

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

Seydi Gladiola Culebro-González, Arturo Carrillo-Reyes, Tamara Mila Rioja-Paradela, Jorge Antonio Paz-Tenorio¹, Leonel Santizo-López²*

RESUMEN

Los cambios de cobertura vegetal y de uso de suelo pueden ocasionar la fragmentación y destrucción de ecosistemas, resultando en un impacto negativo sobre la diversidad biológica. Es probable que esto pueda estar pasando en las últimas décadas en la Reserva Biosfera Selva “El Ocote”, en Chiapas, México. Por ello, el objetivo de este proyecto de investigación fue el de determinar la tasa de cambio de vegetación y uso de suelo para la zona sur de la Reserva de la Biósfera Selva El Ocote y para su área adyacente, de 1980 a 2022. Primero se llevó a cabo la caracterización de los tipos de vegetación y uso de suelo a partir de imágenes Landsat, para posteriormente realizar una clasificación supervisada de los mismos en Qgis, y finalmente aplicar la fórmula de tasa de cambio descrita por la FAO. Esta información es importante para poder llevar a cabo la actualización del Plan de Manejo de la Anp, 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 locales adyacentes.

Palabras clave: Actividad antropogénica; Área Natural Protegida; Asociaciones vegetales; Fragmentación; Tasa de cambio.

SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF VEGETATION AND LAND USE FOR THE SOUTHERN ZONE OF THE “EL OCOTE” SELVA BIOSPHERE RESERVE AND ITS ADJACENT AREA, IN CHIAPAS, MEXICO

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 this may be happening in recent decades in “El Ocote” Tropical Forest Biosphere Reserve, in Chiapas, Mexico. Therefore, the objective of this research project was to determine the vegetation and land use change rate at the southern zone of “El Ocote” and its adjacent area, from 1980 to 2022. A characterization of the types of vegetation and land use was carried out from Landsat images, then a supervised classification was carried out in Qgis, and finally the change rate formula described by the FAO was used. This information is important to update the ANP Management Program, and to 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 the quality of life of the surrounding local communities.

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

¹ Facultad de ingeniería – Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Autor de correspondencia: arturo.carrillo@unicach.mx; seydiculebro6@gmail.com; tamararioja@unicach.mx; Jorge.paz@unicach.mx.

² Inscrito en el instituto de ciencias biológicas – Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Leonel.santizol@e.unicach.mx

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 SANABRIA et al., 2015; ESCANDÓN CALDERÓN 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 CALDERÓN 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 SOLÍS y LANUZA OSORIO, 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 CRUZ, 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 FLORES, 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, 2001). 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

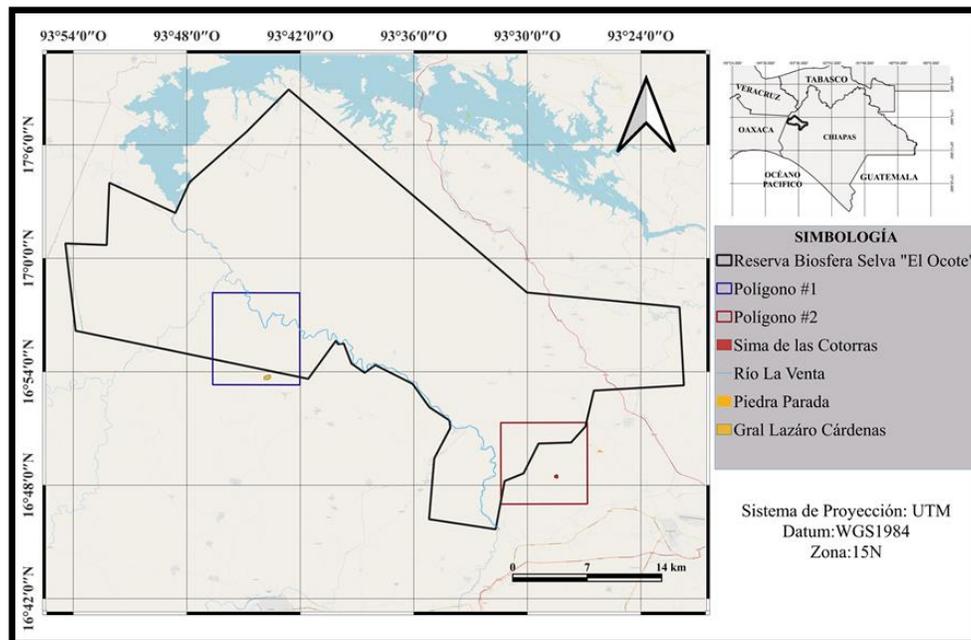
ello que el presente estudio determinó por primera vez la tasa de cambio de la cobertura en las asociaciones vegetales y en los distintos tipos de uso de suelo dentro y fuera de la zona sur de la Reserva de la Biosfera Selva “El Ocote” y su área adyacente, en el estado de Chiapas, México, para el periodo 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. MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDIO

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 (**FIGURA 1; Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), 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 LOPEZ, 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.



2.2. CLIMA

El clima general para ambos municipios en donde se encuentran los dos polígonos a estudiar son 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 LOPEZ, 2019; INEGI, 2010).

2.3. ASOCIACIONES VEGETALES Y USO DE SUELO

Dentro del polígono denominado “General Lázaro Cárdenas”, las asociaciones vegetales presentadas fueron 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 el que se desarrollan 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 brasiliense*), palo de chombo (*Guatteria anomala*), matacucuyuchi (*Louleridium donnell-smithii*), zapote de mico (*Licania platypus*), 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 (*B. mexicana*), guarumbo (*C. 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 caracterizó por la ausencia de árboles, son asociaciones vegetales 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” presentó también asociaciones vegetales de Acahual, Pastizal y Zonas Agrícolas, pero se diferencia del polígono anterior en que en éste se encontró la asociación vegetal de Selva Baja Caducifolia (SEMARNAT, 2001). 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).

2.4. 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 BRICEÑO et al., 2019); para 2022 se descargó una imagen SENTINEL 2B (fecha de adquisición: enero 2021) (SANTIZO LOPEZ, 2022).

2.5. PRECLASIFICACIÓN

Durante la fase de pre procesamiento 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, está modificada y puede dar pie a falsas interpretaciones sobre las características de la vegetación (LEIJA LOREDO 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 imagen multibanda con las bandas individuales de cada imagen utilizando las herramientas del mismo software.

2.6. CÁLCULO DEL 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 SOLÍS Y LANUZA OSORIO, 2021).

El NDVI se obtuvo por medio de la siguiente fórmula:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

$$NDVI = (Banda infrarroja cercana - Banda roja) / (Banda infrarroja cercana + Banda roja).$$

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 SOLÍS Y LANUZA OSORIO, 2021).

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 LOREDO et al, 2020). 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 MENDEZ, 2022).

2.7. 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)

*S*₁ superficie en la fecha 1

*S*₂ superficie en la fecha 2

n es el número de años entre las dos fechas

3. RESULTADOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO

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 Biosfera Selva “El Ocote” en tres distintos años (1984, 2003 y 2022).. 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). Las casillas sin datos representan aquellos casos en los que no se lograron identificar datos respecto a la caracterización.

Clasificación	1984		2003		2022	
	Dentro	fuera	dentro	Fuera	Dentro	Fuera
Achual	49.42	38.83	145.55	73.98	471.16	119.21
Asentamientos humanos			0.14	0.07	0.62	9.99
Camino			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	7228.86	6054.01	5823.87	1238.88	5214.32	617.89
Subperennifolia		5				
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: Achual, Asentamiento 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: Achual, Asentamientos Humanos, Caminos, Cuerpos de agua, Dolina, Pastizal, Selva Baja Caducifolia y Zonas Agrícolas (TABLA 2).

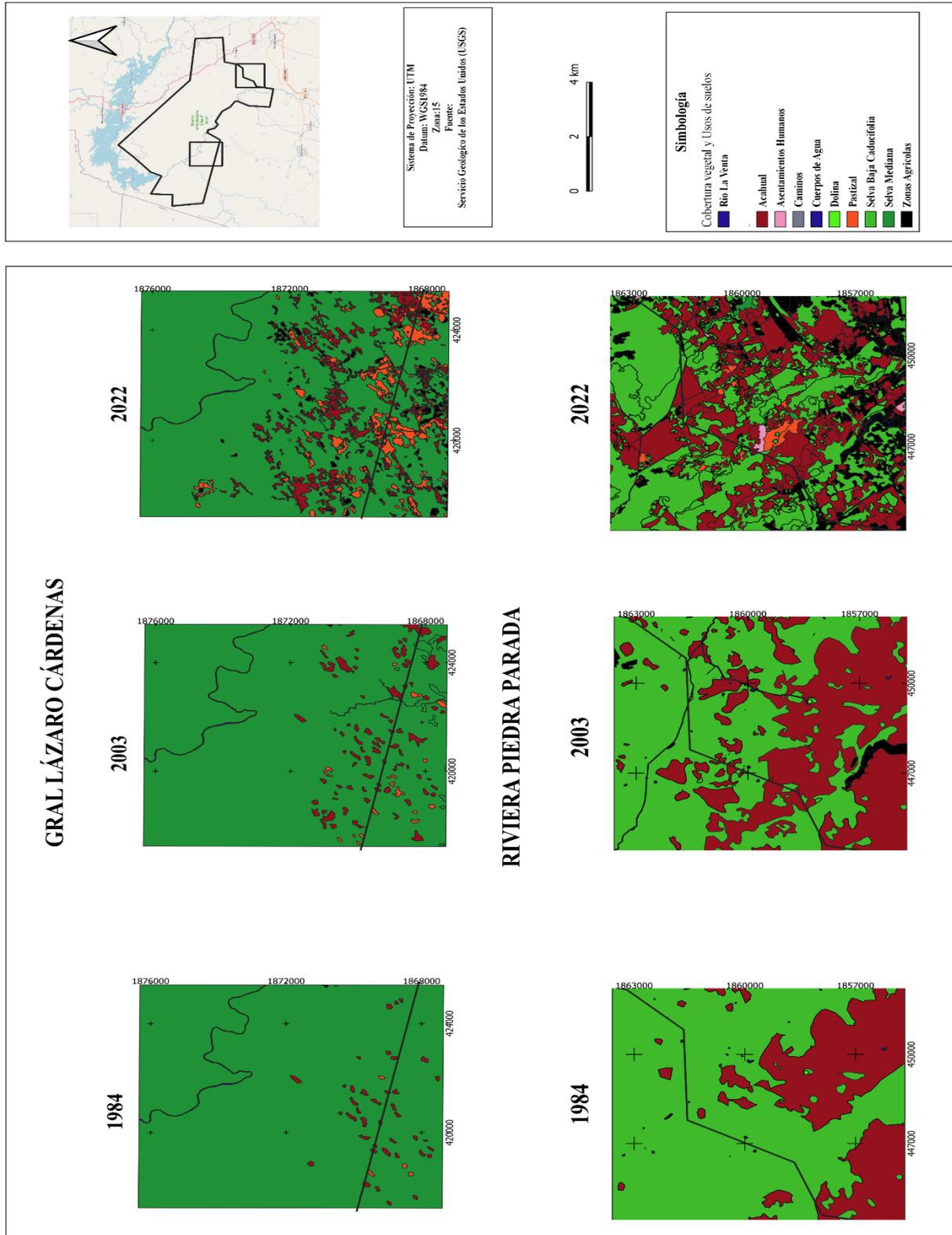
TABLA 2. Superficie de cada cobertura vegetal y uso de suelo (en hectáreas) en el polígono de “Riviera Piedra Parada”, en sus secciones ubicadas dentro y fuera de la ANP Reserva Biosfera Selva “El Ocote” en tres

distintos años (1984, 2003 y 2022). Las casillas sin datos representan aquellos casos en los que no se lograron identificar datos respecto a la caracterización

Clasificación	1984		2003		2022	
	Dentro	Fuera	dentro	fuera	Dentro	fuera
Acahual	117.49	1652.64	488.55	2127.44	615.61	1514.12
Asentamientos Humanos					0.47	28.14
Caminos			9.11	11.81	9.98	21.67
Cuerpos de agua	2.051	4.24	2.15	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	1928.98	1800.44	1664.25	1555.79
Zonas Agrícolas	1.42	2.31	13.85	65.01	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).



3.2. TASA DE CAMBIO

La tasa de cambio en la sección localizada dentro de la REBISO del polígono “General Lázaro Cárdenas” se caracterizó por el incremento de usos de suelo como: 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. 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 del año 1984 al año 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 REBISO del polígono “Riviera Piedra Parada” se caracterizó por la disminución de su cobertura de Selva Baja Caducifolia y un aumento en los usos de suelo como: 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 los años 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. 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	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).

4. 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 BEDÓN Y JARAMILLO CUAYCAL (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 MARTÍNEZ Y OCHOA GAONA (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 ROMERO Y MONTALVO VARGAS, 2015).

El polígono “General Lázaro Cárdenas”, en su sección localizada al interior de la REBISO (TABLA 3), 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 acahuales para ganadería extensiva, siendo este uno de los factores que afecta a los ecosistemas en mayor grado, algunos de estos impactos negativos tienen efectos como: la disminución de la productividad del suelo y la falta de agua (SEMARNAT, 2001; ASCHKAR, 2022; REYES HERNÁNDEZ 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, por el incremento de la densidad humana y la expansión de la frontera agropecuaria (CAMACHO SANABRIA 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 BRICEÑO 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 MARTÍNEZ y GÓMEZ DEMETRIO (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” (TABLA 4), 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 que es una de las actuaciones que más daño puede ocasionar el hombre por la pérdida de la biodiversidad, su mala gestión junto con el abandono de las parcelas son las principales causas de los incendios. 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 GARCÍA (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 HERNANDEZ, 2010; CAMACHO RÚIZ, 2015). Un ejemplo claro del impacto negativo de la apertura de caminos, lo proporciona ROJAS BRICEÑO 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.

Esto conlleva a un impacto negativo a las comunidades cercanas, las cuales experimentan sequías severas, dificultades de acceso al agua, temperaturas más altas, pérdida de los recursos naturales que afectan a sus actividades productivas; es por ello que se necesitan emplear medidas de protección, conservación y manejo sustentable de ecosistemas para los recursos (LEIJA LOREDO et al., 2020). Claramente estos procesos de cambio y transformaciones que experimentan, generan panoramas ambientales fuertemente comprometidos y es por eso que están en el centro de la investigación ambiental (PÉREZ, 2021). La pérdida de vegetación nativa

es un factor importante que afecta negativamente e 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 nutricional, la supervivencia de las poblaciones que dependen de los recursos naturales (TORRES TORRES & ROJAS MARTÍNEZ, 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 GARCÍA, 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 BEDÓN Y JARAMILLO CUAYCAL, 2022).

5. 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.

6. RECOMENDACIONES

Para garantizar la efectividad de los Planes de Manejo de la Reserva Biosfera Selva “El Ocote” es necesario:

- Promover la participación de las comunidades cercanas, con el fin de que estas pongan en práctica acciones de conservación, restauración y manejo sustentable de los recursos.
- Mantener los procesos ecológicos y la diversidad biológica (CAMACHO SANABRIA., et al, 2015).
- Identificar los ecosistemas vulnerables a impactos medioambientales o impactados para dirigir esfuerzos encaminados a su preservación o recuperación (CAMACHO SANABRIA., et al, 2015).

- Garantizar que el uso de las áreas naturales este acorde con las condiciones planteadas en el plan de manejo para efectos turísticos.
- Monitoreo de tendencias de cambio a corto, mediano y largo plazo, para el apoyo y gestión de los recursos logísticos de la REBISO.

7. REFERENCIAS

- 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.
- Camacho, E. (2015) indicadores turísticos como herramientas de evaluación de las sostenibilidad en el centro ecoturístico- 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.
- 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) Ecosistemas (consulta: mayo 2023)
- CONANP y TNG (2009). Programa de manejo integral del fuego, Reserva de la Biosfera Selva El Ocote Chiapas, México. 2009-2012. 43 p.
- Congedo Luca (2016). Semi-Automatic Classification Plugin Documentation. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/>
- De Jong, B., Castillo, M., Maser, M. y Flamenco, A. (2000). Dinámica de cambios de uso de suelo y emisiones de carbono en le trópico húmedo de México. El Colegio de la Frontera Sur y Universidad Nacional de México. 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 (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/>
- Guerra, V. y Ochoa, S. (2008) Evaluación 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&tlng=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&tlng=es

- Halfiter, G. (2011) Reservas de la Biosfera: problemas y oportunidades en Mexico. *Acata Zool. Mexico* (n.s), 27 (1) 177- 189.
- 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.
- 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>
- Martínez, R. (2002). Análisis multitemporal de la cobertura vegetal de la Reserva Biológica de Yuscarán, El Paraíso, Honduras. Universidad Zamorano. Honduras.
- 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*
- Rojas, N., Barboza, E., Maicelo, J. L., Oliva Cruz, S. M., & Salas López, 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.
- Secretaria 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.
- 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.
- Torres, F. y Rojas, A. (2018) Suelo agrícola en México: Retrospección y Prospectiva para la Seguridad Alimentaria. INEGI. Realidad, Datos y Espacio.
- 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.