distribución de agua en la Urb. Miraflores”. UNIVERSIDAD DE PIURA.

Valenzuela, D., & Vázquez, L. B. (2009). ¿Qué tan bien representados están los mamíferos mexicanos en la red federal de áreas naturales protegidas del país? Revista Mexicana de Biodiversidad, 80(001). <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2009.001.601>

Villegas, M. y Gomez, W. (2020) Procesos locales de transformación que detonan el cambio de uso de suelo y vegetación en un área natural protegida de la región centro de México. Acta universitaria 30, e2864 doi. <http://doi.org/10.15174.au.2020.2864>

Zenteno, J. (2022). “*Etnoecología E Impacto Antropogénico En La Reserva Ecológica El Zapotal, Chiapas, México.*” Universidad De Ciencias Y Artes De Chiapas. México.

Zúñiga, A. C. E. (2021). “Comunidades Vegetales Y Estimación De Biomasa Con Sensores Multiespectrales Y Sistemas Aéreos No Tripulados En Pastizales De Puna Seca”
Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4788>.