

CAMBIO DE VEGETACIÓN Y USO DE SUELO DENTRO Y FUERA DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA “EL ZAPOTAL”, CHIAPAS, MÉXICO

Jesús Yaxkín Zenteno Méndez¹, Tamara Mila Rioja Paradela^{1}, Arturo Carrillo Reyes¹, Segundo Jordán Orantes Albores¹, Jorge Antonio Paz Tenorio¹*

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

RESUMEN

La reserva “El Zapotal” es el Área Natural Protegida (ANP) poseedora de uno de los últimos fragmentos de Selva Mediana Subperennifolia del Valle Central del estado de Chiapas; allí se distribuyen especies de flora y fauna nativas. Se realizó un estudio espacio-temporal del cambio de vegetación y uso de suelo, analizando imágenes satelitales Landsat de los años 1980, 2000 y 2020. Se registraron sitios con evidencia de extracción de madera, áreas susceptibles a incendios y entradas clandestinas. De acuerdo al análisis de U Mann-Whitney, no existió diferencia significativa ($p>0.05$) en la cobertura de ninguna de las cuatro clases de vegetación y uso de suelo, dentro y fuera de la ANP a lo largo de los 40 años. No obstante, la Selva Mediana Subperennifolia y el Acahual presentaron una tasa de cambio negativa, al interior y al exterior de “El Zapotal”, mientras que el Suelo Urbano presentó una tasa de cambio positiva en las inmediaciones de la ANP, dando una señal de alarma sobre el proceso de aislamiento de la reserva con respecto a otras áreas de protección de ecosistemas, así como de áreas cubiertas por vegetación nativa.

Palabras Clave: Actividad Antropogénica; Análisis Espacio-Temporal; Desarrollo Urbano; Manejo Sustentable; Selva Mediana Subperennifolia.

CHANGE OF VEGETATION AND LAND USE INSIDE AND OUTSIDE THE NATURAL PROTECTED AREA "EL ZAPOTAL", CHIAPAS, MÉXICO

ABSTRACT

The "El Zapotal" is a Natural Protected Area (NPA) that contains one of the last fragments of the Sub-evergreen Medium Rainforest of the Central Valley in Chiapas; it is home to a different species of native flora and fauna native. We conduct a spatio-temporal study of vegetation and land use change, analyzing Landsat satellite images from 1980, 2000 and 2020. Sites with evidence of timber extraction, areas susceptible to fires, and clandestine entries were recorded. According to the Mann-Whitney U analysis, there was no significant difference ($p>0.05$) in the land cover of any of the four vegetation and land use classes, inside and outside the NPA over the past 40 years. However, the Medium Sub-evergreen Forest and Acahual presented a negative rate of change, inside and outside "El Zapotal". In contrast the the Urban Land showed a positive rate of change in the vicinity of the NPA, an alarm signal about the process of isolation of the ANP with respect to other areas of protection of ecosystems, as well as areas covered by native vegetation.

Key Words: Anthropogenic Activity; Urban Development; Spatial-Temporal Analysis; Sustainable Management; Medium Subperennial Rainforest.

¹ Facultad de Ingeniería, Maestría en Ciencias en Desarrollo Sustentable y Gestión de Riesgos, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. E-Mail: jesus.zentenom@e.unicach.mx; tamararioja@gmail.com; arturo.carrillo@unicach.mx; jordan.orantes@unicach.mx; jorge.paz@unicach.mx

1. INTRODUCCIÓN

El 73% de la superficie terrestre ha sido transformada por actividades humanas (Locke *et al.*, 2019; CASTILLO *et al.*, 2020). Los cambios en la vegetación y el uso de suelo derivados de actividades antropogénicas, contribuyen en gran medida al proceso de cambio climático, a modificar las cualidades ambientales de los ecosistemas naturales, a cambiar el dinamismo natural del medio ecológico, y a conducir en muchos casos, a la pérdida y fragmentación de hábitats naturales (Wilcove *et al.*, 1998; GÁLVEZ *et al.*, 2013; SAHAGÚN SÁNCHEZ *et al.*, 2018). Tales fenómenos, a su vez, contribuyen a la pérdida de variabilidad genética de la flora y fauna nativa, y con ello, a la extinción local y regional de especies (MAPELLI *et al.*, 2012; BOLÍVAR CIMÉ *et al.*, 2013); por ejemplo, grupos de mono aullador de manto (*Alouatta palliata mexicana*), localizados en la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, en Veracruz, presentaron baja diversidad genética ($H_o = 0.14$, $H_e = 0.23$, $N_a = 2.88$) y un índice positivo de endogamia debido a la fragmentación de la selva ahí presente (JASSO DEL TORO, *et al.*, 2016). En el año 1917 inicia en México la creación de las Áreas Naturales Protegidas (ANP), al establecerse como área de conservación el Parque Nacional Desierto de los Leones, e iniciando con ello una serie de decretos para poco más de treinta parques naturales en el país (RIEMANN *et al.*, 2011; CASTAÑEDA RINCÓN, 2006). Según DÁVALOS SOTELO (2016), “la motivación para crear y mantener estas áreas es cumplir con los objetivos de preservar en su condición original ejemplos típicos de los diversos ecosistemas para conocimiento, uso y disfrute de las generaciones futuras” (p. 8). El establecimiento y la correcta gestión de un ANP, proporcionan una herramienta de conservación biológica, al permitir el manejo sustentable de los recursos naturales, y al revertir aspectos negativos del cambio climático y cambio de uso de suelo sobre la biodiversidad (GIZACHEW *et al.*, 2020). No obstante, la pérdida y fragmentación de los hábitats al interior o alrededor de éstas, resultado del desarrollo y expansión de la mancha urbana, contrarresta su eficacia (HANSEN *et al.*, 2005, citado en GOETZ *et al.*, 2009). En México, un 62 % de vegetación de las ANP, se ubica dentro de ejidos, bienes comunales, zonas rurales y periurbanas, lo que enfatiza la importancia de analizar y comprender cómo los núcleos antropogénicos afectan la estructura ecológica dentro de éstas (BUNGE, 2012 citado en PÉREZ RODRÍGUEZ *et al.*, 2018). La reserva “El Zapotal” es una ANP inmersa dentro de la zona urbana de Tuxtla Gutiérrez, su existencia cobra relevancia ya que protege uno de los últimos fragmentos de Selva Mediana Subperennifolia del Valle Central del estado de Chiapas (SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE E HISTORIA NATURAL, 2013), además de que registra una importante diversidad de vertebrados (FERNÁNDEZ MORENO, 1998; PALACIOS ESPINOSA *et al.*, 2016; RODRÍGUEZ LÓPEZ *et al.*, 2019). La Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), cataloga a “El Zapotal” como un área de importancia para la conservación de las aves (nativas y migratorias), pues funciona como una isla vegetal de refugio para las mismas (SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE E HISTORIA NATURAL, 2013). Aunado a ello, dentro de la reserva existen diversos manantiales tales como el llamado “La Cueva”, el cual abastece de agua a las colonias de Francisco I. Madero y Cerro Hueco, ambas establecidas en sus inmediaciones (SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE E HISTORIA NATURAL, 2013). Finalmente, al interior del ANP se ubica el Zoológico Miguel Álvarez del Toro (ZOOMAT), un espacio único en el mundo con presencia, manejo y conservación exclusivamente de especies nativas de flora y fauna (SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE E HISTORIA NATURAL, 2020). No obstante, la importancia del ANP,

actualmente se encuentra en una situación de amenaza antropogénica constante, ya que, por un lado, el área colinda con fraccionamientos de la zona urbana, y por el otro lado, colinda con áreas deforestadas a causa de la expansión de la frontera agrícolas y pecuaria. Es muy probable que la actividad humana en las inmediaciones y dentro de la reserva esté afectando de forma negativa a la flora y fauna de “El Zapotal”; si bien el aprovechamiento de sus recursos naturales de manera pública está prohibida, éste se da manera clandestina por parte de algunos lugareños cercanos, e incluso se ha registrado la desaparición de corrientes de agua naturales a casusa de la deforestación en la parte alta de la mesa Kárstica que caracteriza a la zona de recarga del acuífero subterráneo (PALACIOS, 2000, citado en SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE E HISTORIA NATURAL, 2013). Por todo ello, en la presente investigación se analizó el cambio de uso de uso ocurrido desde la creación del ANP hasta la fecha; la información resultante será de gran utilidad en la búsqueda y propuesta de estrategias que contribuyan al manejo sustentable, no sólo de esta importante reserva para la capital del Estado de Chiapas, sino del desarrollo urbano en las inmediaciones del área natural protegida.

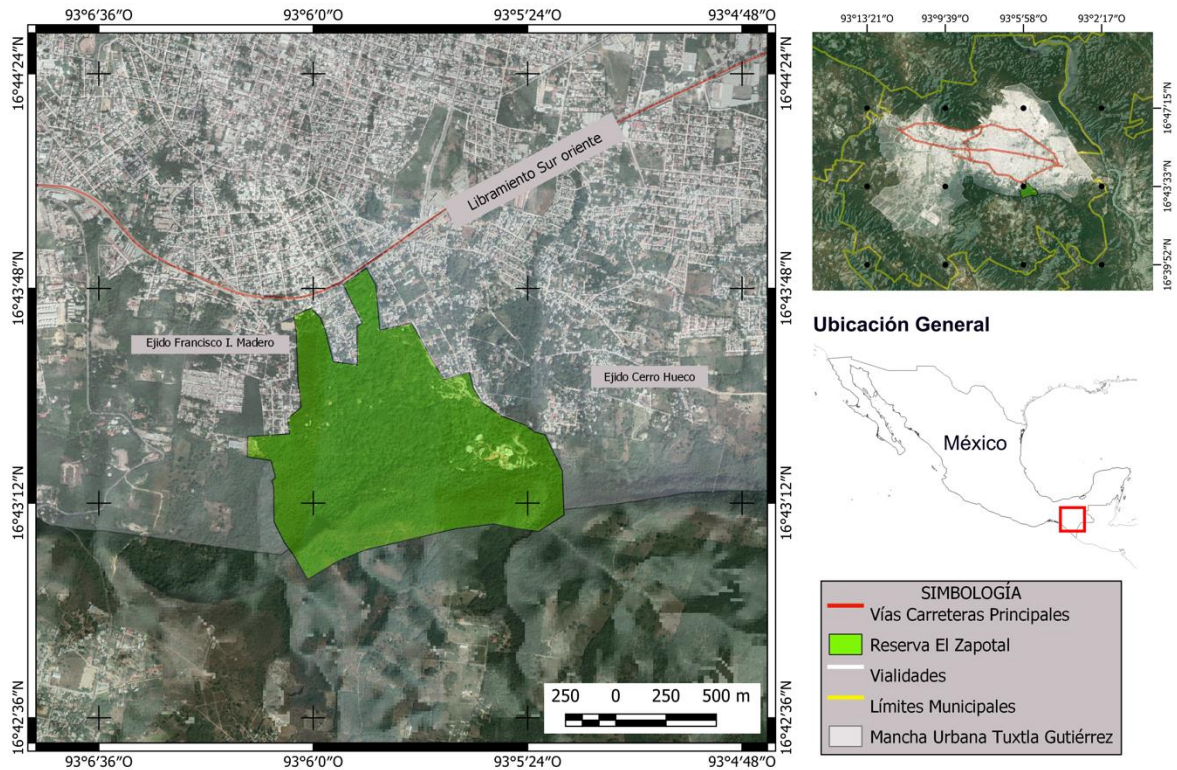
2. METODOLOGÍA

2.1 ÁREA DE ESTUDIO

El ANP “El Zapotal” se ubica entre el sur oriente de la ciudad capital de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, en la ladera norte de la mesa Kárstica del municipio de Copoya, siendo uno de los últimos pulmones de la ciudad (SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE E HISTORIA NATURAL, 2013). Se ubica entre las coordenadas extremas 16°43'42.34"N, 93°6'2.12"O y 16°43'22.53"N, 93°5'37.15"O. Al interior del ANP está instalado el Zoológico Miguel Álvarez del Toro (ZOOMAT), colindando al sur con la colonia Francisco I. Madero, al oeste de la colonia Cerro Hueco, y al Este y Norte con áreas agrícolas y ganaderas (Fig. 1). “El Zapotal” se decretó como área de conservación el 27 de Agosto de 1980, y tiene una extensión de 192.57 ha (SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE E HISTORIA NATURAL, 2020). El tipo de clima presente en la reserva es cálido subhúmedo, con lluvias en verano y una baja densidad de lluvia invernal, con presencia de canícula a mitad de temporada lluviosa. La precipitación total anual es de 948.2 mm y la temperatura media anual es de 24.7°C (SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE E HISTORIA NATURAL, 2013). Dentro del ANP existen dos asociaciones vegetales importantes, la Selva Mediana Subperennifolia, con especies como la pochota (*Ceiba aesculifolia*), el zapote negro (*Diospyros diyna*) y el chicozapote (*Manilkara zapota*), y la Selva Baja Caducifolia, con especies como el árbol camarón (*Alvaradoa amorphoides*), el palo mulato (*Bursera simaruba*) y el siqueté (*Jacquinia macrocarpa*), así como una asociación vegetal secundaria, el Acahual que se caracteriza por especies secundarias como el pozol agrio (*Alchornea latifolia*) y el laurel verde (*Nectandra coriacea*). En esta investigación se consideró como Suelo Urbano, a la superficie de suelo cubierta por edificaciones tanto fuera como dentro del ANP (FERNÁNDEZ MORENO, 1998; FERNÁNDEZ MORENO, 2010; CHANONA PÉREZ *et al.*, 2017).

FIGURA 1

Ubicación del Área Natural Protegida “El Zapotal”, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México (CEIEG, 2021; INEGI, 2021).



2.2 PUNTOS DE ACTIVIDAD ANTROPOGÉNICA DE INTERÉS

Entre febrero y marzo del 2021 se realizaron recorridos de reconocimiento al interior y exterior del ANP, con el acompañamiento y asesoría de los guardabosques de la misma. En estas visitas se georreferenciaron puntos de interés de actividad antropogénica, cobertura vegetal y uso de suelo, con la ayuda de un receptor manual de GPS (Garmin eTrex10), utilizando coordenadas geográficas decimales, y con la opción GPS+GLONASS y WASS activado para aumentar la precisión de los registros a <5 mt. Se georreferenciaron los límites entre las asociaciones, sitios con marcados cambios en el tipo de cobertura vegetal, sitios con suelo desnudo, sitios con daños en la malla perimetral de la reserva, entradas clandestinas a la ANP, tiraderos de basura, ubicación de las principales vertientes de agua, entre otros. Dichos registros fueron integrados en una base de datos para posteriormente, elaborar cartografía básica del área de estudio haciendo uso de insumos en formatos vectoriales y raster a escala 1:250000 descargados de la página electrónica del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y del Comité Estatal de Información Estadística y Geografía (CEIEG) del Estado de Chiapas. La cartografía se generó utilizando el software QGIS Hannover versión 3.16.2 (QGIS.ORG, 2021).

2.3 ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE CAMBIO DE VEGETACIÓN Y USO DE SUELO

Una vez completada la cartografía básica, se llevó a cabo el análisis espacio-temporal (1980-2020) del cambio de vegetación y uso de suelo dentro del ANP y en sus inmediaciones (500 metros fuera de los límites de “El Zapotal”), esto con el objetivo de identificar el patrón de cambio de vegetación y uso de suelo al interior de la zona protegida además de conocer este mismo patrón de cambio para la zona circundante a la misma. El análisis se realizó utilizando imágenes satelitales del sensor Landsat 3 (año 1980, resolución espacial 60 mt/pixel), Landsat 7 (año 2000, resolución espacial 30 mt/pixel) y Landsat 8 (año 2020, resolución espacial 30 mt/pixel). Todas las imágenes fueron descargadas de la página oficial del Servicio Geológico de Estados Unidos (SANTIZO LÓPEZ, 2019; GARCÍA GIL *et al.*, 2020). Se utilizaron únicamente imágenes sin distorsiones, con menos de 10% de nubosidad, y con coincidencia estacional (ROJAS BRICEÑO *et al.*, 2019). Las imágenes fueron corregidas atmosférica y radiométricamente, utilizando las herramientas disponibles en la herramienta Semi-Automatic Classification Plugin (SCP, por sus siglas en inglés; CONGEDO, 2013) para QGIS (QGIS.ORG, 2021). Se realizó una clasificación supervisada de las imágenes, con la ayuda de los puntos de interés recolectados en campo. Utilizando la herramienta SCP, se identificaron un total de cuatro clases de cobertura: Selva Mediana Subperennifolia, Selva Baja Caducifolia, Acahual y Suelo Urbano. Para este último, se siguió la definición de Zoido *et al.* (2000), en la que establece que “el suelo urbano se define como el suelo ocupado en su mayor parte por edificaciones y usos urbanos, o dotado de las infraestructuras básicas de la urbanización (acceso rodado, electricidad, agua potable y alcantarillado)” (citado por OJEDA ZÚJAR *et al.*, 2007, p.74). Una vez completada la identificación de las coberturas, se generaron los vectoriales correspondientes a la vegetación y uso de suelo dentro y fuera del ANP. Para la clasificación resultante se hicieron verificaciones en campo para correcciones menores de las coberturas identificadas. Con la clasificación final fue posible calcular las superficies ocupadas por cada clase de tipo de cobertura vegetal y uso de suelo. Posteriormente se hizo una comparación entre los años analizados, a fin de determinar si existía una diferencia estadísticamente significativa, aplicando la prueba no paramétrica de U Mann-Whitney (HOLLANDER *et al.*, 2015). Finalmente, se calculó la tasa de cambio de uso de suelo de cada cobertura en tres distintos períodos (1980-2000, 2000-2020 y 1980-2020) utilizando la ecuación propuesta por la FAO (1996), en la que un valor negativo de dicha tasa, indica una disminución de la cobertura en particular, mientras un valor positivo indica aumento de la misma. Todos los análisis se realizaron utilizando el software R y su interface gráfica Rstudio (R Core Team, 2000; Rstudio Team, 2021).

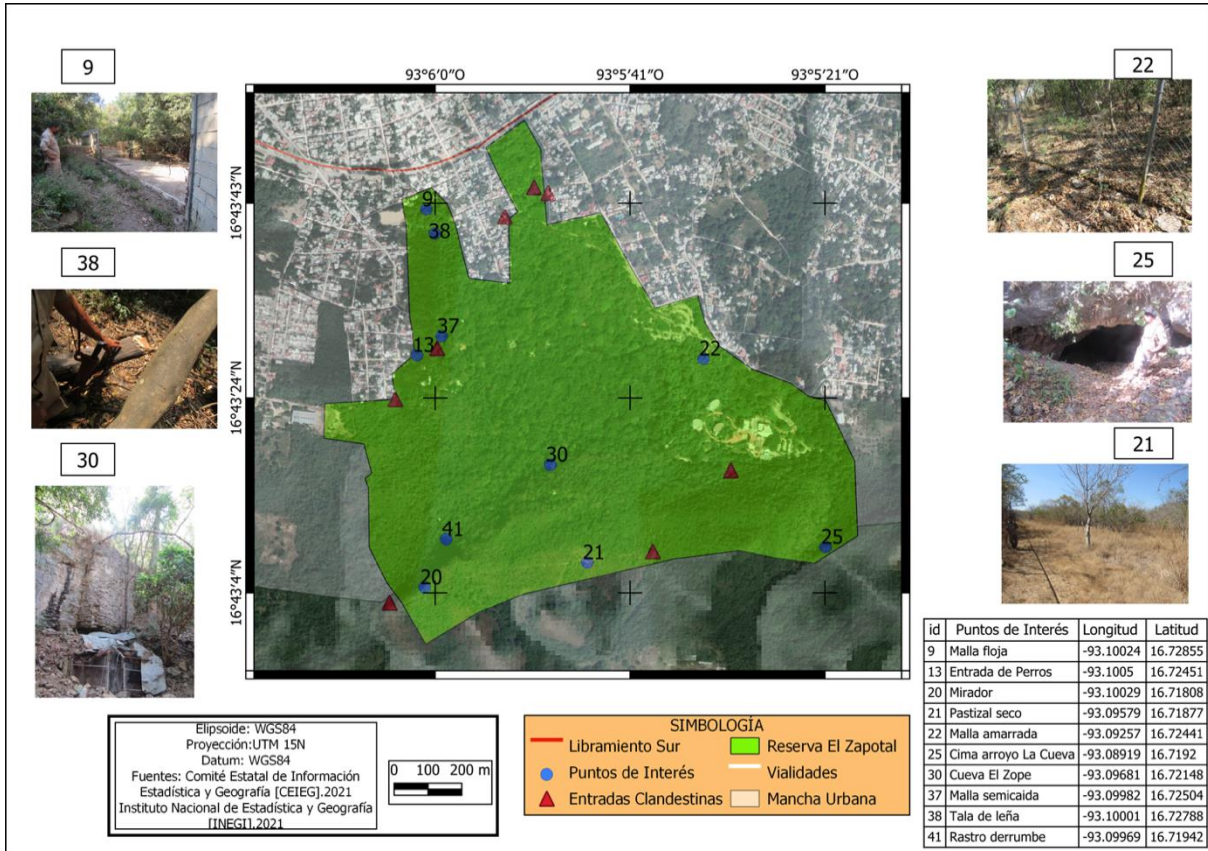
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 PUNTOS DE ACTIVIDAD ANTROPOGÉNICA

A partir de los recorridos de campo dentro de la ANP se registraron 44 puntos de interés, entre los cuales se localizaron sitios con evidencia de extracción de madera en la parte norponiente de la ANP, específicamente en el lado izquierdo, punto donde la malla perimetral es fácil de penetrar. En la parte sur del Zapotal, en uno de sus puntos más elevados, se registraron manchones de pastos muy secos que tienden a incendiarse con frecuencia en temporada de estiaje, representando un serio problema para el personal de la ANP, aun así

en los últimos periodos se han llevado a cabo acciones de prevención en esa zona como la realización de brechas corta fuego, en donde se ha buscado proteger esa área. Aunado a ello, se registraron ocho entradas clandestinas a la ANP a lo largo del mallado (Fig. 2).

FIGURA 2
Puntos de actividad Antropogénica al interior del Área Natural Protegida “El Zapotal”.



3.2 CAMBIO DE VEGETACIÓN Y USO DE SUELO AL INTERIOR Y EXTERIOR DE LA ANP

En la Tabla 1 se muestra la superficie en hectáreas de cada una de las cuatro clases de cobertura de vegetación y uso de suelo dentro y fuera de la ANP para cada uno de los años analizados (1980, 2000 y 2020). En 1980, la clase con mayor cobertura al interior de la ANP fue la Selva Mediana Subperennifolia, mientras que el Acahual presentó la mayor cobertura en las inmediaciones del Zapotal. Para el 2020, la clase con mayor cobertura al interior y al exterior de la ANP fue la Selva Baja Caducifolia. Por otra parte, la clase de Suelo Urbano en 1980 fue la tercera cobertura más extensa, pero para el año 2020 se ubicó en la segunda clase con mayor cobertura en las inmediaciones de “El Zapotal”. La clase de Suelo Urbano para el

interior del Zapotal presenta 4.68 ha de cobertura en 1980 debido a que dentro de la reserva existía en ese momento la edificación del Penal “Cerro Hueco”, mismo que dejó de funcionar para el año 2004, y luego fue el sitio para el “Museo Chiapas de Ciencia y Tecnología” (MUCH). Adicionalmente, debido a la protección de la zona, ciertas partes de dicha cobertura parecen disminuir para el 2020, posiblemente a que la cobertura vegetal se incrementó de forma tan significativa que la clasificación identifica pixeles aledaños a construcciones como cubiertos con vegetación (Fig. 3).

TABLA 1

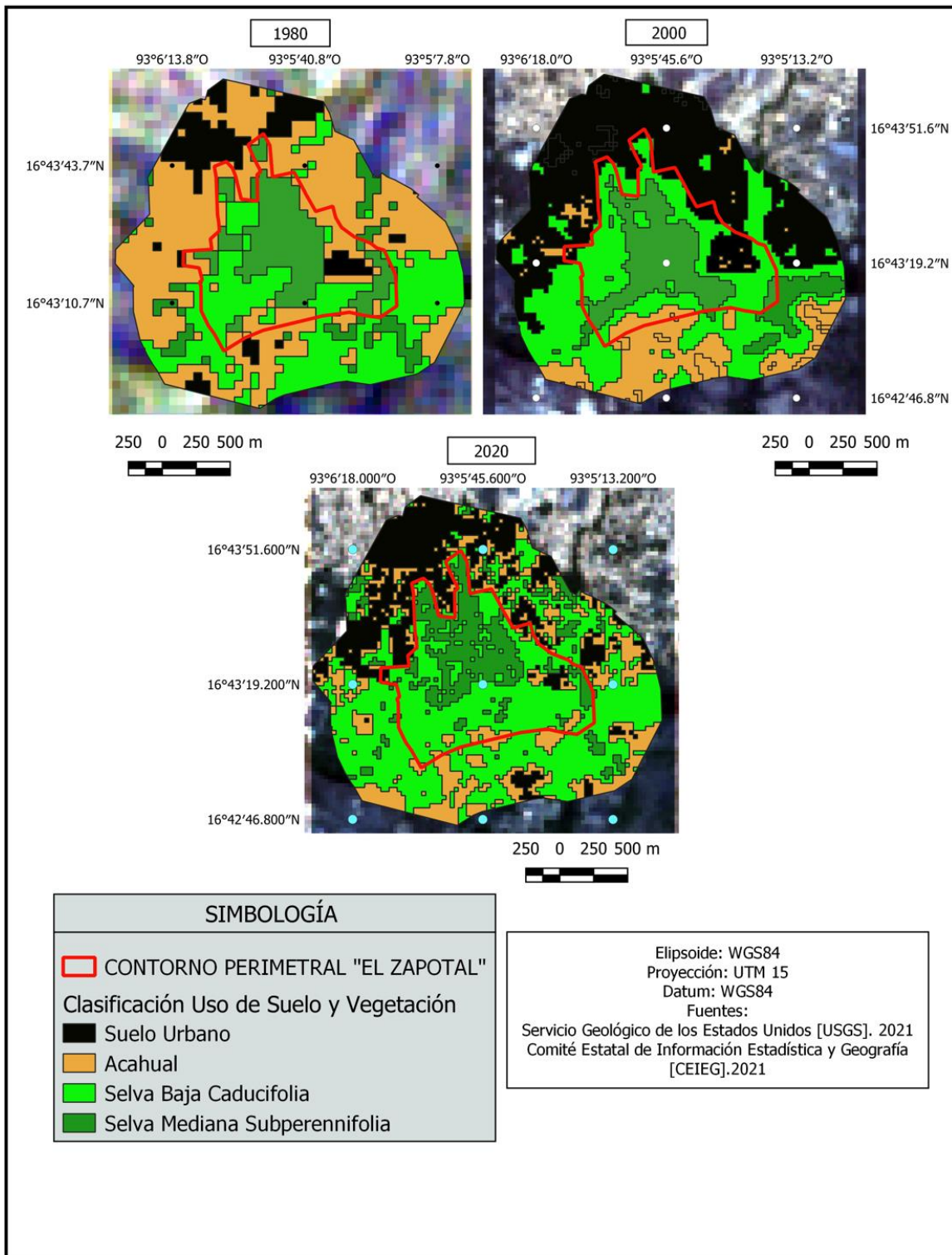
Superficie de cada clase de vegetación y uso de suelo (en hectáreas), al interior y exterior de la ANP “El Zapotal” para los tres distintos años.

Cobertura	1980		2000		2020	
	interno	externo	interno	externo	interno	externo
Suelo Urbano	4.68	35.95	15.19	149.44	3.07	81.48
Acahual	28.58	166.18	6.59	57.56	8.33	78.32
Selva Baja Caducifolia	39.20	81.14	57.51	84.45	73.64	133.08
Selva Mediana Subperennifolia	55.06	23.79	48.25	15.60	42.49	14.19

No obstante, tales cambios, de acuerdo con el análisis de U Mann-Whitney, las diferencias en las coberturas de cada clase, dentro y fuera de la ANP, no fueron estadísticamente significativas en ningún caso. Para la superficie interna los valores del estadístico así como de su probabilidad fueron: 1980 vs. 2000, $W = 7$, $p = 0.8857$; 1980 vs. 2020, $W = 8$, $p = 1$; y 2000 vs. 2020, $W = 9$, $p = 0.8857$. Para el caso de la superficie externa, los valores resultantes fueron: 1980 vs. 2000, $W = 8$, $p = 1$, 1980 vs. 2020, $W = 8$, $p = 1$, y 2000 vs. 2020, $W = 9$, $p = 0.8857$).

FIGURA 3

Cambio de Vegetación y Uso de Suelo dentro y fuera del Área Natural Protegida “El Zapotal” (1980-2020).



En la Tabla 2 se observa la tasa de cambio de vegetación y uso de suelo, al interior y al exterior de la ANP, en tres diferentes períodos de análisis a partir de la ecuación de la FAO (1996). Se puede apreciar que de 1980 al 2020, las clases de Selva Mediana Subperennifolia y Acahual presentaron una tasa de cambio negativa, es decir, disminuyeron su cobertura, al interior y al exterior de la ANP; en cambio, de 1980 al 2020, la Selva Baja Caducifolia mantuvo una tasa de cambio positiva dentro y fuera del Zapotal. Finalmente, de 1980 al 2020, el Suelo Urbano presentó una tasa de cambio positiva al exterior de la ANP, y el Suelo Urbano registró una tasa de cambio negativa al interior del Zapotal.

TABLA 2

Tasa de Cambio (FAO, 1996) de las cinco clases de Vegetación y Uso de Suelo, en tres períodos de análisis. Un valor positivo muestra aumento en la cobertura, mientras que un valor negativo muestra una disminución en la misma (Valores en porcentajes).

Clasificación	1980-2000		2000-2020		1980-2020	
	interno	externo	interno	externo	interno	externo
Suelo Urbano	6.059	7.383	-7.676	-2.987	-1.047	4.175
Acahual	-7.075	-5.163	1.179	1.551	-3.036	-3.692
Selva Baja Caducifolia	1.935	0.200	1.244	2.300	3.203	2.505
Selva Mediana Subperennifolia	-0.659	-2.086	-0.633	-0.474	-1.288	-2.551

GUERRA *et al.* (2019) señalan que las Áreas Naturales Protegidas salvaguardan importantes elementos ecosistémicos dentro de sus fronteras, demostrando poco cambio y una mayor estabilidad. Los resultados de nuestro análisis coinciden con lo anterior, ya que si bien la Selva Mediana Subperennifolia y el Acahual presentaron una tasa de cambio negativa al interior de la ANP, es decir, disminuyeron su cobertura a lo largo de 40 años, este cambio no fue estadísticamente significativo ($p > 0.05$); aunado a ello, la Selva Baja Caducifolia mantuvo una tasa de cambio positiva. Finalmente, cabe señalar que la tasa de cambio de Suelo Urbano al interior de la ANP, del 2000 al 2020 presentó una tasa de cambio negativa debido a que al inicio dicho período había comenzado las remodelaciones del ZOOMAT y en el 2005 inicio la construcción del Museo Chiapas de Ciencia y Tecnología. Al finalizar dicho período, se habían llevado a cabo acciones de reforestación en las áreas circundantes a dichas instalaciones, por lo que la cobertura de suelo Urbano disminuyó para tal período de tiempo. No obstante lo anterior, la manifestación de actividad antropogénica dentro de la ANP, con la presencia de distintas entradas clandestinas, la extracción de madera en la parte norte, y la presencia de manchones de pastos secos con tendencia a incendiarse en temporada seca, podrían representar un serio peligro para el futuro de estas asociaciones vegetales al interior de “El Zapotal”. Es claro que los seres humanos aprovechan los recursos naturales que les rodean, ya sea para autoconsumo o con el fin de implementar actividades económicas (OLMOS MARTÍNEZ *et al.*, 2011), incluso si son actividades clandestinas dentro de la ANPs (PÉREZ RODRÍGUEZ *et al.*, 2018). FERNÁNDEZ MORENO (2010) señala que la tala clandestina al interior de “El Zapotal” se sigue dando a pesar de que ésta es sancionada penalmente por el Gobierno del Estado de Chiapas desde 1990, dado que se considera que atenta contra la existencia y equilibrio ecológico del ANP. Si bien es cierto que de acuerdo con los Guardaparques, la vigilancia constante de la reserva ha logrado

disminuir esta actividad al interior de la ANP, la tala clandestina no se ha logrado erradicar por completo, presentándose casos de tala y extracción de madera. Es claro que si el ANP y la administración municipal de Tuxtla Gutiérrez no implementan un plan de manejo adecuado de estas asociaciones vegetales y su fauna, que cuente con suficientes recursos económicos y que involucre a los habitantes de las colonias aledañas, la tala clandestina podría contribuir a futuros procesos de deforestación de la Selva Mediana Subperennifolia y de los Acahuals restantes al interior de la reserva. Esta tendencia que se puede apreciar en nuestro análisis, incluso podría afectar negativamente a la Selva Baja Caducifolia, debido a que esta asociación posee especies de plantas maderables. Este escenario es común para ANPs rodeadas por mancha urbana, y tal y como reportan HERNÁNDEZ RIVERA *et al.*, (2015) para dos áreas naturales en Veracruz, México, de no ser por la existencia de los límites de las zonas de protección, la urbanización devoraría dichos espacios desde sus bordes hacia el interior. SOSA RAMÍREZ *et al.*, (2014) afirman que para manejar de forma correcta un ecosistema se requiere de un proceso interno que regule el aprovechamiento y producción de bienes o servicios de forma razonable y durable, siendo fundamental el priorizar la conservación de sus componentes, y en caso requerido, restaurar cuando se ha identificado alguna degradación. Desgraciadamente, muchas administraciones suelen sobreexplotar el potencial de las Áreas Naturales Protegidas a modo de ecoturismo, bajo un enfoque económico que se fundamenta en maximizar la utilidad sin tomar en cuenta la estructura del proceso de toma de decisiones (OSORIO GARCÍA *et al.*, 2011). Según TOLEDO (2005), “este inmenso sistema global de reservas ha sido creado, en su mayor parte, a partir de criterios meramente biológicos (distribución de la riqueza de especies, número de endemismos y número de especies amenazadas)” (p. 71). Sin embargo, el alcance de los objetivos de conservación de la reserva requiere también de una inversión económica constante, un sistema estricto para el control de las actividades que ahí se realizan, así como la presencia de recursos humanos e infraestructura eficiente y adecuada. Por otra parte, también queda patente, que si bien el incremento de la superficie urbana en las inmediaciones de “El Zapotal”, no fue estadísticamente significativo ($p > 0.05$), sí representa una clara señal de alarma para el futuro de la flora y fauna al interior de la ANP, ya que su tasa de cambio fue positiva de 1980 al 2020. BAILEY *et al.* (2015) señalan que hasta el más mínimo aumento en las urbanizaciones puede tener impacto significativo sobre las Áreas Naturales Protegidas. En un caso parecido para el ANP “El Tepozteco”, en Tepoztlán, México, se llevó a cabo la construcción de un club de golf deforestando una importante zona forestal con los evidentes impactos ambientales al priorizar la implementación de un proyecto de desarrollo económico por encima de la conservación de un área verde (AZUELA *et al.*, 2009). Aunado a lo anterior, es claro el hecho de que el desarrollo de la infraestructura urbana durante la extensión y construcción de viviendas lleva a la deforestación descontrolada para la lotificación de los predios. De acuerdo a BRENNER (2006), “la colonización de zonas ecológicamente frágiles, la expansión de la frontera agraria, la explotación de materias primas y fuentes energéticas así como, en algunos casos, un número excesivo de visitantes representa una amenaza creciente” (p. 237). Estos casos evidencian el hecho de que cualquier actividad antropogénica, aun con distintos grados de intensidad, si se desarrollan sin sistemas de control y regulación, y tienen como objetivo único el aprovechamiento de los recursos naturales, llevarán inevitablemente a un desequilibrio ecológico. Es probable que la tendencia al incremento del desarrollo urbano en las inmediaciones de “El Zapotal”, resulte en el futuro aislamiento de la flora y fauna de la reserva (VILLEGAS MARTÍNEZ *et al.*, 2020), y por lo tanto en extinciones locales de las especies que ahí se distribuyen. Para que

un ANP sea efectiva en su propósito de conservación, es indispensable que sus asociaciones vegetales estén conectadas con otras fuera de la misma (GOETZ *et al.*, 2009; GIZACHEW *et al.*, 2020), desgraciadamente, esto rara vez pasa en las ANPs de Latinoamérica, tal cual sugieren CASTILLO *et al.* (2020) para zonas de conservación en Perú, al afirmar que solo el 27% de las ecorregiones en los países tropicales andinos poseen áreas conectadas entre sí, lo que limita la efectividad de conservación de éstas. Al no contar con corredores biológicos que permitan el libre tránsito de las especies animales hacia otras ANPs o bien a ecosistemas naturales o con asociaciones vegetales nativas, se evitarán los flujos migratorios y se puede dar lugar a procesos de endogamia y pérdida de variabilidad genética de las especies (Galvez *et al.*, 2013; MORERA BEITA *et al.*, 2021). Si bien se conoce poco sobre el efecto del aislamiento para áreas de conservación en zonas urbanas (HERNÁNDEZ RIVERA *et al.*, 2015), es importante seguir estudiando tal efecto y buscar alternativas para contrarrestar los efectos negativos antes mencionados. Por otro lado, esta reserva no cuenta con una superficie destinada a funcionar como área de amortiguamiento que permita por un lado regular ciertas actividades humanas con respecto al área de protección a la vez que reducen la intensidad del impacto de las mismas en las áreas destinadas exclusivamente a la conservación. Finalmente, es necesario que la política ambiental local y regional incida sobre las actividades humanas que vulneran la seguridad ecológica de la zona; de acuerdo a VILLALOBOS (2000) “la política ambiental es, sin duda, una de las arenas públicas que no es ajena a estos nuevos procesos de participación y deliberación social; por el contrario, es uno de los casos más promisorios en este sentido” (p.25). Sin embargo, a pesar de contar con un esquema de manejo y protección de los ecosistemas presentes en “El Zapotal”, los resultados aquí obtenidos demuestran dicho sistema de conservación no son suficientes dado que aun persisten cambios en la cobertura vegetal, además de la presencia de actividades humanas clandestinas. Finalmente, se conoce poco sobre el impacto positivo que actualmente representa la existencia de “El Zapotal” para la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, desde los impactos ambientales hasta la percepción de la población con respecto al ANP, pero sí hay evidencias de otras áreas de conservación o áreas verdes en zonas urbanas en las que se demuestra que estos espacios de conservación de la cubierta vegetal representan sitios para la regulación del clima, la captura de carbono, la regulación de eventos extremos como inundaciones, sequías o la pérdida de suelo, entre otros (PLAZOLA ZAMORA *et al.*, 2020).

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Ninguna de las coberturas de vegetación y uso de suelo a lo largo de cuarenta años (1980-2020), presentó un cambio significativo en su cobertura. No obstante, las asociaciones de Selva Mediana Subperennifolia y Acahual presentaron una tasa de cambio negativa, al interior y al exterior de “El Zapotal”, mientras que la Selva Baja Caducifolia presentó una tasa de cambio positiva al interior y exterior de la misma. Finalmente, el Suelo Urbano presentó una tasa de cambio positiva en las inmediaciones de la ANP, dando una señal de alarma sobre el proceso de aislamiento de la reserva con respecto a otras áreas de protección de ecosistemas, así como de áreas cubiertas por vegetación nativa. Por otra parte, es indispensable establecer un programa de manejo y conservación para la zona sur de la reserva, que busque acuerdos con los ejidos colindantes para mantener sistemas de producción con un enfoque de sustentabilidad. Esta zona es la última que posee áreas cubiertas por vegetación, y en caso de que sean urbanizadas aislarían por completo a “El

Zapotál” de los ecosistemas adyacentes. Es recomendable que las medidas de conservación que se han llevado hasta ahora en “El Zapotal”, no sólo mantengan, sino que se revisen y actualicen para atender de forma más eficaz la situación actual de la reserva y el área circundante así como su problemática relacionada, como la presencia de tala clandestina, o la entrada de fauna invasora como los perros por citar dos ejemplos. Medidas como la atención permanente a la cerca perimetral, o el incremento en el número de guardabosques y sus condiciones laborales, podrían ser algunas de las acciones que eventualmente contribuirían con la operación de la reserva. Aunado a ello, consideramos fundamental que la administración de la ANP establezca mecanismos de acercamiento con los habitantes de las colonias aledañas, incluyendo programas continuos de educación ambiental y su involucramiento en el manejo y la limpieza de las áreas aledañas a la misma. La creación de un grupo voluntario de vecinos encargados de vigilar constantemente el perímetro fomentaría la apropiación del ANP y con ello facilitaría la protección de “El Zapotal”. En el mismo sentido y en acuerdo con comentarios del personal de la reserva, crear un sistema de vigilancia apoyado por el sistema de Seguridad Pública Municipal y Estatal también contribuiría a persuadir las actividades ilegales en los límites de la reserva, dado que la presencia de una autoridad impacta en la percepción de los visitantes y de los habitantes aledaños a la reserva. Finalmente, un estudio detallado sobre los servicios ecosistémicos que presta “El Zapotal” a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, contribuiría a evidenciar tanto para las autoridades como para los habitantes de la zona la importancia de la conservación del ANP.

5. REFERENCIAS

- AZUELA, A., y MUSSETTA, P. (2009): “Algo más que el ambiente: Conflictos sociales en tres áreas naturales protegidas de México”. *Revista de ciencias sociales*, vol.1, n°16, p.191-215. https://ridaa.unq.edu.ar/bitstream/handle/20.500.11807/1277/11_RCS-16_misclaneas2.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- BRENNER, L. (2006): “Áreas naturales protegidas y ecoturismo: el caso de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, México”. *Relaciones. Estudios de historia y sociedad*, vol. 27, n° 105, p. 237-265. <https://www.redalyc.org/pdf/137/13710508.pdf>
- BAILEY, K. M., MCCLEERY, R. A., BINFORD, M. W., y ZWEIG, C. (2015): “ Land-cover change within and around protected areas in a biodiversity hotspot”. *Journal of Land Use Science*, vol. 11, n°2, p. 154-176. <http://dx.doi.org/10.1080/1747423X.2015.1086905>
- BOLÍVAR-CIMÉ, B., LABORDE, J., MACSWINEY G., M. C., MUÑOZ-ROBLES, C., y TUN-GARRIDO, J. (2013): “ Response of phytophagous bats to patch quality and landscape attributes in fragmented tropical semi-deciduous forest”. *Acta Chiropterologica*, vol. 15, n°2, p. 399-409. <https://doi.org/10.3161/150811013X679026>
- CASTILLO, L. S., CORREA AYRAM, C. A., MATA LLANA TOBÓN, C. L., CORZO, G., AREIZA, A., SERRANO, F., CHALÁN, L., SÁNCHEZ, F., MORE, A., FRANCO, O., BLOOMFIELD, H., AGUILERA, V. L., RIVADENEIRA, C., MORÓN, V., YERENA, E., PAPADAKIS, J., CÁRDENAS J. J., GOLDEN, R. E., y GODÍNEZ,

- O. (2020): “ Connectivity of Protected Areas: Effect of Human Pressure and Subnational Contributions in the Ecoregions of Tropical Andean Countries” . *Land*, vol.9, n°8, p. 2-19. doi:10.3390/land9080239
- CASTAÑEDA, J. (2006): “ Las áreas naturales protegidas de México; de su origen precoz a su consolidación tardía”. *Scripta Nova*, vol. 10, n° 218. <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-218-13.htm>
- CHANONA, A., CASTELLANOS, J., GONZALES, M., y RANGEL, M. (2017): “ Éxito de Anidación del *Turdus grayi* (Passeriformes: Turdidae) en el Centro Ecológico Recreativo “El Zapotal”, Chiapas, México” . *Revista de Biología Tropical*, vol. 65, n° 3, p. 925-938. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442017000300925&script=sci_arttext
- COMITÉ ESTATAL DE INFORMACIÓN ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA [CEIEG]. <http://map.ceieg.chiapas.gob.mx/geoweb/> [consulta: 15 de Agosto de 2021]
- CONGEDO, L. (2013). Semi-Automatic Classification Plugin for QGIS. Roma, Universidad Sapienza. <http://www.planning4adaptation.org/Docs/papers/Semi-Automatic Classification Plugin for QGIS.pdf>
- DÁVALOS, R. (2016): “El papel de la investigación científica en la creación de áreas naturales protegidas”. *Madera y bosques*, vol. 22, n°1, p. 7-13. <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v22n1/1405-0471-mb-22-01-00007.pdf>
- FERNÁNDEZ, M. Y. (1998). Contribución al estudio de la Fauna silvestre libre de el Zapotal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas [Tesis de Licenciatura. UNAM].
- FERNÁNDEZ, M. Y. (2010). Percepciones ambientales sobre una Reserva Ecológica Urbana, El Zapotal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas [Tesis de Doctorado. ECOSUR].
- GÁLVEZ, N., HERNÁNDEZ, F., LAKER, J., GILABERT, H., PETITPAS, R., BONACIC, C., GIMONA, A., HESTER, A., y MACDONALD, D.W. (2013): “ Forest cover outside protected areas plays an important role in the conservation of the Vulnerable guinea (*Leopardus guigna*)”. *Oryx*, vol. 47, n° 2, p. 251-258. doi:10.1017/S0030605312000099
- GARCÍA, G., SOSA, J. E., AGUILAR, W. D. J., FLORES, J. S., y FERNÁNDEZ, Y. (2020): “ Cambio de uso del suelo en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Reserva Cuxtal, Mérida, Yucatán, México”. *Investigaciones geográficas*, vol. 101, p. 1-15. Doi: 10.14350/rig.59895
- GIZACHEW, B., RIZZI, J., SHIRIMA, D. D., y ZAHABU, E. (2020): “Deforestation and connectivity among protected areas of Tanzania”. *Forests*, vol. 11, n° 2, p. 2-16. doi:10.3390/f11020170
- GOETZ, S. J., JANTZ, P., y JANTZ, C. A. (2009): “ Connectivity of core habitat in the Northeastern United States: Parks and protected areas in a landscape context”. *Remote Sensing of Environment*, vol. 113, n° 7, p. 1421-1429. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.07.019>

- GUERRA, C. A., ROSA, I. M., y PEREIRA, H. M. (2019): “Change versus stability: are protected areas particularly pressured by global land cover change?”. *Landscape Ecology*, vol. 34, p. 2779-2790. <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00918-4>
- HERNÁNDEZ-RIVERA, M. G., y TORRES-HERNÁNDEZ, L. (2015): “Análisis de dos áreas naturales protegidas en relación con el crecimiento del Área Metropolitana de Xalapa, Veracruz”. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, vol. 87, p. 51–61. <https://doi.org/10.14350/rig.39077>
- HOLLANDER, M., WOLFE, D. A., y CHICKEN, E. (2015): *Nonparametric Statistical Methods*. John Wiley&Sons, Ltd.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA [INEGI]. <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/> [consulta: 20 de Agosto de 2021]
- JASSO-DEL TORO, C., MÁRQUEZ-VALDELAMAR, L. y MONDRAGÓN-CEBALLOS, R. (2016): “Genetic diversity in Mexican mantled howler monkeys (*Alouatta palliata mexicana*) at the Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas (Veracruz, Mexico)”. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, vol. 87, p. 1069-1079.
- MAPELLI, F. J., MORA, M. S., MIROL, P. M., y KITTLEIN, M. J. (2012): “Population structure and landscape genetics in the endangered subterranean rodent *Ctenomys porteousi*”. *Conservation Genetics*, vol. 13, n°1, p. 165–181. <https://doi.org/10.1007/s10592-011-0273-2>
- MORERA, C., SANDOVAL, L. F., y ALFARO, L. D. (2021): “Evaluación de corredores biológicos en Costa Rica: estructura de paisaje y procesos de conectividad-fragmentación”. *Revista Geográfica de América Central*, vol. 66, p.106-132. <https://dx.doi.org/10.15359/rgac.66-1.5>
- OLMOS, E., y GONZÁLEZ, M. E. (2011): “Estrategias de desarrollo local sustentable en un área natural protegida de Baja California Sur”. *Universidad y Ciencia*, vol. 27, n°3, p. 281-298. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792011000300004
- OSORIO, M., MAASS, S. F., RAMÍREZ I. L., NAVA, G., NOVO, G., y REGIL, H. H. (2011): “El visitante del Parque Nacional Nevado de Toluca, México. Análisis del comportamiento en un área natural protegida”. *Investigaciones geográficas*, vol. 76, p. 56-70. <https://bit.ly/3fIRDNc>
- OJEDA, J., y VILLAR, A. (2007). “Evolución del suelo urbano/alterado en el litoral de Andalucía. GeoFocus”. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, vol.7, p. 73-99. <http://geofocus.org/index.php/geofocus/article/viewFile/112/274>
- PÉREZ, J. C., GUÍZAR, F., y BELLO, E. (2018): “Conflicto territorial, ecoturismo y cacería no regulada: el traslape de territorialidades en el Área Natural Protegida de Balam-Kú”. *PASOS Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, vol. 16, n°4, p. 909-925. <https://doi.org/10.25145/j.pasos.2018.16.064>

- PLAZOLA, L., SÁNCHEZ, F. J. S., SÁNCHEZ, J. A., y ROMERO, E. S. (2020): “Valoración de los servicios ecosistémicos en áreas verdes. El caso del Parque Metropolitano de Guadalajara, México”. *Acta Universitaria*, vol. 30, p. 1–17. <https://doi.org/10.15174/au.2020.2635>
- QGIS.ORG. <http://www.qgis.org> [consulta: 05 de Julio de 2021]
- R CORE TEAM. <http://www.R-project.org/> [consulta: 20 de Junio de 2021]
- RIEMANN, H., SANTES-ÁLVAREZ, R. V., y POMBO, A. (2011): “El papel de las áreas naturales protegidas en el desarrollo local: El caso de la península de Baja California”. *Gestión y política pública*, vol. 20, n°1, p. 141-172. <http://www.scielo.org.mx/pdf/gpp/v20n1/v20n1a4.pdf>
- RODRÍGUEZ, M., SÁNCHEZ, J., GÓMEZ, B.(2019): “Escarabajos Coprófago (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en la Reserva El Zapotal, Chiapas, México”. *Revista Peruana de Biología*, vol. 26, n°3, p. 339-350. <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v26i3.16778>
- ROJAS BRICEÑO, N. B., BARBOZA CASTILLO, E., MAICELO QUINTANA, J. L., OLIVA CRUZ, S. M., y 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*, vol. 81, n°2538, p. 1-34. <https://doi.org/10.21138/bage.2538a>
- RSTUDIO TEAM. <http://www.rstudio.com/> [consulta: 20 de Junio de 2020].
- SAHAGÚN, F., J. y REYES, H. (2018): “Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México”. *Ciencia UAT*, vol. 12, n°2, p. 06-21. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582018000100006
- SANTIZO, L. (2019). *Efecto de la composición y configuración espacial del paisaje sobre la diversidad de anfibios y reptiles de la Selva El Ocote, Chiapas* [Tesis de Maestría]. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE E HISTORIA NATURAL [SEMAHN]. <https://www.semahn.chiapas.gob.mx/portal/danvs/anp> [consulta: 10 de Junio de 2020]
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE E HISTORIA NATURAL [SEMAHN]. (2013). *Programa de Manejo del Centro Ecológico Recreativo “El Zapotal”*. Recuperado de <https://sistemaestatalambiental.chiapas.gob.mx/fraccionI.html>
- SERVICIO GEOLÓGICO DE LOS ESTADOS UNIDOS [USGS]. <https://earthexplorer.usgs.gov/> [consulta: 25 de Agosto de 2021]
- SOSA, J., SOLÍS, A. B., SIERRA, C. L. J., DÁVALOS, L. I. Í., y ORTEGA-RUBIO, A. (2014). “Manejo del área natural protegida Sierra Fría, Aguascalientes: situación actual y desafíos”. *Investigación y ciencia*, vol. 22, n°60, p. 71-77. <https://www.redalyc.org/pdf/674/67431160009.pdf>

- TOLEDO, V. M. (2005): “Repensar la conservación: ¿áreas naturales protegidas o estrategia bioregional?”. *Gaceta ecológica*, vol. 77, p. 67-83. <https://www.redalyc.org/pdf/539/53907705.pdf>
- VILLEGAS, D., y GÓMEZ, 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*, vol. 30, p. 1-21. <https://doi.org/10.15174/au.2020.2864>
- VILLALOBOS, I. (2000): “Áreas naturales protegidas: instrumento estratégico para la conservación de la biodiversidad”. *Gaceta Ecológica*, vol. 54, p. 24-34. <https://www.redalyc.org/pdf/539/53905402.pdf>

ACEPTADO