

Conectividad del paisaje y corredores de hábitat para el ocelote *Leopardus pardalis* y el venado cola blanca *Odocoileus virginianus* en el Occidente de México

Landscape connectivity and habitat corridors for the ocelot *Leopardus pardalis* and the whitetail deer *Odocoileus virginianus* in western Mexico

AVILA-CORIA, Rosaura†, VILLAVICENCIO-GARCIA, Raymundo*, GUERRERO-VAZQUEZ, Sergio y TREVIÑO-GARZA, Eduardo

Departamento de Ciencias Ambientales, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Universidad de Guadalajara (UDG)

ID 1^{er} Autor: Rosaura, Avila-Coria / ORC ID: 0000-0002-1021-0605, Researcher ID Thomson: Y-11860-2019, CVU CONACYT ID: 628883

ID 1^{er} Coautor: Raymundo, Villavicencio-Garcia / ORC ID: 0000-0002-5954-2141, Researcher ID Thomson: Y-2798-2019, CVU CONACYT ID: 122693

ID 2^{do} Coautor: Sergio, Guerrero-Vazquez / ORC ID: 0000-0001-8969-1917, Researcher ID Thomson: Y-1492-2019

ID 3^{er} Coautor: Eduardo, Treviño-Garza / ORC ID: 0000-0002-8921-857X, CVU CONACYT ID: 13475

DOI: 10.35429/JUSD.2019.17.5.38.52

Recibido: 30 de Septiembre, 2019; Aceptado 30 Diciembre, 2019

Resumen

Con el objeto de caracterizar la conectividad del paisaje de la Sierra de Quila y su zona de influencia en el estado de Jalisco, se priorizaron hábitats forestales para el mantenimiento de la conectividad en función a la distancia de dispersión de dos especies de fauna: *Leopardus pardalis* L. y *Odocoileus virginianus* Zim. mediante el índice integral de conectividad. Asimismo, se generaron mapas de idoneidad de hábitat por especie a partir de las variables de fricción: tipo de vegetación, rasgos topográficos, gradientes altitudinales, distancia a carreteras y zonas urbanas; finalmente se delimitaron corredores de hábitat. La conectividad evaluada por cada especie de fauna registró valores muy altos. En el área de estudio, solo un tercio de la superficie mantiene un hábitat idóneo óptimo y subóptimo para el ocelote, por lo contrario, para el venado cola blanca, más del cincuenta por ciento presenta condiciones óptimas y subóptimas de hábitat. Se encontró que los corredores que se orientan de la Sierra de Quila al Bosque La Primavera y la Sierra de Cacoma presentaron una mayor fragmentación y uso intensivo del suelo; por el contrario, el corredor orientado hacia la Sierra de Jolapa, presentó una menor afectación antropogénica.

Conectividad forestal, hábitat, fauna silvestre

Abstract

In order to characterize landscape connectivity of Sierra de Quila protected area and its zone of influence in the state of Jalisco. The landscape connectivity was determined, and forest habitats prioritized for the maintenance of connectivity in relation to the dispersal distance of two fauna species: *Leopardus pardalis* L. and *Odocoileus virginianus* Zim. using the integrated connectivity index. Likewise, habitat suitability maps were generated by species based on friction variables: type of vegetation, topographic features, altitude gradients, distance to roads and urban areas. Then, habitat corridors were finally delimited. The connectivity evaluated by each species of fauna registered very high values. In the study area, only one third of the surface maintains an optimal and sub-optimal habitat for the ocelot, on the contrary, for the whitetail deer, more than fifty percent have optimal and sub-optimal habitat conditions. It was found that the corridors that are oriented from the Sierra de Quila to the Bosque La Primavera and the Sierra de Cacoma presented greater fragmentation and intensive land use; on the contrary, the corridor oriented towards the Sierra de Jolapa, presented less anthropogenic disturbance.

Forest connectivity, habitat, wildlife

Citación: AVILA-CORIA, Rosaura, VILLAVICENCIO-GARCIA, Raymundo, GUERRERO-VAZQUEZ, Sergio y TREVIÑO-GARZA, Eduardo. Conectividad del paisaje y corredores de hábitat para el ocelote *Leopardus pardalis* y el venado cola blanca *Odocoileus virginianus* en el Occidente de México. Revista del Desarrollo Urbano y Sustentable. 2019. 5-17: 38-52

* Correspondencia del Autor (raymundo.villavicencio@academicos.udg.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

1. Introducción

Los procesos de modificación del paisaje como son la fragmentación y la pérdida de los hábitats amenazan la diversidad de la flora y la fauna a nivel mundial; uno de los efectos de este proceso es la disminución de la conectividad, que tiene la propiedad de hacer posible el flujo de materia, energía y organismos entre diversos ecosistemas, hábitats o comunidades de un paisaje (Martínez et al., 2009 y Saura et al., 2011). La disminución de los hábitats naturales han tenido un mayor impacto sobre algunos grupos faunísticos, uno de estos es el de los mamíferos grandes debido a que requieren grandes extensiones para su subsistencia; el ocelote y el venado cola blanca son de las especies en la cual alguno de estos procesos han afectado no solo su distribución actual, sino también la densidad de su población, particularmente el ocelote, que es una especie cuya área de distribución o tamaño de sus población han disminuido de manera significativa, a tal grado de poner en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural (Ceballos y Oliva, 2005, Grigione et al., 2009, Díaz y Payán, 2011, Martínez, 2013, CONABIO, 2015a y Pérez y Santos, 2015); en el caso del venado cola blanca, aunque este ocupa una gran diversidad de ecosistemas, aunado a la pérdida de hábitat, la caza de subsistencia y deportiva han afectado no solo la distribución natural de la especie, sino también a la disminución de las poblaciones silvestres en México y Centroamérica (Ortiz et al., 2005, SEMARNAT, 2014, Weber, 2014 y Medina et al., 2015).

El ocelote es un depredador de poblaciones de presas medianas y pequeñas, se encuentra en la categoría de Riesgo Menor en el ámbito internacional (Paviolo et al., 2015), en México la Norma Oficial Mexicana (NOM) 059-SEMARNAT-2010 lo ubica en la categoría de Peligro de Extinción (CONABIO, 2015). La reducción de hábitat disminuye a su vez las superficies de ámbito de hogar en las poblaciones de felinos; en el caso de los ocelotes, éstos se desplazan entre dos y tres kilómetros en promedio por día en búsqueda de alimento, pareja y hogar (Ceballos y Oliva, 2005, Díaz y Payán, 2011, Martínez, 2013, Pérez y Santos, 2015). Por otra parte, el venado cola blanca no se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010, como tampoco en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN.

De acuerdo a Forman y Godron (1986) y Taylor et al., (1993), los principales componentes que influyen en la conectividad para una especie, comunidad o proceso ecológico son: la estructura de los diversos tipos de vegetación y su distribución espacial (conectividad estructural), por otro lado, el componente conductual de los individuos y especies a la estructura física del paisaje y que considera el desplazamiento, el requerimiento de hábitat, la tolerancia, la especialización o la dispersión (conectividad funcional).

En este sentido, la evaluación de la conectividad funcional brinda información más precisa, a pesar de requerir un mayor esfuerzo de inversión de recursos, por el monitoreo del movimiento de las especies; sin embargo, una manera de obtener la distancia de dispersión de una especie animal, es a través de la consulta de estudios de monitoreo y ámbito hogareño de la especie, complementada con la opinión experta; de la misma manera, Delfín et al. (2009), Grigione et al. (2009), Flores et al. (2013), Carranza y Oseguera (2014), Alonso et al. (2014) y Delfín et al. (2014) refieren a esta opinión de expertos para la modelación de mapas de idoneidad; mientras que la conectividad estructural y funcional, las clasificaciones supervisadas de la vegetación y los diseños de corredores pueden obtenerse y evaluarse por medio de un Sistema de Información Geográfica (SIG) y medios de percepción remota. Debido a que la conectividad ecológica es un objetivo primordial en la gestión territorial sostenible, incluidas las áreas naturales protegidas, que puede mitigar en cierta medida los efectos adversos de la fragmentación y mejora de la conectividad entre hábitats, han surgido mecanismos en pro de la conservación biológica como los corredores biológicos, los cuales pueden estar expresados en un paisaje donde los remanentes de hábitat son representados por medio de nodos que pueden estar conectados a través de enlaces o corredores formando una red.

Esta aproximación ha resultado ser una medida efectiva para realizar análisis complejos relacionados a proveer soluciones simples, al unificar y evaluar aspectos de la fragmentación y conectividad del hábitat.

Por esta razón el presente trabajo tiene como objetivo Identificar la conectividad del paisaje y priorizar el hábitat forestal para el mantenimiento de la conectividad en función a la dispersión de las especies ocelote y venado cola blanca en el área protegida “Sierra de Quila” y su zona de influencia, además de definir mapas de idoneidad y corredores de hábitats para cada especie.

2.- Materiales y métodos

2.1.- Descripción del área de estudio

El área de estudio cubre 631,5 km² distribuidos total o de manera parcial en 25 municipios del estado de Jalisco; se ubica en el occidente de México entre las coordenadas extremas 19° 98' 87" y 20° 59' 96" de latitud N y 104° 50' 91" y 103° 60' 39" de longitud O; se sitúa en la provincia fisiográfica del Eje Volcánico Transversal Mexicano, así como en la provincia de la Sierra Madre del Sur. Al noreste se delimita con el área protegida “La Primavera”, al sureste con la Sierra de Tapalpa, al suroeste con la Sierra de Cacoma y al noroeste con la Sierra de Jolapa (Figura 1).



Figura 1 Ubicación del área de estudio; al centro, el área protegida Sierra de Quila

En el área de estudio prevalecen tres tipos de clima: el semicálido subhúmedo, el templado subhúmedo y el semiárido semicálido; con una precipitación promedio anual que oscila entre 600 y 1,200 mm (CONABIO, 2015). Las coberturas vegetales predominantes y otros usos del suelo en el área son: el bosque de encino, el bosque de encino-pino, el bosque de pino, la selva baja caducifolia, el bosque mesófilo de montaña, el bosque de mezquite, la vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia y la vegetación halófila hidrófila.

Por otra parte, la agricultura a través del cultivo de caña, maíz, frijol, sorgo y agave, así como el cultivo del pasto forrajero son el principal sistema primario de producción en la región (INEGI, 2015).

2.2.- Objetos de conservación

El ocelote (*Leopardus pardalis* Linnaeus, 1,758) pertenece a la clase Mammalia del orden Carnívora y familia: Felidae, subfamilia: Felinae y género: *Leopardus*; su distribución actual va desde el sur de Estados Unidos hasta el norte de Argentina (Payán y Soto, 2012; Pérez y Santos, 2015). En México, la especie abarca desde las planicies costeras del pacífico y del Golfo de México hasta la península de Yucatán; su hábitat incluye el bosque espinoso y matorral xerófilo, el bosque mesófilo de montaña, las selvas húmedas y secas, el bosque de encino y la vegetación riparia (Ramírez et al., 2014; Pérez y Santos, 2015). Los ocelotes se desplazan entre 1.9 y 3 kilómetros promedio por día en búsqueda de alimento, pareja y hogar (Pérez y Santos, 2015, Martínez, 2013, Díaz y Payán, 2011 y Ceballos y Oliva, 2005); son especialistas de hábitats cerrados e indicadores de buena calidad del mismo (López et al., 2012).

El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus* Zimmermann, 1,780) pertenece a la clase: Mammalia, orden: Artiodactyla, familia: Cervidae; subfamilia: Capreolinae y género: *Odocoileus*. Esta familia se encuentra ampliamente distribuida en el continente americano, en México se encuentran cuatro especies: *Odocoileus hemionus*, *O. virginianus*, *Mazama temama* y *M. pandora*. Este género ocupa una gran diversidad de ecosistemas, que va desde las regiones secas del norte, chaparrales, desiertos, matorrales, bosques templados, pastizales templados, hasta las regiones tropicales del sur. Se han reportado densidades poblacionales de entre 25 a 50 individuos/km² y ámbitos hogareños individuales de 24.3 a 356.1 hectáreas (Romero y Medellín, 2005). El venado es una especie ecológica, económica y social importante, debido al papel que desempeña como especie herbívora y a su vez como presa; debido a sus características de adaptabilidad, amplia distribución geográfica, tamaño, calidad de su carne y sus estéticas astas, se ha convertido en una de las especies de fauna silvestre más importante en el medio cinegético en México.

2.3 Zonas de enlace

Se determinaron cinco zonas de enlace para la delimitación de los corredores de hábitat, cada zona es representada por un polígono de cobertura forestal. Como zona de enlace principal se definió el polígono del área protegida “Sierra de Quila”. De esta manera las cuatro áreas de enlace (bloques) son: *Bloque 1 al 2*; recorre el extremo noreste y define la conexión entre las áreas protegidas de “Sierra de Quila” y “La Primavera”. Del *Bloque 1 al 3*; parte extrema sureste, que conexas con la Sierra de Quila y la Sierra de Tapalpa. Del *Bloque 1 al 4*; parte extrema suroeste y define el enlace entre la Sierra de Quila y la Sierra de Cacoma y, *Bloque 1 al 5*; en el extremo noroeste, el cual busca definir el corredor de hábitat entre la Sierra de Quila y la Sierra de Jolapa.

2.4 Índice de conectividad

El desarrollo del estudio se basa en la clasificación supervisada de las imágenes de satélite Landsat 8 OLI con fecha del 20 y 27 de enero de 2014; tienen una resolución espacial de 30×30 m (USGS, 2014); se definieron nueve clases y se utilizó el clasificador de máxima verosimilitud. Para el análisis de la conectividad se determinó una extensión mínima de 0.5 hectáreas como elementos de hábitat o parches forestales. Para priorizar la importancia relativa de los parches críticos y de importancia para el mantenimiento de la conectividad forestal, se utilizó el programa Conefor 2.6 (Saura y Torné, 2012); el cual concentra los datos con la distancia euclidiana que existe entre los parches y su tamaño; además de incorporar la distancia de dispersión que realiza cada especie de fauna silvestre (Saura y Pascual, 2007); para el cálculo del valor de importancia relativa en la conectividad de cada parche se utilizó el Índice Integral de Conectividad (IIC) (Pascual y Saura, 2006):

$$IIC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{a_i \cdot a_j}{1 + nl_{ij}}}{A_P^2} \quad (1)$$

Donde a_i es el área de cada parche forestal, A_P es el total del “Conjunto del paisaje” y nl es el número de enlaces en el camino más corto entre los parches i y j . Para los parches que no estén conectados (que pertenezcan a diferentes componentes o región conectada), el numerador de la suma de la ecuación es cero ($nl_{ij} = \infty$).

Cuando $i = j$, entonces $nl_{ij} = 0$; no es necesario algún enlace para alcanzar un parche desde sí mismo (Pascual y Saura, 2006). El cálculo de $dIIC_k$ para cada uno de los parches permite priorizar e identificar las zonas de hábitat más críticas para el mantenimiento de la conectividad; es decir, aquellas en las que la pérdida o deterioro del hábitat tendría un impacto más negativo sobre la conectividad del “Conjunto del paisaje” (De La Cruz y Maestre, 2013).

$$dIIC_k = 100 \cdot \frac{IIC - IIC_{elim,k}}{IIC} \quad (2)$$

Donde, $dIIC_k$ es la importancia del elemento k para el mantenimiento de la conectividad y disponibilidad de hábitat en el paisaje; IIC es el valor del índice en el paisaje original (antes de la eliminación de ningún elemento) y $IIC_{elim,k}$ es el valor del índice tras la eliminación del elemento k .

2.5 Distancias de dispersión y corredores de hábitat

Las distancias de dispersión para ambas especies se obtuvieron de estudios particularmente realizados en México (Noguera et al. 2002; Bello et al. 2004; Ceballos y Oliva, 2005; Fulbright y Ortega, 2007; Jiménez, 2007; Chávez, 2012; Ontiveros, 2012; Martínez, 2013; Hernández, 2014; SEMARNAT, 2014; Pérez y Santos, 2015); para el ocelote, se señala que el ámbito hogareño para machos y hembras varía entre 350 a 9,000 ha, por otro lado, para el venado cola blanca se han documentado ámbitos hogareños para machos y hembras que ocupan de 26 a 1,057 ha. A partir de estos rangos se determinaron las distancias medianas de desplazamiento, para el ocelote de 2.1 km y 1.1 km para el venado.

2.6. Modelación de hábitat idóneo

La definición de las zonas de hábitat que puedan en la práctica servir como corredores se modeló con la herramienta *Corridor Designer* para ArcMap (Majka et al., 2014); se utilizaron cinco variables de fricción en formato ráster, las cuales influyen de manera física o antropogénica sobre el comportamiento de movimiento de la fauna, estas son: el tipo de vegetación, la condición topográfica, la altitud, las distancias a carreteras pavimentadas y zonas urbanas.

Las variables se generaron a partir de la carta de uso de suelo y vegetación obtenida de la clasificación de las imágenes Landsat 8 OLI; el modelo Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) 3.0 del INEGI; un modelo de condición topográfica creado a partir del CEM con la herramienta *Create Topographic Position Raster* y, dos capas ráster creadas a partir de capas vectoriales de carreteras pavimentadas y zonas urbanas, con tamaño de celda de 30 m para determinar la distancia euclídea entre las vías de comunicación y los centros de población con el resto del contorno del área de estudio.

A cada atributo o rango de cada una de las variables de fricción se les designó un valor relativo (%) considerándose como valor intrínseco o valor de “peso” en función a la importancia que pudiera ocupar cada especie animal; esta designación se basó con un análisis espacial de registros georeferenciados interpuestos entre las variables de fricción, revisión bibliográfica y la consulta de expertos vinculados en el estudio y manejo de las especies (Mora, 2016; Hernández, 2016; Guerrero, 2016); finalmente le fue designado un valor intrínseco a cada una de las variables por sí solas, las cuales suman en su total el cien por ciento.

La modelación del mapa de idoneidad de hábitat se realizó con la herramienta *Habitat Modeling* y a partir de éste se delimitaron los corredores de hábitat de manera independiente, es decir, a partir de la Sierra de Quila hacia cada bloque de enlace; para cada especie se generaron diez corredores en formato vectorial, los cuales representan desde el uno hasta el diez por ciento del total de la superficie del área de estudio.

3. Resultados

Las imágenes Landsat clasificadas registraron una precisión general de 64.4 %, con un índice estadístico de Kappa (k) de 0.57 (57 %); al mapa de uso de suelo y vegetación se les denominó “Conjunto del paisaje”, posee 2,330 parches de cobertura forestal, los cuales representan el 55.4% (350,102 ha) del área de estudio; los tipos de vegetación que ocurren son: bosque de encino con 26.6%, selva baja caducifolia con 22.3%, bosque de pino-encino con 5.5% y bosque de encino-pino con 1%.

Por el contrario, la “Cobertura no forestal” (44.6%) se concentran principalmente en: pastizal con 28.8%, agricultura con 13.6%, zona urbana con el 1%, cuerpos de agua con 0.9% y el área sin vegetación aparente con 0.2%. El uso potencial de las tierras se basa en un sistema primario de producción de cultivos como la caña, el maíz, el frijol, sorgo, agave, entre otras hortalizas; mientras que sector ganadero está dedicado a la cría el ganado bovino, caprino y porcino principalmente.

Una vez aplicado el IIC por especie a la capa de la cobertura forestal y con el fin de priorizar la importancia de cada parche, se definieron cinco categorías de conectividad: muy alta, alta, media, baja y muy baja; mediante un SIG, se utilizó la categorización de cortes naturales de Jenks (*Natural Breaks*) (Caso, 2010); de tal manera que con la tabla de atributos y el gráfico resultante se logren identificar los parches críticos o prioritarios para el mantenimiento de la conectividad.

3.1- IIC para ambas especies de fauna

La calidad de la conectividad de la cobertura forestal con base en una distancia de movilidad de entre 2,100 y 1,100 metros no mostró una tendencia de cambio significativa (ver Tabla 1), sin embargo, la continuidad forestal que presentan las áreas de muy alta y alta conectividad serán fundamentales para la funcionalidad ecológica del área de estudio.

dIIC	Ocelote (dist. dispersión 2.1km)			Venado (dist. dispersión 1.1km)		
	No.	Sup. (ha)	Sup. (%)	No.	Sup. (ha)	Sup. (%)
Muy Baja	2,319	19,526.7	5.6	2,321	19,532.8	5.6
Baja	8	7,063.1	2.0	6	7,057.0	2.0
Media	1	8,563.0	2.4	1	8,563.0	2.4
Alta	1	8,736.8	2.5	1	8,736.8	2.5
Muy Alta	1	305,953.0	87.5	1	305,953.0	87.5
Total	2,330	349,842.4	100	2,330	349,842.4	100

Tabla 1 Número de parches y superficies por categoría de conectividad forestal en el área de estudio para ambas especies de fauna

La figura 2 ilustra el hábitat forestal como resultado del análisis de conectividad para el ocelote; éste mismo, podría considerarse también para el venado cola blanca, debido a la similitud categórica y numérica que les representan.

Los colores utilizados en el mapa denotan el significado de la importancia de los parches en la conectividad, en este sentido, la calidad muy alta se asocia con el color verde olivo, la calidad alta en verde limón, la calidad media en amarillo, la calidad baja en color naranja y la calidad muy baja en color rojo, esta última categoría se atribuye a los parches críticos y, a su vez, prioritarios para el mantenimiento de la conectividad.

Como se muestra en la tabla 1 y figura 2, la mayor extensión de cobertura forestal con muy alta conectividad (305,953 ha) se representa en un solo polígono, el cual se identifica en el sistema montañoso entorno al área protegida “Sierra de Quila”; el complejo presentó el 87.5% del valor acumulado de dIIC y la distribución espacial del hábitat se orienta en dirección noroeste, hacia el cerro La Tetilla en el municipio de Tecolotlán que está conectada con el complejo cerril de la Sierra Verde en el municipio de Mixtlán; por otra parte, el complejo tiene conexión hacia el sureste en dirección a la Sierra de Tapalpa en los municipios de Atemajac de Brizuela, Chiquilistlán y Tapalpa principalmente.

Del hábitat forestal que conforma el “Conjunto del paisaje” destacan dos regiones que disminuyen la calidad de la conectividad; en la región noreste orientada hacia otra área protegida (La Primavera), la conectividad de los parches disminuye; es decir, los parches de alta conectividad (parches en color verde limón) incluyen el cerro La Coronilla en el municipio de Cocula y los cerros Santa Clara, El Salveal y El Timbinal del municipio de Villa Corona (Figura 2).



Figura 2 Importancia relativa (dIIC) para el mantenimiento de la conectividad forestal con base a la distancia de dispersión del ocelote

De manera inmediata el complejo cerril Huicicil, Las Tinajas, El Barrigón, El Gavilán y Montenegro, este último, ubicado en el municipio de Tala, la conectividad se reduce a un nivel medio (parches en amarillo); finalmente se sitúan parches remanentes de conectividad baja en color naranja (cerro El Chivo y El Guajolote) y muy baja con los parches en rojo (cerro Mazatepec) ubicados en los municipios de Acatlán de Juárez y Tala.

En esta misma porción está representado con una conectividad baja el cerro El Ocotillo y el cerro Grande de Ameca (Municipio de Ameca), esto debido a la práctica agrícola intensiva que presenta esta zona, estos son parches considerados como prioritarios para la conservación. Otra región es la ubicada al suroeste del área protegida “Sierra de Quila” y que es la zona adyacente que conecta con la Sierra de Cacoma (Sierra Madre del Sur), presenta en su mayoría parches remanentes de selva baja caducifolia, matorral y vegetación secundaria con un nivel de calidad de conectividad baja (cerro Pelón) y muy baja (cerro Prieto, El Bule, Los Cerritos, La Peña, cerro de La Cruz, El Sombrerillo y cerro del Tecolote), ya que estos se encuentran dispersos en medio de un valle de uso de suelo intensivo ubicado en los municipios de Atengo, Tenamaxtlán, Unión de Tula y Ayutla. Otra región que se considera prioritaria para el mantenimiento de la conectividad es la situada en el municipio de Ameca en la dirección norte con respecto al área protegida Sierra de Quila; la zona presenta dos complejos cerriles con una conectividad baja, debido a la actividad intensiva agrícola que presenta esta región y además considerando que no precisamente representan una cobertura forestal aislada, sino que debido a la delimitación del área de estudio, estos complejos cerriles quedaron artificialmente disminuidos de su dimensión real (ver Figura 2).

3.2- Modelos de idoneidad de hábitat

El modelo de idoneidad de hábitat para cada una de las especies se basó en función al valor de fricción (valor intrínseco) promedio dado por el criterio experto para cada una de las cinco variables ambientales y antropogénicas utilizadas, además del valor de “peso” para cada una de estas variables empleadas por si solas.

La tabla 2 muestra los valores de fricción por cada tipo de atributo para cada una de las variables oscilan entre 0 y 100, es decir, no necesariamente la suma de los valores designados deberá sumar 100; lo anterior aplica solo para la suma de los “pesos” de importancia atribuidos a cada variable. En este contexto, se asumen los valores de fricción más altos a las coberturas de selva baja caducifolia y bosque de encino para la especie ocelote, así como la selva baja caducifolia y el bosque de pino encino para el venado cola blanca; el peso de importancia para la variable uso del suelo y vegetación es asignado con un valor de 70% para el ocelote y 65 % para el venado cola blanca.

A pesar del bajo valor de importancia que adquiere la variable altitud para ambas especies (5 %), resulta de interés que el ocelote conlleve un valor de 100 dentro del rango altitudinal de entre 500 y 1,000 m, considerándose este rango altitudinal como el área focal de distribución; por otro lado, sin llegar a categorizarse como su máximo, el venado adquiere un valor relativo de importancia similar en los tres estratos altitudinales (Tabla 2).

De acuerdo a la opinión experta, el ocelote prefiere recorrer superficies planas o con pendientes suaves, pero también busca los lugares un tanto inaccesibles y a su vez seguros, como son las cañadas o los fondos de cañones; por el contrario, el venado puede desplazarse en todas las condiciones topográficas y, con una mayor excepción buscará las zonas de cresta o partes altas de la montaña (Tabla 2).

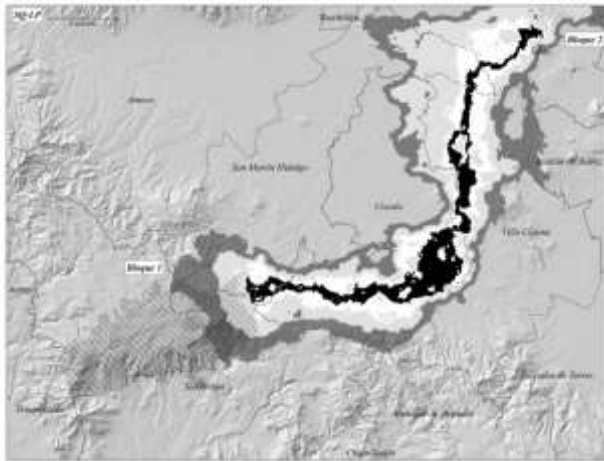
Las variables distancias a carreteras pavimentadas y zonas urbanas son consideradas como variables de resistencia, las cuales condicionan en mayor medida el trazo de un corredor de hábitat idóneo, por lo tanto el valor de fricción que asume la especie ocelote será alto para las zonas más distantes a la infraestructura vial y centros de población; para el venado los valores pueden tornarse de manera más gradual, es decir, presenta valores de entre 12 y 10 % en aquellas zonas próximas a las vías y zonas urbanas y estos aumentan conforme se retiran de las mismas (Tablas 2).

Uso de suelo y vegetación	Ocelote	Venado
Agricultura	10	17
Área sin vegetación aparente	0	2
Bosque de encino	80	67
Bosque de encino-pino	60	77
Bosque de pino-encino	40	77
Cuerpo de agua	5	18
Pastizal	5	22
Selva baja caducifolia	100	87
Zona urbana	0	0
Altitud (rango msnm)		
500-1000	100	78
1000-1500	60	80
1500-3500	20	80
Condición topográfica		
Fondo de cañón	80	80
Plano o pendiente suave	100	63
Pendiente pronunciada	10	53
Cresta o parte alta	10	30
Distancia a carreteras pavimentadas (rango m)		
0-100	0	12
100-500	30	50
500-2000	60	80
2000-15000	100	93
Distancia a zonas urbanas (rango m)		
0-100	0	10
100-500	20	45
500-2000	80	73
2000-13500	100	93

Tabla 2 Valores de “peso” en porcentaje por variable de fricción por tipo de fauna

3.3- Corredores de hábitat

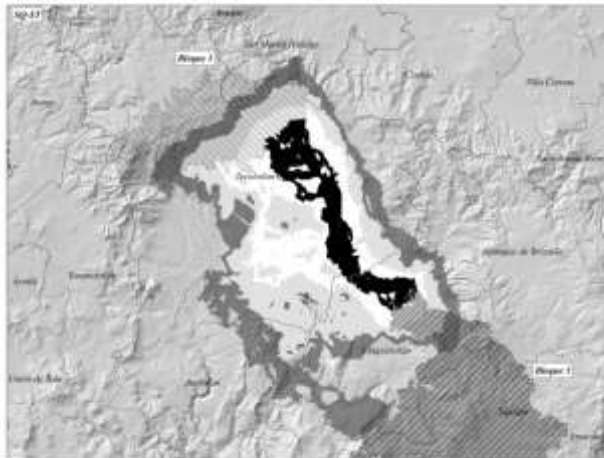
Los corredores de hábitat se determinaron mediante el modelo predictivo de idoneidad del hábitat basado en la interacción de las variables de fricción y sus respectivos atributos y rangos que de cada capa fueron valorados en función a la especie mediante el criterio experto y revisión bibliográfica; para cada zona de enlace definida a partir del área protegida Sierra de Quila se generaron diez corredores de hábitat, los cuales cada uno incrementa su área un valor porcentual con respecto al total de la superficie del “Conjunto del paisaje”; en síntesis, se obtuvieron un total de 40 configuraciones de corredores de hábitat por especie de fauna. Las Figuras 3 y 4 muestran los corredores de hábitat para el ocelote y el venado cola blanca respectivamente, definidos para aquellos que contengan el 1% (6,315 ha), 3% (18,945 ha), 6% (37,890 ha) y 9% (56,835 ha) del total de la superficie del área de estudio.



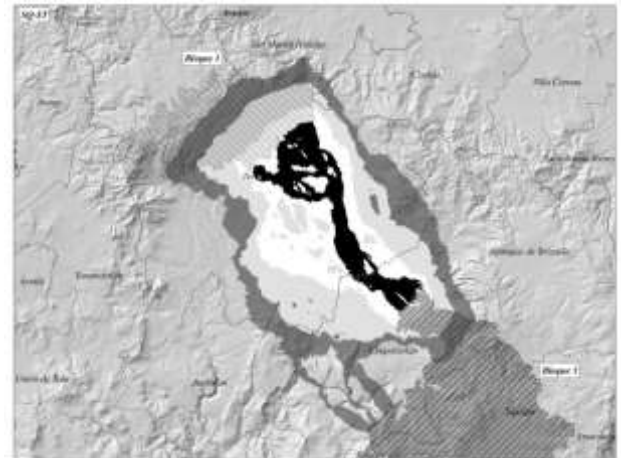
a) Corredor Sierra de Quila -La Primavera



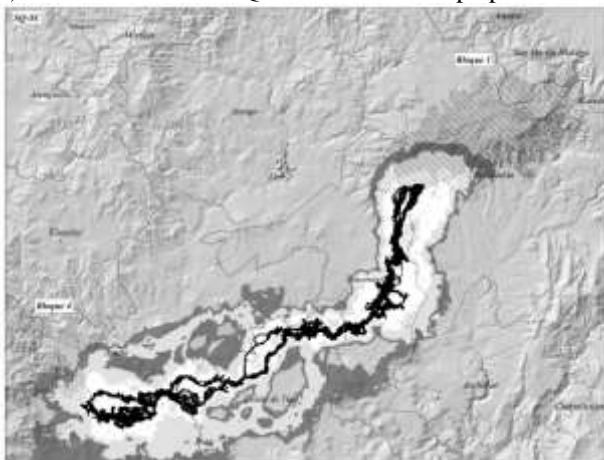
a) Corredor Sierra de Quila -La Primavera



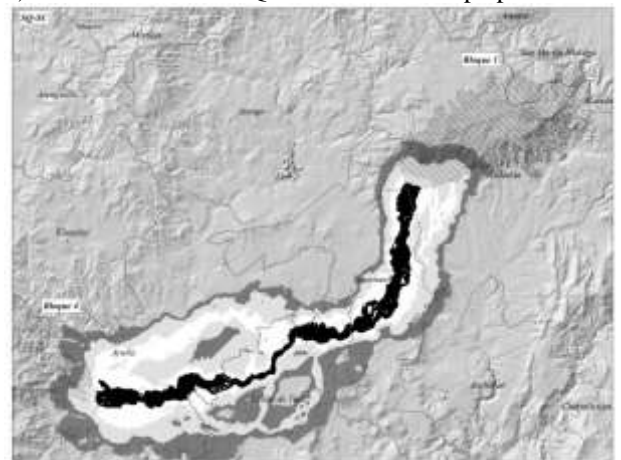
b) Corredor Sierra de Quila – Sierra de Tapalpa



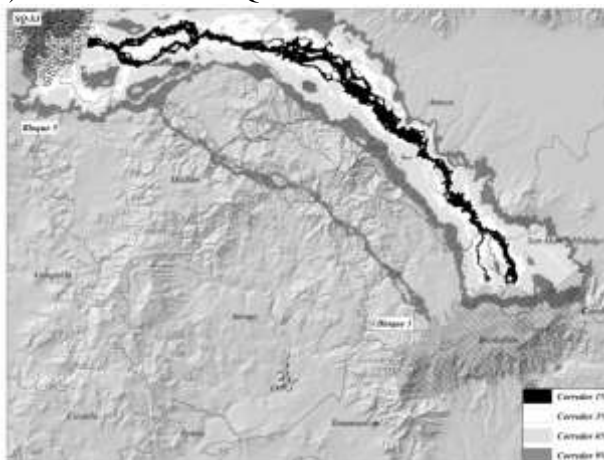
b) Corredor Sierra de Quila – Sierra de Tapalpa



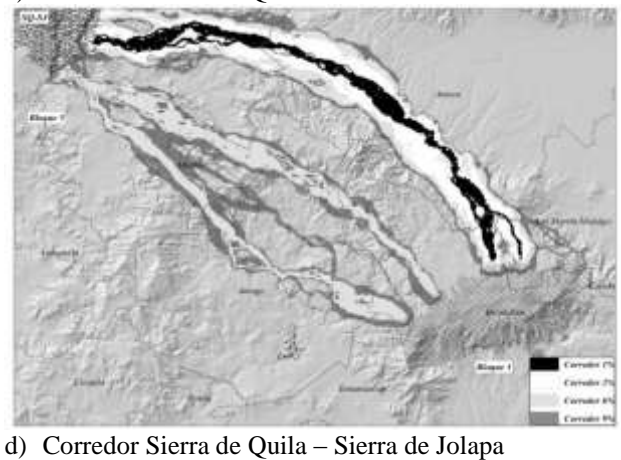
c) Corredor Sierra de Quila – Sierra de Cacoma



c) Corredor Sierra de Quila – Sierra de Cacoma



d) Corredor Sierra de Quila – Sierra de Jolapa



d) Corredor Sierra de Quila – Sierra de Jolapa

Figura 3 Corredores de hábitat para ocelote que ocupan el 1, 3, 6 y 9% de la superficie total del área de estudio

Figura 4 Corredores de hábitat para venado cola blanca que ocupan el 1, 3, 6 y 9% de la superficie total del área de estudio

Con el objetivo de caracterizar un corredor de hábitat para el ocelote, que representará la ruta de menor costo en términos de incluir las zonas de hábitats idóneos: subóptimos y óptimos y que al menos presentaran una anchura promedio equivalente a la distancia mediana de desplazamiento de la especie, se seleccionó el corredor que ocupa el 3% del total de la superficie del “Conjunto del paisaje”. La Tabla 3 muestra las características principales para cada corredor (3%) de cada zona de enlace, los registros se basan con el supuesto de seguir una trayectoria por la parte central de cada corredor; en este sentido, el corredor con mayor amplitud (7.3 km) es el orientado hacia el sureste (Sierra de Quila-Sierra de Tapalpa), el corredor de mayor longitud corresponde de la Sierra de Quila a la Sierra de Jolapa con 61.2 km, seguido del corredor del bloque 1 al bloque 2 (Sierra de Quila-La Primavera) con 52.3 km, en el primero de estos, se identificó el mayor número de “cuellos de botella” o segmentos más angostos (10), sin embargo, el segmento más angosto (573 m) se origina hacia el enlace con La Primavera.

Las altitudes mínimas (1,041 y 1,158 msnm) las presentan los corredores del bloque 1 al 5 (Sierra de Quila-Sierra de Jolapa) y bloque 1 al 3 (Sierra de Quila-Sierra de Tapalpa); este mismo, presentó la altitud máxima (2,185 msnm). Finalmente, el mayor número de parches forestales (52) se presentan en el corredor orientado al suroeste, que va del bloque 1 al 4 (Sierra de Quila-Sierra de Cacoma).

Característica	b1 a b2	b1 a b3	b1 a b4	b1 a b5
Ancho mín. (m)	572.9	3,074.4	792.3	697.7
Ancho máx. (m)	4,720.8	7,303.4	3,987.3	3,478.3
Ancho prom. (m)	2,418.4	4,668.2	2,111.8	1,825.8
Longitud central lineal (km)	52.3	23.1	50.1	61.2
Segmentos más angostos	5.0	2.0	3.0	10.0
Altitud mín. (m)	1,274.0	1,158.0	1,170.0	1,041.0
Altitud máx. (m)	2,071.0	2,185.0	2,181.0	2,091.0
Altitud promedio (m)	1,672.0	1,659.7	1,677.0	1,564.6
Núm. de parches forestales	48	34	52	17
Núm. de parches no forestales	209	216	165	270
Sup. forestal	14,161.3	14,977.0	13,692.5	16,450.3
Sup. no forestal	4,806.7	3,949.3	5,273.8	2,463.6
Sup. total (ha)	18,969.0	18,926.3	18,966.3	18,914.0

Tabla 3 Características principales de los corredores de hábitat para el ocelote, que representan el 3% de superficie del área de estudio

La Figura 5 muestra el mapa de idoneidad de hábitat para el ocelote y los cuatro corredores (3% de superficie) con origen en el área protegida “Sierra de Quila” hacia cada una de las zonas de enlace.



Figura 5 Modelo de idoneidad de hábitat para el ocelote y corredores que ocupan el 3% de la superficie del “Conjunto del paisaje”

La caracterización del corredor de hábitat, el cual representa el 3 % del total de la superficie del área de estudio e incluye las áreas de hábitats subóptimos y óptimos para el venado cola blanca se basa con el siguiente modelo de idoneidad (Figura 6).



Figura 6 Modelo de idoneidad de hábitat para el venado cola blanca y corredores que ocupan el 3% de la superficie del “Conjunto del paisaje”

En este sentido, se encuentra también que el corredor más ancho en promedio (5.1 km) es el orientado en dirección sureste (Sierra de Quila-Sierra de Tapalpa); también se observó que los corredores más largos corresponde a los transectos Sierra de Quila-Sierra de Jolapa con 56.7 km y el de Sierra de Quila- La Primavera con 50.8 km, mismos que también presentan el mayor número de segmentos más angostos, con nueve y seis segmentos respectivamente.

La altitud promedio de los cuatro corredores es muy similar, ya que oscila entre los 1,640 y 1,700 m. Los parches forestales que cuentan con un mayor número (68 y 50) son los que representan los corredores del bloque 1 al 4 y del bloque 1 al 2 (Tabla 4).

Característica	b1 a b2	b1 a b3	b1 a b4	b1 a b5
Ancho min. (m)	1,369.3	2,924.7	926.8	1,031.5
Ancho máx. (m)	4,811.0	9,331.0	4,704.7	3,888.6
Ancho promedio (m)	3,010.6	5,145.5	2,359.5	2,550.3
Longitud central lineal (km)	50.8	22.3	47.6	56.7
Segmentos más angostos	6.0	1.0	6.0	9.0
Altitud min. (m)	1,277.0	1,158.0	1,227.0	1,250.0
Altitud máx. (m)	2,073.0	2,139.0	2,181.0	2,091.0
Altitud promedio (m)	1,674.0	1,641.2	1,702.5	1,669.0
Núm. de parches forestales	50	46	68	28
Núm. de parches no forestales	200	208	160	245
Sup. forestal (ha)	13,869.3	14,355.3	13,519.7	16,137.3
Sup. no forestal (ha)	5,029.7	4,626.5	5,518.4	2,832.1
Sup. total (ha)	18,899.1	18,981.9	19,038.1	18,969.6

Tabla 4 Características principales de los corredores de hábitat para el venado cola blanca, que representan el 3% de superficie del área de estudio

4 Discusión

Sobre las variables ambientales consideradas para este estudio, la vegetación es para ambas especies de fauna la principal; como variable de fricción se ponderó con más del 65 % de “peso” o importancia, seguida de la elevación del terreno y la de condición topográfica. Sobre la primera variable Vargas (2013), Martínez (2009), Delfín et al. (2009), Hernández et al. (2011) y Gallina et al. (2014), destacan que la composición y estructura de la vegetación es un factor clave de hábitat para ambas especies además de la altitud, la cual mantiene una estrecha relación con la distribución de los tipos de vegetación y la pendiente.

La distancia a caminos y la distancia a centros de población son otros factores antrópicos que pueden influenciar en el comportamiento, presencia u hábitat de los animales, ya que al no tener cobertura son considerados factores de presión y cambio, además de la susceptibilidad que presentarían ambas especies encontrándose en lugares abiertos.

Para el ocelote, las zonas de alta idoneidad abarcan la cobertura de selva baja caducifolia principalmente, como vegetación óptima, y la cobertura de bosque de encino como subóptimo a altitudes que van desde los 1,200 a los 1,600 m en el área de estudio; ocasionalmente podría ocupar la cobertura de bosque de encino pino que se encuentran mayor a los 1,600 m. En el caso del venado cola blanca, este ocupa las mismas coberturas que el ocelote como hábitat óptimo y subóptimo, además de la cobertura de bosque de pino encino que se distribuye hasta los 2,900 m en el área de estudio. Carranza y Oseguera (2014) también citan estos tipos de vegetación como preferentes u óptimos en un análisis que realizaron con el objetivo de definir áreas con potencial para el establecimiento de corredores biológicos, priorizando la conectividad del ecosistema para especies del género *Abronia*, especies de la familia de los felinos (entre estos el ocelote), de los murciélagos nectarívoros, las salamandras y el venado cola blanca en la región de la Mixteca Oaxaqueña.

De acuerdo a la categorización de superficies del mapa de idoneidad de hábitat generado para el ocelote en el área de estudio, casi la mitad de la superficie (45.2 por ciento) será fuertemente evitada o bien, absolutamente de no hábitat, el 23.1 por ciento lo ocupan superficies que ocasionalmente podría utilizar y solo el 31.5 por ciento del territorio contiene áreas óptimas y subóptimas para la especie. Por lo contrario, para el venado cola blanca, más de la mitad de la superficie del área de estudio (55.4%) presenta condiciones óptimas y subóptimas de hábitat; como áreas que ocasionalmente podría usar solo el 10.1 por ciento, mientras que el restante 34.5 por ciento son áreas fuertemente evitadas o bien de absolutamente no hábitat para la especie.

En este análisis, para la variable de fricción de uso de suelo y vegetación, los valores intrínsecos por orden ascendente por clase de cobertura fueron la selva baja caducifolia, el bosque de encino y el bosque de encino-pino; para el venado cola blanca fueron la selva baja caducifolia, el bosque de pino-encino y el bosque de encino-pino, para ambas especies estos principales tipos de vegetación se relacionarían con las áreas óptimas y subóptimas delimitadas en el mapa de idoneidad de hábitat.

Los corredores de hábitat que representan el 3% de la superficie del “Conjunto del paisaje” se sobrepusieron con las capas de conectividad forestal analizada para el ocelote, observando que el hábitat idóneo (óptimo y subóptimo) del corredor orientado del bloque 1 (Sierra de Quila) al bloque 2 (La Primavera) tienen un valor acumulado de conectividad (dIIC) muy alto cuando el corredor se sitúa cercano al bloque 1, posteriormente los parches de hábitat se convierten a un valor alto, cuando estos se encuentran en la parte colindante entre los municipios de Cocula y Villa Corona; posteriormente la conectividad forestal se vuelve media al cruzar los municipios de San Martín Hidalgo y Tala, en este último, la conectividad se traduce en baja al aproximarse al bloque 2. En general los parches de hábitat por donde se conduce el corredor poseen un valor muy alto y alto en términos de calidad de hábitat. Sobre los corredores para el ocelote que van hacia el bloque 3 (Sierra de Tapalpa), el bloque 4 (Sierra de Cacoma) y el bloque 5 (Sierra de Jolapa), la importancia del elemento (parche de hábitat) para el mantenimiento de la conectividad y disponibilidad de hábitat resultó con categoría de muy alta.

El escenario de parches de hábitat presentes sobre los corredores delimitados para venado cola blanca del bloque 1 (Sierra de Quila) al bloque 2 (La Primavera) tienen un valor acumulado de conectividad (dIIC) muy alto cuando el corredor se encuentra cercano al bloque 1, tiene un valor alto, en la parte media del corredor, posteriormente la conectividad se vuelve media y baja en el extremo cercano al bloque 2.

Cabe mencionar que el corredor al bloque 3 presentó parches con muy baja conectividad, situados entre zonas agrícolas, además de presentar un hábitat categorizado como fuertemente evitado, por la cercanía de zonas urbanas; asimismo en el corredor al bloque 4 también se observaron zonas con parches de baja y muy baja conectividad, los cuales podrían ser remanentes de vegetación entre la zona categorizada como fuertemente evitadas.

5 Conclusiones

- a) En el área de estudio se identificó un parche de configuración espacial complejo, su superficie ocupa el 87.5 por ciento de la cobertura forestal con una suma de once mil cuarenta y dos kilómetros de longitud de bordes; por su alta sinuosidad de bordes tanto externos como internos derivados de la disipación de la cobertura original por otros usos del suelo; sin embargo, su gran tamaño posee áreas cuyas propiedades y características favorecen la disponibilidad de hábitat para las especies y en general, a la continuidad de los procesos ecológicos.
- b) El conjunto del paisaje del área de estudio que alberga el hábitat forestal idóneo para el ocelote y el venado cola blanca contiene de manera general una muy alta conectividad. Sin embargo, las regiones noreste y suroeste con respecto a la Sierra de Quila presentan una falta de cobertura forestal continua y un mayor número de parches pequeños, debido a la expansión agrícola, ganadera y urbana, afectando la capacidad dispersiva y de supervivencia de estas especies.
- c) La aplicación del IIC, aunado a un SIG, proporcionó un panorama regional de la condición funcional actual del hábitat forestal para el ocelote y el venado cola blanca en la Sierra de Quila; la sierra es un complejo forestal importante por la disponibilidad y calidad de hábitat que contiene, contribuye al mantenimiento de la conectividad y flujo dispersivo de diversas especies hacia otros elementos del paisaje del occidente de México, en una zona de transición muy importante entre las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical; también debe resaltarse que es un área conexas con otras dos zonas federales protegidas y dos zonas forestales productivas del estado de Jalisco.

- d) Con el propósito de mantener la conectividad del hábitat a mediano y largo plazo y asegurar el éxito dispersivo de las especies hacia otros espacios naturales, deben considerarse como prioritarios aquellos parches con valor muy bajo, bajo y medio del IIC representados para ambas especies; en este sentido, se recomienda a nivel municipal, mantener la conectividad entre esos parches a través de acciones tendientes a la planificación del uso del suelo como son: la ampliación de hábitats protegidos, maximizar la calidad de los hábitats existentes, minimizar los impactos de usos de tierras y fomentar la conectividad de hábitats para contrarrestar los efectos del aislamiento.
- e) La opinión y estimación promedio de los valores intrínsecos de las variables de fricción obtenida de los expertos para las especies de fauna en la elaboración de los mapas de idoneidad de hábitat fue muy atinada; sin embargo, para reducir la subjetividad y fortalecer la decisión en la designación de los valores, se sugiere contar en medida de lo posible con registros de las especies en la zona de estudio, así como con estudios geográficos relacionados como, mapas de distribución potencial de especies a partir de variables ambientales locales, estudios regionales biogeográficos, modelos basados en datos fisiológicos y etológicos de las especies y de la interacción de éstas con el medio e incluso estudios de radiotelemetría.
- f) Los corredores caracterizados en este estudio ocupan el 3 % de la superficie (aprox. 19,000 ha), ya que están acotados con las clases de hábitat óptimo y subóptimo, los cuales beneficiarían a las especies seguir su ruta más natural.
- g) Los corredores que se orientan de la Sierra de Quila (bloque 1) al ANP La Primavera (bloque 2) y del bloque 1 a la Sierra de Cacoma (bloque 4) presentaron el mayor número de parches forestales, asimismo contienen la mayor superficie de uso no forestal representado por zonas urbanas, agrícolas, ganaderas y carreteras; cada uno de estos corredores presenta seis segmentos angostos; por el contrario el corredor orientado del bloque 1 a la Sierra de Jolapa (bloque 5), presentó una menor afectación antropogénica a pesar de formarse nueve cuellos de botella en su trazo.

6. Agradecimientos

Al Consejo de Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo 331505-386821 para beca de estudio. Al Departamento de Producción Forestal de la Universidad de Guadalajara por el apoyo financiero durante los programas P3E2014-2015.

7. Referencias

Alonso, F. A. M; Gunter, S; Finegan, B. & Brenes, C. (2014). Estado actual de la conectividad estructural y funcional en el corredor de conectividad *Podocarpus-Yacuambi*. (pp. 35-84) Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Bello, G. J; Gallina, S. & Equihua, M. (2004). Movements of the white-tailed deer and their relationship with precipitation in Northeastern Mexico. *Interciencia*, 29(7), 357.

Carranza, S. J. & Oseguera, S. K. A. (2014). Integrar de manera armónica el aporte de los servicios ecosistémicos y las opciones de uso de suelo, en el marco de los esfuerzos para la mitigación de la pobreza y la planificación del desarrollo en la Mixteca: conocido como Proyecto GEF Mixteca. (pp. 62) Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM).

Caso, O. E.E. (2010). Proyecto Desarrollo de Capacidades para la Zonificación Ecológica y Económica de la Región Junín con R.E.R. *Manual de ArcGis 9.3-Basico: Descripción de la suite ArcGis, representación y consulta de datos*. (pp. 25). Huacayo.

- Ceballos, G. & Oliva, G. (2005). *Los mamíferos silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)-Fondo de Cultura Económica.
- CONABIO. (2015). Información general. Recuperado de: file:///E:/Mundial/INFO_Mexico_CONABIO_INEGI/UTM_WGS84/ (acceso 30 de mayo de 2015).
- CONABIO. (2015a). *Biodiversidad Mexicana; categorías de riesgo en México*. Recuperado de: <http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/catRiesMexico.html>
- Chávez, G. J. M. (2012). Los significados del venado sol en la cosmovisión Maya: *Un atisbo a la mitología y la historia oral mayense*. (pp. 220) Editorial Académica Española.
- De la Cruz, M. y Maestre, F. T. (eds.). (2013). *Avances en el análisis espacial de datos ecológicos: aspectos metodológicos y aplicados*. (pp. 355). ECESPA-Asociación Española de Ecología Terrestre.
- Delfín, A. C; Gallina, S. & López, G. C. A. (2009). Evaluation of deer habitat using spatial models and their implications for management in central Veracruz, Mexico. *Tropical Conservation Science*, 2(2), 215-228.
- Delfín, A. C. A; Gallina, S. y López, G. C. A. (2014). *Modelos de idoneidad del hábitat (HSI) para el venado cola blanca*. (Gallina, S; Mandujano, R. S. y Villarreal, E. B.) (Eds). Monitoreo y manejo del venado cola blanca conceptos y métodos. (pp. 220). Instituto de Ecología, A. C. y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Xalapa, Ver. México.
- Díaz, P. A. & Payan G. E. (2011). Ocelot (*Leopardus pardalis*) density in Colombian llanos. *Mastozoología Neotropical*, 18(1), 63-71.
- Flores, M. A; González, P. G. E; Vásquez, D. M. A. & Manzanero, M. G. I (2013). Knowledge and use of *Odocoileus virginianus* in Santo Domingo Tonala, Oaxaca. *Therya*, 4(1), 103-112.
- Forman, R. T. T. & Gordon, M. (1986). *Landscape Ecology*. (pp. 644) Nueva York.
- Fulbright, T. E. & Ortega, S. J. A. (2007). *Ecología y Manejo de Venado Cola Blanca*. (pp. 265) Texas A & M, University Press College Station.
- García, F., Valle, M., & Monroy, M. (2018). Aprovechamiento tradicional de mamíferos silvestres en Pitzotlan, Morelos, México. *Revista colombiana de ciencia animal recia*, 10(2), 111-123.
- Gallina, S; Mandujano, S. & Villarreal, O. (2014). Monitoreo y manejo del venado cola blanca “Conceptos y Métodos”. Xalapa, Veracruz, México. Instituto de ecología, A. C. y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Grigione, M. M; Menke, K; López, G. C; List, R; Banda, A; Carrera, J; Van, Pelt, B. (2009). Identifying potential conservation areas for felids in the USA and Mexico: integrating reliable knowledge across an international border. *Oryx*, 43(1), 78-86.
- Guerrero, V. S. (2016). *Consulta personal*. Departamento de Botánica y Zoología. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara.
- Hernández, L. A. R (2014). Variabilidad genética y relación filogeografía de tres subespecies de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en la región Centro-Norte de México. (pp. 67) Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México.
- Hernández, G. R. J. (2016). *Consulta personal*. Departamento de Ciencias Ambientales. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara.
- INEGI. (2015). Uso potencial de suelo. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/usopsuelo/>
- INEGI. (2018). Relieve continental. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/relieve/continental/>
- Jiménez, M. R. E. (2007). Modelación del nicho ecológico y coexistencia de ocelotes (*Leopardus pardalis*) y gatos monteses (*Lynx rufus*) en México. (pp. 90). Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales.

- López, G. C; Lara, D. N; Ávila, A. D. & Cruz, T. F. (2012). Áreas de interés binacional para mantener la conectividad de poblaciones de fauna silvestre compartida con potenciales afectaciones por la construcción del muro fronterizo. (pp. 292). Informe Final de la Universidad Autónoma de Querétaro al Instituto Nacional de Ecología.
- Ramírez, M. M. M; Iñiguez, D. L. I. & Ibarra, L. M. P. (2014). Carnívoros of the Sierra de Quila Flora and Fauna Protection Area, Jalisco. *Therya*, 5(2), 437-448.
- Majka, D; Beier, P. & Jenness, J. (2014). *Corridor Designer*. Retrieved from: <http://corridordesign.org>
- Martínez, A. C; Múgica, G. M; Castell, P. C. & Lucio, F. J. V. (2009). Monografía 02: Conectividad ecológica y áreas protegidas. *Herramientas y casos prácticos*. (pp. 86). EUROPARC-España. FUNGOBE.
- Martínez, H. A. (2013). Patrones de actividad del ocelote (*Leopardus pardalis*) en la reserva de la biosfera Sierra del Abratanchipa, San Luis Potosí, México. (pp. 72) Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo.
- Medina, T. S. M; García, M. E; Márquez, O. M; Romero, M. A; Vaquera H. H & Martínez, M. M. (2015). *Odocoileus virginianus couesi* (Coues & Yarrow, 1875) habitat-density ratio in Sierra del Laurel, Aguascalientes. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 6(32), 17-36.
- Montiel, A. S. (2018). Riesgos para la cacería por la presencia de parásitos en venados bura y cola blanca en el estado de Chihuahua. Instituto de Ciencias Biomédicas.
- Mora, S. A. (2016). *Consulta personal*. Departamento de Producción Forestal, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara.
- Noguera, F. A; Vega, R. J. H. & García, A. A. N. (2002). Historia Natural de Chamela: *Odocoileus virginianus sinaloae* (J. A. Allen 1903). Venado cola blanca. (pp. 11). Universidad Autónoma de México.
- Ontiveros, C. J. (2012). Evaluación del crecimiento de cervatos cola blanca Texanos (*Odocoileus virginianus texanus*), alimentados con diferentes fórmulas lácteas. (pp. 113). Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Ortiz, M. T; Gallina, S; Briones, S. M & González, G. (2005). Densidad poblacional y caracterización del hábitat del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus oaxacensis*, Goldman y Kellog, 1940) en un bosque templado de la sierra norte de Oaxaca, México. *Acta zoológica mexicana*, 21(3), 65-78.
- Pascual, H, L & Saura, S. (2006). Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation. *Landscape Ecology*, 21(7), 959-967.
- Paviolo, A; Crawshaw, P; Caso, A; De Oliveira, T; López, G. C. A; Kelly, M; De Angelo, C. & Payan, E. (2015). *Leopardus pardalis*. The IUCN Red List of Threatened Species: T11509A97212355. Retrieved from <http://www.iucnredlist.org/details/11509/0>
- Payán, G, E. y Soto, V. C. (2012). *Los Felinos e Colombia*. (pp. 48). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Panthera Colombia.
- Pérez, I. G. & Santos, M. A. (2015). El ocelote: l que está marcado con manchas. *CONABIO. Biodiversitas*, 117, 7-5.
- Pérez, Irineo, G., Ballesteros, B. C. & Santos, M. A. (2019). Densidad, idoneidad ambiental y nicho ecológico de cuatro especies de felinos americanos (Carnivora: Felidae). *Revista de Biología Tropical*, 67(2).
- Portillo, H., Elvir, F., Hernández, J., Leiva, F., Flores, M. E., Martínez, I., & Vega, H. (2015). Datos Preliminares de la Densidad Poblacional del Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus*) en la Zona Núcleo del Parque Nacional la Tigra, Honduras. *Mesoamericana*, 19(2), 23-30.

- Romero, A. J. & Medellín, R. A. (2005). *Odcoileus virginianus*. Vertebrados superiores exóticos en México: *diversidad, distribución y efectos potenciales*. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Base de datos SNIB-CONABIO. Proyecto U020, 6.
- Saura, S. & Pascual, H. L. (2007). Software for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity through graphs and habitat availability indices. (pp. 52). Conefor Sensinode 2.2. User's Manual. Spain. University of Lleida.
- Saura, S. & Rubio, L. (2010). A common currency for the different ways in which patches and links can contribute to habitat availability and connectivity in the landscape. *Ecography* (pp. 523-537).
- Saura, S; Estreguil, C; Mouton, C. & Rodríguez, F. M. (2011). Network analysis to assess landscape connectivity trends: Application to European forests (1990-2000). *Ecological Indicators*, 11(2), 407-416.
- Saura, S. & Torne, J. (2012). Quantifying the importance of habitat patches and links for maintaining or enhancing landscape connectivity through spatial graphs and habitat availability (reachability) metrics. (pp.18). Conefor Sensinode 2.6. User's Manual. Spain. University of Lleida.
- SEMARNAT. (2014). Plan de manejo tipo para la conservación y aprovechamiento sustentable del Venado Cola Blanca (*Odcoileus virginianus*) en climas templados y tropicales de México extensiva y cría en cautiverio. (pp. 71). México, Distrito Federal. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- Taylor, P. D.; Fahrig, L.; Henein, K. & Merriam, G. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 68(3), 571-573.
- Urrea, G. L. A; Rojas, L. M; Sánchez, S. L., & Ibarra, M., G. (2016). Registro de *Puma yagouaroundi* en la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo, Michoacán. *Revista mexicana de biodiversidad*, 87(2), 548-551.
- USGS. 2014. U.S. Geological Survey (USGS). *Landsat Missions*. Retrieved from: http://landsat.usgs.gov/descriptions_for_the_levels_of_processing.php
- Vargas, L. B. (Comp). (2013). Manual de mejores prácticas de manejo forestal para la conservación de la biodiversidad en ecosistemas templados de la región norte de México. S.A. de C.V. CONAFOR. México. Impresos Florida.
- Weber, M. (2014). Temazates y venados cola blanca tropicales. Colegio de Posgraduados y Biblioteca Básica de Agricultura. En *Ecología y Manejo de Fauna Silvestre en México*. (pp.421-452). Guadalajara México. Colegio de posgraduados, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Universidad Autónoma Chapingo NM State University, Biblioteca Básica de Agricultura.