



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO**

**Programa Institucional de Maestría en Ciencias
Biológicas**

**HISTORIA DE VIDA, DISTRIBUCIÓN POTENCIAL Y
CONECTIVIDAD DEL TIGRILLO (*LEOPARDUS WIEDII*) EN
MICHOACÁN**

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS EN EL ÁREA TEMÁTICA DE ECOLOGÍA Y
CONSERVACIÓN**

PRESENTA

Biol. Eduardo Iván López Ortiz

Director de tesis

Tiberio César Monterrubio Rico

Morelia Michoacán, Agosto 2020



ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	5
INTRODUCCIÓN GENERAL	10
OBJETIVOS	13
ÁREA DE ESTUDIO	14
Clima 15	
Temperatura	15
Precipitación	15
Hidrología	16
Uso de suelo y vegetación	16
Ecorregiones	17
CAPITULO I “Historia de vida del tigrillo”	20
RESUMEN	20
INTRODUCCIÓN	21
MÉTODOS	23
Recopilación de información	23
RESULTADOS	24
Literatura e información revisada	24
Fisionomía.....	26
<i>Taxonomía</i>	27
Distribución general	28
Tipos de vegetación y elevación.....	29
Densidad.....	31
Alimentación.....	33
Reproducción.....	34
<i>Amenazas</i>	34
DISCUSIÓN	35
Capitulo II “Distribución potencial y conectividad”	37
INTRODUCCIÓN	39
HIPÓTESIS	45
OBJETIVOS	45
MÉTODOS ⁴⁶	
Distribución potencial.....	46

Distribución de los registros	53
Modelo de distribución potencial	54
DISCUSIÓN	76
Distribución potencial.....	76
Conectividad	77
BIBLIOGRAFIA.....	82
APÉNDICE I. Hábitos alimenticios reportados para el tigrillo	95
APÉNDICE II. Número de coordenadas donde fue registrado el tigrillo por ANP	97
APÉNDICE III. Tasa de omisión y AUC del modelo de distribución potencial.....	98
APÉNDICE IV. Características de los parches de hábitat idóneo	99

A mis padres

Por el apoyo y cariño incondicional en cada paso de mi vida

A mis hermanos

Por ser mis mejores amigos y alegrarme siempre

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Tiberio Monterrubio Rico por la oportunidad de trabajar en su laboratorio, por el conocimiento transmitido, además de su apoyo, comprensión, paciencia, exigencia y asesoría a lo largo de todo el trabajo.

Al Dr. Juan Felipe Charré Medellín además de su amistad, por el conocimiento transmitido, por su disposición de ayudar en todo momento, por su paciencia y asesoría en cada una de las etapas de esta tesis.

Al Dr. Juan Manuel Ortega por su amistad y conocimiento transmitido además de su disposición a apoyar en todo momento.

A la Dra. Yvonne Herrerías Pliego por sus acertados comentarios, consejos y revisiones.

Al Dr. Fernando Villaseñor Gómez por sus acertados comentarios, consejos y revisiones.

A mis compañeros y amigos del laboratorio Esmar, Yoani, Gabriel, Marilú, Cristina, por su apoyo, consejos y por hacer mucho más ameno el ambiente de trabajo.

A CONACYT por la beca 704049 otorgada durante los dos años de maestría.

RESUMEN

La fragmentación de los hábitats es hoy en día una de las principales amenazas para la biodiversidad, ya que modifica la dinámica de las poblaciones naturales y afecta la continuidad de su distribución. Como el resto de México, en el estado de Michoacán se han perdido bosques con la expansión de zonas urbanas o agrícolas resultando en una disminución en el hábitat disponible para las especies silvestres. El tigrillo es un felino pequeño, adaptado para la vida arbórea, siendo por ello la especie de felino más susceptible a la pérdida y fragmentación de bosques, por lo que el objetivo de este estudio fue analizar su distribución potencial y proponer corredores de conservación acordes a requerimientos del tigrillo para mantener su conectividad en Michoacán en función a sus rasgos de historia de vida.

El modelo de distribución potencial se diseñó con el software Maxent 3.4.1, utilizando las 19 variables climáticas de Worldclim. Los registros de la especie se obtuvieron de distintas fuentes. Se utilizó aleatoriamente el 70 % de los registros para generar el modelo y 30% para probarlo, generando un total de 500 interacciones. El valor de 10 percentil se utilizó para determinar las áreas de presencia. La conectividad se estimó con rutas de menor costo y teoría de circuitos. Los parches idóneos fueron identificados a partir de una evaluación de idoneidad de hábitat en IDRISI 17.0. Esta evaluación se basó en el uso de suelo y vegetación, colocando como hábitat primario a aquellos parches que cumplieran con dos requisitos, que fueran de tipos de vegetación con los que se asocia al tigrillo en la bibliografía y que tuvieran un área de por lo menos 11 km² (promedio de rangos hogareños descritos para la especie). Posteriormente los parches

seleccionados como hábitat primario se delimitaron de acuerdo a la distribución potencial de la especie en el estado.

El modelo de distribución potencial muestra valores altos de probabilidad de presencia para las regiones de la Costa, Sierra Madre del Sur y Faja Volcánica Transmexicana, no así para el Bajío y el Balsas. En cuanto a la conectividad, el índice integral de conectividad mostró un total de 20 fragmentos de bosque-hábitat con mayor importancia para mantener la conectividad de la especie en el estado. Los modelos muestran conectividad alta en las regiones de la Costa, Sierra Madre del Sur y Faja Volcánica Transmexicana.

Se resalta la importancia de la aplicación de medidas adecuadas para la conservación de la especie, enfocadas principalmente a la conservación del hábitat de la especie, esto incluye los parches de hábitat identificados como más importantes para la conectividad y las áreas que conectan dichos parches.

Palabras clave: Teoría de circuitos, Ruta de menor costo, fragmentación

Summary

Habitat fragmentation it's currently one of the main threats for biodiversity, because it modifies the natural populations dynamics and the populations distribution continuity. Like the rest of México, forests have been lost in Michoacán state with the expansion of urban or agricultural areas, resulting in a decrease in the available habitat for wild species.

The margay is a small feline, adapted for arboreal life, being the most susceptible feline specie to forest loss and fragmentation, therefore the study objective was analyze it potential distribution and propose conservation corridors according to margay requirements to maintain it connectivity in Michoacán in function to its life history features.

The potential distribution model was built with the software Maxent 3.4.1, using Worldclim's 19 climatic variables. The margay records were obtained from different sources. The 70% records were used randomly to generate the model and 30% to test it, generating 500 interactions. The 10th percentile value was used to determining presence areas. The connectivity was estimated with leas cost paths and circuit theory. Suitable patches were identified form habitat suitability evaluation in IDRISI 17.0. This evaluation was based on land use and vegetation, placing as primary habitat those patches that met two requirements that they were of vegetation types with which the margay is associated in the bibliography and that they had an area of at least 11 km² (average of home ranges described in bibliography). Later, selected patches as primary habitat were delimited according to margays potential distribution model in the state.

Potential distribution model shows high probability presence to margay in Costa, Sierra Madre del Sur and Faja Volcánica Transmexicana regions, not so for Bajío and Balsas. As to connectivity, integral index of connectivity showed 20 more important patches to maintain connectivity in the state. Models show high connectivity in the Costa, Sierra Madre del Sur and Faja Volcanica Transmexicana regions. The importance of the application of adequate measures for the conservation of the margay is highlighted, focus mainly in the species habitat conservation, including habitat patches identified as more important for connectivity and the areas that connect said patches.

Key words: Circuit theory, Least Cost Paths, Fragmentation

INTRODUCCIÓN GENERAL

La principal amenaza para la vida silvestre y la biodiversidad es la fragmentación de los hábitats (Beier et al. 2007), ocasionada por la degradación y destrucción de los ecosistemas, reduciendo el hábitat en fragmentos más pequeños y aislados (Haddad et al., 2015). Con el tiempo los hábitats naturales se aíslan entre sí debido al cambio del uso del suelo provocado por el hombre (Almasieh et al. 2016).

El grado de fragmentación que actualmente sufren los hábitats en el mundo es preocupante, ya que modifica la dinámica de las poblaciones naturales y afecta la continuidad de la distribución de las poblaciones, reduciendo las tasas de dispersión de los individuos y causando su extirpación y extinción (Imbernon et al. 2005).

Una manera de mitigar los efectos de la fragmentación es el establecimiento de corredores biológicos (Beier et al. 2007, Dueñas-López et al. 2015). Estos constituyen franjas de tamaño variable de hábitat que permiten la continuidad de los fragmentos de hábitat similares (Levey et al. 2005). Su propósito es permitir y facilitar el movimiento de individuos para que mantengan el flujo genético entre poblaciones geográficamente separadas o aisladas y así conservar la biodiversidad (Canet et al. 2011). La reducción o pérdida de intercambio genético provoca gradualmente tamaños efectivos de población más pequeños y mayores niveles de deriva génica y endogamia, afectando negativamente el potencial adaptativo de las especies (Rabinowitz y Zeller 2010).

En México, para el año 2000 se estimó que las tasas de deforestación eran entre 370,000 y 746,000 ha/año para bosques y selvas respectivamente (Aguilar-Martínez y Arriaga 2000). Para el estado de Michoacán se estima que 1,382,390 hectáreas han perdido su vegetación original (Comisión Forestal del Estado de Michoacán 2014).

Ante el elevado grado de deforestación, se asume que el hábitat disponible para muchas de las especies silvestres podría ser insuficiente, especialmente para los felinos (Sunquist y Sunquist 2002). Las poblaciones de felinos son importantes ecológicamente, al regular las poblaciones de presas e indirectamente mantener niveles altos de diversidad en los niveles tróficos inferiores por efectos de cascada (Wallace et al. 2010). Para Michoacán, se carece de estudios poblacionales o de diagnóstico sobre la viabilidad poblacional y disponibilidad de hábitat de la mayoría de las especies en riesgo o listadas, como lo es para las poblaciones de algunos felinos.

En Michoacán ocurren las seis especies de felinos de México: lince (*Lynx rufus*), puma (*Puma concolor*), jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*), ocelote (*Leopardus pardalis*), tigrillo (*Leopardus wiedii*), y jaguar (*Panthera onca*) (Monterrubio-Rico et al. 2014) estando los últimos cuatro listados en categorías de riesgo a nivel nacional por la NOM-059 de la SEMARNAT. A nivel internacional el jaguar y el tigrillo aparecen como casi amenazadas en la lista roja de la UICN (2015) y en cuanto a la Convención Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES) (2015), las seis especies son listadas en alguno de los apéndices, con cuatro en el apéndice I del CITES (Cuadro1) (Oliveira et al. 2015, SEMARNAT 2010, UNEP.WCMC, n.d.).

Cuadro 1. Estatus que presentan los felinos de México ante legislación nacional e internacional.

Especie	Categoría UICN	Categoría NOM059	CITES
Panthera onca	Casi amenazado	Peligro de extinción	Apéndice I
Lynx rufus	Preocupación menor	No listado	Apéndice II
Puma concolor	Preocupación menor	No listado	Apéndice II
Herpailurus yagouaroundi	Preocupación menor	Amenazado	Apéndice I
Leopardus pardalis	Preocupación menor	Peligro de extinción	Apéndice I
Leopardus wiedii	Casi amenazado	Peligro de extinción	Apéndice I

En México el tigrillo y el jaguar son los felinos más vulnerables y se les asume una tendencia poblacional en decremento (Aranda y Valenzuela-Galván 2015). Ante el grado de vulnerabilidad que presenta el tigrillo por no tolerar los asentamientos humanos (Oliveira et al. 2015), y ante la carencia de información sobre la abundancia de sus poblaciones, especialmente las que habitan en bosques tropicales caducifolios del occidente de México, es necesario identificar en el estado las áreas con su presencia y la disponibilidad de hábitat, y examinar cómo mantener la conectividad e intercambio de individuos entre las distintas áreas en su hábitat remanente de su distribución en el estado.

OBJETIVOS

General

Analizar la distribución potencial y proponer corredores de conservación acordes a requerimientos del tigrillo para mantener su conectividad en Michoacán en función a sus rasgos de historia de vida.

Particulares

- Integrar la información del conocimiento sobre requerimientos e historia de vida del tigrillo.
- Generar un modelo de distribución potencial del tigrillo en el estado.
- Examinar atributos del paisaje y proponer corredores biológicos basados en los requerimientos de la especie, manteniendo la conectividad de sus poblaciones en el estado.

ÁREA DE ESTUDIO

El estado de Michoacán se localiza al occidente del país (Figura 1), tiene como coordenadas geográficas extremas al norte $20^{\circ}23'40''$ LN, al sur $17^{\circ}54'54''$ LN, al este $100^{\circ}03'47''$ LO, al oeste $103^{\circ}44'17''$ LO. Cuenta con $58,599 \text{ km}^2$ de superficie que representa el 3% del territorio nacional. Se divide en 113 municipios y colinda al norte con Jalisco, Guanajuato y Querétaro; al este con Querétaro, Estado de México y Guerrero; al sur con Guerrero y el Océano Pacífico y al oeste con el Océano Pacífico, Colima y Jalisco (INEGI 2014).

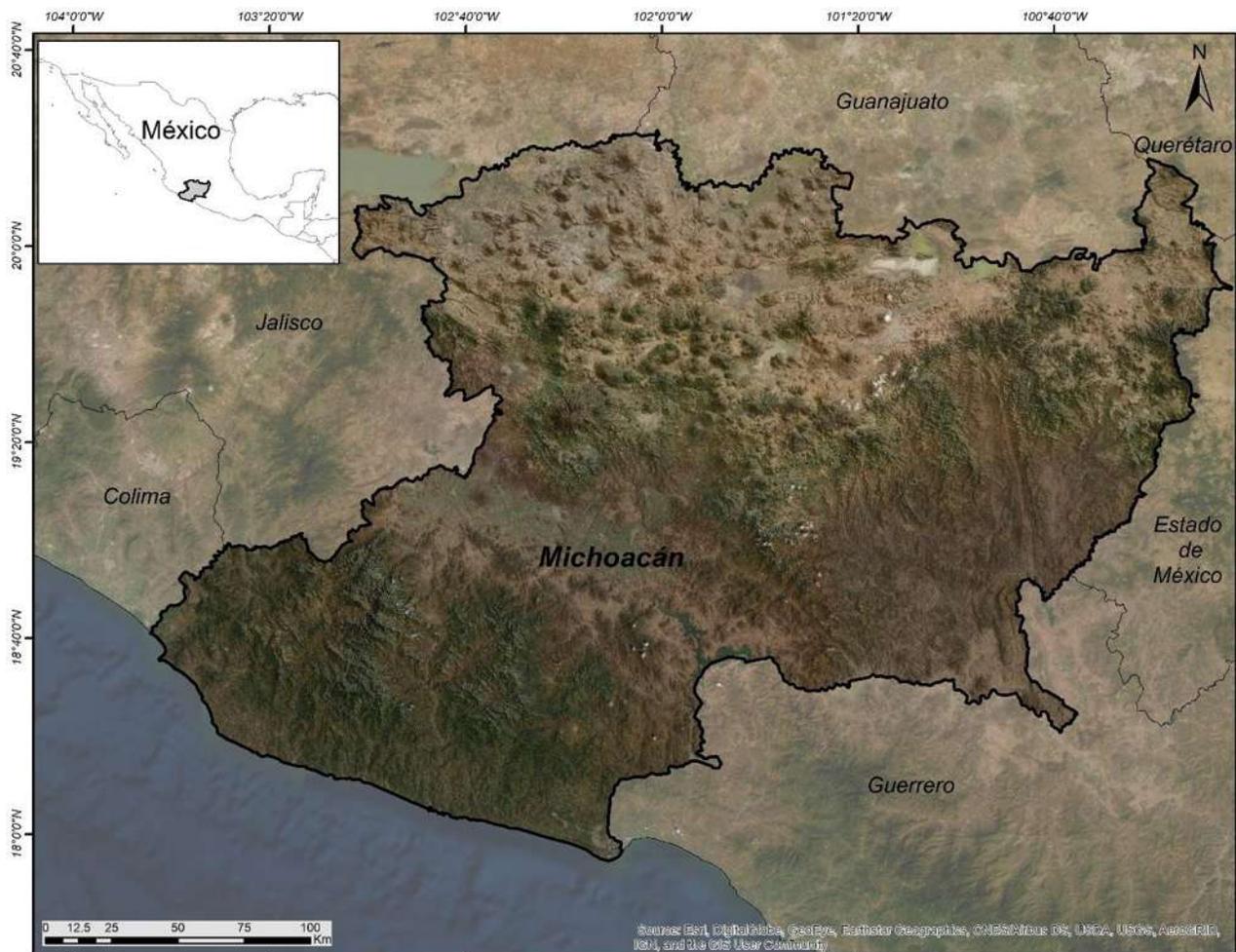


Figura 1. Localización geográfica del estado de Michoacán.

Clima

Los variados climas en el estado de Michoacán están relacionados con su complejo relieve. Las cadenas montañosas alineadas paralelamente con la costa actúan como una barrera orográfica, lo cual favorece la humedad en la vertiente del Pacífico y limita el paso de vientos húmedos hacia la vertiente interior donde prevalecen climas secos y semisecos (Comisión Forestal del Estado de Michoacán 2014). El 54.5% de su territorio presenta clima cálido subhúmedo: en la planicie Costera del Pacífico y Sierra Madre del Sur. El 29% es templado subhúmedo en el Eje Volcánico Transversal; 15% seco y semiseco en las partes bajas y medias de la Depresión del Balsas y Tepalcatepec; 1% templado húmedo y 0.5% frío húmedo que se presenta en las regiones altas del Eje Neovolcánico (INEGI 2014).

Temperatura

Las temperaturas medias mensuales varían de 13 a 29°C, las más elevadas se registran en la Costa y Tierra Caliente donde hay menor altitud y los valores extremos son cercanos a los 30°C. Las temperaturas medias mensuales más bajas se registran en las zonas montañosas hacia las regiones de Coalcomán y la Sierra del Centro, en la zona de Tancítaro (Comisión Forestal del Estado de Michoacán 2014). Para el estado, la temperatura media anual es de 20°C (INEGI 2017).

Precipitación

Las isoyetas extremas varían de 600 a 1600 mm anuales, siendo los valores más bajos los registrados para tierra caliente para las zonas de menor altitud donde se han registrado precipitaciones anuales menores a 600 mm. El área de mayor precipitación en el estado es en la Sierra del Centro en la ciudad de Uruapan con 1500-1600 mm anuales (Comisión Forestal del Estado de Michoacán 2014). La precipitación promedio anual para el estado es de 850 mm (INEGI 2017).

Hidrología

El estado forma parte de cuatro regiones hidrográficas: la región Lerma-Santiago al norte del estado; la región del Río Balsas en la parte central; Armería-Coahuayana al sur y la costa michoacana (Comisión Forestal del Estado de Michoacán 2014).

Uso de suelo y vegetación

Los usos de suelo y vegetación registrados en el estado incluyen agricultura de riego, agricultura de temporal, cultivo perenne, pastizal, bosque de encino primario, bosque de encino secundario, bosque oyamel primario, bosque oyamel secundario, bosque de pino primario, bosque pino secundario, bosque mesófilo primario, bosque mesófilo secundario, bosque pino-encino primario, bosque pino-encino secundario, selva baja caducifolia primaria, selva baja caducifolia secundaria, selva mediana caducifolia primaria, selva mediana caducifolia secundaria, manglar, popal y tular (Mas et al. 2017).

Ecorregiones

El estado se divide en siete ecorregiones (Figura 2) Bajío, Balsas, Costa, Sierra Madre del Sur, Faja Volcánica Transmexicana, Manglares del Pacífico y Bosques secos del Pacífico Sur (Olson et al. 2001).

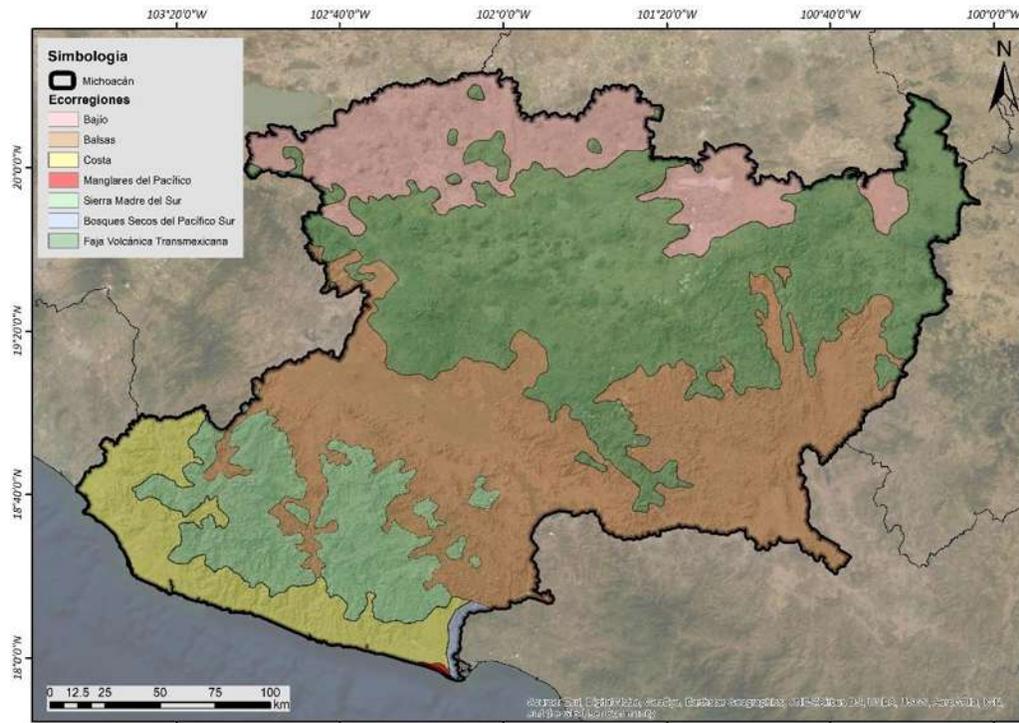


Figura 2. Ecorregiones de Michoacán

Distritos fisiogeográficos

Los distritos fisiogeográficos (Maya y Manent 2017), son regionalizaciones del paisaje que se basan en similitud bioclimática, asociación de tipos de clima, asociación de

macro formas del relieve. En Michoacán se han descrito 17 distritos fisiogeográficos (Figura 3).

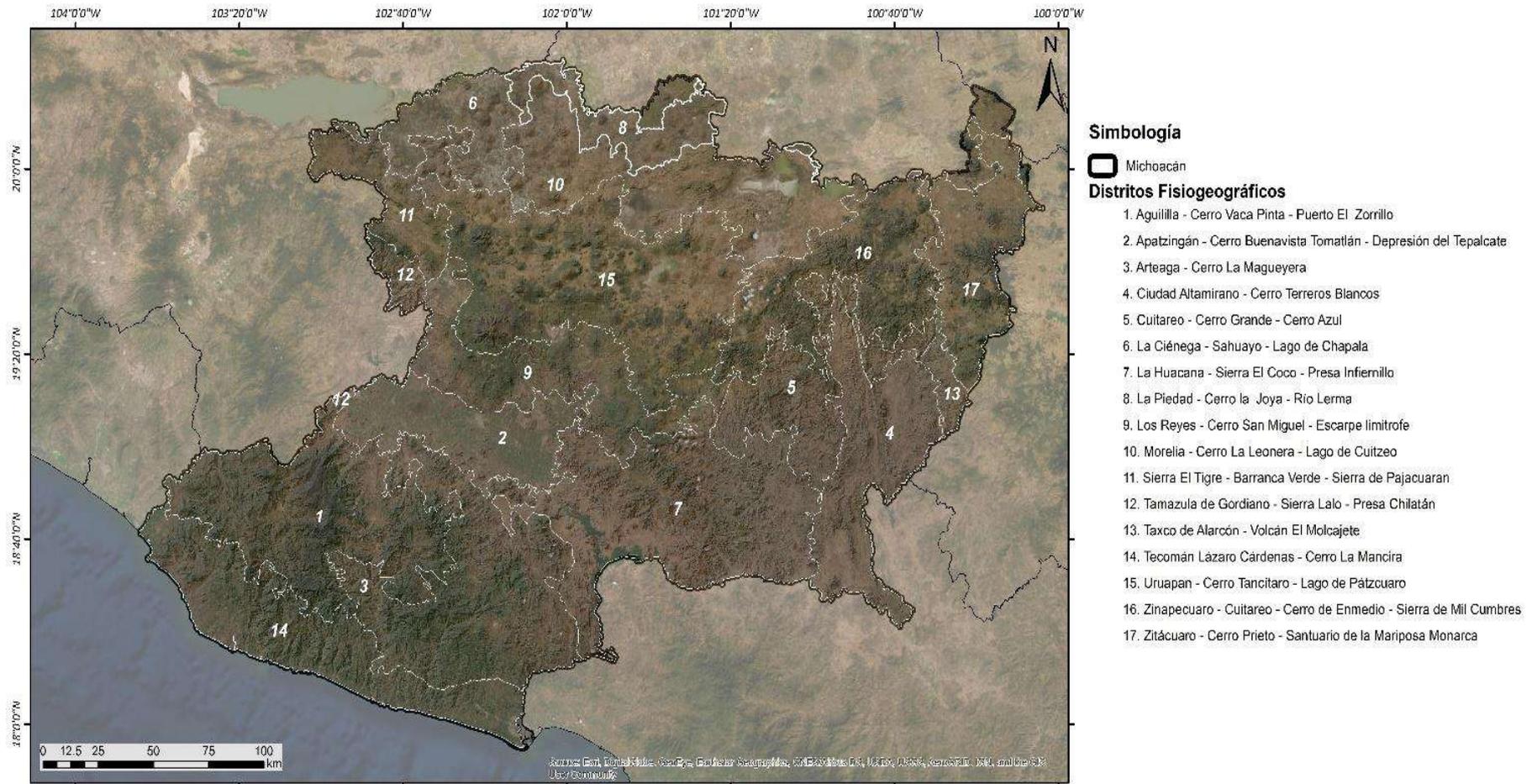


Figura 3. Distritos fisiogeográficos de Michoacán

CAPITULO I “Historia de vida del tigrillo”

RESUMEN

Conocer la historia de vida de un organismo es clave en su conservación. El tigrillo es una de las especies de felinos menos estudiada. Ante la carencia de información detallada de la historia de vida de la especie, el objetivo de este capítulo fue integrar toda la información disponible sobre el tigrillo. La información se integró a partir de la recopilación bibliográfica.

Se recopilaron 75 referencias que incluyeron artículos científicos (n = 60, 80%), tesis (n= 9, 12%), capítulos de libro (n = 4, 5.3%), artículos de divulgación (n = 1, 1.3%) y fichas técnicas (n = 1, 1.3%). En la mayor parte de los estudios (n=24, 29%) examinados, solo reporta la presencia del tigrillo en el área de estudio.

De 75 estudios revisados en 24 solo se reporta presencia y en 16 se reporta abundancia, comprendiendo entre estas dos temáticas más del 50% de estudios encontrados para la especie, dejando ver la carencia de estudios detallados de la biología de la especie.

INTRODUCCIÓN

La historia de vida de un organismo se define como el conjunto de aspectos que garantizan la supervivencia y reproducción del mismo. También se entiende como la forma en que los organismos desarrollan sus ciclos de vida, el tiempo que duran sus etapas, número de estadios larvales, duración de la infancia, juventud y madurez, la reproducción, número de crías, tamaño corporal, existencia o no de cuidado parental, edad y talla en madurez, crecimiento corporal, longevidad, entre otros (Lugo y Zimmerman 2010, Pérez-Mendoza y Zúñiga-Vega 2010).

Conocer la historia de vida de un organismo es clave en su conservación ya que el conocimiento sólido de su ecología provee información determinante para el diseño y ejecución de programas de conservación efectivos (UICN/SCC 2013).

Actualmente se carece de información detallada para la mayoría de especies en el planeta (Benítez-Díaz y Bellot-Rojas 2003). Entre los felinos una especie relativamente desconocida es el tigrillo, de la cual se carece de información detallada sobre su ecología (Carvajal-Villareal et al. 2012).

Esta especie es una de las más amenazadas entre los felinos presentes en México, se estima que sus poblaciones se han visto afectadas por la destrucción de hábitat y la explotación de sus pieles (Carvajal-Villareal et al. 2012). La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza considera que la especie tiene una tendencia poblacional en decremento. Ante esta situación es importante conocer detalladamente la biología de la especie para integrar planes de conservación adecuados de acuerdo a las necesidades de la especie. Ante la carencia de información detallada de la historia

de vida de la especie, el objetivo de este capítulo fue integrar toda la información disponible sobre el tigrillo.

MÉTODOS

Recopilación de información

La búsqueda de información se llevó a cabo mediante palabras clave como “margay” o “*Leopardus wiedii*” en buscadores como Google académico, Radalyc y Scielo incluyendo artículos científicos o de divulgación, capítulos de libros, fichas técnicas e incluyendo literatura como estudios faunísticos no enfocados en la especie pero en cuyos resultados se incluía al tigrillo. También se incluyeron tesis que abordaban algún tema en el que se incluyera al tigrillo.

RESULTADOS

Literatura e información revisada

Se identificó 75 referencias de distintas categorías que incluyeron artículos científicos (n = 60, 80%), tesis (n = 9, 12%), capítulos de libro (n = 4, 5.3%), artículos de divulgación (n = 1, 1.3%) y fichas técnicas (n = 1, 1.3%) (Figura 4).

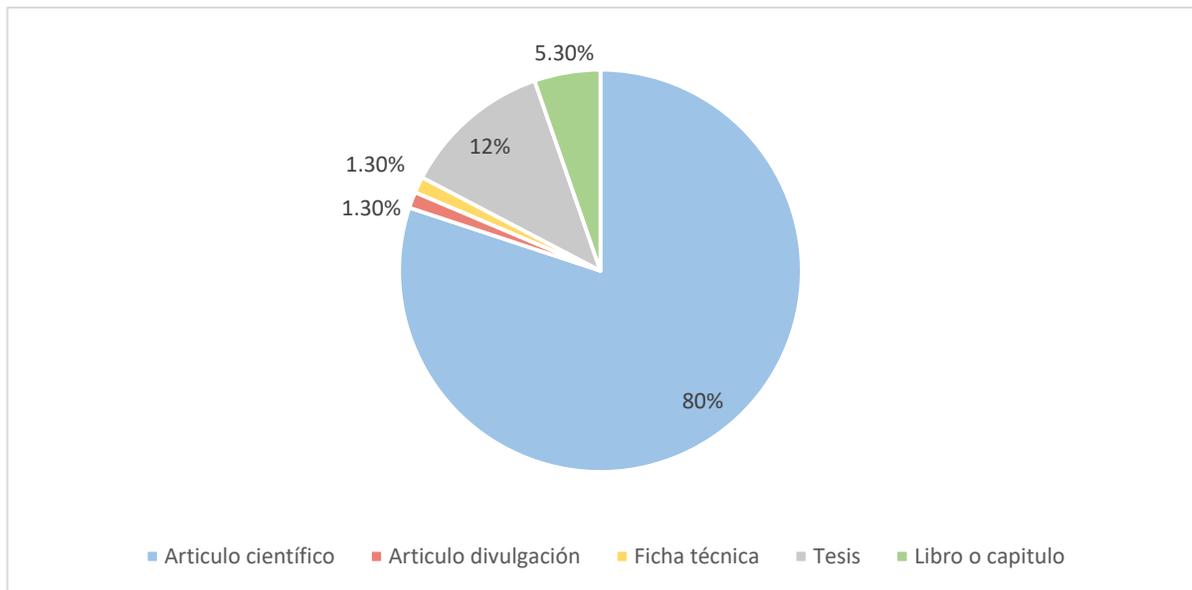


Figura 4. Porcentajes por cada categoría de publicaciones donde se dispone de información sobre el tigrillo.

Se integró una base de datos con información de cada publicación sobre tigrillo, la categoría de publicación, el lugar donde se realizó el trabajo, y la temática abordada. El mayor porcentaje (48%) de fuentes publicadas se han realizado durante el periodo 2013 a 2019 (n= 36) (Figura 5).

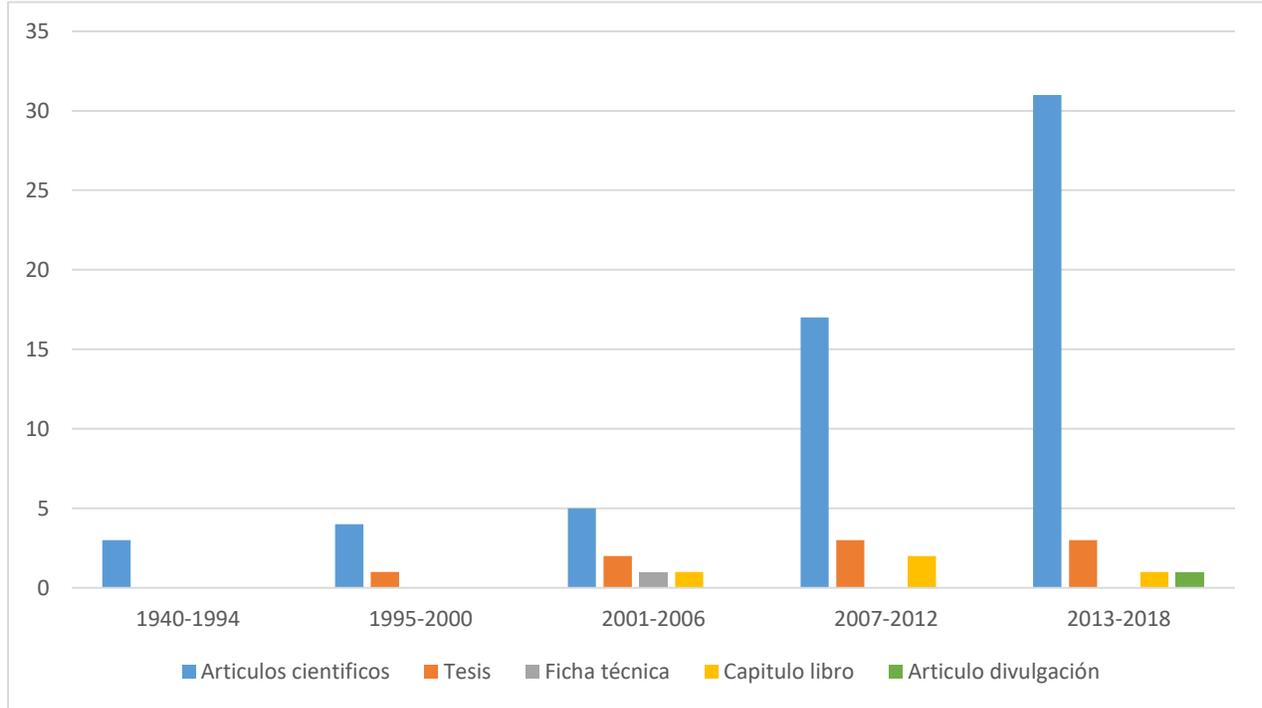


Figura 5. Cantidad de publicaciones por categoría en el tiempo.

En la mayor parte de los estudios examinados ($n=24$, 32%), solo citan la presencia del tigrillo en el área de estudio. La información presente en las publicaciones consultadas se agrupo en 10 categorías temáticas (Figura 6). La categoría “otros” incluye estudios de distintos temas, filogenia, mortalidad en carreteras, patrones de actividad, y revisiones generales. Cuando en un estudio se incluía más de un tema, la publicación se contabilizó para cada una de las categorías temáticas. La mayoría de publicaciones encontradas fueron realizados en México ($n = 26$, 34%).

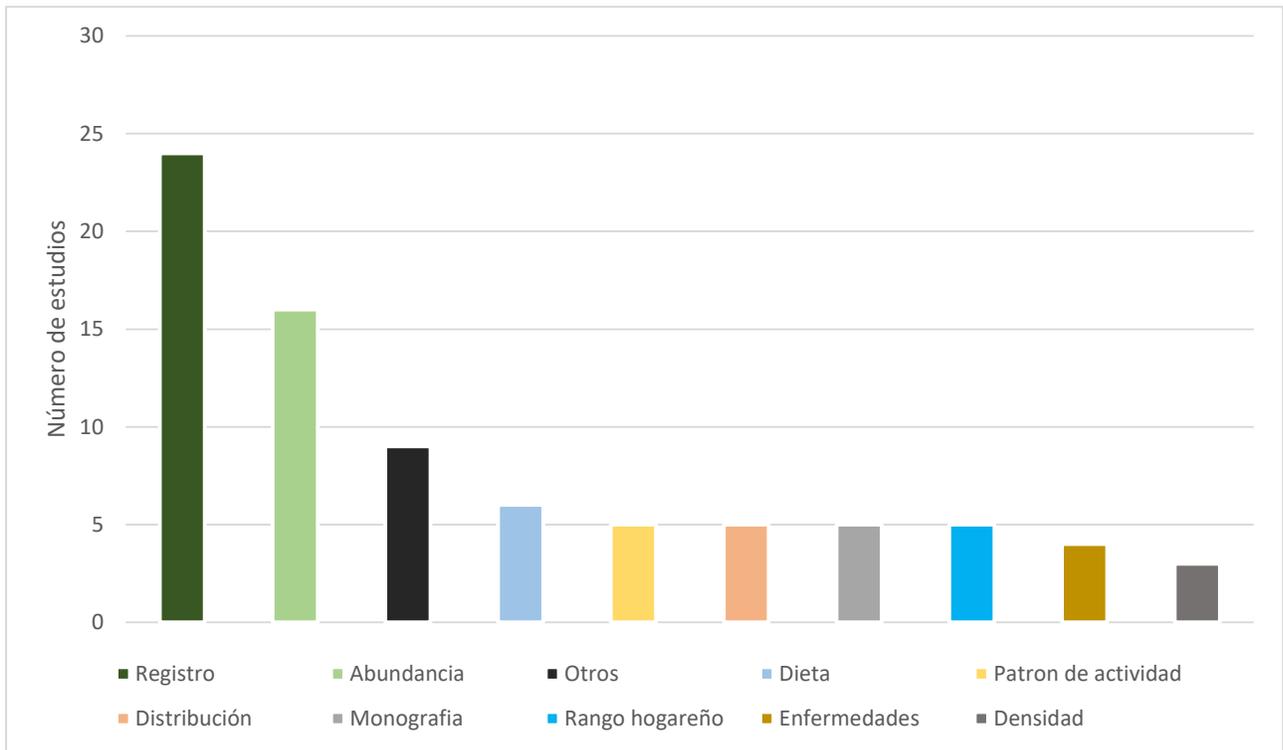


Figura 6. Temas abordados en literatura sobre el tigrillo.

Fisionomía

El tigrillo es un felino de tamaño pequeño, la talla de machos y hembras es similar, los primeros tienen una longitud corporal promedio de 544.9 mm, longitud de cola de 384.1 mm y una masa corporal de 3.6 kg. La longitud corporal promedio de las hembras es de 544.2 mm, longitud de cola de 391.5 mm y una masa corporal de 3.0 kg. Para especímenes mexicanos y centroamericanos la longitud promedio es de 563.9 mm para machos y 554 para hembras, longitud de la cola de 395.9 en machos y 406.4 en hembras y masa corporal de 3.9 kg para ambos sexos, siendo en promedio de mayor talla que los ejemplares de Sudamérica (Oliveira 1998).

El tigrillo es de apariencia similar al Ocelote (*Leopardus pardalis*), sin embargo hay rasgos que lo diferencian, como menor longitud de cabeza y cuerpo (promedio: 544.2mm, rango entre 425-720 mm) en comparación con el ocelote (promedio: 775 mm, rango entre 660-1015 mm), cola más larga (promedio: 384.1, rango entre 425-720 mm, contra 345.4 mm de promedio, rango entre 260-445 mm) y grandes ojos (Oliveira 1998).

En cuanto a la coloración, el pelaje para México (Ceballos y Oliva 2005) es descrito como café amarillento, con pecho y región interna de las extremidades blanco, cubierto de manchas y bandas irregulares de color negro o café oscuro, sin formar rosetas. Sin embargo Oliveira (1989) describe que en forma global el tigrillo presenta variación en la coloración del pelaje, desde opaco grisáceo hasta un ocre rojizo o café ocre oscuro. Reporta también variación en las manchas, desde estrechas hasta grandes, irregulares y rosetas redondeadas con bordes negros o café oscuro, con el centro de un color más oscuro que el color de fondo.

Su rasgo más notable descrito en la literatura es su adaptación a la vida arbórea, sus tobillos son anchos y flexibles, tiene dedos muy flexibles y metatarsos móviles, y su larga cola le provee un mejor balance, además rota sus patas traseras 180° alrededor de su eje, permitiéndole descender de un árbol con la cabeza hacia abajo, siendo la única especie en América capaz de hacerlo (Oliveira 1998, Sunquist y Sunquist 2002).

Taxonomía

La especie fue descrita por Schinz 1821, pertenece al Reino Animalia, Phylum Chordata, Clase Mammalia, Orden Carnivora, Familia Felidae y al Género *Leopardus* (Oliveira et al. 2015). Se propone a 11 subespecies: *Leopardus wiedii wiedii*, *L. wiedii*

amazonicus, *L. wiedii boliviae*, *L. wiedii cooperi*, *L. wiedii glauculus*, *L. nicarague*, *L. wiedii oaxacensis*, *L. wiedii pirrensis*, *L. wiedii salivinius*, *L. wiedii vigens*, *L. wiedii yucatanicus* (Goldman 1943).

Para México se asume que ocurren cuatro subespecies, para las que se desconoce sus límites geográficos con precisión: *L. wiedii yucatanicus* a lo largo de la península de Yucatán y el norte de Chiapas; *L. wiedii oaxacensis* para estados de Oaxaca y Veracruz; *L. wiedii glauculus* en el oeste de México y del norte de Jalisco hasta el sur de Sinaloa, y *L. wiedii cooperi*, distribuido en el noreste de México (Goldman 1943).

Distribución general

A nivel continental abarca desde el norte de México por las vertientes del Pacífico y Golfo pasando a lo largo de Centroamérica, y todo Sudamérica hasta el norte de Argentina y noroeste de Uruguay (Figura 7) (Oliveira 1998).



Figura 7. Distribución continental de *Leopardus wiedii* en base a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (The IUCN Red List of Threatened Species. IUCN 2015-4).

Tipos de vegetación y elevación

Se le encuentra desde el nivel del mar hasta los 3000 msnm, aunque la mayoría de sus poblaciones se localizan debajo de 1000 msnm. El tigrillo habita principalmente bosques primarios, aunque existe evidencia de que persiste también en sitios alterados. Habita desde bosques tropicales perennifolios, bosques premontanos húmedos y muy húmedos, bosques nubosos de montaña, bosques de galería hasta sabanas húmedas-pantanosas. En México se ha registrado principalmente en bosques tropicales perennifolios, subcaducifolios y caducifolios, en manglares y en bosque mesófilo de montaña (Aranda y Valenzuela 2015, Ceballos y Oliva 2005, Oliveira 1998, Sunsquist y Sunsquist 2002). En Michoacán se ha registrado principalmente en selvas bajas caducifolias (Charre-Medellín 2012) aunque recientemente se le registro en bosques templados (Monterrubio-Rico et al. 2019).

Abundancia

La abundancia relativa documentada en la especie es variable, incluso en un mismo tipo de hábitat o de vegetación. Sin embargo los valores más altos se han reportado para bosque tropical sub caducifolio en cámaras trampa (1.18 registros por cada 100 cámaras/noche) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Abundancia relativa registrada en estudios mediante trampas cámara. El esfuerzo es medido como tasa de captura TC= Fotoregistros independientes/esfuerzo de muestreo)*100.

Tipo de vegetación	País	Método	Abundancia relativa	Fuente
Bosque mesófilo	México	Fototrampeo	0.78	Cornejo Solchaga 2015
Bosque tropical caducifolio	México	Fototrampeo	0.06	Guido-Lemus 2015
	México	Fototrampeo	0.09	Monroy-Vilchis et al. 2011
Bosque tropical perennifolio	México	Fototrampeo	0.25	Hernández-Pérez et al. 2015
	México	Fototrampeo	0.055	Briones-Salas et al. 2016
	México	Fototrampeo	0.041	Lira-Torres y Briones-Salas 2011

Bosque tropical subcaducifolio	México	Fototrampeo	0.37	Ávila-Nájera et al. 2015
	México	Fototrampeo	0.02	Pérez-Irineo y Santos-Moreno 2012
Bosque tropical mixto subcaducifolio y caducifolio	México	Fototrampeo	1.18	Charre-Medellín 2012

Densidad

El tigrillo es una especie considerada como rara en su rango de distribución, y se estima ocurre en bajas densidades (Oliveira et al. 2015), existiendo pocos estudios en que se ha estimado este parámetro, y difiriendo en metodología, estimándose las menores densidades para bosque tropical caducifolio (Cuadro 3).

Cuadro 3. Densidades reportadas para el tigrillo.

Tipo de vegetación	País	Métodos	Densidad (individuos/100 Km²)	Fuente
Bosque tropical caducifolio	Bolivia	Captura-recaptura	17 19 ± 5	Cuellar et al. 2006
Bosque mesófilo	México	Cormack–Jolly–Seber	81	Pérez-Irineo et al. 2017
Bosque tropical perennifolio	México	Cormack–Jolly–Seber	68	Pérez-Irineo y Santos-Moreno 2016
--			12.1	López-Hernández

				2010
--	--	--	--	------

--Referencia no disponible pero citada por Carvajal-Villareal et al. 2012 y Pérez-Irinea et al. 2017.

Conducta

Es una especie solitaria y principalmente nocturna, teniendo mayor actividad entre la 01:00-03:00 am (Merlos-Pérez 2017, Pérez-Irinea y Santos-Moreno 2016, Vanderhoff et al. 2011). Caza sus presas tanto en los árboles como en la superficie. Se reportan sus madrigueras de descanso en árboles frondosos de 7 a 10 m de altura y a veces son reutilizados.

Movilidad y rango hogareño

Se desplazan hasta 1,189 m en una hora, aunque su movilidad promedio es de 273 m (Carvajal-Villareal et al. 2012, Crawshaw 1995, Kasper et al. 2016, Konecny 1989). Para México se conoce poco, en Michoacán la distancia de desplazamiento en recapturas con trampas cámara incluye distancias de 750 m en 10 días y de 330 m en 281 días (Merlos-Pérez 2017). El uso de territorio y rango hogareño se conoce poco (Carvajal-Villareal et al. 2012), en cinco estudios se destaca diferencias entre sexos, y tipos de vegetación, desde 4 km² hasta 21.8 km² en estudios de telemetría (Cuadro 4).

Cuadro 4. Rangos hogareños estimados por hábitat y método.

Tipo de vegetación	País	Método	Rango hogareño (km ²)	Sexo	Fuente
Bosque mesófilo	México	Telemetría	4.1	M	Carvajal-Villarreal et al. 2012
Bosque tropical perennifolio	Brasil	Telemetría	15.9	M	Crawshaw 1995
	Belice	Telemetría	10.95	M	Konecny 1989
Bosque tropical perennifolio	Brasil	Telemetría	21.85	H	Kasper et al. 2016
Bosque tropical	Brasil	--	4	H	Oliveira et al. 2010
	Brasil	--	0.9	M	Oliveira et al. 2010
	Brasil	--	20	H	Oliveira et al. 2010

--No especifica métodos utilizados

Alimentación

Esta especie se alimenta de mamíferos pequeños, reptiles, aves, frutas y artrópodos. Entre los mamíferos reportados se incluye 24 especies pertenecientes a ocho órdenes, 11 familias y 19 géneros. El orden con mayor número de especies registradas como alimento del tigrillo fue Rodentia con nueve especies. En cuanto a los reptiles se ha identificado únicamente a dos especies, pertenecientes a dos géneros, dos familias y dos órdenes, *Mesaspis juarezi* y *Sceloporus variabilis*. De las aves se han logrado identificar dos especies pertenecientes a dos géneros, dos familias y dos órdenes, *Ortalis vetula* y *Aphelocoma coerulescens* (Apéndice 1).

Reproducción

El celo dura de 32 a 36 días y en este periodo las hembras son receptivas entre 4 y 10 días. El periodo de gestación es de aproximadamente 80 días y su camada es de 1-2 crías. En Chiapas se reporta el nacimiento de las crías de marzo a junio. Los ojos de las crías se abren entre los 11-16 días, los caninos aparecen a los 20 días, sin embargo estos son reemplazados entre 99 y 165 días, apareciendo los caninos permanentes. Entre los 55 y 57 días ingieren su primera comida sólida. Los juveniles comienzan a abandonar la guarida cuando tienen cinco semanas de edad (Ceballos y Oliva 2005, Oliveira 1998, Sunquist y Sunquist 2002).

Amenazas

Este felino es de los más explotados en América Latina por décadas. La caza ilegal para la obtención de sus pieles es un problema histórico, actualmente es la pérdida de hábitat, fragmentación, carreteras, comercio ilegal (como mascotas o sus pieles), conflictos con personas, ya que depredan aves de corral. El tigrillo es una especie afectada por la fragmentación y tolera menos los asentamientos humanos (Sunquist y Sunquist 2002).

DISCUSIÓN

De 75 estudios revisados, en 24 se reporta presencia y solo en 16 se reporta abundancia, comprendiendo entre estas dos temáticas más del 50% de estudios encontrados para la especie. Pocos estudios profundizan sobre historia de vida de la especie. Se coincide con diversos autores en señalar que el tigrillo es una especie para la que se sabe poco sobre su biología (Domínguez-Castellanos y Ceballos 2005).

El único artículo que propone la existencia de subespecies para el tigrillo es Goldman en 1943, en el que por fisionomía propone 11 subespecies, sin embargo para algunas subespecies solo se revisó un ejemplar, como para *pirrensis* o *yucatanicus*, de la que se revisaron dos. Esto sugiere la carencia de soporte para mantener vigente la taxonomía de la especie y de la necesidad que hay por actualizar la información acerca de las subespecies del tigrillo.

También se desconoce en parte la historia de vida de la especie, varios autores coinciden en que es rara, y sus poblaciones presentan bajas densidades. Sin embargo un par de estudios reportan densidades entre 68 y 81/100 km² (Pérez-Irineo y Santos-Moreno 2016, Pérez-Irineo et al. 2017), cifras elevadas si se compara con estudios de telemetría y trampas cámara lo cual indica que podría tratarse de una sobre estimación ya que difieren de las densidades reportadas para otros estudios que se basan en modelos de captura-recaptura y telemetría. Esta sobreestimación podría deberse a los supuestos de área usados y el proceso estadístico empleado. Los estudios que podrían sobreestimar la densidad son del mismo autor y emplea el mismo método (modelo Cormack-Jolly-Seber), método no empleado anteriormente por ningún otro especialista en felinos y posiblemente tenga un sesgo y no sea apropiado para estimar las

densidades de la especie, contrastando con estudios hechos mediante otros modelos y metodologías incluyendo telemetría. En general los valores máximos reportados en todos los estudios del neotrópico no superan los 20 individuos en 100 km², por lo que se requiere estudios comparativos adicionales para los distintos hábitats.

Con respecto a las abundancias relativas de la especie son bajas en comparación con las observadas en el ocelote (Aranda et al. 2012, Ávila-Nájera et al. 2015, Briones-Salas et al. 2016, Charre-Medellín 2012). Con respecto a la abundancia entre tipos de vegetación, no existe un patrón ya que lo observado en la literatura para cada hábitat se traslapa en los errores estándar, a pesar de ello puede haber sesgos por detectabilidad.

Se concluye que es una especie preferentemente nocturna, ya que a pesar de que se reporta actividad durante el día (Konecny 1989, Pérez-Irineo y Santos-Moreno 2016), esta es baja, coincidiendo todos los estudios que reportan patrones de actividad en que sus picos de actividad se encuentran entre la 01:00 am y las 03:00 am. El tigrillo se alimenta principalmente de mamíferos pequeños, en todos los estudios en los que reportaron sus hábitos alimentarios, sin importar lugar o tipo de vegetación, los mamíferos pequeños son los que más especies aportaron para la dieta de la especie.

Capítulo II “Distribución potencial y conectividad”

RESUMEN

Los modelos de distribución potencial son una técnica relevante para la conservación de las especies ya que indican sitios potenciales de presencia de la especie, en los que no se ha registrado por ausencia de muestreo. Los modelos de distribución potencial han servido como base en estudios de conectividad, ya que facilitan en identificar parches de hábitat idóneos para la especie de interés. En Michoacán se ha observado un creciente cambio de uso de suelo. Por lo tanto, es necesario examinar e identificar un sistema de corredores de conservación para la fauna, utilizando como modelo al Tigrillo, al ser el felino más sensible a la perturbación, manteniendo con ello la conectividad de las áreas con poblaciones de tigrillo identificadas en el estado.

Se elaboró el modelo de distribución potencial con el Software Maxent 3.4.1 utilizando las 19 variables climáticas de Worldclim. Los modelos de conectividad se desarrollaron con las rutas de menor costo y teoría de circuitos. El modelo de distribución potencial muestra valores altos de probabilidad de presencia en las regiones de la Costa, Sierra Madre del Sur y Faja Volcánica Transmexicana, no así para el Bajío y el Balsas. En cuanto a la conectividad, el índice integral de conectividad mostró un total de 20 parches con mayor importancia para mantener la conectividad de la especie en el estado. Los modelos muestran conectividad alta en las regiones de la Costa, Sierra Madre del Sur y Faja Volcánica Transmexicana.

Se resalta la importancia de la aplicación de medidas adecuadas para la conservación de la especie, enfocadas principalmente a la conservación del hábitat de la especie, esto incluye los parches de hábitat identificados como más importantes para la conectividad y las áreas que conectan dichos parches.

INTRODUCCIÓN

La distribución de los organismos está determinada por factores bióticos y abióticos (Khatibi y Sheikholesmani 2016, Polechova y Storch 2008). En la modelación predictiva para inferir distribuciones se ha considerado que los factores ambientales son los que determinan la distribución de las especies (Peterson 2001, 2003). Estos modelos predictivos son la técnica más relevante con aplicación en la conservación de las especies, ya que indican sitios potenciales de presencia de la especie, en los que no se ha registrado por ausencia de muestreo (Briones-Salas et al. 2012). Los modelos de distribución potencial han servido como base en estudios de conectividad, ya que facilitan el identificar parches de hábitat idóneos para la especie de interés (Alexander 2016, Almasieh et al. 2016, Dueñas-López et al. 201, Rodríguez-Soto et al. 2013).

La conectividad del paisaje se define como la relación entre la estructura del paisaje y el movimiento de los organismos a través de ella, y el estudio de esta es fundamental para la preservación de la biodiversidad y la funcionalidad de los ecosistemas. La conectividad se clasifica en estructural (describe la relación de continuidad y adyacencia entre fragmentos de una cobertura ignorando la respuesta de los organismos ante tal estructura) y funcional (describe como la estructura del paisaje afecta el movimiento o flujo de los organismos) (Correa-Ayram et al. 2014, McRae et al. 2008, Tylor et al. 2006).

Se han desarrollado técnicas para el estudio de la conectividad funcional, entre ellas las rutas de menor costo y la teoría de circuitos, ambas técnicas funcionan a partir de la resistencia del paisaje hacia los individuos para desplazarse de un lugar a otro, esta resistencia puede estar en función del riesgo mortal o del gasto energético que le

suponga a la especie cruzar un lugar específico. Esta resistencia se ve reflejada en un valor de “costo”, en caso de que la resistencia sea alta, el valor del costo será alto, la técnica de ruta de menor costo, como su nombre lo indica, estima el valor de costo de las posibles rutas que un organismo usaría para cruzar de un parche de hábitat a otro y elige la de menor resistencia, mientras que la técnica de la teoría de circuitos toma en cuenta todas las posibles rutas (Alexander et al. 2016, Correa-Ayram et al. 2014).

Estudios de conectividad no han sido realizados para el tigrillo, aunque se han desarrollado para felinos como jaguar, puma y lince, los últimos dos siendo especies menos sensibles en uso de hábitat y más resilientes ante fragmentación y con menor grado de amenaza de extinción que el tigrillo según listados nacionales e internacionales. El tigrillo como todos los felinos influye en las poblaciones de sus presas que incluyen artrópodos, aves, reptiles y principalmente mamíferos pequeños, por lo tanto, su presencia es indicador del estado de salud del ecosistema. Al ser una especie con hábitos arborícolas estrictos, la fragmentación afecta severamente a la especie. En los últimos años se ha observado un creciente cambio de uso del suelo en Michoacán, donde se ha perdido superficie de bosques para dar paso a cultivos, para 2014 más de un millón de hectáreas había perdido su vegetación original (Comisión Forestal del Estado de Michoacán 2014). Por lo tanto, es necesario examinar e identificar un sistema de corredores de conservación para la fauna, utilizando como modelo al Tigrillo, al ser el felino más sensible a la perturbación, manteniendo con ello la conectividad de las áreas con poblaciones de tigrillo identificadas en el estado.

ANTECEDENTES

La modelación de la distribución potencial del tigrillo ha sido un tema abordado por pocos autores, pero en su mayoría se han generado utilizando el software MaxEnt en sus diversas versiones. En 2017 se generó un modelo de distribución potencial de la especie a lo largo de todo su rango de distribución. Para generarlo se utilizó 411 registros obtenidos de las bases de datos GBIF y SpeciesLink. Incluyeron las 19 variables bioclimáticas provenientes de Worldclim y 16 de Climond, estandarizadas a 4 km² de resolución. Se seleccionaron las 11 variables más importantes para generar el modelo. En el software MaxEnt, se emplearon aleatoriamente el 70% de los registros para crear el modelo y 30% para probarlo, con un total de 500 interacciones. Encontraron que las variables más importantes para el modelo fueron la estacionalidad de la temperatura, temperatura mínima del mes más frío, y precipitación anual. En cuanto al modelo, las áreas predichas como aptas para la presencia del tigrillo estaban conformadas principalmente por bosques tropicales y subtropicales húmedos de hoja ancha, con el 61.15 % y las praderas, sabanas y matorrales tropicales y subtropicales con el 25.5 % (Espinoza et al. 2017).

En México se ha modelado su distribución potencial para regiones específicas, en el noroeste de México se modeló para las ecorregiones de Sierra Madre Oriental y la Llanura Costera norte del Golfo, incluyendo los estados de Tamaulipas, Veracruz, Puebla, Hidalgo, Querétaro, Guanajuato y San Luis Potosí. Los registros utilizados para el modelo fueron obtenidos de trabajo en campo previo, además de registros encontrados para la región en GBIF, reuniendo un total de 53 coordenadas. Emplearon 27 variables, 19 provenientes de Worldclim, cuatro derivadas de un modelo digital de

elevación, dos de vegetación y dos antrópicas. Con MaxEnt utilizaron el 70% de los datos para generar el modelo y 30% para probarlo, con un total de 10000 interacciones máximas. Encontraron como las variables más importantes a la precipitación del trimestre más húmedo, tipo de vegetación, índice de altitud e índice de topográfico (Martínez-Calderas et al., 2016). Para la región centro-occidente de México, se generó modelos de distribución potencial de los felinos presentes, abarcando los estados de Jalisco, Michoacán, Guerrero y Estado de México, y para todo su rango de distribución. La base de datos utilizó 211 registros de REMIB, UNIBIO, GBIF, MaNIS, para generar el modelo. Utilizó las 19 variables bioclimáticas de Worldclim y una variable de huella humana. Se empleó cuatro métodos distintos: Modelos lineales Generalizados, MaxEnt, distancia al centroide e índice de idoneidad de hábitat. En Michoacán las zonas que predicen mayor probabilidad de presencia en el estado son las ecoregiones de la Costa, Sierra Madre del Sur y la Faja Volcánica Transmexicana (Charre-Medellín 2017).

Para Michoacán existe el antecedente de un modelo generado para proyectar la distribución potencial del tigrillo en la cuenca del bajo balsas, se encontró que la especie fue registrada desde bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de encino y bosque tropical caducifolio. El modelo fue generado con MaxEnt y se empleó 24 variables, 19 provenientes de Worldclim, aspecto, un modelo digital de elevación, pendiente, tipo de suelo y tipo de vegetación. En la generación del modelo las variables más importantes fueron el suelo, el modelo digital de elevación y la vegetación. Para esta región se predicen pocas regiones con alta probabilidad de presencia de la

especie, encontrando las áreas de probabilidad media para la región de la Costa y Sierra Madre del Sur (Charre-Medellín 2009).

En cuanto la caracterización climática y la distribución de la especie en el estado, en 2010 se evaluó la distribución observada de registros y la principal ecorregión fue la Sierra Madre del Sur, seguida por los bosques secos de Jalisco. Se reportó que la especie se encuentra entre los 0-1760 msnm, con la mayor cantidad de registros (85%) entre los 0-880 msnm. En cuanto a la temperatura media anual, la mayoría de los registros (78%), se encontraron entre los 24 y 26.5°C, sin embargo fue registrada desde los 19-29°C. En cuanto a la precipitación anual, los registros se situaron en un intervalo desde 150-1230 mm de precipitación, aunque el 68% se registró entre los 960 y 1230 mm (Merlos-Pérez 2017).

Debido al creciente estudio de los mamíferos, se genera con frecuencia registros fuera del rango conocido, por lo que la información debe analizarse y los modelos actualizarse sobre la amplitud de la distribución potencial de la especie. El modelo que se realizará es este estudio incluirá la base de registros actualizada sobre la distribución potencial de la especie en el estado, incluyendo los registros más actuales de la especie. Hasta ahora se carece de modelos de conectividad a escala estatal, sin embargo existen antecedentes para otros felinos. Entre estudios efectuados en México, la conectividad de los felinos se ha examinado por diversos métodos, el índice integral de conectividad (IIC) se utilizó para medir el grado de conectividad del hábitat del ocelote (*Leopardus pardalis*) (Ávila-Coria et al. 2015, Galindo-Aguilar et al. 2019).

En cuanto a la metodología conocida como teoría de circuitos, se ha empleado para el jaguar (*Panthera onca*), en tal estudio, la matriz de resistencia construida consideró el

uso de suelo y la distancia a asentamientos humanos para asignar los valores de resistencia del paisaje (de la Torre et al. 2017).

El método más utilizado para estudios de conectividad de felinos en México son las rutas de menor costo, siendo utilizado para estudios de jaguar (*Panthera onca*) (Dueñas-López et al. 2015, Rabinowitz y Zeller 2010, Rodríguez-Soto et al, 2013) y puma (*Puma concolor*) (González-Saucedo 2011). Para construir la matriz de resistencia del jaguar se utilizaron variables de uso de suelo, porcentaje de árboles y arbustos, densidad humana, elevación, distancia a carreteras y distancia de asentamientos humanos, mientras que para la matriz del puma se utilizó uso del suelo, distancia a carreteras, topografía y densidad humana.

En un estudio de 2014 para Michoacán se combinaron las tres técnicas, para identificar áreas de importancia para la conservación de (*Lynx rufus*), en cuyo estudio la matriz de resistencias se construyó de acuerdo al uso de suelo, tipo de carretera, densidad de carreteras, elevación, pendiente, densidad de población y distancia a asentamientos humanos (Correa-Ayram et al. 2014).

HIPÓTESIS

Ho. Por su sensibilidad a la presencia humana, la distribución potencial del tigrillo se verá asociada a bosques en buen estado de conservación.

Ha. La distribución potencial del tigrillo estará asociada en proporción similar a la distribución proporcional de los usos de suelo y vegetación disponibles.

OBJETIVOS

- Generar un modelo de la distribución potencial del tigrillo en el estado
- Generar un modelo de corredores biológicos para la especie en el estado

MÉTODOS

Distribución potencial

Se integró una base de datos con los registros de la especie, estos registros se obtuvieron de las bases de datos Global Biodiversity Information Facility **GBIF** (<http://www.gbif.org/>) y SpeciesLink (<http://splink.cria.org.br>), además de los datos del trabajo de campo realizado por el Laboratorio de Vertebrados Terrestres Prioritarios de la Facultad de biología de la UMSNH y de registros de artículos científicos (Almazán-Catalán et al. 2013, Aranda y Valenzuela-Galván 2015, Araya-Gamboa y Salom-Pérez 2015, Botello et al. 2006, Cinta-Magallón et al. 2012). Una vez reunidos, los registros se depuraron, eliminando registros carentes de coordenadas, registros fuera del rango de distribución histórico de la especie, y mal geo-referenciados.

Posteriormente se obtuvo las 19 capas bioclimáticas de Worldclim (<http://www.worldclim.org>) a un kilómetro de resolución, estas capas bioclimáticas se recortaron acorde a la distribución histórica del tigrillo, después se sobrepuso un filtro de un km para evitar la redundancia de los datos (Phillips et al. 2009) y aquellos registros que por la resolución de las capas bioclimáticas quedaban por fuera del límite de esta, se recorrieron para que entraran en los límites de la capa.

En el software MaxEnt 3.4.1 se utilizó las 19 capas bioclimáticas y los registros georreferenciados de la especie, seleccionando aleatoriamente el 70 % de los registros para generar el modelo, y 30% para validarlo, con 500 iteraciones. Para determinar el valor a partir del cual el modelo predecía presencia se utilizó el percentil de 10% (Cuervo-Robayo y Monroy-Vilchis 2012, Pearson et al. 2007).

Conectividad

Selección de fragmentos idóneos

En el software IDRISI 17.0 “The Selva Edition” se evaluó la idoneidad hábitat de acuerdo al uso de suelo y vegetación (Mas et al. 2017). Se consideró como bosques en buen estado de conservación siguiendo la clasificación de Mas et al. 2017, que consideró como bosques primarios mediante un modelo de análisis de satélite de alta definición. Los tipos de vegetación que se consideraron como hábitat potencial fueron: Bosque encino/vegetación primaria arbórea, Bosque pino/vegetación primaria, Bosque mesófilo primario, Bosque pino-encino/vegetación primaria, Selva baja caducifolia/vegetación primaria, Selva mediana caducifolia/ vegetación primaria, por ser las que usa el tigrillo de acuerdo a la bibliografía, los registros de campo analizados, y por estar en buen estado de conservación. Las áreas de 11 km² de superficie (promedio de rango hogareño descrito para la especie) de estos tipos de vegetación fueron considerados como “hábitat primario”, aquellos fragmentos con superficie entre 1 (rango hogareño mínimo descrito para la especie) y ≤ 11 km² se consideraron como “hábitat secundario”. Después se asignó un valor de costo de distancia fuera y dentro del rango hogareño (Cuadro 6). Los valores de resistencia asignados a los usos de suelo y vegetación tanto dentro como fuera del rango del tigrillo se basaron en el conocimiento sobre la especie.

Cuadro 5. Criterios y escala de valores de resistencia e idoneidad de hábitat.

Uso de suelo	Incluido como hábitat potencial	Costo dentro del rango	Costo fuera del rango
Agricultura de riego	NO	6	12
Agricultura temporal	NO	6	10
Cultivo perenne	NO	5	12
Asentamientos humanos	NO	10	20
Pastizal	NO	5	10
Bosque encino primario	SI	na	na
Bosque encino secundario	NO	0	1
Bosque oyamel primario	NO	1	2
Bosque oyamel secundario	NO	2	4
Bosque pino primario	SI	na	na
Bosque pino secundario	NO	0	1
Bosque mesófilo primario	SI	na	na
Bosque pino-encino primario	SI	na	na
Bosque pino-encino secundario	NO	0	1
Selva baja caducifolia primaria	SI	na	na
Selva baja caducifolia secundaria	NO	0	1
Selva mediana caducifolia primaria	SI	na	na
Selva mediana caducifolia secundaria	NO	0	1
Cuerpos de agua	NO	10	20
Manglar	SI	na	na
Popal-Tular	NO	10	20
Sin vegetación aparente	NO	10	20

*na= no aplica

Posteriormente los parches de hábitat primario se desplegaron sobre la proyección de distribución potencial de la especie y se excluyeron distritos fisiogeográficos carentes de distribución histórica (Maya y Manent 2017), por ejemplo Morelia – Cerro la Leonera - Lago de Cuitzeo, La Ciénega - Sahuayo – Lago de Chapala, La Piedad – Cerro la

Joya - Río Lerma, Zitácuaro – Cerro Prieto – Santuario de la Mariposa Monarca y Zinapécuaro – Cuitareo – Cerro de Enmedio – Sierra de Mil Cumbres.

Índice de conectividad

Para medir el grado de conectividad entre los fragmentos de vegetación se utilizó el “Índice Integral de Conectividad” (IIC), que es un índice binario de conectividad. Indica si un fragmento está o no conectado a otro, tiene valores de 0-1, donde el 0 nos indica que los parches no están conectados, mientras que el 1 indica que sí están conectados (Decout et al. 2012, Pascual-Hortal y Saura 2006). En nuestro estudio la distancia de ≥ 23 km (superior al ámbito hogareño más amplio registrado en la literatura 21 km²) se utilizó como el umbral de distancia para el que es poco probable mantener conexión. El índice fue obtenido con el software CONEFOR 2.6 y se seleccionaron aquellos parches con valores mayores a uno.

Resistencia del paisaje

La resistencia del paisaje indica la dificultad relativa de los individuos para desplazarse de un lugar a otro. Esta resistencia está en función del riesgo mortal o del gasto energético que le cuesta a la especie cruzar un lugar específico. La resistencia se refleja en “costo”, si es alta, el valor del costo será alto (Zeller et al. 2012). La resistencia del paisaje para el tigrillo en Michoacán se obtuvo basándose de forma muy estrecha a requerimientos conocidos de desplazamiento y tamaño de rangos hogareños, así como rasgos de historia de vida. Se consideraron variables que podrían influir en el desplazamiento de la especie, como el uso del suelo, densidad humana local por kilómetro cuadrado y la vegetación vigorosa. Para ello se utilizó el

“Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada” (NDVI). Estas variables fueron ponderadas dándole el 50% del valor de resistencia final al uso de suelo, 30% para densidad de humanos km² y 20% para el NDVI.

La clasificación del uso del suelo y vegetación utilizada fue la capa vectorial de cubierta de uso de suelo Michoacán 2014 (Mas et al. 2017). En cuanto al NDVI se utilizó una imagen satelital “EROS” Moderate Resolution Imaging Spectrodaimeter (eMODIS) con fecha de los días 11 a 20 de marzo del 2019, que corresponde a la época seca en Michoacán. Mientras que los datos de la densidad humana se obtuvo de la base de datos del índice de marginación a nivel localidad 2005, proveniente de CONAPO (Consejo Nacional de la Población) (Cuadro 7).

Cuadro 6. Resistencia del paisaje.

Uso de suelo	Valor de costo	Uso de suelo	Valor de costo	NDVI	Valor de costo	Densidad de humanos por km ²	Valor de resistencia
Agricultura de riego	60	Bosque mesófilo secundario	10	Usos suelo no naturales	100	0-1,000	10
Agricultura temporal	50	Bosque pino-encino primario	0	-1 a 0	100	1,000-2,500	20
Cultivo perenne	60	Bosque pino-encino secundario	10	0 a 0.2	80	2,500-5,000	30
Asentamientos humanos	100	Selva baja caducifolia primaria	0	0.2 a 0.4	60	5,000-10,000	60
Pastizal	50	Selva baja caducifolia secundaria	10	0.4 a 0.6	40	10,000-20,000	80
Bosque encino primario	0	Selva mediana caducifolia primaria	0	0.6 a 0.8	20	>20,000	100
Bosque encino secundario	10	Selva mediana caducifolia secundaria	10				
Bosque oyamel primario	20	Cuerpos de agua	100				
Bosque oyamel secundario	40	Manglar	0				
Bosque pino primario	0	Popal-Tular	100				
Bosque pino secundario	10	Sin vegetación aparente	100				
Bosque mesófilo primario	0						

Rutas potenciales de conectividad

Se utilizó tres métodos para diseñar rutas potenciales de conectividad. El primero se realizó con el software IDRISI 17.0 “The Selva Edition”. En este software las rutas de conectividad se basaron en la idoneidad de hábitat (tamaños de fragmentos y tipos de vegetación principalmente) entre los parches clasificados como hábitat primario y se les conectó con sus vecinos más cercanos.

En el método de rutas de menor costo se estimó el valor de costo en cada ruta posible que un tigrillo usase para moverse de un parche de hábitat a otro y elije la de menor costo (Alexander et al. 2016 Corre-Ayram et al. 2014). En este estudio las rutas de menor costo fueron estimadas con la ayuda de la extensión de “Circuitscape” para ArcGIS llamada Linkage Mapper 2.0.0. Estas rutas se estimaron sobre los parches de hábitat más importantes para la conectividad hacia su vecino más cercano, la distancia a la cual se truncaron los corredores fue a 2 km de ancho.

Las rutas de mayor probabilidad se basan en la teoría de circuitos que identifican rutas con mayor probabilidad de movimiento entre fragmentos de hábitat. Este método considera todas las posibles rutas de conexión y no solamente la óptima. Los circuitos son entendidos como redes de nodos conectados por componentes eléctricos que conducen flujos de corriente (McRae et al. 2008). En este modelo las rutas de mayor probabilidad se estimaron sobre los parches de hábitat más importantes para la conectividad, con la ayuda de la extensión de “Circuitscape para ArcGIS”. El método de cálculo seleccionado fue pairwise. Además se indicó que en un ancho de dos kilómetros, se buscaran las rutas de menor costo.

RESULTADOS

Distribución de los registros

Se encontró un total de 358 registros de la especie, a lo largo de su rango de distribución, sin embargo, la gran mayoría (202, 56%) corresponden al territorio mexicano (Cuadro 8).

Cuadro 7. Número de registros por país

<i>País</i>	<i>Número de registros</i>
<i>Argentina</i>	8
<i>Belice</i>	1
<i>Bolivia</i>	5
<i>Brasil</i>	24
<i>Colombia</i>	46
<i>Costa Rica</i>	3
<i>Ecuador</i>	23
<i>Guatemala</i>	5
<i>Guayana</i>	8
<i>Guayana Francesa</i>	11
<i>Honduras</i>	4
<i>México</i>	202
<i>Panamá</i>	2
<i>Perú</i>	10
<i>Paraguay</i>	2
<i>Venezuela</i>	4

El 20% (n= 55) de los registros de México ocurrieron al interior de polígonos correspondientes a 23 Áreas Naturales Protegidas Federales (ANPs) (Apéndice II) (Figura 8).

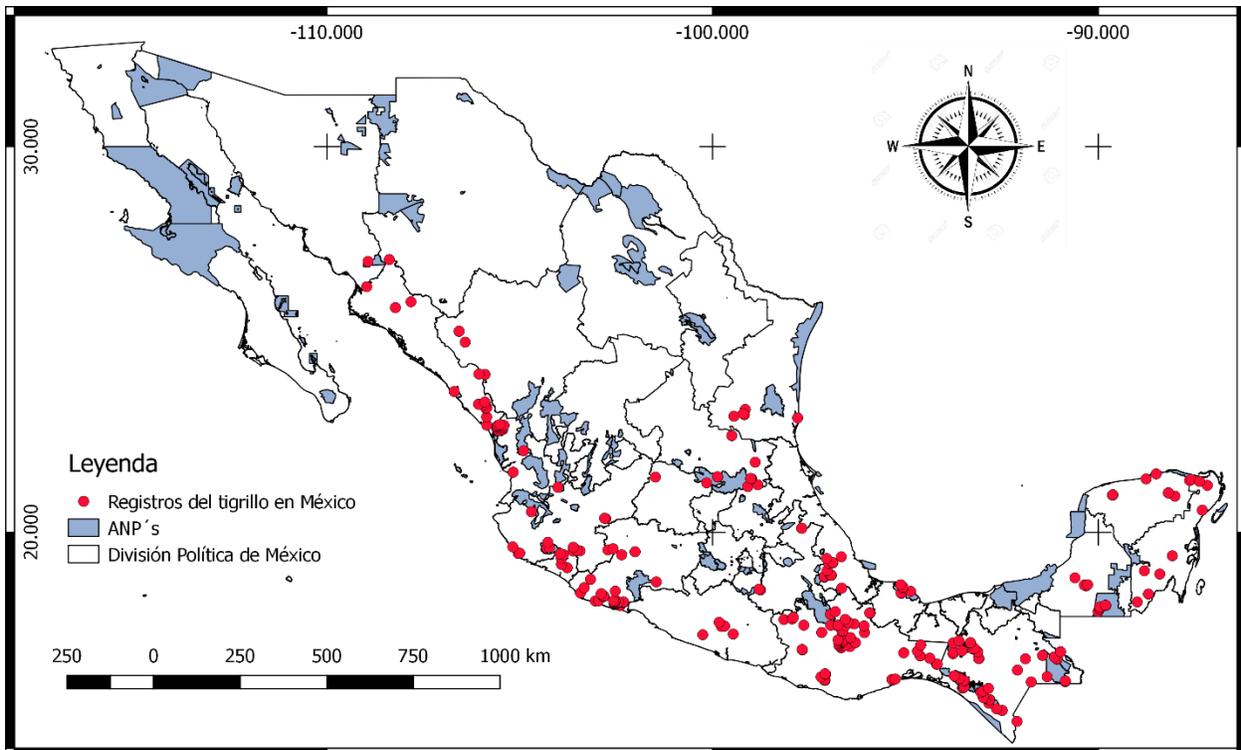


Figura 8. Registros de tigrillo en México y la distribución de Áreas Naturales Protegidas.

Modelo de distribución potencial

Las variables más importantes en la generación del modelo fueron precipitación del mes más seco (60.2%), isothermalidad (7.4%), temperatura media del trimestre más frío (7.3%) y estacionalidad de la precipitación (6.6%) (Cuadro 9).

Cuadro 8. Contribución proporcional de las 19 variables bioclimáticas

Variable	Porcentaje de contribución
BIO14	60.2
BIO3	7.4
BIO11	7.3
BIO15	6.6
BIO2	3
BIO8	2.2
BIO6	2.2
BIO5	2.2
BIO17	1.9
BIO7	1.8
BIO4	1.3
BIO1	1.3
BIO16	0.6
BIO18	0.6
BIO12	0.5
BIO13	0.2
BIO9	0.2
BIO10	0.2
BIO19	0.1

Modelo de probabilidad de presencia de tigrillo en Michoacán. Los valores más altos son para la Faja Volcánica Transmexicana, la Costa, y la Sierra Madre del Sur (Figura 9). El modelo presentó una tasa de omisión baja y un AUC de 0.969 (Apéndice III).

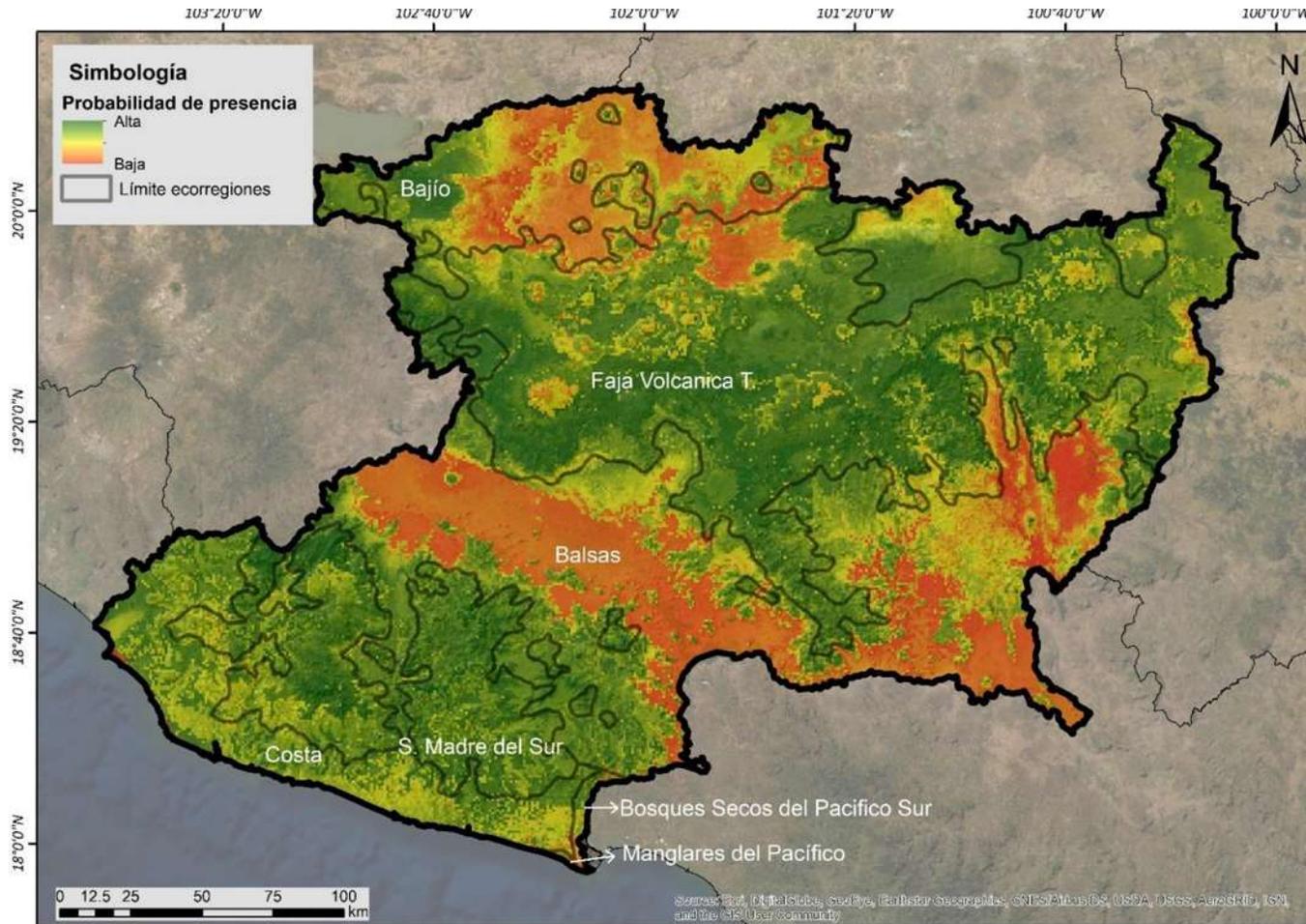


Figura 9. Modelo de probabilidad de presencia del Tigrillo en Michoacán

El modelo se clasificó en áreas con predicción de presencia de tigrillo y áreas sin predicción de presencia (Figura 12).

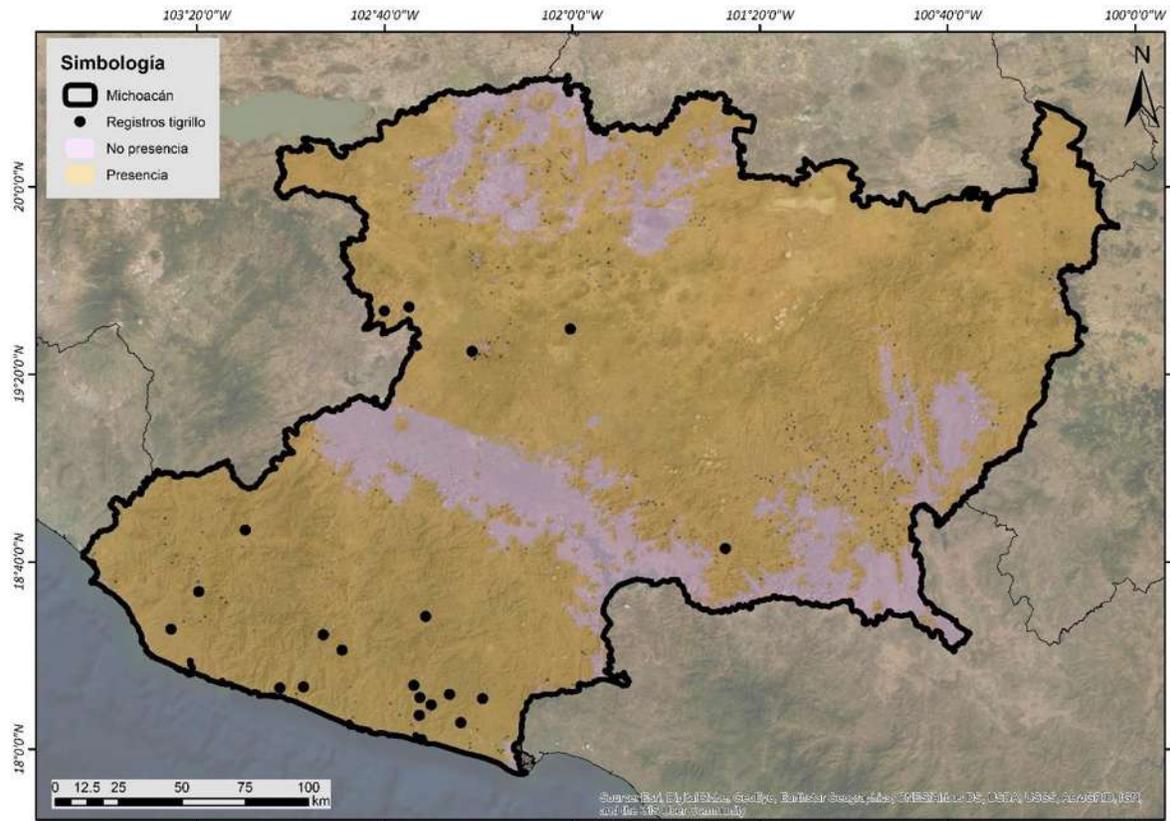


Figura 10. Distribución observada (localidades con registros) y predicción de presencia.

En las zonas que se predice presencia, los tipos de vegetación de mayor a menor relevancia en cobertura son: Selva baja caducifolia primaria (7,962.6km²; 16.8%), agricultura de temporal (5,879.7 km²; 12.4%) y pastizal (5,536.3km²; 11.7%). En zonas sin predicción: la selva baja caducifolia (2,862.9 km²; 28.6%), agricultura de riego (1664.6 km²; 16.62%) y selva baja caducifolia secundaria (1,475.4 km²; 14.74%)(Cuadro10).

Cuadro 9. Superficie de uso de suelo en modelo de distribución (Km²)

Uso de suelo	Superficie en Michoacán	Presencia	No presencia	Presencia (%)	No presencia (%)
Agricultura de riego	4,803.1	3,138.5	1,664.5	65.4	34.6
Agricultura de temporal	6,813.9	5,879.7	934.2	86.3	13.7
Cultivo perenne	4,232.1	2,660.3	1,571.7	62.9	37.1
Asentamientos humanos	858	585.5	272.4	68.3	31.7
Pastizal	6,165.3	5,536.3	629	89.8	10.2
Bosque encino primario	1,592.0	1,520.1	71.8	95.5	4.5
Bosque encino secundario	3,498.1	3,388.4	109.7	96.9	3.1
Bosque oyamel primario	143.7	122.7	21	85.4	14.6
Bosque oyamel secundario	13.7	12.9	0.8	94.1	5.9
Bosque pino primario	1,964.9	1,954.4	10.4	99.5	0.5
Bosque pino secundario	1,268.9	1,246.3	22.6	98.2	1.8
Bosque mesófilo primario	60.6	60.6	0	100.	0
Bosque pino-encino primario	4,002.6	3,983.3	19.3	99.5	0.5
Bosque pino-encino secundario	3,307	3,287.6	19.3	99.4	0.6
Selva baja caducifolia primaria	10,825.4	7,962.6	2,862.8	73.5	26.5
Selva baja caducifolia secundaria	5,180.6	3,705.2	1,475.4	71.5	28.5
Selva mediana caducifolia primaria	776.7	772.7	4	99.5	0.5
Selva mediana caducifolia secundaria	659.4	621.2	38.2	94.2	5.8
Cuerpos de agua	832.7	563.3	269.4	67.6	32.4
Manglar	15.4	13.8	1.6	89.5	10.5
Popal-tular	117.7	112	5.6	95.2	4.8
Sin vegetación aparente	66.3	61.4	4.8	92.7	7.3

Conectividad

Parches idóneos

La idoneidad de hábitat se clasificó en IDRISI, ordenándose en cuatro clases: hábitat primario, hábitat secundario, corredores primarios potenciales y área sin aptitud (Figura 13).

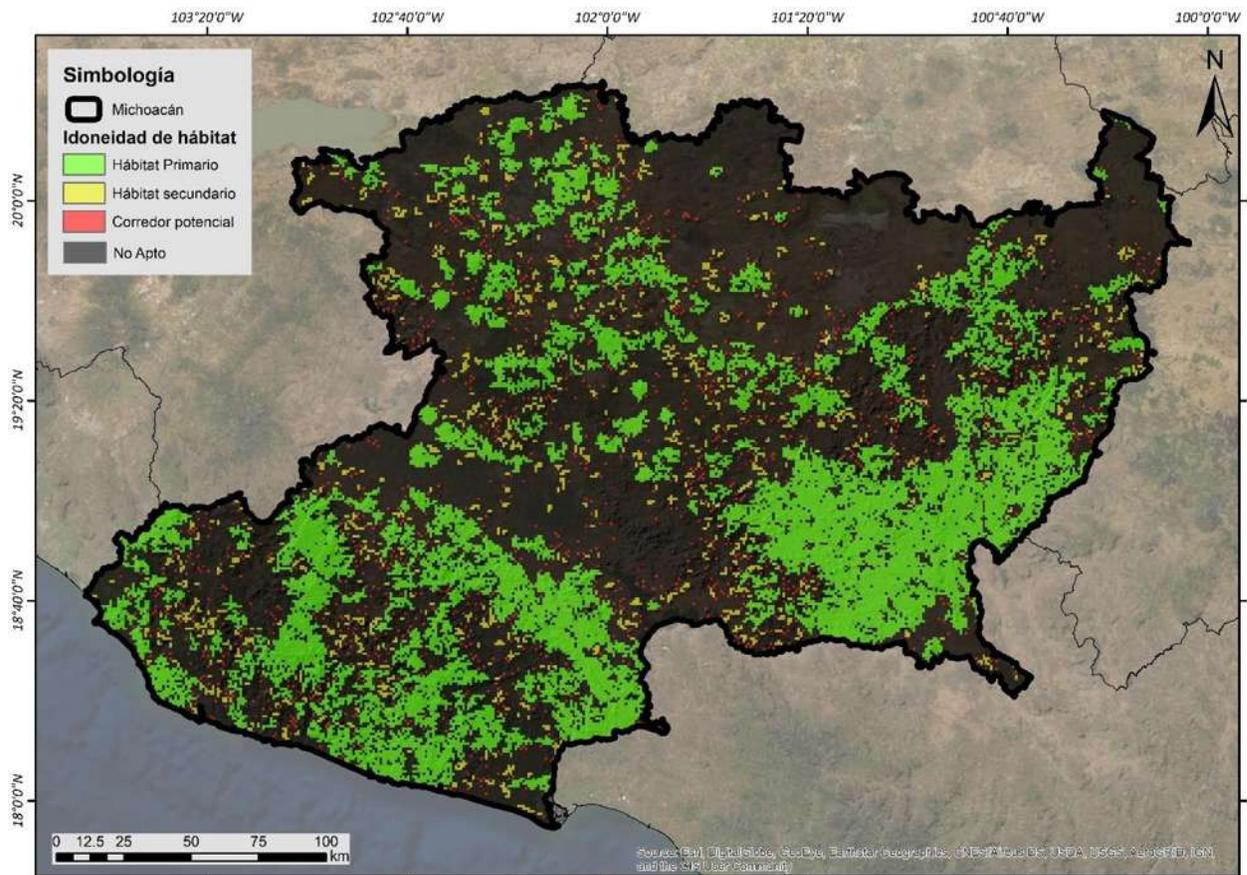


Figura 11. Modelo de idoneidad potencial de hábitat sin eliminar ecorregiones de sobreestimación.

En la clasificación de superficie con idoneidad de hábitat se identificó 172 parches o fragmentos clasificados como “hábitat primario” (Apéndice II 2).

La ecorregión con mayor número de parches es la Faja Volcánica Transmexicana con 103 parches, le sigue el Balsas con 45, la Sierra Madre del Sur con 39, la Costa y el Bajío con 27 y los Bosques Secos de Pacífico Sur con tres. Aclaremos que varios parches se extienden por dos o más ecorregiones, estos parches se contabilizaron en todas las ecorregiones en las que se extendían. En cuanto a superficie, la ecorregión que más superficie aportó fue el Balsas con un acumulado de 7,053 km², seguido de la Faja Volcánica Transmexicana con 4,075 km², Sierra Madre del Sur 2,694 km², Costa con 1,374 km², Bajío con 596 km², Bosques Secos del Pacífico Sur 596 km². El área promedio de los parches fue de 92 km², el de mayor área se ubicó en el municipio de la Huacana con una superficie de 5,117 km².

Una vez que se eliminó las ecoregiones de sobrepredicción, quedaron 129 (Apéndice IV) después de ajustarlos al modelo de distribución y a los distritos fisiogeográficos en los que la especie no se ha distribuido históricamente.

Índices de conectividad

En total se encontró 20 fragmentos con mayor importancia para la conectividad de la especie en el estado (Figura 14).

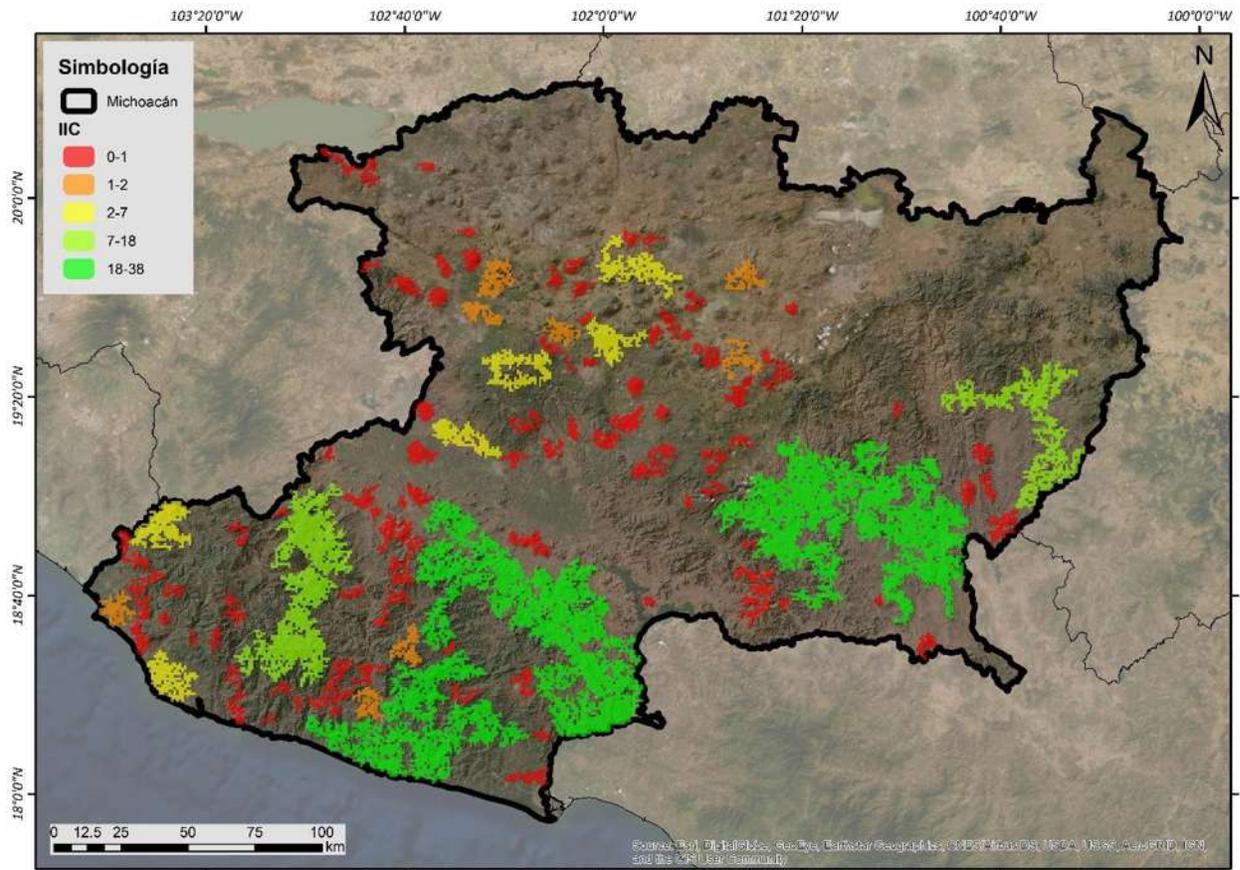


Figura 12. Parches de mayor importancia para la conectividad del paisaje

Resistencia del paisaje. La facilidad del paisaje para la movilidad potencial es baja en el sur y el este del estado, y existe resistencia al norte y oeste de la depresión del Balsas (Figura 15).

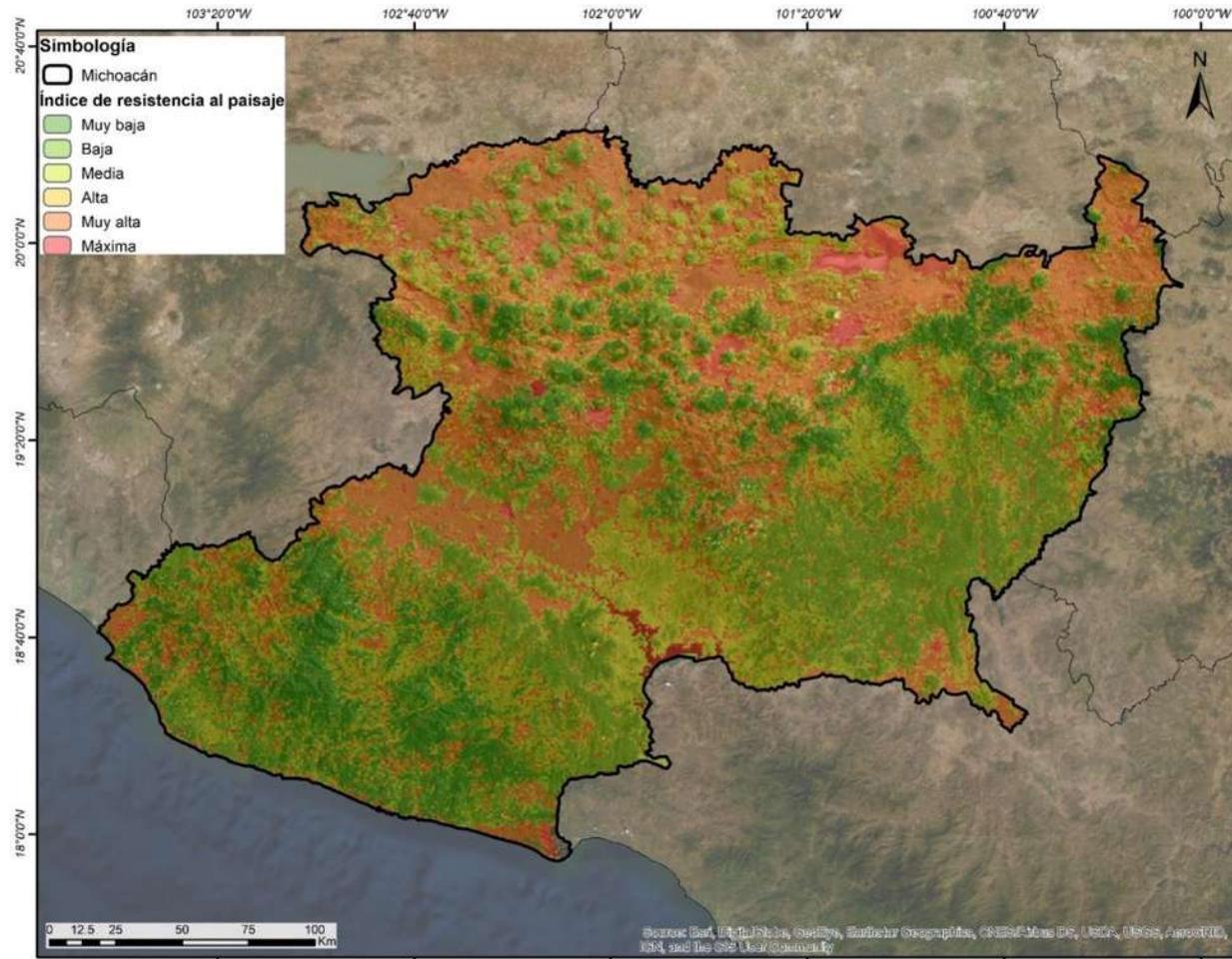


Figura 13. Facilidad y resistencia del paisaje la movilidad del tigrillo

Rutas de conectividad potencial

El primer ejercicio de conectividad obtenido es el de rutas idóneas de conectividad entre los parches de hábitat primario (Figura 16). Un 75% de los parches más importantes cuentan con más de una ruta de conectividad potencial. En promedio, los seleccionados como parches más importantes tienen 2.5 rutas de conectividad potencial. El parche con mayor número de rutas tiene un total de siete.

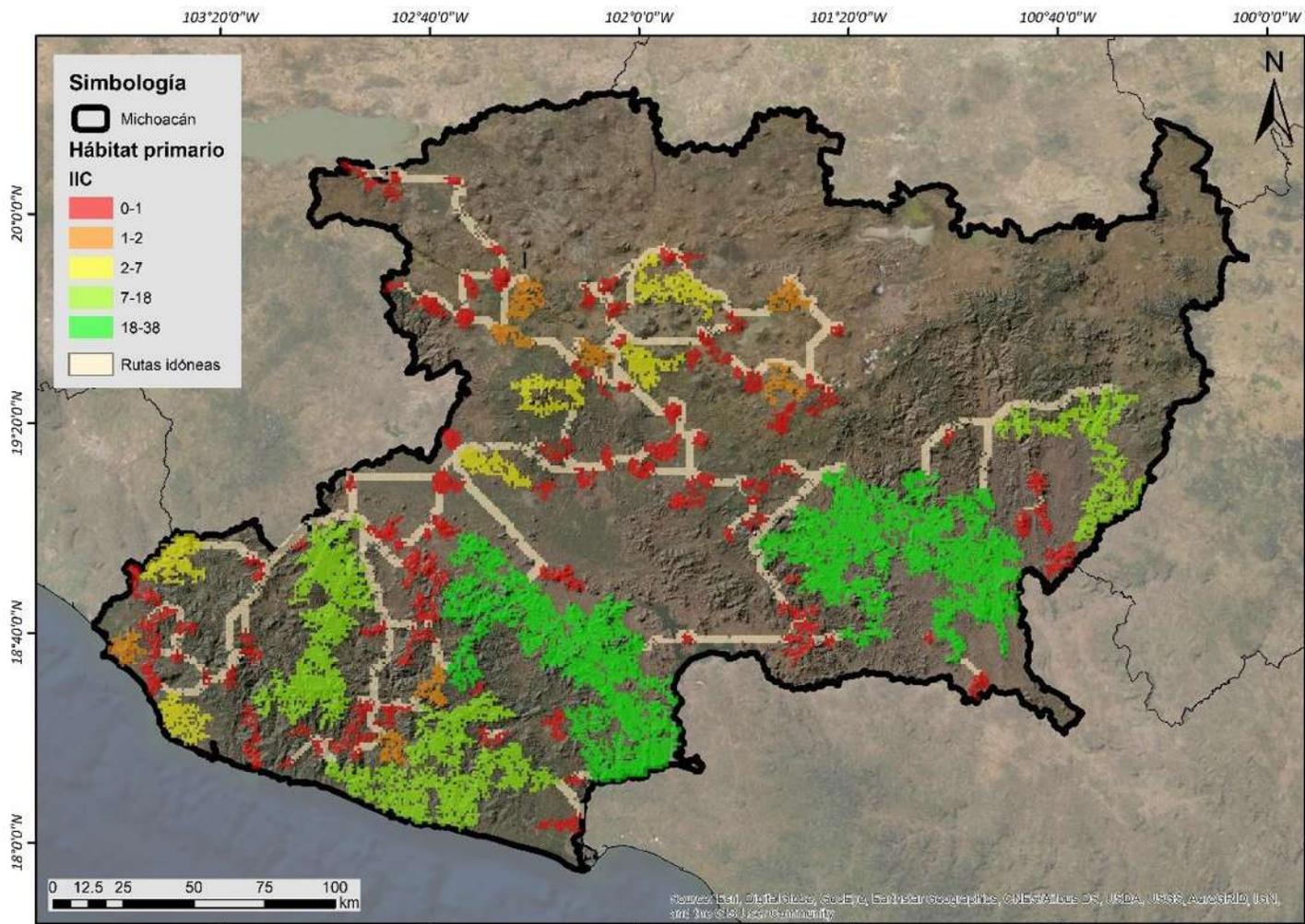


Figura 14. Propuesta de rutas idóneas para la conectividad entre hábitat primario.

Posteriormente se diseñó un mapa de conectividad (teoría de circuitos) entre los parches de hábitat primario (Figura 17), donde se observa alta probabilidad de conectividad entre parches. La mayoría de registros de tigrillo del estado coinciden con los parches de hábitat primario o zonas en que se predice alta probabilidad de conectividad. Se muestra buena probabilidad de conectividad entre todas las ecorregiones.

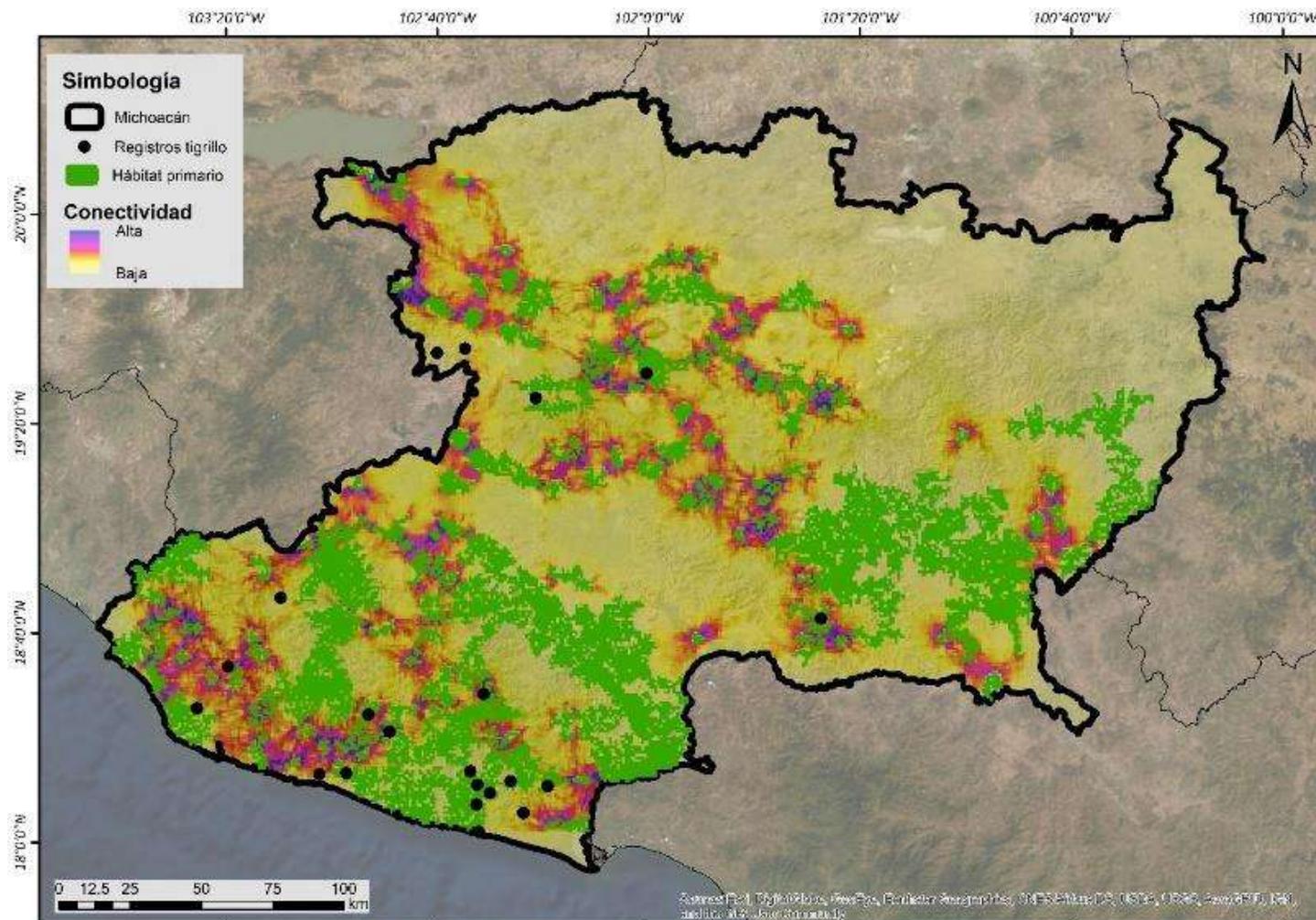


Figura 15. Rutas de conectividad en hábitat primario y registros de tigrillo.

Al sobreponer las rutas idóneas con las de probabilidad, se observa alta coincidencia (Figura 18).

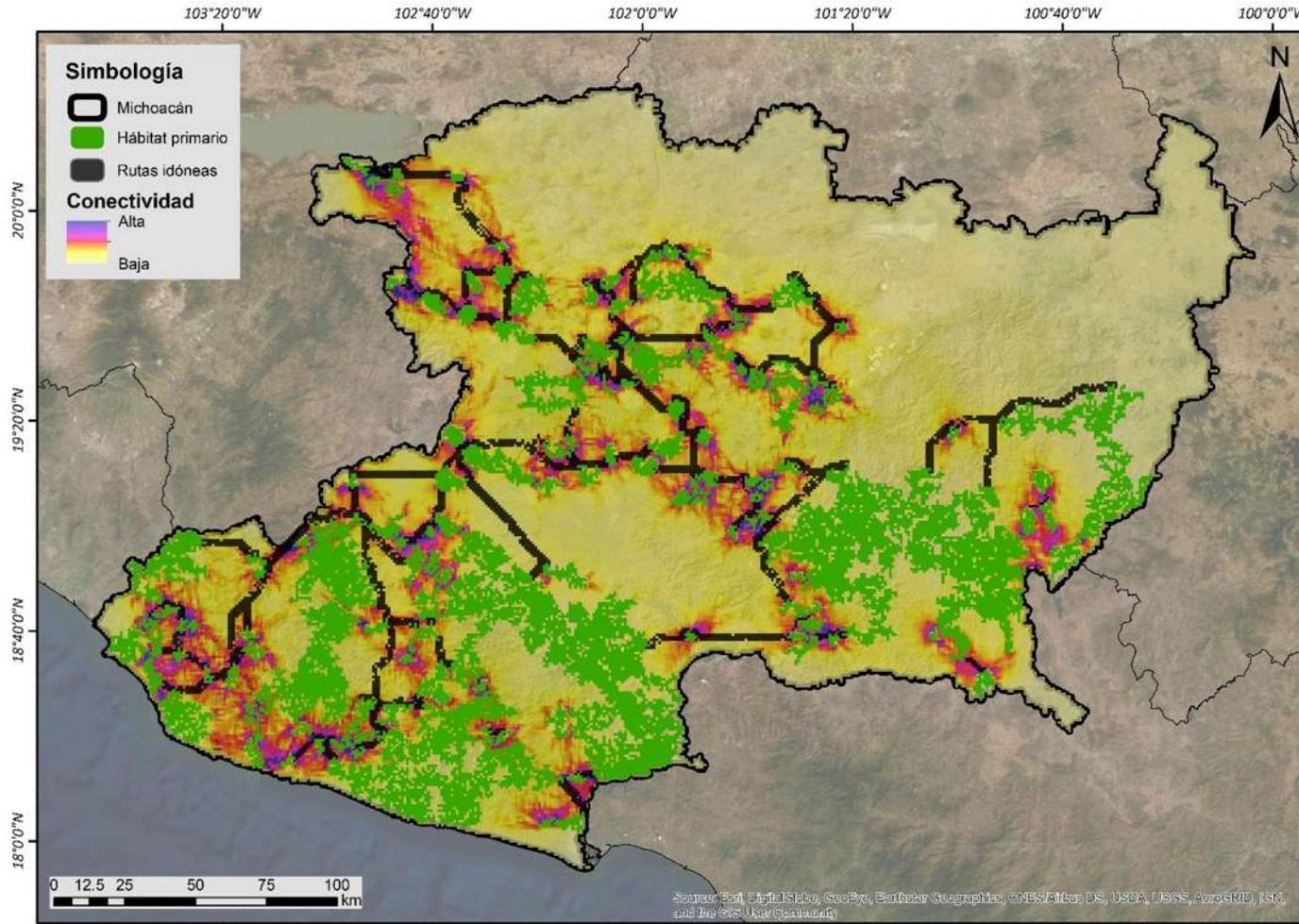


Figura 16. Rutas idóneas y probabilidad de conectividad entre hábitat primario.

El algoritmo identificó 128 rutas y corredores potenciales de menor costo entre parches de hábitat primario, los que en total suman 467.9 km de longitud. Los corredores tienen una longitud promedio de 3.6 km, y el corredor de mayor longitud fue de 25 km (Figura 19).

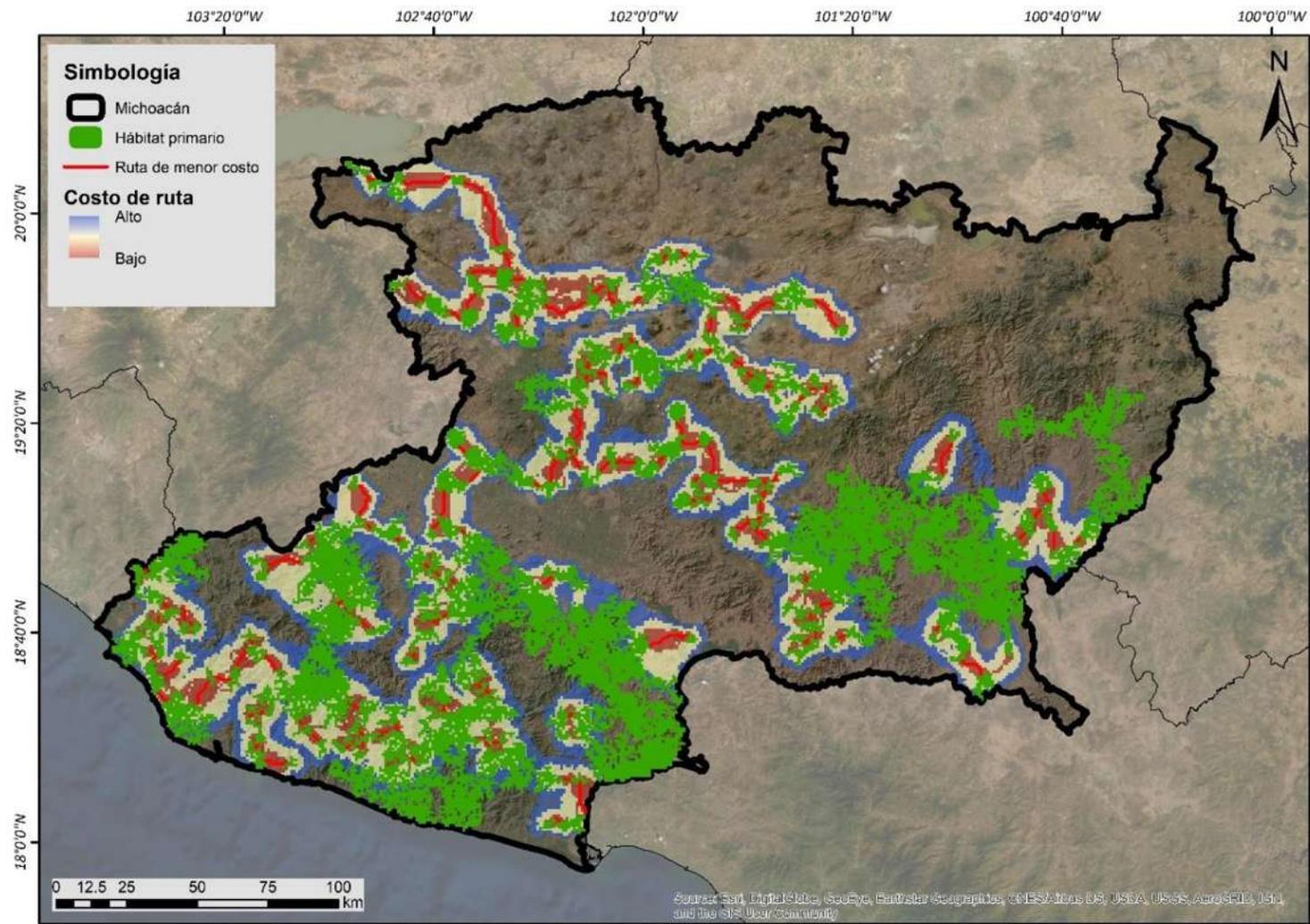


Figura 17. Rutas de menor costo entre hábitat primario.

Parches prioritarios

Se generó 19 rutas de menor costo que en total suman 245 km de longitud, en promedio presentan una longitud de 12.9 km, contando con una longitud de 30.1 km la ruta más larga. Estas rutas conectan a todos los parches de mayor importancia, a lo largo de las ecorregiones de las Costa, Sierra Madre del Sur, Balsas y Faja Volcánica (Figura 20).

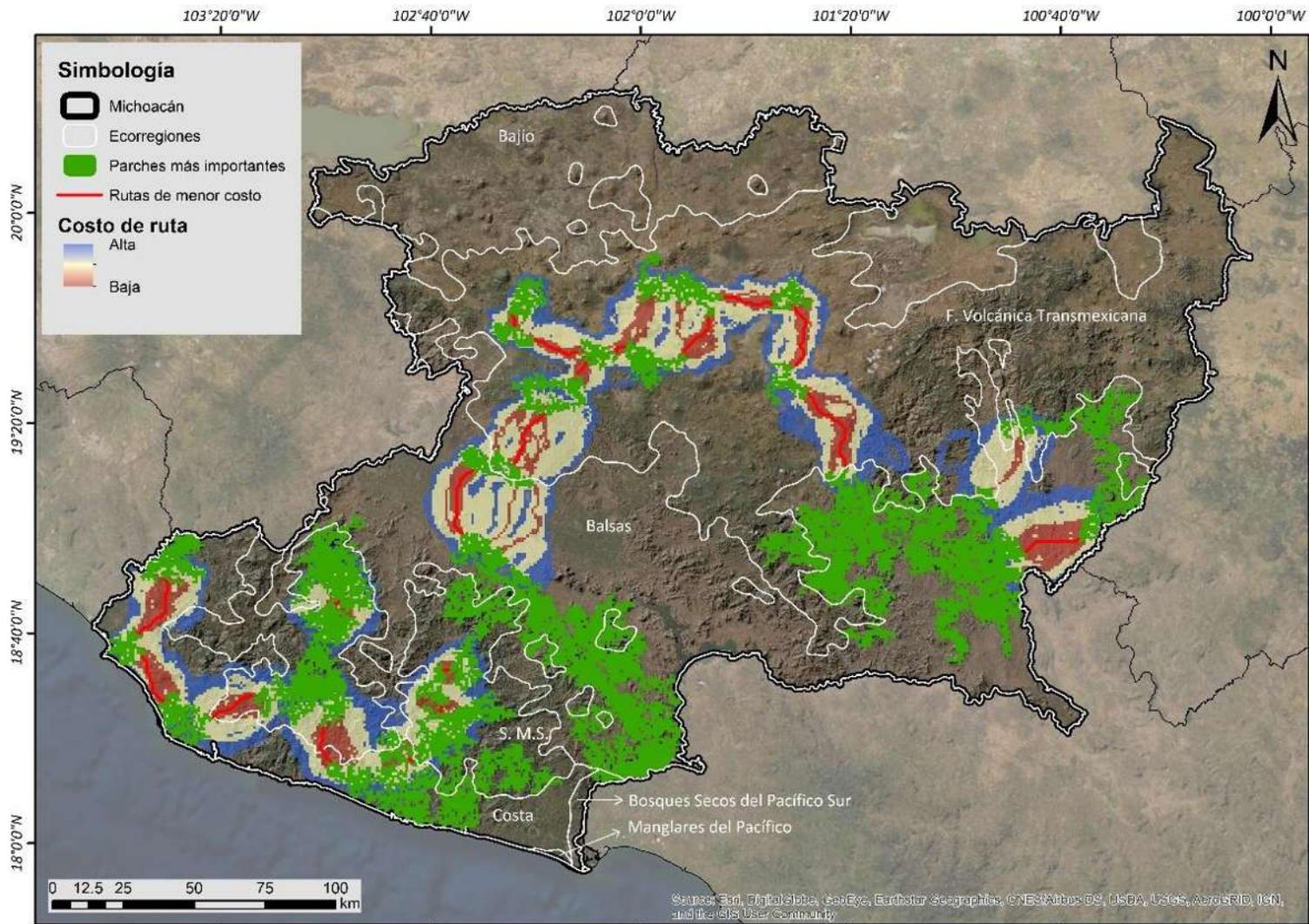


Figura 18. Rutas de menor costo entre parches más importantes.

Las rutas de probabilidad de conectividad nos muestran valores altos de probabilidad de conectividad en la región de la Costa, Sierra Madre del Sur y Faja Volcánica Transmexicana. Se observa baja probabilidad de conectividad entre la Sierra Madre del Sur y la Faja Volcánica en general (Figura 21).

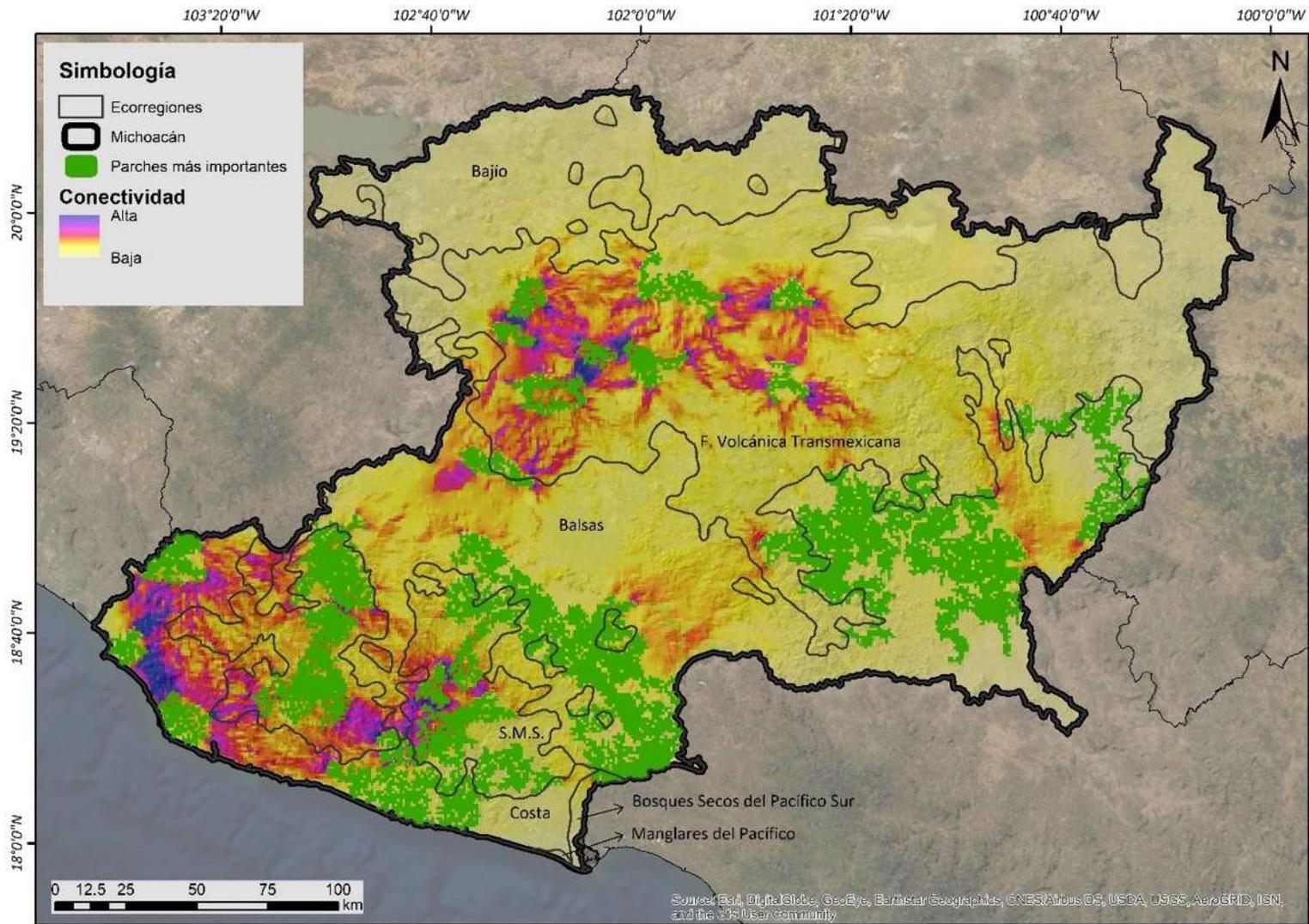


Figura 19. Rutas de probabilidad de conectividad entre parches más importantes.

Al sobreponer el modelo de rutas de menor costo con el de rutas de mayor probabilidad de conectividad se observa coincidencia en ellas por lo que se categorizó como zonas de paso (Figura 22). Las rutas de mayor probabilidad evitan los mayores obstáculos como lo son los cuerpos de agua y los asentamientos humanos.

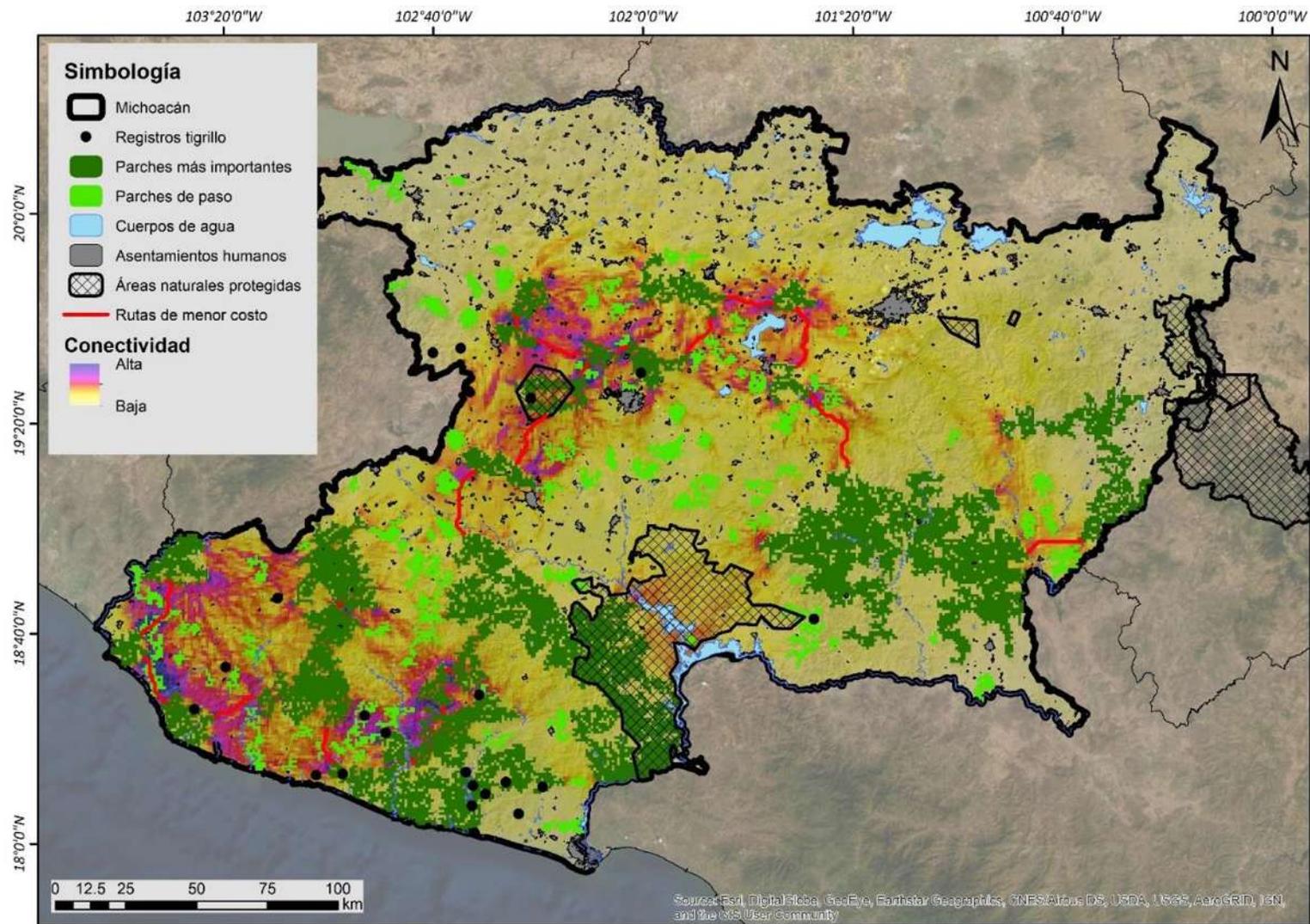


Figura 20. Conectividad en Michoacán.

DISCUSIÓN

Distribución potencial

El modelo de distribución potencial predice probabilidad alta de presencia en las ecorregiones de la Faja Volcánica Transmexicana, la Costa y la Sierra Madre del Sur, indicando que estas ecorregiones tienen las condiciones climáticas adecuadas para la supervivencia de la especie. El modelo en cambio nos muestra baja probabilidad de presencia en las regiones del Balsas y del Bajío, esto probablemente explicado por la que fue la variable más importante en la construcción del modelo, la precipitación del mes más seco, que nos estaría indicando que en estas regiones los niveles de precipitación en la temporada de secas son insuficientes para los requerimientos del tigrillo.

Las variables más importantes en la construcción del modelo (precipitación del mes más frío, isothermalidad y temperatura del trimestre más frío) difieren de las encontradas por otros autores (Charre-Medellín 2009, 2017, Espinoza et al. 2017, Martínez-Calderas et al. 2016), esto puede ser el resultado de la diferencia en número, dispersión y localización de los registros utilizados, la escala a la cual se realizó en modelo así como a la variables utilizadas para generar el modelo (Phillips et al. 2006). En el caso del estudio en Michoacán que abarca la región del Balsas, las variables más importantes resultaron el suelo, la elevación y la vegetación, todas estas son variables que no son climáticas, que no fueron consideradas en nuestro estudio. Además el número de registros utilizados en ese estudio fue de 211, mientras que en el nuestro fue de 358 registros.

El modelo de distribución potencial es confiable, tiene un valor de área bajo la curva de 0.96, superior a valores sugeridos como robustos y confiables 0.80 - 0.90 (Martínez-Calderas et al. 2016; Espinoza et al. 2017). El modelo, tiene también una baja tasa de omisión. Todos los registros de tigrillo coinciden con el área de predicción del modelo para Michoacán, por lo que podemos indicar cero omisiones del modelo con los registros de presencia observada.

El 90% de la superficie de los tipos de vegetación con los que se asocia al tigrillo en la bibliografía, coinciden con zonas donde el modelo de distribución potencial predice presencia de la especie. A excepción de la selva baja caducifolia de la cual solo 70% de su superficie coincide con zonas de presencia, explicándose por la casi inexistente cantidad de registros para la región del bajo balsas, donde la selva baja caducifolia ocurre en extremos más bajos de precipitación y muy árido (Mas et al. 2017), esta región fue casi excluida por completo del modelo de predicción debido a la baja precipitación que hay en la región en los meses más secos.

Conectividad

La resistencia que el paisaje ofrece al tigrillo en Michoacán es en su mayoría baja para las regiones la Costa, la Sierra Madre del Sur y áreas del Balsas que son las regiones donde se observa valores de resistencia más bajos. La resistencia más alta está asociada a cuerpos de agua y asentamientos humanos grandes.

La clasificación del hábitat al ajustarlo con el modelo de distribución y a los distritos fisiogeográficos muestra vegetación que podría servir al tigrillo de hábitat, sin embargo cuando se trata de conservación, uno de los mayores retos es la priorización, invertir recursos de mejor manera (Myers et al. 2000). Por esta razón se analizó la importancia de parches, para evaluar qué áreas aportan más en conectividad y centrar la atención en estos para asegurar hábitat para poblaciones de tigrillo en el estado. Actualmente, y como resultado de este análisis las áreas naturales protegidas del estado abarcan solo dos de los parches importantes para la conectividad de la especie, y estos corresponden con áreas de menor probabilidad de conectividad.

Con base a la bibliografía, aquellas áreas de valores altos de probabilidad de conectividad deben ser prioritarios para la conservación, ya que muestran rutas entre parches de hábitat que sirven para el moviendo de organismos facilitando el flujo génico (McRae et al. 2008). También en la mayoría de los casos se observa que las rutas de mayor probabilidad traslapan con las rutas de menor costo. En nuestra área de estudio observamos que las áreas con valores más altos de probabilidad de conectividad se encuentran en los municipios de Coahuayana, Aquila, Tumbiscatío, Los Reyes, Uruapan y Coeneo. Sin embargo estas regiones son de las que se consideran como focos principales de deforestación en el estado, en la región del centro del estado para dar paso a huertas de aguacate y en la región sierra-costa para dar paso a pastizales (Mas et al. 2009).

El modelo con el enfoque de teoría de circuitos coincide con los registros de tigrillo observados en Michoacán, y la mayoría de ellos se encuentra en los parches

seleccionados como hábitat primario o en zonas donde el modelo predice alta probabilidad de conectividad. Este resultado indica que la especie ocurre todavía en áreas con alta probabilidad de conectividad y mantiene movilidad.

Al noroeste, en los límites del estado se observa registros que no coinciden con parches de hábitat primario y zonas de alta probabilidad de conectividad. Esto debido probablemente un efecto de borde, ya que el análisis tomó en cuenta únicamente a parches en el interior del estado, por lo que mejorar la precisión del modelo implica incluir parches que se encuentren en los alrededores del estado.

DISCUSIÓN GENERAL

El tigrillo es quizá la especie de felino con mayor vulnerabilidad en el país y en el estado junto con el jaguar. Se le considera poco tolerante a la perturbación humana. Ante la situación de cambio de uso de suelo y deforestación que se vive actualmente en el estado de Michoacán, en donde los bosques nativos se están perdiendo de manera acelerada para dar paso a cultivos, aunado a que el tigrillo es una especie de hábitos arbóreos, la fragmentación de su hábitat podría poner en riesgo la subsistencia de la especie en el estado en un futuro cercano. Por esto resalta la urgencia de la aplicación de acciones para la conservación de esta especie.

Una de las limitantes para establecer medidas de conservación adecuadas es la falta de información detallada. El tigrillo es una de las especies de felinos menos estudiadas en América. Existen pocos estudios que nos revelen información detallada de su historia de vida, no se encontró ningún estudio que fuera especialmente enfocado a la reproducción de la especie, pocos estudios acerca de sus abundancias, densidades, rangos hogareños, refugios, lo cual deja entrever la necesidad de ampliar la información acerca de la especie en el estado.

Sin embargo, a pesar de la carencia de información detallada, lo recopilado de la historia de vida del tigrillo, como lo fue su distribución histórica y preferencias de hábitat que ayudaron a la construcción del modelo de distribución potencial o los tipos de vegetación en los que más se le suele encontrar y el estado de conservación de estos, así como sus rangos hogareños fueron valiosos para la delimitación de los parches de hábitat. De esta manera tanto el modelo de

distribución potencial como los modelos de conectividad se ajustaron de la mejor manera posible a las necesidades específicas del tigrillo.

Este estudio proporciona un diagnóstico del escenario actual de disponibilidad de hábitat con base a requerimientos, y además su potencial en función a necesidades y potencial de movilidad, destacando áreas relevantes para conservación de poblaciones y de los parches de vegetación que parecen actuar de conexión entre estos.

La investigación en el futuro debe examinar la abundancia poblacional, y como esta se relaciona con los resultados de los hábitats primarios, también debe ponerse a prueba la efectividad de estas áreas tanto como áreas de hábitat para poblaciones como aquellas para la dispersión.

BIBLIOGRAFIA

- Aguilar-Martínez, C y Arriaga, L. (2000). DEFORESTACIÓN Y FRAGMENTACIÓN DE ECOSISTEMAS: ¿QUÉ TAN GRAVE ES EL PROBLEMA EN MÉXICO? CONABIO. *Biodiversitas*, 30, 7–11.
- Alexander, J. L., Olimb, S. K., Bly, K. L. S., & Restani, M. (2016). Use of least-cost path analysis to identify potential movement corridors of swift foxes in Montana. *Journal of Mammalogy*, 97(3), 891–898.
- Almasieh, K., Kaboli, M., & Beier, P. (2016). Identifying habitat cores and corridors for the Iranian black bear in Iran. *Ursus*, 27(1), 18–30. Retrieved from <http://www.bioone.org/doi/10.2192/URSUS-D-15-00032.1>
- Almazán-Catalán, J. A., Sánchez-Hernández, C., Ruíz-Gutiérrez, F., Romero-Almaráz, M. de L., Taboada-Salgado, A., Beltrán-Sánchez, E., & Sánchez-Vázquez, L. (2013). Registros adicionales de felinos del estado de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84, 347–359.
- Aranda, M., Botello, F., & López-De Buen, L. (2012). Diversidad y datos reproductivos de mamíferos medianos y grandes en el bosque mesófilo de montaña de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco- Colima, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(3), 778–784.
- Aranda, M., & Valenzuela-Galván, D. (2015). Registro notable de margay (*Leopardus wiedii*) en el bosque mesófilo de montaña de Morelos, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86, 1110–1112.

Araya-Gamboa, D., & Salom-Pérez, R. (2015). Identificación de sitios de cruce de fauna en la ruta 415, en el “Paso del Jaguar”, Costa Rica. *Revista Infraestructura Vial*, 17(30), 5–12.

Ávila-Coria, R., Villavicencio-García, R., Muñiz-Castro, M. Á., & Treviño-Garza, E. (2015). CONECTIVIDAD DEL HÁBITAT FORESTAL DEL OCELOTE (*Leopardus pardalis*) EN LA SIERRA DE QUILA Y ZONAS ADYACENTES, ESTADO DE JALISCO, MÉXICO. Memorias de resúmenes en extensor SELPER-XXI-México-UACJ-2015 CONECTIVIDAD.

Ávila-Nájera, D. M., Chávez, C., Lazcano-Barrero, M. A., Pérez-Elizalde, S., & Alcántara-Carbajal, J. L. (2015). Estimación poblacional y conservación de felinos (Carnivora: Felidae) en el norte de Quintana Roo, México. *Revista de biología tropical*, 63(3), 799–813. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26666134>

Beier, P., Majka, D., & Spencer, W. (2007). Forks in the road: choices in GIS procedures for designing wildland linkages. *Conservation Biology*, (March), 1–22.

Benítez-Díaz, H., & Bellot-Rojas, M. (2003). Biodiversidad: Uso, Amenazas y Conservación. In Ó. Sánchez, E. Vega, E. Peters, & O. Monroy-Vilchis (Eds.), *Conservación de Ecosistemas Templados de Motaña en México*. México.

Bianchi, R. de C., Rosa, A. F., Gatti, A., & Mendes, S. L. (2011). Diet of margay, *Leopardus wiedii*, and jaguarundi, *Puma yagouaroundi*, (Carnivora: Felidae)

in Atlantic Rainforest, Brazil. *Zoología (Curitiba)*, 28(1), 127–132. Retrieved from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-46702011000100018&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Botello, F., Illoldi-Rangel, P., Linaje, M., & Sánchez-Cordero, V. (2006). Primer registro de *leopardus wiedii* y gato montés en la reserva de la biósfera de Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 22(1), 135–139.

Briones-Salas, M., Lavariega, M. C., & Lira-Torres, I. (2012). Distribución actual y potencial del jaguar (*Panthera onca*) en Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(1), 246–257.

Briones-Salas, M., Lira-Torres, I., Carrera-Treviño, R., & Sánchez-Rojas, G. (2016). Relative abundance and activity patterns of wild felids in Chimalapas rainforest, Oaxaca, Mexico. *Therya*, 7(1), 123–134. Retrieved from <http://132.248.10.25/therya/index.php/THERYA/article/view/320>

Canet, L., Finegan, B., Bouroncle, C., Gutiérrez, I., & Herrera, B. (2011). Metodología para la Evaluación de la Efectividad del Manejo de Corredores Biológicos. *Recursos Naturales y Ambiente*, 386(54), 51–58.

Carvajal-Villarreal, S., Caso, A., Downey, P., Moreno, A., Tewes, M. E., & Grassman, L. I. (2012). Spatial patterns of the margay (*Leopardus wiedii*; Felidae, Carnivora) at “El Cielo” Biosphere Reserve, Tamaulipas, Mexico. *Mammalia*, 76(3), 237–244. Retrieved from

<https://www.degruyter.com/view/j/mamm.2012.76.issue-3/mammalia-2011-0100/mammalia-2011-0100.xml>

Ceballos, G., & Oliva, G. (2005). Los mamíferos silvestres de México. (C. FCE, Ed.) (Primera.). México.

Charre-Medellín, J. F. (2009). Distribución y diversidad de mamíferos medianos y grandes en el municipio de Arteaga, Michoacán. Universidad Michoacán de San Nicolás de Hidalgo.

Charre-Medellín, J. F. (2012). Uso de manantiales por los mamíferos silvestres en bosques tropicales de Michoacán. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Charre-Medellín, J. F. (2017). Modelado De Abundancias Potenciales De Felinos. UMSNH.

Cinta-Magallón, C. C., Bonilla-Ruz, C. R., Alarcón-D, I., & Arroyo-Cabrales, J. (2012). Dos nuevos registros de margay (*Leopardus wiedii*) en Oaxaca, México, con datos sobre hábitos alimentarios. Cuadernos de Investigación UNED, 4(1), 33–40. Retrieved from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-46702011000100018&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Comisión Forestal del Estado de Michoacán. (2014). INVENTARIO ESTATAL FORESTAL Y DE SUELOS DE MICHOACÁN DE OCAMPO, (1), 376.

Correa-Ayram, Camilo A., Mendoza, M. E., Pérez-Salicrup, D. R., & López-Granados, E. (2014). Identifying potential conservation areas in the Cuitzeo

- Lake basin, Mexico by multitemporal analysis of landscape connectivity. *Journal for Nature Conservation*, 22(5), 424–435. Elsevier GmbH. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnc.2014.03.010>
- Correa-Ayram, Camilo Andrés, Mendoza, M. E., & Granados-López, E. (2014). Análisis del cambio en la conectividad estructural del paisaje (1975-2008) de la cuenca del lago Cuitzeo, Michoacán, México 1. *Revista de Geografía Norte Grande*, 59, 7–23.
- Crawshaw, P. G. (1995). *COMPARATIVE ECOLOGY OF OCELOT (Felis pardalis) AND JAGUAR (Panthera onca) IN A PROTECTED SUBTROPICAL*. University of Florida.
- Cuellar, E., Maffei, L., Arispe, R., & Noss, A. (2006). Geoffroy's cats at the northern limit of their range: Activity patterns and density estimates from camera trapping in Bolivian dry forests. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 41(3), 169–177.
- Cuervo-Robayo, A. P., & Monroy-Vilchis, O. (2012). Potential distribution of jaguar, *Panthera onca* (Carnivora : Felidae) in Guerrero , México: Persistence of areas for its conservation *Distribución potencial del jaguar Panthera onca (Carnivora: Felidae) en Guerrero, México: persistencia de zonas*, 60(3), 1357–1367.
- Decout, S., Manel, S., Miaud, C., & Luque, S. (2012). Integrative approach for landscape-based graph connectivity analysis: A case study with the

common frog (*Rana temporaria*) in human-dominated landscapes.

Landscape ecology, 27(2), 267–279.

Domínguez-Castellanos, Y., & Ceballos, G. (2005). UN REGISTRO NOTABLE DEL TIGRILLO (*Leopardus wiedii*) EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA CHAMELA-CUIXMALA, JALISCO. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 9, 146–149.

Dueñas-López, G., Rosas Rosas, O. C., Chapa-Vargas, L., Bender, L. C., Tarango-Arámbula, L. A., Martínez-Montoya, J. F., & Alcántara-Carbajal, J. L. (2015). Connectivity among jaguar populations in the Sierra Madre Oriental, México. *Therya*, 6(2), 449–468. Retrieved from <http://132.248.10.25/therya/index.php/THERYA/article/view/297>

Espinosa, C. C., Trigo, T. C., Tirelli, F. P., Da Silva, L. G., Eizirik, E., Queirolo, D., Mazim, F. D., et al. (2017). Geographic distribution modeling of the margay (*Leopardus wiedii*) and jaguarundi (*Puma yagouaroundi*): A comparative assessment. *Journal of Mammalogy*, 20(10), 1–11.

Farías, V., Téllez, O., Botello, F., Hernández, O., Berruecos, J., Olivares, S. J., & Hernández, J. C. (2015). *Revista Mexicana de Biodiversidad México*. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(4), 1065–1071. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2015.05.007>

Galindo-Aguilar, R. E., Pérez-Hernández, M. J., Reynoso-Santos, R., Rosas-Rosas, R., & González-Gervacio, C. (2019). Cambio de uso de suelo,

- fragmentación del paisaje y la conservación de *Leopardus pardalis*
Linnaeus, 1758. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(52).
- Goldman, E. A. (1943). The Races of the Ocelot and Margay in Middle America. *American Society of Mammalogists*, 24(3), 372–385. Retrieved from [http://www.beamreach.org/data/101/Science/processing/Kathryn/BEAMREACH/Papers/papers cited in rough proposal/anderson1987.pdf](http://www.beamreach.org/data/101/Science/processing/Kathryn/BEAMREACH/Papers/papers%20cited%20in%20rough%20proposal/anderson1987.pdf)
- González-Saucedo, Z. Y. (2011). CONECTIVIDAD FUNCIONAL PARA EL PUMA (*Puma concolor*). UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO.
- Haddad, N. M., Brudvig, L. A., Clobert, J., Davies, K. F., González, A., Holt, R. D., Lovejoy, T. E., et al. (2015). Supplementary Materials for Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth ' s ecosystems, (March), 1–10.
- Imbernon, J., Villacorta Monzón, J. L., Zelaya Flores, C. L., & Valle Aguirre, A. A. (2005). Fragmentación y conectividad del bosque en El Salvador: Aplicación al Corredor Biológico Mesoamericano. *Bois Et Forêts Des Tropiques*, 286(4), 15–28.
- INEGI. (2014). Conociendo Michoacán de Ocampo. Retrieved from www.inegi.org.mx/atencion.usuarios@inegi.org.mx
- INEGI. (2017). Anuario Estadístico y Geográfico de Michoacán de Ocampo. Retrieved from www.inegi.org.mx
- Kasper, C. B., Schneider, A., & Oliveira, T. G. (2016). Home range and density of three sympatric felids in the Southern Atlantic Forest, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 76(1), 228–232. Retrieved from

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842016000100228&lng=en&tlng=en

Khatibi, M., & Sheikholeslami, R. (2016). Ecological Niche Theory : A Brief Review. *The International Journal of Indian Psychology*, 3(2), 43–45.

Konecny, M. (1989). Movement Patterns and Food Habits of Four Sympatric Carnivore Species un Belize, Central America. *Advances in Neotropical Mammalogy*, 243–264.

de la Torre, J. A., Núñez, J. M., & Medellín, R. A. (2017). Habitat availability and connectivity for jaguars (*Panthera onca*) in the Southern Mayan Forest : Conservation priorities for a fragmented landscape. *Biological Conservation*, 206, 270–282. Elsevier Ltd. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2016.11.034>

Levey, D. J., Bolker, B. M., Tewksbury, J. J., Sargent, S., & Haddad, N. M. (2005). Effects of Landscape Corridors on Seed Dispersal by Birds. *Science*, 309(5731), 146–148.

Lugo, A. E., & Zimmerman, J. K. (2010). Ecología de la historia de vida. In J. A. Vozzo (Ed.), *Manual de Semillas de Árboles tropicales* (Departamen., pp. 199–224).

Martínez-Calderas, J. M., Hernández-Saintmartín, A. D., Rosas-Rosas, O. C., Palacio-Núñez, J., Villordo-Galván, J. A., & Olivera-Méndez, A. (2016). Potential distribution of margay (*Leopardus wiedii*, Schinz, 1821) in

Northeastern Mexico. *Therya*, 7(2), 241–255. Retrieved from
<http://132.248.10.25/therya/index.php/THERYA/article/view/360>

Mas, J.-F., Velázquez, A., & Couturier, S. (2009). La evaluación de los cambios de cobertura / uso del suelo en la República Mexicana. *Investigación Ambiental*, 1(1), 23–39.

Mas, J., Lemoine-Rodríguez, R., González-López, R., Piña-Garduño, A., & Herrera-Flores, E. (2017). Land use / land cover change detection combining automatic processing and visual interpretation. *European Journal of Remote Sensing*, 50(1), 626–635. Taylor & Francis. Retrieved from
<https://doi.org/10.1080/22797254.2017.1387505>

Maya, A. E., & Manent, M. B. (2017). La Cartografía de las Unidades Inferiores de la Regionalización Físico-Geográfica (RFG) de Michoacán. *Terra Digitalis*, 1(1), 1–10.

McRae, B. H., Dickson, B. G., Keitt, T. H., & Shah, V. B. (2008). USING CIRCUIT THEORY TO MODEL CONNECTIVITY IN ECOLOGY, EVOLUTION AND CONSERVATION. *Ecology*, 89(10), 2712–2724.

McRae, B. H., Dickson, B. G., Keitt, T. H., & Shah, V. B. (2008). Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution, and conservation. *Ecology*, 89(10), 2712–2724.

Merlos-Pérez, M. F. (2017). Distribución geográfica y ambiental del tigrillo (*Leopardus wiedii*) en bosques tropicales de Michoacán. UMSNH.

- Monterrubio-Rico, T. C., Charre-Medellín, J. F., Colín-Soto, C. Z., & León-Paniagua, L. (2014). LOS MAMÍFEROS DEL ESTADO DE MICHOACÁN. *Revista Mexicana de Mastozoología Nueva Época*, 4(2), 1–17.
- Monterrubio-Rico, T. C., Charre-Medellín, J. F., López-Ortiz, E. I. (2019), Wild felids in temperate forest remnants in an avocado plantation landscape in Michoacán, México.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *NATURE*, 403, 853–862.
- Oliveira, T. G. (1998). Mammalian Species, *Leopardus wiedii*. *American Society of Mammalogists*, (579), 1–6.
- Oliveira, T. G., Paviolo, A., Schipper, J., Bianchi, R. D. C., Payan, E., & Carvajal, S. V. (2015). *Leopardus wiedii*, *margay*. The IUCN Red List of Threatened Species, 8235.
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V. N., Underwood, E. C., D'amico, J. A., et al. (2001). Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. *BioScience*, 51(11), 933. Retrieved from <https://academic.oup.com/bioscience/article/51/11/933-938/227116>
- Pascual-Hortal, 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, 959–967.

- Pearson, R. G., Raxworthy, C. J., Nakamura, M., & Peterson, A. T. (2007). Predicting species distributions from small numbers of occurrence records : a test case using cryptic geckos in Madagascar, 102–117.
- Pérez-Irineo, G., & Santos-Moreno, A. (2016). Abundance and activity patterns of medium-sized felids (Felidae, Carnivora) In Southeastern Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 61(1), 33–39. Retrieved from <http://www.bioone.org/doi/10.1894/0038-4909-61.1.33>
- Pérez-Irineo, G., Santos-Moreno, A., & Hernández-Sánchez, A. (2017). Density and activity pattern of *Leopardus wiedii* and *Leopardus pardalis* in Sierra Norte of Oaxaca, Mexico. *Therya*, 8(3), 223–232. Retrieved from <http://132.248.10.25/therya/index.php/THERYA/article/view/487>
- Pérez-Mendoza, H. A., & Zúñiga-Vega, J. J. (2010). Las historias de vida y la teoría del continuo rápido-lento. *Ciencias*, (January 2010), 14–22.
- Peterson, A. T. (2001). Predicting Species' Geographic Distributions Based on Ecological Niche Modeling. *The Condor*, 103, 599–605.
- Peterson, A. T. (2003). Predicting the Geography of Species' Invasions via Ecological Niche Modeling. *The Quarterly Review of Biology*, 78(4), 419–433.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum modeling entropy of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190, 231–9.

- Phillips, S. J., Dudi'k, M., Dudi'k, D., Elith, J., Graham, C. H., Lehmann, A., Leathwick, J., et al. (2009). Sample selection bias and presence-only distribution models: implications for background and pseudo-absence data. *Ecological Applications*, 19(1), 181–197. Retrieved from <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1890/07-2153.1>
- Polechova, J., & Storch, D. (2008). Evolutionary Ecology | Ecological Niche. *Ohio Journal of Science*, 1088–1097.
- Rabinowitz, A., & Zeller, K. A. (2010). A range-wide model of landscape connectivity and conservation for the jaguar, *Panthera onca*. *Biological Conservation*, 143(4), 939–945. Elsevier Ltd. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2010.01.002>
- Rodríguez-Soto, C., Monroy-Vilchis, O., & Zarco-González, M. M. (2013). Corridors for jaguar (*Panthera onca*) in Mexico: Conservation strategies. *Journal for Nature Conservation*, 21(6), 438–443. Elsevier GmbH. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnc.2013.07.002>
- SEMARNAT. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. *Diario Oficial de la Federación*.
- Sunquist, M., & Sunquist, F. (2002). *Wild Cats of the World*. Chicago, USA: The University of Chicago Press, Chicago and London.
- Taylor, P. D., Fahrig, L., & With, K. (2006). LANDSCAPE CONNECTIVITY: A RETURN TO THE BASICS. In K. Crooks & M. Sanjayan (Eds.), *Connectivity Conservation* (Cambridge., pp. 29–43). Cambridge.

- UICN/SSC. (2013). Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations. Version 1.0. Gland, Suiza.
- UNEP-WCMC. (n.d.). The Check List of CITES Species Website. CITES Secretariat, Geneva, Switzerland. Compiled by UNEP-WCMC, Cambridge, UK. Retrieved November 4, 2018, from <http://checklist.cites.org/#/en>
- Vanderhoff, E. N., Hodge, A.-M., Arbogast, B. S., Nilsson, J., & Knowles, T. W. (2011). ABUNDANCE AND ACTIVITY PATTERNS OF THE MARGAY (*Leopardus wiedii*) AT MID-ELEVATION SITE IN THE EASTERN ANDS OF ECUADOR. *Mastozoología tropical*, 18(2), 271–279. Retrieved from <http://www.bioone.org/doi/10.1894/0038-4909-61.1.33>
- Villaseñor-Gómez, L. E. (2005). La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado. México.
- Wallace, R. B., Gómez, H., Porcel, Z. R., & Rumiz, D. (2010). Distribución, Ecología y Conservación de los mamíferos medianos y grandes de Bolivia (Centro de., pp. 55–73). Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- Zeller, K. A., Mcgarigal, K., & Whiteley, A. R. (2012). Estimating landscape resistance to movement: a review, 777–797.

APÉNDICE I. Hábitos alimenticios reportados para el tigrillo

Sitio	Mamíferos	Reptiles	Aves	Fuente
Brasil (Mata atlántica)	Didelphiomorpha	Lacertilia	• N.I.	Bianchi, Rosa, Gatti, & Mendes, 2011
	• <i>Gracilinanus microtarsus</i>	• N.I.		
	• <i>Marmosops incanus</i>	Squamata		
	• <i>Caluromys philander</i>	• N.I.		
	• <i>Monodelphis americana</i>			
	• <i>Micoureus demerarae</i>			
	Rodentia			
	• Echymidae			
	• Rodentia n.i			
	Lagomorpha			
	• <i>Sylvilagus brasiliensis</i>			
	Cingulata			
• <i>Dasypus sp.</i>				
México (Bosque mesófilo)	Soricomorpha	Squamata	Galliformes	Cinta- Magallón, Bonilla-Ruz, Alarcón-D, & Arroyo- Cabrales, 2012
	• <i>Cryptotis goldmani</i>	• <i>Mesaspis juarezi</i>	• <i>Ortalis vetula</i>	
	• <i>Cryptotis mexicana</i>	Lacertilia	Passeriformes	
	Rodentia	• <i>Sceloporus variabilis</i>	• <i>Aphelocoma coerulescens</i>	
	• <i>Sciurus aureogaster</i>	• <i>Sceloporus sp.</i>		
	• <i>Peromyscus maniculatus</i>			
	• <i>Peromyscus mexicanus</i>			

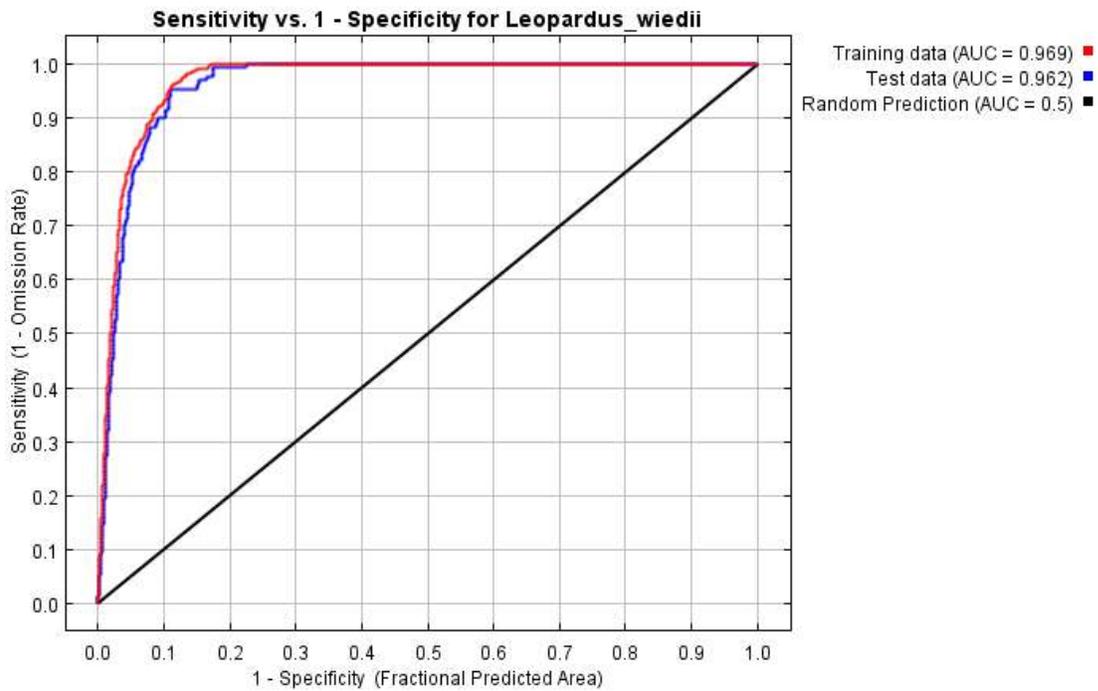
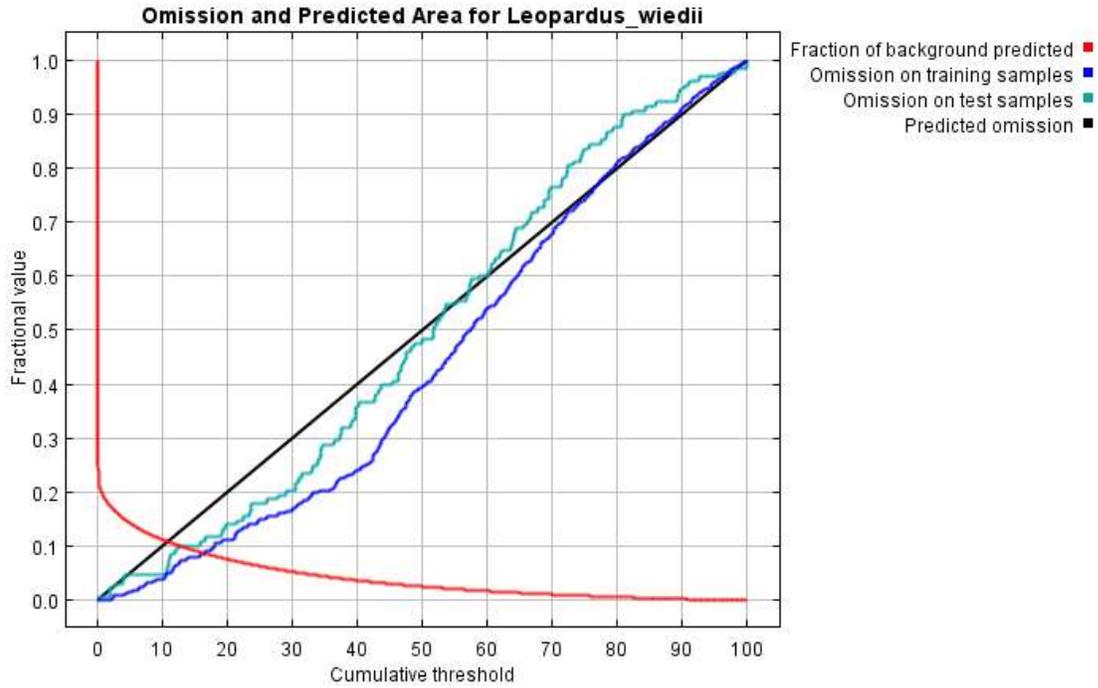
México **	Rodentia			Sunquist & Sunquist, 2002
	•N.I.			
	• <i>Agouti paca</i>			
	Lagomorpha			
	• <i>Sylvilagus sp.</i>			
Venezuela **	Rodentia			Sunquist & Sunquist, 2002
	• <i>Sciurus sp.</i>			
	• <i>Zygodontomys brevicauda</i>			
	• <i>Heteromys anomalus</i>			
Belice (Bosque tropical caducifolio)	Didelphiomorphia		•N.I.	Konecny, 1989
	• <i>Marmosa sp.</i>			
	Pilosa			
	• <i>Tamandua mexicana</i>			
	Cingulata			
	• <i>Dasypus novemcinctus</i>			
	Rodentia			
	• <i>Sciurus deppei</i>			
	• <i>Otodylomys phyllotis</i>			
	• <i>Reithrodontomys gracilis</i>			

APÉNDICE II. Número de coordenadas donde fue registrado el tigrillo por

ANP

Nombre ANP	No. Coordenadas
Benito Juárez	1
Bonampak	2
C.A.D.N.R. 043 Estado de Nayarit	2
Calakmul	6
Cañón del Río Blanco	1
Cañón del Sumidero	1
Chamela-Cuixmala	1
El Triunfo	5
La Sepultura	4
Lagunas de Montebello	1
Los Tuxtlas	4
Meseta de Cacaxtla	1
Montes Azules	1
Pico de Tancítaro	1
Selva El Ocote	1
Sierra de Manantlán	4
Sierra Gorda	1
Sierra Gorda de Guanajuato	1
Tehuacán-Cuicatlán	7
Volcán Nevado de Colima	1
Volcán Tacaná	1
Yaxchilán	1
Z.P.F. en los terrenos que se encuentran en los mpios. de La Concordia, Ángel Albino Corzo, Villa Flores y Jiquipilas	7

APÉNDICE III. Tasa de omisión y AUC del modelo de distribución potencial



APÉNDICE IV. Características de los parches de hábitat idóneo

<i>id</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>Vegetación</i>	<i>Municipio(s)</i>	<i>Ecorregión (es)</i>
1	7146.6	Selva baja caducifolia/veg primaria	La Piedad, Yurécuero	Bajío, FVT
2	2008.1	Selva baja caducifolia/veg primaria	Yurécuero, Ecuandureo	Bajío
3	4904.9	Selva baja caducifolia/veg primaria	Sahuayo, Cojumatlán, Venustiano Carranza	Bajío, FVT
4	7792.9	Bosque Pino encino/veg primaria	Tumbiscatío	SMS, Bajío
5	2191.4	Bosque Pino encino/veg primaria	Aquila, Coalcomán, Chiniquila	SMS, Costa
6	1055.1	Selva mediana caducifolia/veg primaria	Aquila, Chiniquila	Costa
7	3571.5	Selva baja caducifolia/veg primaria	Huetamo	Balsas
8	15919.4	Selva baja caducifolia/veg primaria	Aquila	Costa, SMS
9	5766.9	Bosque de pino/veg primaria	Coalcomán, Aquila, Tumbiscatío	SMS
10	1218.9	Selva mediana caducifolia/veg primaria	Aquila	SMS, Costa
11	2031.3	Selva mediana caducifolia/veg primaria	Aquila, Coalcomán, Arteaga	SMS
12	4060.8	Bosque de encino/veg primaria arbórea	Tumbiscatío, Arteaga, Coalcomán	SMS, Balsas
13	1381.3	Bosque Pino encino/veg primaria	Arteaga	SMS
14	1300.2	Selva mediana caducifolia/veg primaria	Aquila	SMS, Costa
15	1056.6	Selva mediana caducifolia/veg primaria	Aquila	SMS, Costa
16	2090.8	Selva baja caducifolia/veg primaria	Villamar, Pajacuarán, Chavinda	Bajío
17	1366.8	Selva baja caducifolia/veg primaria	Pajacuarán, Venustiano Carranza	Bajío
18	1688.5	Selva baja caducifolia/veg primaria	Chavinda, Pajacuarán	Bajío
19	1447.1	Selva baja caducifolia/veg primaria	Chavinda, Ixtlán, Pajacuarán	Bajío
20	975.4	Selva mediana caducifolia/veg primaria	Aquila	Costa

21	1382.3	Selva baja caducifolia/veg primaria	Lázaro Cárdenas	Costa, BSPS
22	3661.9	Selva baja caducifolia/veg primaria	Lázaro Cárdenas	BSPS, Costa
23	1139.2	Selva baja caducifolia/veg primaria	Lázaro Cárdenas	Costa
24	18661.6	Selva baja caducifolia/veg primaria	Zamora, Tangancícuaro, Tlazazalca, Churintzio, Ecuandureo	Bajío, FVT
25	1931.9	Selva baja caducifolia/veg primaria	Jacona, Tangancícuaro	FVT, Bajío
26	2655.5	Selva baja caducifolia/veg primaria	Purépero, Tlazazalca	FVT, Bajío
27	6192.9	Selva baja caducifolia/veg primaria	Tlazazalca, Churintzio, Penjamillo	FVT, Bajío
28	964.8	Bosque de encino/veg primaria arbórea	Puruándiro	FVT
29	1769.0	Bosque Pino encino/veg primaria	Epitacio Huerta, Jerécuaro	FVT
30	1528.2	Selva baja caducifolia/veg primaria	Villamar, Chavinda	Bajío
31	3862.2	Selva baja caducifolia/veg primaria	Tangamandapio, Chavinda, Jacona, Zamora	Bajío, FVT
32	1689.6	Bosque Pino encino/veg primaria	Contepec, Temascalcingo	FVT
33	1528.9	Selva baja caducifolia/veg primaria	Purépero, Tlazazalca, Zacapu	FVT, Bajío
34	7632.6	Selva baja caducifolia/veg primaria	Tanhuato, Ecuandureo, Ixtlán	Bajío
35	1207.0	Selva baja caducifolia/veg primaria	Tangamandapio, Villamar	Bajío
36	3059.2	Bosque de pino/veg primaria	Purépero, Chilchota, Tangancícuaro	FVT, Bajío
37	2253.5	Selva baja caducifolia/veg primaria	Tlazazalca, Tangancícuaro, Purépero	Bajío, FVT
38	965.7	Bosque Pino encino/veg primaria	Huaniqueo, Chucándiro, Morelos	FVT
39	3219.6	Bosque Pino encino/veg primaria	Zinapécuaro, Acámbaro	FVT
40	966.1	Selva baja caducifolia/veg primaria	Tangancícuaro, Jacona	FVT, Bajío
41	1288.1	Bosque Pino encino/veg primaria	Tangamandapio	Bajío, FVT
42	20625.3	Bosque Pino encino/veg primaria	Zacapu, Cherán, Nahuatzen, Purépero, Erongarícuaro, Chilchota	FVT

43	2012.9	Bosque Pino encino/veg primaria	Zacapu, Purépero	FVT
44	1690.9	Bosque Pino encino/veg primaria	Zacapu	FVT
45	51592.5	Bosque Pino encino/veg primaria	Hidalgo, Queréndaro, Zinapécuaro, Indaparapeo, Tzitzio, Tuxpan, Charo	Balsas, FVT
46	1210.7	Bosque Pino encino/veg primaria	Hidalgo	FVT
47	1533.4	Bosque Pino encino/veg primaria	Hidalgo	FVT
48	2744.6	Bosque Pino encino/veg primaria	Hidalgo, Tuzantla	FVT
49	1291.1	Bosque Pino encino/veg primaria	Hidalgo	FVT
50	1932.7	Bosque Pino encino/veg primaria	Zinapécuaro	FVT
51	1530.6	Bosque Pino encino/veg primaria	Hidalgo, Maravatío	FVT
52	1936.7	Bosque Pino encino/veg primaria	Hidalgo, Jungapeo, Tuxpan	FVT
53	3947.1	Bosque Pino encino/veg primaria	Tingüindin, Tangamandapio	FVT
54	2497.5	Bosque de pino/veg primaria	Tingüindin, Tocumbo	FVT
55	1124.5	Bosque Pino encino/veg primaria	Epitacio Huerta, Amealco	FVT
56	10476.0	Bosque de pino/veg primaria	Los Reyes, Tangancícuaro	FVT
57	2255.8	Bosque de pino/veg primaria	Chilchota, Cherán	F T
58	1530.7	Bosque Pino encino/veg primaria	Cotija	FVT
59	7655.4	Bosque Pino encino/veg primaria	Quiroga, Morelia, Coeneo	FVT
60	2417.6	Bosque de pino/veg primaria	Chilchota, Paracho, Charapan	FVT
61	5883.7	Bosque Pino encino/veg primaria	Senguio, Aporo, Tlalpujahuá, Angangué	FVT
62	4352.2	Bosque Pino encino/veg primaria	Cotija, Tocumbo	FVT
63	2418.0	Bosque de pino/veg primaria	Cherán, Paracho	FVT
64	3385.8	Bosque de pino/veg primaria	Tocumbo	FVT

65	1289.8	Bosque Pino encino/veg primaria	Charo	FVT
66	3777.7	Selva baja caducifolia/veg primaria	Churintzio, Ecuandureo	Bajío
67	1531.7	Bosque Pino encino/veg primaria	Erongarícuaro	FVT
68	967.6	Bosque Pino encino/veg primaria	Erongarícuaro	FVT
69	967.5	Bosque Pino encino/veg primaria	Charo	FVT
70	9517.9	Bosque Pino encino/veg primaria	Morelia, Madero, Tzitzio, Charo	FVT
71	6451.4	Bosque de pino/veg primaria	Los Reyes, Tocumbo, Uruapan	FVT
72	1290.1	Bosque Pino encino/veg primaria	Morelia, Lagunillas	FVT
73	4194.5	Bosque Pino encino/veg primaria	Erongarícuaro, Pátzcuaro, Tingambato, Nahuatzen	FVT
74	14443.0	Bosque de pino/veg primaria	Uruapan, Tingambato, Ziracuaretiro, Paracho	FVT
75	1290.4	Bosque de pino/veg primaria	Paracho, Uruapan	FVT
76	2259.0	Bosque Pino encino/veg primaria	Tingambato	FVT
77	6534.4	Bosque Pino encino/veg primaria	Uruapan, Charapan	FVT
78	4921.9	Bosque Pino encino/veg primaria	Zitácuaro, Ocampo	FVT
79	13480.6	Bosque Pino encino/veg primaria	Madero, Tzitzio	FVT
80	1446.5	Selva baja caducifolia/veg primaria	Penjamillo	Bajío
81	17357.5	Bosque de pino/veg primaria	Tancítaro, Nvo. Parangaricutiro, Peribán, Uruapan	FTV
82	2098.1	Bosque de pino/veg primaria	Uruapan	FVT
83	5007.8	Bosque Pino encino/veg primaria	Tacámbaro, Salvador Escalante	FVT
84	7506.7	Bosque Pino encino/veg primaria	Pátzcuaro, Salvador Escalante, Huiramba	FVT
85	1049.1	Bosque de pino/veg primaria	Pátzcuaro	FVT
86	3551.5	Bosque Pino encino/veg primaria	Pátzcuaro, Salvador Escalante	FVT

87	1856.5	Bosque Pino encino/veg primaria	Pátzcuaro ,Acuitzio, Huiramba, Morelia	FVT
88	968.7	Bosque de pino/veg primaria	Uruapan, Nvo. Parangaricutiro	FVT
89	3309.5	Bosque Pino encino/veg primaria	Madero, Acuitzio, Morelia	FVT
90	1210.8	Bosque de pino/veg primaria	Uruapan	FVT
91	1130.6	Bosque Pino encino/veg primaria	Tacámbaro	FVT
92	2745.2	Bosque Pino encino/veg primaria	Acuitzio, Tacámbaro	FVT
93	511765.7	Selva baja caducifolia/veg primaria	Huetamo, Tiquicheo, Carácuaro, Turicato, Tuzantla, Nocupétaro, San Lucas, Tzitzio, Jungapeo, Susupato, Tacámbaro, Zitácuaro, Juárez, Churumuco	Balsas
94	1053.2	Bosque de encino/veg primaria arbórea	Turicato, Churumuco	FVT, Balsas
95	1135.5	Selva baja caducifolia/veg primaria	Huetámo	FVT, Balsas
96	2170.1	Selva baja caducifolia/veg primaria	Zináparo, Churintzio	Bajío, FVT
97	968.8	Bosque Pino encino/veg primaria	Zitácuaro	FVT
98	4201.5	Bosque Pino encino/veg primaria	Susupato, Zitácuaro, Juárez	FVT
99	1938.1	Bosque Pino encino/veg primaria	Zitácuaro	FVT
100	3068.9	Bosque Pino encino/veg primaria	Taretan, Ziracuaretiro	FVT
101	13086.5	Bosque Pino encino/veg primaria	Madero, Tacámbaro	FVT
102	3636.1	Selva baja caducifolia/veg primaria	Buenavista	Balsas
103	1292.8	Bosque Pino encino/veg primaria	Tiquicheo, Madero	FVT
104	1777.7	Bosque Pino encino/veg primaria	Tiquicheo, Tzitzio	FVT
105	2020.1	Bosque Pino encino/veg primaria	Ario, Nvo. Urecho, Salvador Escalante	FVT
106	6061.3	Selva baja caducifolia/veg primaria	Nvo. Urecho, Gabriel Zamora, Taretan, Uruapan	Balsas, FVT
107	1373.8	Bosque Pino encino/veg primaria	Tancítaro	FVT

108	2667.2	Bosque Pino encino/veg primaria	Tancítaro, Apatzingán	FVT
109	1848.7	Selva baja caducifolia/veg primaria	Cojumatlán	Bajío
110	13905.3	Selva baja caducifolia/veg primaria	Buenavista, Apatzingán, Tancítaro	Balsas, FVT
111	2507.2	Selva baja caducifolia/veg primaria	Apatzingán, Parácuaro	Balsas, FVT
112	2182.4	Selva baja caducifolia/veg primaria	Uruapan, Gabriel Zamora, Parácuaro	FVT, Balsas
113	4284.9	Selva baja caducifolia/veg primaria	Gabriel Zamora	Balsas, FVT
114	2263.8	Bosque Pino encino/veg primaria	Tacámbaro, Turicato	FVT
115	5741.7	Selva baja caducifolia/veg primaria	Buenavista	Balsas
116	2991.9	Selva baja caducifolia/veg primaria	Parácuaro	Balsas, FVT
117	1213.5	Bosque Pino encino/veg primaria	Nvo. Urecho	FVT
118	2588.7	Bosque Pino encino/veg primaria	Nvo. Urecho, La Huacana	FVT, Balsas
119	1779.4	Bosque Pino encino/veg primaria	Ario	FVT
120	2749.4	Bosque Pino encino/veg primaria	Ario, Nvo. Urecho	FVT
121	1213.1	Selva baja caducifolia/veg primaria	Tepalcatepec	Balsas
122	1294.0	Bosque de encino/veg primaria arbórea	Turicato, Ario	FVT
123	1455.7	Bosque Pino encino/veg primaria	Ario, Turicato	FVT
124	1132.5	Bosque de encino/veg primaria arbórea	Ario, Turicato	FVT
125	2813.7	Selva baja caducifolia/veg primaria	Ecuandureo, Zamora, Ixtlán	Bajío
126	1375.7	Bosque de encino/veg primaria arbórea	Turicato, Ario	FVT, Balsas
127	1052.1	Bosque Pino encino/veg primaria	Ario, Turicato	FVT
128	1299.4	Selva baja caducifolia/veg primaria	Aquila, Coalcomán	Costa, SMS
129	2112.2	Selva baja caducifolia/veg primaria	Aquila	Costa

130	3007.2	Selva baja caducifolia/veg primaria	Aquila	Costa
131	60213.2	Bosque de pino/veg primaria	Coalcomán, Aquila, Aguililla	SMS, Costa
132	1543.5	Selva mediana caducifolia/veg primaria	Aquila, Coalcomán	SMS, Costa
133	45683.0	Bosque de pino/veg primaria	Coalcomán, Aguililla, Tepalcatepec	SMS, Balsas
134	971.6	Bosque de pino/veg primaria	Coalcomán	SMS, Balsas
135	4532.7	Selva baja caducifolia/veg primaria	Tepalcatepec	Balsas
136	1214.5	Selva baja caducifolia/veg primaria	Aguililla	Balsas
137	117551.6	Selva baja caducifolia/veg primaria	Arteaga, Lázaro Cárdenas, Tumbiscatío, Aquila	SMS, Costa
138	7151.2	Selva baja caducifolia/veg primaria	Aquila, Arteaga	Costa, SMS
139	4697.7	Bosque de encino/veg primaria arbórea	Aguililla	Balsas, SMS
140	2591.8	Bosque de encino/veg primaria arbórea	Aguililla, Apatzingán	SMS, Balsas
141	5511.8	Bosque Pino encino/veg primaria	Aguililla	SMS, Balsas
142	2106.3	Bosque de encino/veg primaria arbórea	Apatzingán, Aguililla	SMS, Balsas
143	219714.5	Selva baja caducifolia/veg primaria	Arteaga, Apatzingán, Tumbiscatío, La Huacana, Aguililla, Lázaro Cárdenas	Balsas, SMS, BPS, Costa
144	3804.0	Selva baja caducifolia/veg primaria	Aguililla, Apatzingán	Balsas
145	1136.5	Bosque Pino encino/veg primaria	Tumbiscatío	SMS
146	1543.7	Bosque de encino/veg primaria arbórea	Arteaga, Tumbiscatío	SMS
147	4061.5	Selva baja caducifolia/veg primaria	Arteaga	Balsas, SMS
148	971.4	Selva baja caducifolia/veg primaria	Aguililla	Balsas
149	1133.3	Selva baja caducifolia/veg primaria	La Huacana, Ario	Balsas, SMS
150	19355.6	Selva baja caducifolia/veg primaria	Chiniquila, Coahuayana	Costa
151	5347.8	Selva baja caducifolia/veg primaria	Coahuayana	Costa
152	2915.9	Bosque Pino encino/veg primaria	Coalcomán	SMS

153	6075.9	Selva baja caducifolia/veg primaria	Apatzingán, La Huacana, Tumbiscatío	Balsas
154	3647.8	Selva baja caducifolia/veg primaria	Churumuco, Turicato	Balsas, FVT
155	2026.7	Selva mediana caducifolia/veg primaria	Chiniquila, Coahuayana	Costa
156	2170.6	Selva baja caducifolia/veg primaria	Ecuandureo, Zamora	Bajío, FVT
157	4866.1	Selva mediana caducifolia/veg primaria	Aquila, Coahuayana, Chiniquila	Costa
158	8355.0	Selva mediana caducifolia/veg primaria	Aquila, Coahuayana	Costa
159	4301.5	Selva baja caducifolia/veg primaria	Aquila	Costa
160	1135.2	Bosque de pino/veg primaria	Chiniquila	SMS
161	1054.1	Bosque de pino/veg primaria	Chiniquila	SMS
162	2189.4	Bosque Pino encino/veg primaria	Aguililla	SMS, Balsas
163	2838.0	Selva baja caducifolia/veg primaria	Churumuco, Huetamo, Turicato	Balsas, FVT
164	3568.5	Bosque Pino encino/veg primaria	Aguililla, Tumbiscatío	SMS, Balsas
165	1217.0	Bosque de encino/veg primaria arbórea	Aguililla, Tumbiscatío	SMS, Balsas
166	2189.8	Selva baja caducifolia/veg primaria	San Lucas	Balsas
167	2433.7	Selva baja caducifolia/veg primaria	Coalcomán	Costa, SMS
168	1297.6	Selva baja caducifolia/veg primaria	Coalcomán, Chiniquila	SMS, COSTA
169	1054.3	Selva baja caducifolia/veg primaria	Churumuco	Balsas
170	3326.0	Selva baja caducifolia/veg primaria	Churumuco, Huetamo	Balsas, FVT
171	1541.0	Selva baja caducifolia/veg primaria	Churumuco	Balsas
172	1298.1	Selva baja caducifolia/veg primaria	Aquila	Costa