

# *El jaguar como elemento estratégico para la conservación*

Carlos Manterola, Dalia Amor Conde,  
Fernado Colchero, Antonio Rivera,  
Edmundo Huerta, Ana Soler  
Eugenia Pallares



Corredor Biológico Mesoamericano México  
Serie Acciones / Número 8



Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

# *El jaguar como elemento estratégico para la conservación*

---

Dalia Amor Conde, Fernando Colchero,  
Edmundo Huerta, Carlos Manterola,  
Eugenia Pallares, Antonio Rivera,  
Ana Soler

Serie Acciones / Número 8



## Colección Corredor Biológico Mesoamericano México

■ Conocimientos    ■ Acciones    ■ Diálogos

---

Para mayor información sobre éste y otros temas relacionados con el Corredor Biológico Mesoamericano México consultar [www.biodiversidad.gob.mx/cbmm](http://www.biodiversidad.gob.mx/cbmm)  
Las opiniones expresadas en este documento son responsabilidad de sus autores y pueden no coincidir con las de la CONABIO.

Coordinación editorial: ROSALBA BECERRA  
Revisión de textos: LUZ ELENA VARGAS  
Formación electrónica: BARBARA RAMIREZ  
Ilustración de portada: VÍCTOR SOLÍS  
Cuidado editorial: TRAZOS, CONSULTORÍA EDITORIAL

**Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad**  
Liga Periférico Insurgentes Sur 4903  
Col. Parques del Pedregal  
14010 Tlalpan, México, D.F.  
Tel. (55) 5004 5000 / (55) 5004 4939  
<[www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)> <[www.biodiversidad.gob.mx/cbmm](http://www.biodiversidad.gob.mx/cbmm)>

ISBN 978-607-7607-55-7

México, 2011

## PRESENTACIÓN

La Selva Maya, el segundo mayor macizo de bosque tropical en América, solamente después de la Amazonia, alberga, entre otras maravillas, la mayor población de jaguares de México. El jaguar de la Selva Maya ha sido un elemento importante en la cosmogonía de las antiguas culturas y en la vida de las comunidades rurales del área, con las que ha coexistido por siglos; sin embargo, en las últimas décadas esta amable relación ha cambiado.

Como otras especies del país, el jaguar enfrenta problemas para su conservación: es perseguido por distintos motivos y la fragmentación y pérdida de su hábitat reduce el espacio disponible para la especie y sus presas, además de otras amenazas, la mayoría de ellas de origen antropogénico. Los esfuerzos para reducir las amenazas para la conservación del jaguar deben estar basados en conocimiento científico de calidad. En la Selva Maya se ha generado conocimiento de gran relevancia sobre la ecología de la especie que, bien utilizado, permitirá desarrollar una estrategia sólida de conservación.

La difusión del conocimiento que se tiene del jaguar y su problemática en la región es fundamental para concientizar sobre el valor de tan emblemática especie y favorecer su conservación. En el presente libro, en forma amena, el equipo de *Jaguar Conservancy* sintetiza la información generada en años de estudios de la especie, para encontrar nuevas soluciones en los esfuerzos de conservación. Las propuestas y recomendaciones contenidas en este documento son una muestra del compromiso de la sociedad civil para mantener la riqueza biológica de México.

RODRIGO NUÑEZ



# CONTENIDO

Prólogo. Riqueza insospechada: la Selva Maya	7
Territorios del jaguar en la Selva Maya	15
Las comunidades de los corredores de la Selva Maya	37
Buscando la coexistencia	59
Amenazas y soluciones para el jaguar y su hábitat	65
Carreteras y corredores biológicos	73
Impactos de proyectos de infraestructura en la Selva Maya	83
Movimiento del jaguar y desarrollo de infraestructura	91
Restaurando la conectividad en los corredores de hábitat de jaguar	99
El jaguar: emblema de conservación regional	109
Colofón	113
Bibliografía	115



# PRÓLOGO

## Riqueza insospechada: la Selva Maya

*Se oye el pulso del mundo como nunca pálido*

*La tierra acaba de alumbrar un árbol*

V. HUIDOBRO

La naturaleza no es equitativa. Es bien sabido que la mayor parte de la riqueza natural que alberga la Tierra está concentrada en los trópicos. Mucho se ha hablado de esta riqueza, de la gran diversidad de especies que albergan los bosques tropicales: ocupan sólo 7% de la superficie del planeta y albergan entre 60% y 70% de la biodiversidad mundial, dos tercios de las especies terrestres en el planeta y más de la mitad de las 10 000 especies que se encuentran en peligro de extinción; sin embargo, su auténtica riqueza está aún por descubrirse, ya que sólo una mínima parte de sus especies ha sido descrita por la ciencia, y un gran número de sus especies ha desaparecido sin haber sido conocidas.

También se ha reconocido ampliamente el valor de estos ecosistemas, que, además de ser fundamentales para conservar la biodiversidad, pues funcionan como *bancos genéticos*, son elementos clave para el control de la variabilidad climática, la regulación de grandes cuencas hidrológicas y la atmósfera, y para generar y conservar suelo, además de ser fuente de una amplísima gama de productos y materias primas. Paradójicamente, el extraordinario capital natural de los bosques tropicales contrasta con las precarias condiciones de vida de sus comunidades humanas: millones de personas que viven con menos de un dólar al día y que dependen directamente de los bienes y servicios ambientales que los bosques proveen para su supervivencia.

Parecería incomprensible que la acción del hombre sobre uno de sus más importantes recursos haya hecho desaparecer más de la mitad de los bosques tropicales del mundo, y, aun en la actualidad, sean uno de los ecosistemas con la mayor tasa de deforestación en el planeta, misma que representa uno de los principales causantes del calentamiento global: se estima que 800 mil toneladas de CO<sub>2</sub> son liberadas anualmente debido a incendios provocados para convertir estos bosques en tierras con otros usos.

De allí la ineludible necesidad de conservar los bosques tropicales de Mesoamérica, donde se extiende el segundo macizo selvático en tamaño, de





América, después del complejo Orinoco-Amazonas: la Selva Maya, una gran ecorregión que, en conjunto con las lagunas costeras y arrecifes del Caribe, alberga una de las más grandes biodiversidades de la Tierra.

La Selva Maya ocupa una gran porción de los estados mexicanos de Chiapas, Campeche y Quintana Roo, del Petén Guatemalteco y la mayor parte del territorio de Belice. Es parte fundamental de la Ecorregión Terrestre Prioritaria (*Hotspot*) Mesoamérica, que ocupa el primer lugar en número de especies endémicas de reptiles, y el segundo lugar en endemismos de anfibios, aves y mamíferos a escala mundial.

Como prácticamente todos los bosques tropicales de México —que en pocas décadas vieron reducida su extensión de diez millones de hectáreas a menos de un millón y medio—, la Selva Maya ha sufrido el continuo despojo de su riqueza natural. Después de una gran sobreexplotación forestal, que afectó principalmente a ceibas, caobas, cedros y otras maderas preciosas, ha visto deteriorados y fragmentados sus suelos para dar paso a áreas de pastizal, potreros y cultivos de baja productividad. La falta de visión en el establecimiento de algunas políticas públicas y programas de desarrollo rural ha sido la causa de la destrucción de un patrimonio natural irremplazable y, lejos de brindar bienestar a las comunidades locales, ha provocado índices alarmantes de marginación social.

Debido al carácter irremplazable y de vulnerabilidad de su gran biodiversidad, la Selva Maya ha adquirido gran importancia regional y global, por lo que se han diseñado diversos mecanismos para su conservación. Uno de ellos es la iniciativa para la protección de los recursos naturales y el desarrollo sostenible en Centroamérica impulsada por el Banco Mundial: Corredor Biológico Mesoamericano, que plantea estrategias de conservación y uso sostenible de los recursos a fin de aumentar el área absoluta de distribución de las especies que lo habitan. Como parte de la caracterización de los recursos naturales a lo largo del corredor, el Banco Mundial impulsó la creación de mapas de los distintos ecosistemas que forman parte del Corredor Biológico Mesoamericano. Sin embargo, este proyecto no incluyó las áreas de dicho corredor que se encuentran en México.

No podemos dejar de lado la importancia de comprender la historia del uso de suelo de la región y su relación con la pérdida de la biodiversidad y la funcionalidad ecológica del corredor para el establecimiento de programas de conservación y recuperación de la Selva Maya de México, así como para el diseño de proyectos de desarrollo sostenible para las comunidades que lo habi-



tan. En el caso de la Reserva de la Biosfera Calakmul y sus alrededores, área en la que se centra la atención en este trabajo, aún con los esfuerzos locales por modelar la deforestación y su relación con la historia reciente de uso del suelo, persiste la necesidad de contar con datos puntuales acerca de los efectos de los cambios de uso de suelo en la pérdida de la biodiversidad de la zona, así como del grado de fragmentación del ecosistema, dentro de una perspectiva integral de todas las áreas del corredor, en particular, la que comprende el corredor Sian Ka'an-Calakmul.

Por ello, el primer proyecto desarrollado por miembros de la actual Jaguar Conservancy fue un estudio espacial a mayor escala, que cubría las áreas propuestas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) para el diseño de corredores biológicos y planes de desarrollo sostenibles. El diseño de modelos espaciales sobre el estado de conservación del hábitat en esta escala de análisis, útiles para comprender los efectos del cambio del uso de suelo en las selvas, implicó identificar y utilizar especies



Foto: James Lawrence



indicadoras, como el jaguar. Esta especie se ha descrito como idónea para evaluar el impacto en las selvas donde habita, así como para planear el tamaño de reservas biológicas. Así, el jaguar marcó la pauta para evaluar la factibilidad de usar el corredor Sian Ka'an-Calakmul como estrategia medular para la conservación de las selvas de Campeche y Quintana Roo.

### ¿Por qué el jaguar?

El jaguar, el mayor felino del continente americano, tiene un alto valor cultural, es una de las especies más emblemáticas del mundo y, sin lugar a dudas, la más carismática de los bosques tropicales americanos. La palabra “jaguar” proviene de un idioma nativo de Sudamérica. El término original, *yaguara*, significa “la bestia que puede matar a su presa en un solo ataque”. En Mesoamérica se le conoció antiguamente como balam, ocelot; actualmente, se le conoce como *tigre* o *pinto* en las comunidades rurales.

De los miembros de la familia de los grandes felinos que habitan en el continente americano, era, hasta hace poco, uno de los menos estudiados. Su pelaje de color café amarilloso con manchas negras, llamadas rosetas, tiene un patrón único en cada individuo, que lo distingue de los demás, a manera de huella digital.



Foto: Denise Rocco



De hábitos nocturnos y crepusculares, los jaguares son cazadores poderosos, con los sentidos del olfato y oído muy agudos; sus colmillos son relativamente más grandes que los de otros felinos de similar tamaño. El jaguar generalmente mata a su presa mordidiéndole la parte posterior de la cabeza; la fuerza de su mordida es también superior a la de algunos de sus parientes, poco más de una vez y media que la del puma, por ejemplo. El jaguar es oportunista y su dieta es muy variada; está compuesta de mamíferos, incluyendo pecaríes, tapires, monos araña, venados, y de tortugas, ranas y peces. Caza durante las horas del amanecer y el atardecer, y es muy activo durante la noche. Estos rasgos, sumados al sigilo con que se mueve, hacen que sea extremadamente difícil observarlo en forma directa.

Los jaguares son solitarios y territoriales, con excepción de la temporada reproductiva. Usualmente las madres tienen de uno a dos cachorros después de un período de gestación de unos cien días. Los pequeños permanecen con su madre hasta que pueden mantenerse por sí mismos, alrededor de los tres años.

En México, el jaguar habitaba desde los bosques tropicales del sur de México hasta la desembocadura del río Bravo en el Golfo de México, así como las serranías de Sonora en la Sierra Madre Occidental de la costa del Pacífico. Actualmente, la Selva Maya alberga la mayor población de jaguares de Mesoamérica, pero, al igual que las selvas que constituyen su hábitat más importante, la especie ha perdido muchos de sus territorios en México, lo que ha llevado a considerarlo en peligro de extinción, según la legislación ambiental vigente.

La sobrevivencia del jaguar depende esencialmente de la permanencia de grandes extensiones de hábitat conectado, abundancia de presas silvestres y un estricto control de las actividades humanas que ejercen presión directa contra individuos de la especie, como el tráfico ilegal y la cacería de represalia. Las ventajas de utilizar a la especie como elemento central de proyectos de conservación son diversas y están fundamentadas en sus características:

## Valor ecológico

### *Especie clave*

Como depredadores, son claves en el equilibrio de los ecosistemas, no sólo por la presión que ejercen extrayendo individuos del sistema, sino también porque condicionan el comportamiento de las presas. Cuando los grandes depredadores desaparecen, comienza la actuación de fenómenos en cadena que desesta-



bilizan los ecosistemas y los puede llevar al deterioro. Elegir a depredadores máximos en estrategias de conservación tiene la ventaja de que se incluye, bajo diversos esfuerzos orientados a la conservación de una especie particular, a muchas otras que representan peldaños tróficos —directos e indirectos—, que llevan hasta la cúspide energética, representada por el depredador máximo.

### *Especie paraguas*

El jaguar tiene amplios ámbitos hogareños: un macho adulto en la selva de Quintana Roo puede utilizar en un año un área de más de 90 km<sup>2</sup>. Es por esto que el jaguar necesita grandes áreas de hábitat para mantener una población viable, y en este sentido puede ser utilizado como especie paraguas, ya que al proteger las grandes extensiones de hábitat que requiere esta especie, se benefician también muchas otras especies con requerimientos espaciales menores.

El “efecto paraguas” del jaguar significa que las actividades que se desarrollen para su conservación deberán incluir necesariamente las que directamente garanticen la salud del ecosistema: presencia sana, abundante y diversa de los herbívoros que son su presa y, por tanto, también de las plantas de las que se alimentan estos herbívoros. Al conservar esta especie en vida libre, conservando su hábitat en buen estado, se beneficia una gran diversidad de seres vivos con los que coexiste.

### *Especie indicadora*

Aun cuando muchos investigadores cuestionan el papel del jaguar como especie indicadora, los estudios que hemos llevado a cabo revelan que la presencia de una población viable de jaguares es un indicador del buen estado de salud del ecosistema, ya que hace evidente la existencia de presas suficientes para mantener la población de depredadores. Un ecosistema íntegro, con capacidad de brindar múltiples servicios ambientales a largo plazo, es aquél que puede mantener viables sus poblaciones de depredadores.

Los requerimientos del jaguar (extensiones considerables con cobertura vegetal natural adecuada, incluyendo parches densos; buena conectividad entre los parches; existencia de presas adecuadas en tipo, calidad y cantidad del agua y disponibilidad; relaciones mínimas o cuando menos no conflictivas con las actividades humanas) hacen de su presencia un buen indicador del estado de salud del ecosistema. Esto permite utilizarlo como indicador del estado de



conservación de áreas con vegetación nativa y como guía para la identificación de posibles corredores biológicos prioritarios.

### *Valor como especie carismática y emblemática*

El jaguar reúne una serie de cualidades estéticas sumamente valoradas por el hombre. La armonía y el equilibrio, así como la elegancia y plasticidad de sus movimientos y sus formas producen un efecto estético de poderosa belleza. Esto ha permitido aprovechar al jaguar para abordar aspectos sociales y dar impulso a actividades productivas alternas o adicionales, como el desarrollo de proyectos ecoturísticos y otras posibilidades de desarrollo sustentable. Por otra parte, su característica de especie emblemática de sus ecosistemas promueve diversas acciones apoyadas en la imagen de la especie, al utilizarla como bandera y motivo de orgullo local.

### *Valor cultural*

Pocas especies animales han tenido en México tanta importancia cultural e histórica como el jaguar. Personaje central de cosmogonías, rituales, cultos, mitologías y manifestaciones artísticas y religiosas, el jaguar es una pieza clave del mundo prehispánico y forma parte esencial de nuestras raíces culturales. El privilegio de contar con una especie llena de significado mítico e histórico promueve un sentimiento de unidad regional, que puede dar cohesión a las interacciones de los lugareños con la diversidad biológica.

Celebración del Pochó, en Chiapas; los jaguares representan protección contra las fuerzas de la oscuridad.

Foto Jesús López





Todas estas características hacen del jaguar una herramienta de conservación, que brinda información sobre los cambios de hábitat, la disponibilidad de presas, los cuerpos de agua, la funcionalidad de los corredores, así como de las principales amenazas que enfrenta la especie y su hábitat, especialmente en el área del Corredor Biológico, que presenta una de las mayores densidades de población de jaguares en el norte de Mesoamérica. Por ello, los proyectos diseñados para la conservación de la especie tienen una gran incidencia sobre la conservación de la biodiversidad en general y del hábitat del jaguar en particular.

De hecho, el jaguar es una de las especies “emblemática y paraguas” (*flagship umbrella*) dentro de la propuesta del Programa *Wildlife Premium Market+Redd*, presentado por el Banco Mundial en 2010. Este programa tiene como meta detener la pérdida continua de especies de la biodiversidad global en los bosques tropicales, crear esquemas de pago para mejorar el nivel de vida de las comunidades rurales pobres que viven cerca de áreas de alta biodiversidad, y ofrecer una fuente de ingresos adicional al mercado de carbono, al considerar el mayor valor funcional de los ecosistemas con vida silvestre intacta (Dinerstein *et al.* 2010).

CARLOS MANTEROLA



## TERRITORIOS DEL JAGUAR EN LA SELVA MAYA

*Dalia Amor Conde, Fernando Colchero*

*Tres saludos cuando cae mi palabra en la  
mano derecha del gran Dios de la Lluvia  
y en la mano del Gran Jaguar*

ORACIONES DE QUINTANA ROO

Enclavado en los estados de Campeche y Quintana Roo, donde se ubican la Reserva de la Biosfera Calakmul y la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, respectivamente, en una de las zonas con mayor biodiversidad a escala mundial, el corredor Sian Ka'an-Calakmul ha sido propuesto como la principal iniciativa para mantener la conectividad entre dichas reservas, así como la funcionalidad ecológica en la región.

El hábitat del jaguar en esta región se encuentra inmerso en un paisaje donde coexisten diferentes tipos de propiedad —ejidal, comunal, pequeños propietarios—, incluyendo un porcentaje de áreas protegidas que han sido declaradas en las últimas décadas. Las dotaciones de tierra de los ejidos dentro del corredor son diferentes en cada uno de ellos; la mayoría cuenta con reservas ejidales como áreas de conservación de recursos forestales. En algunos casos, tanto en Calakmul como en Sian Ka'an, hay ejidos forestales con amplias ex-



Reserva de la  
Biosfera Calakmul.

Foto: James Lawrence



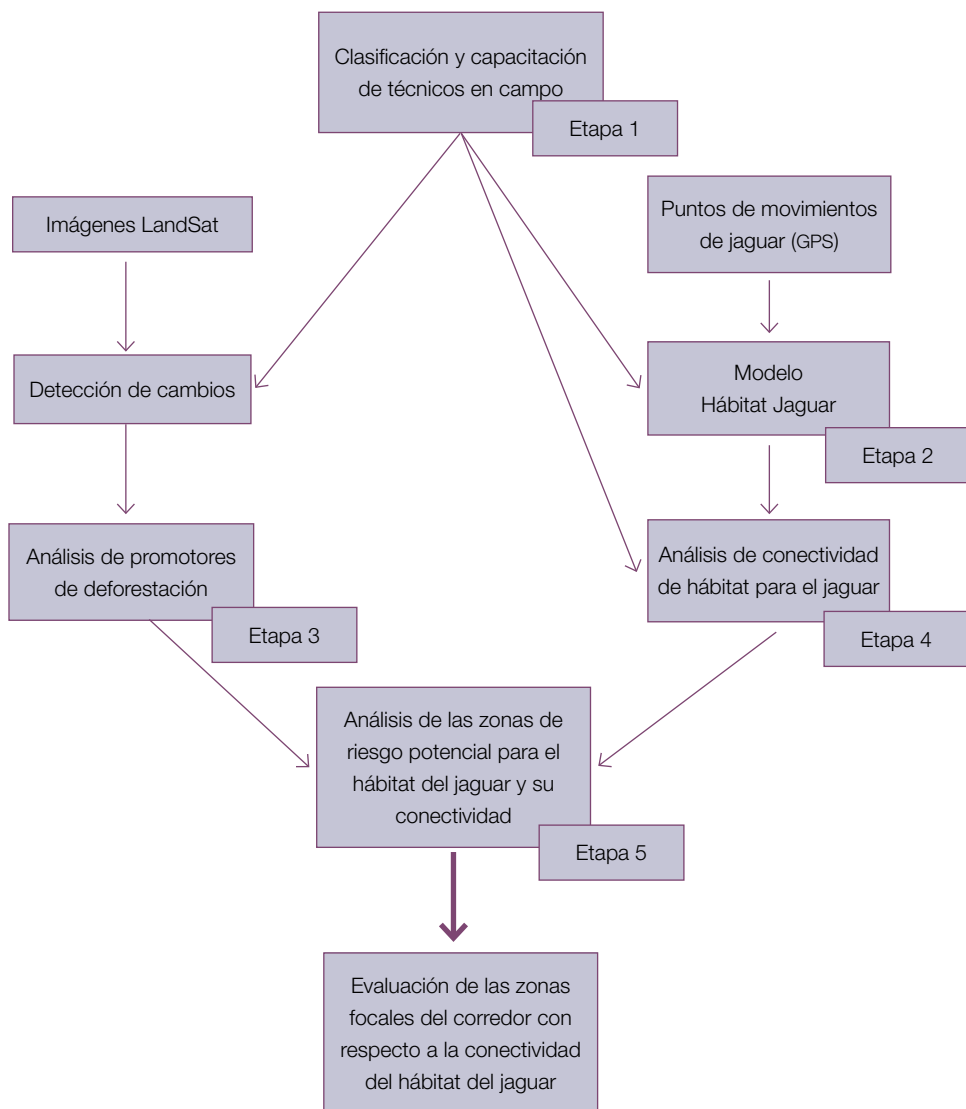


tensiones (entre 20 000 y 85 000 ha), lo que permite la permanencia de macizos forestales fuera de las áreas naturales protegidas.

Debido a la extensión del corredor Sian Ka'an-Calakmul, y a la importancia que la zona tiene en términos tanto biológicos como sociales, en 2006 se diseñó un proyecto con el objetivo de hacer un análisis integral sobre el estado de conservación de la Selva Maya de la península de Yucatán, utilizando al jaguar como especie indicadora y paraguas. La meta de este proyecto fue elaborar un análisis espacial que permitiera establecer estrategias de conservación concretas para la protección y el manejo sustentable de las áreas de la Selva Maya que componen el corredor, así como evaluar el efecto de las actividades de explotación mediante la reconstrucción de lo ocurrido durante los últimos veinte años en términos de las actividades agropecuarias traducidas en cambios en el uso del suelo. El jaguar fue el punto de partida para diseñar una estrategia medular para la conservación de la Selva Maya de Campeche y Quintana Roo.

Este proyecto incluyó: evaluación de vegetación y uso de suelo, generación de un modelo de hábitat potencial del jaguar, análisis del efecto de la explotación agrícola y ganadera en la cobertura forestal, identificación de los principales promotores de deforestación, grado de fragmentación, vías de conectividad para la especie, relación espacial y temporal entre los cambios de uso de suelo y el hábitat potencial para el jaguar, un modelo de predicción de áreas de riesgo potencial para el hábitat del jaguar, grado y tasa de deforestación, y el efecto en la pérdida de hábitat para especies como el jaguar.

El resultado de este estudio se ha convertido en un instrumento para el diseño de programas de conservación y desarrollo sustentable en la zona del corredor; así como para el establecimiento de áreas prioritarias de conservación con el objetivo de mantener la conectividad entre el corredor y las áreas naturales protegidas de la región. El proyecto se llevó a cabo en cinco etapas, que se ilustran en la figura 1.



**Figura 1.** Diagrama de flujo de las distintas etapas del proyecto.



## Etapa I. Clasificación supervisada de las imágenes satelitales (LandSat<sup>1</sup>)

Para realizar la clasificación supervisada y tener una mejor comprensión de la distribución espacial de los grupos espectrales sobre las imágenes, se realizaron dos muestreos en campo. Antes de los muestreos, se hizo una clasificación no supervisada, a fin de entender mejor la distribución de asociaciones vegetales para la planeación del muestreo en campo.

En las actividades de muestreo se obtuvieron puntos de verificación para distintos tipos de uso de suelo y vegetación. Durante la primera prospección, se identificó el tipo de vegetación con base en la clasificación aplicada al proyecto, se registraron las especies de árboles presentes alrededor del punto (aquéllas que dominaban), el grado de perturbación, la presencia de guanos y lianas, se hizo una descripción general y se registraron comentarios sobre el tipo de uso. Por último, se tomaron tres fotografías digitales por punto como referencia.



Actividades durante  
el muestreo de campo.

Foto: Fernando Colchero

<sup>1</sup> Los LandSat son una serie de satélites construidos y puestos en órbita por Estados Unidos para la observación en alta resolución de la superficie terrestre.



Para poder trazar un mapa de vegetación de la región que fuera útil para conocer la fragmentación del hábitat del jaguar, partimos de los requerimientos del hábitat a los que llegamos en los análisis que habíamos hecho antes. El ejercicio hizo evidente la necesidad de cubrir la mayor área posible, enfatizando la descripción del grado de impacto en la vegetación. Por esta razón, el método de muestreo utilizado fue extensivo, lo que nos permitió reducir el tiempo para tomar los puntos de corroboración de la vegetación y obtener un mayor número de puntos por clase; así como contar con un mayor número de puntos que identificaran de manera general los tipos de vegetación y uso del suelo y cubrir áreas con distintas características espectrales para la totalidad de las zonas focales del corredor.

Las actividades de muestreo constituyen oportunidades de capacitación para pobladores locales y otros integrantes del equipo de trabajo. En esta ocasión se capacitó como técnicos de campo a dos jóvenes ejidatarios del Ejido Caobas, Quintana Roo. El entrenamiento versó sobre lectura de mapas, manejo de brújula y de GPS, caracterización de la vegetación y uso del suelo, y se les enseñó la captura de jaguares utilizando perros de rastreo, capacitación impartida por Antonio Rivera. Igualmente se brindó capacitación a dos estudiantes de Ecosur y a un estudiante de maestría del Instituto de Ecología de la UNAM en modelado del hábitat del jaguar y en técnicas de percepción remota y uso de sistemas de información geográfica.

La clasificación supervisada se realizó con base en los puntos de muestreo en campo. Diez por ciento de los puntos de campo se utilizaron para la clasificación y el resto para su validación. Debido a que cada una de las imágenes fue clasificada de manera independiente, no fue necesario hacer corrección atmosférica.

El resultado de la clasificación supervisada se presenta en el cuadro 1 y la figura 2. Se establecieron nueve categorías de vegetación y uso de suelo, y dado que las diferencias entre los tipos de selva no resultan relevantes

Cuadro 1. **Categorías de vegetación y uso de suelo**

Número	Clases
1	Selva
2	Pastizal natural
3	Bajo
4	Manglar
5	Marismas costeras y humedales
6	Vegetación secundaria
7	Uso agrícola, pecuario y forestal
8	Suelo descubierto
9	Agua



para el jaguar, colapsamos todas las clases de selva, con excepción de los bajos, en una sola categoría: *Selva*.

Nos enfocamos en distinguir dos tipos de vegetación, según el impacto: vegetación secundaria y vegetación conservada, así como distintos tipos de uso de suelo: agricultura y ganadería, y poblados. El total de 545 puntos de los dos muestreos de campo se clasificaron en función del tipo de vegetación o del uso de suelo que los caracterizaba.

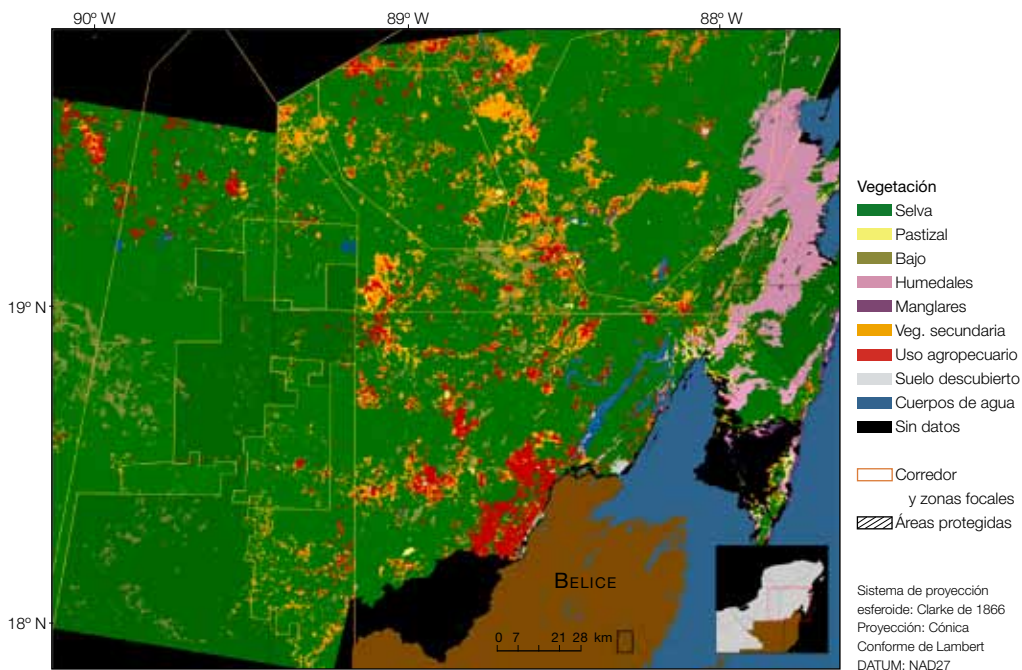


Selva (arriba)  
y uso agrícola  
(abajo).

Fotos: Dalia Amor Conde



Tala para uso agrícola (izquierda) y poblado (derecha). Fotos: Dalia Amor Conde



**Figura 2.** Mapa de vegetación obtenido para toda el área de estudio a partir del análisis de percepción remota de imágenes de satélite.





## Etapa II. Modelo de hábitat potencial para el jaguar

Durante la segunda etapa del proyecto se realizó el modelo de hábitat potencial del jaguar en la región, a partir de 620 puntos de GPS en los que se registraron los movimientos de cuatro jaguares, capturados en el Ejido Caobas, Quintana Roo.

Estos datos de movimiento se obtuvieron por medio de collares colocados en los jaguares; los collares toman una lectura cada tres días y cinco lecturas durante el quinceavo día de cada mes. Cada año, los jaguares son recapturados



Captura y colocación de collares.  
Foto: Denise Rocco



para recuperar la información de los collares y se les coloca un nuevo collar con una batería completamente cargada.

Cada ciclo comprende un año, entre la captura inicial y la recaptura para la recuperación de los datos. Para formular, implementar y verificar el modelo del hábitat del jaguar, seleccionamos al azar 50% de los puntos (310) en los que registramos los movimientos de los cuatro jaguares, mientras que los 310 puntos restantes se utilizaron para validar el modelo.

Se utilizaron dos tipos de variables en el diseño del modelo: A) Variables descriptivas de tipo numérico, que incluyeron *distancia a las carreteras* y *distancia a los poblados*, y B) Variables categóricas, que incluían las categorías de vegetación de la clasificación previamente descrita; para cada una de estas variables se generó una matriz de datos, denominada técnicamente *grid*.

Asimismo, creamos un *grid* de puntos aleatorios y posteriormente hicimos un muestreo de las variables ambientales para ambos puntos (tanto de los jaguares como aleatorios). De esta manera, creamos una tabla con una primera columna para la variable dependiente (i.e. jaguares vs. aleatorios) y tres columnas para las variables descriptivas (independientes). La tabla resultante se importó en el programa SPLUS<sup>2</sup> para crear una función ramificada tipo árbol. A partir de esto, creamos un modelo tipo CART (Classification and Regression Trees<sup>3</sup>) para el hábitat del jaguar.

A partir de los resultados del modelo, graficamos la desviación como una función del número de ramas en el árbol. Utilizando estos resultados, verificamos el árbol resultante y lo podemos con base en los puntos mal clasificados y la relación entre la desviación y el tamaño del árbol. El árbol resultante (figura 3) fue la base para obtener el modelo potencial del hábitat del jaguar. Para crear el modelo, escribimos un código condicional (script DOCELL), que se lee en ArcInfo, en el que incorporamos todas las variables que describen la presencia de la especie en un solo *grid*.

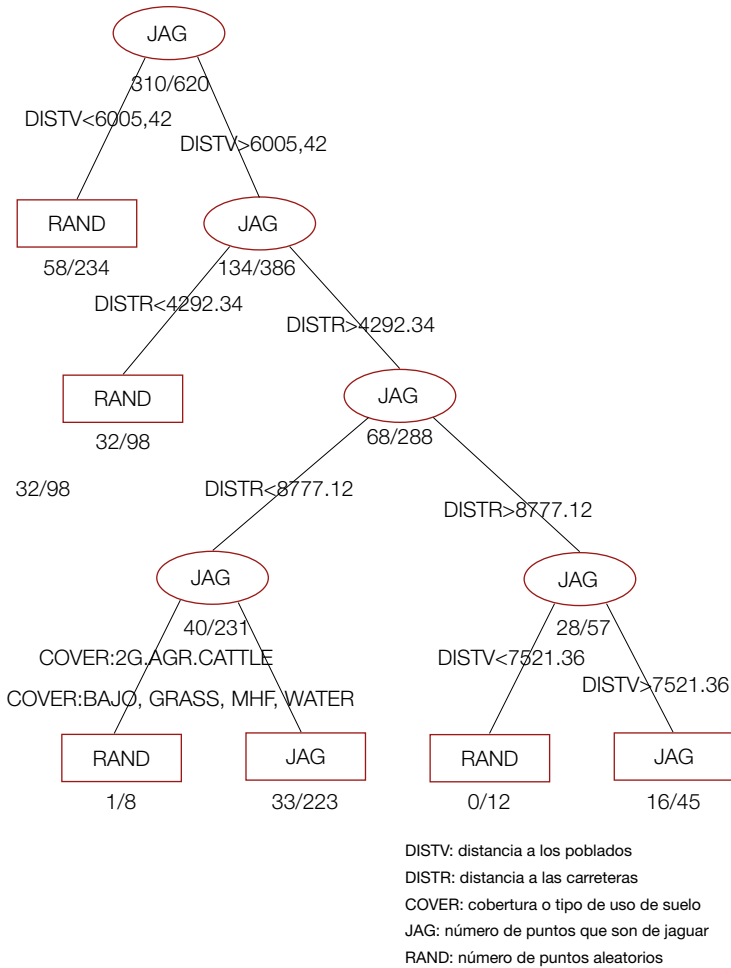
El modelo se verificó comparando la proporción de puntos de validación que coincidieron con el modelo, con el número de puntos del modelo que fueron clasificados correctamente. Nuestros resultados muestran que el modelo puede predecir el hábitat del jaguar con una confianza de alrededor de 70%.

---

<sup>2</sup> Programa interactivo para análisis estadístico y gráfico.

<sup>3</sup> Este sistema automáticamente tamiza bases de datos grandes y complejas, aislando patrones y relaciones significativas.





**Figura 3.** Árbol podado para el modelo de jaguar, obtenido a partir del análisis tipo CART.

Las variables predictivas que resultaron de este árbol son:

Distancia a los poblados: mayor a 6 km

Distancia a las carreteras: mayor a 4.3 km

Tipos de vegetación: selva baja, selva mediana, pastizales y agua



Mucho se ha discutido acerca del papel que los grandes depredadores tienen como especies paraguas e, inclusive, indicadoras. Sin embargo, las evidencias que apoyan estas tesis son pocas. Nuestro análisis de uso del hábitat del jaguar muestra que, al menos para la Selva Maya de la península de Yucatán, los jaguares se encuentran limitados por la calidad de la selva y por las actividades humanas (figura 4).

Al comparar estos resultados con estudios realizados por la doctora Sophie Calmé del Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), en Quintana Roo, sobre el impacto que las comunidades ejidales tienen sobre la fauna silvestre, encontramos una sorprendente coincidencia: el radio de impacto de los poblados en la zona sobre la fauna es de 6 km, el cual coincide con nuestros resultados de la distancia a la que los jaguares los evitan. Este dato no sólo resalta la sensibilidad de la especie al ser humano, sino que además pone en evidencia el que el jaguar parece haber entrado en competencia con los cazadores locales, en las zonas con alta concentración de poblados.

En cuanto al nivel de fragmentación del hábitat de la especie, pudimos ver que la tendencia es creciente entre Calakmul y Sian Ka'an. Esto puede verse potenciado si las actividades productivas y la migración continúan como hasta ahora. Sin embargo, en el caso de la construcción de nuevas carreteras o distintos servicios de infraestructura, las dinámicas de fragmentación y pérdida de selva serán muy distintas y las zonas de riesgo podrán variar en su magnitud o en su localización. Éste fue el primer estudio que incorpora tanto la historia del uso del suelo en la región como los requerimientos espaciales de una especie paraguas como el jaguar.

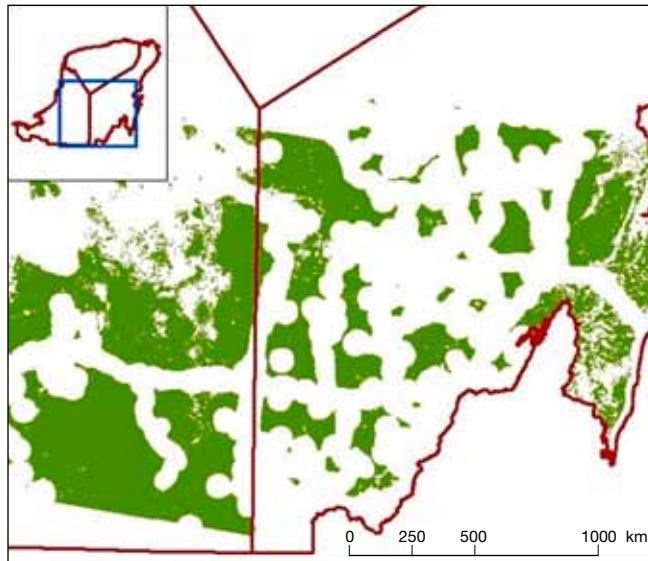
Una versión actualizada de este trabajo fue publicada en la revista científica *Biological Conservation* (Conde *et al.* 2010).

### **Etapa III.**

#### **Evaluación de los principales promotores de la deforestación**

##### *Análisis de detección de cambios de 1978 a 1990 y de 1990 al 2000*

El procesamiento de imágenes de satélite provee un método objetivo para calcular la deforestación a distintas escalas temporales. En este proyecto se evaluaron las tendencias en los cambios del uso del suelo de 1978 a 2000, mediante un análisis de detección de cambios durante todo el periodo.



**Figura 4.** Mapa de la predicción de la distribución del hábitat del jaguar en el sur de la Península de Yucatán, a partir del modelado por medio de CART.

©Fernando Colchero y Dalia Amor Conde

El análisis se realizó usando el método NDVI (*Índice diferencial de vegetación normalizado*). Es un índice de vegetación de los valores rojos e infrarrojos cercanos de acuerdo con la absorción diferencial y la reflexión de la energía solar por la vegetación verde. Utiliza la banda de infrarrojo cercano (IR), que corresponde al valor máximo de reflexión de la vegetación, y la banda del rojo (R), que corresponde al nivel máximo de absorción de la clorofila. Debido a esto, el IR es una banda ideal para estudios de biomasa vegetal y para discriminar entre suelo descubierto y vegetación. Asimismo, la banda del rojo es sensible a cambios en el tipo de vegetación, por lo que permite distinguir entre cultivos y bosques.

La ventaja del NDVI para este tipo de análisis reside en que los valores de reflectancia de la banda del infrarrojo cercano son altamente sensibles a la densidad del dosel, al índice del área de las hojas y a la humedad en la vegetación, mientras que el rojo es absorbido por la misma. Debido a que el índice de vegetación NDVI enfatiza la respuesta espectral de distintas características del suelo y tiende a normalizar las diferencias en irradiación, se ha concluido que



el NDVI es el método más apropiado para identificar cambios a largo plazo en la cobertura del dosel de los bosques y selvas tropicales.

El NDVI estima los valores para cada pixel y tiene un rango de -1 a 1. Los valores más altos están asociados a la vegetación que presenta una cobertura más saludable. Sin embargo, donde hay presencia de nubes o nieve, los valores son cercanos a 0, lo cual puede aparentar que la vegetación es menos verde. Por ello, es importante eliminar las áreas con nubes, antes de la substracción.

Uno de los métodos usados para evitar los efectos atmosféricos de imágenes LandSat es eliminar las bandas que se encuentran más severamente afectadas por la atmósfera. En nuestro análisis, al ser por medio de la substracción de los NDVI, únicamente utilizamos las bandas 3 (rojo) y 4 (infrarrojo cercano), que se encuentran menos afectadas por la atmósfera. Para el análisis de detección de cambios es necesario contar con imágenes de distintos años. En este estudio se obtuvieron imágenes LandSat (cuadro 2) de las tres décadas de análisis (finales de los años setenta y principios de los ochenta, noventa y 2000).

Las imágenes obtenidas para este estudio se encontraron libres de nubes de 75 a 89%, ya que la mayoría fueron tomadas durante la época de secas. Sin embargo, para eliminar errores por cambios fenológicos en la vegetación entre éstas y las imágenes tomadas fuera de la época de secas, se utilizó la clasificación supervisada para corregirlos en la imagen obtenida por la substracción de

**Cuadro 2. Listas de las imágenes o *subset* de las mismas utilizadas para la detección de cambios, obtenidas en el sitio de Internet GLCF**

Localización de la imagen en GLCF (Path/Row)	LandSat	Fecha día/mes/año
20/46	MSS LandSat 3	12/02/76
20/47	MSS LandSat 3	01/02/78
21/46	MSS LandSat 3	15/01/78
20/47	MSS LandSat 3	01/02/78
19/46	TM LandSat 5	16/12/88
19/47	TM LandSat 5	28/11/90
20/46	TM LandSat 5	27/04/88
20/47	TM LandSat 5	27/04/88
19/46	ETM LandSat 7	21/04/00
19/47	ETM LandSat 7	21/04/00
20/46	ETM LandSat 7	14/03/01
20/47	ETM LandSat 7	27/03/00



los NDVI. Además, antes de la substracción de los NDVI se hizo un filtro para eliminar nubes, niebla y el océano en cada imagen.

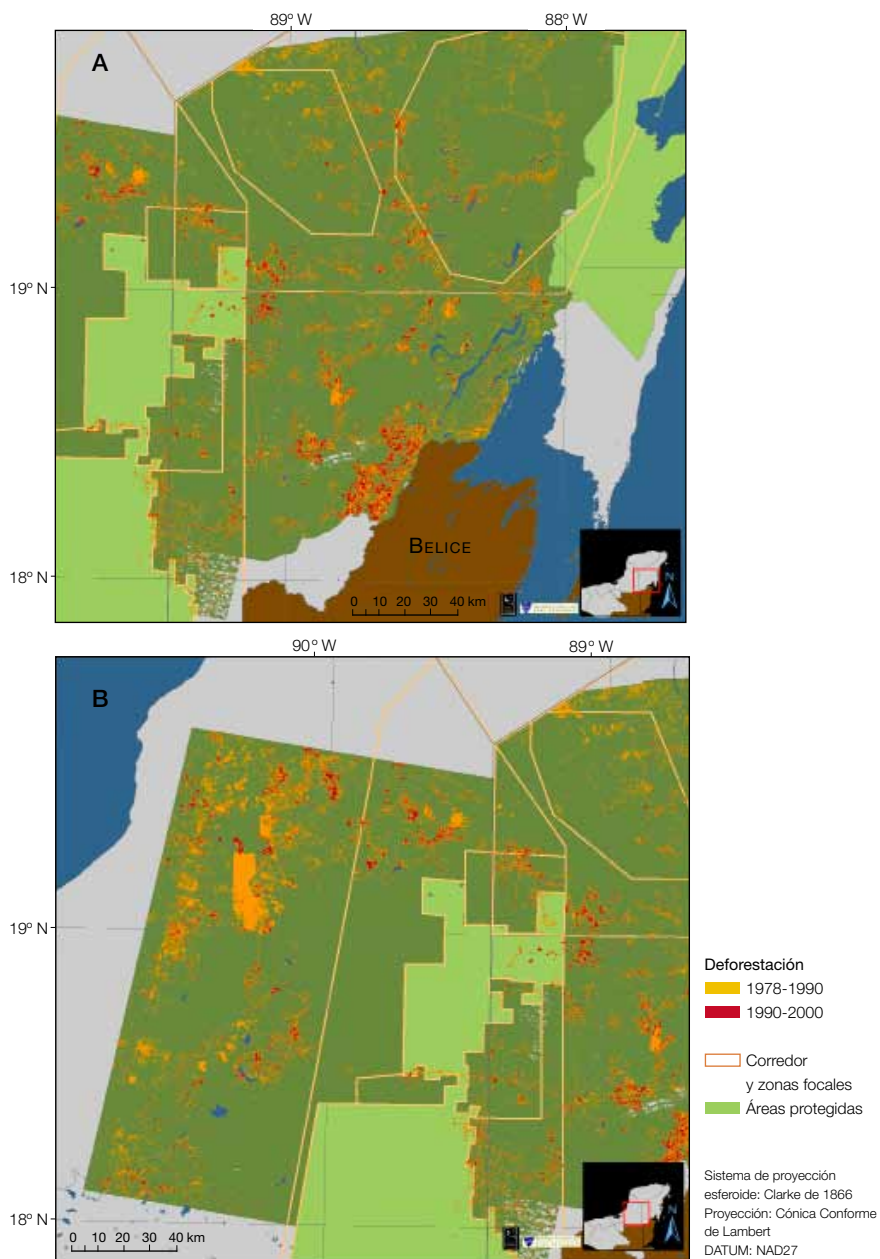
Para analizar la detección de cambios del total del área de estudio, se restó los NDVI de las imágenes. Por ejemplo, a la imagen TM se le restó la imagen MSS, con lo que se obtuvo el cambio en la primera década, y a la imagen ETM se le restó la imagen TM para obtener la pérdida de selva en la segunda década. Esto quiere decir que cada celda en la imagen resultante tiene un valor de “cambio” que puede variar de -2 a 2; los valores negativos corresponden a celdas donde se ha perdido cobertura vegetal, mientras que los valores positivos se refieren a reforestación. De esta forma, clasificamos como deforestación todas las celdas con valores negativos que estuvieran al menos a 1.5 desviaciones estándar por debajo del promedio (por lo general cercano a 0). Posteriormente, del *grid* obtenido que mostraba únicamente las áreas de pérdida de selva, aplicamos el filtro para eliminar las áreas de selva clasificadas que pudiesen mostrar únicamente cambios fenológicos. El resultado de las cuatro imágenes analizadas fue unido por un mosaico en el programa ERDAS (figura 5a y 5b).

### *Análisis de los promotores de la deforestación*

En las escalas cubiertas —temporal, 22 años, de 1978 a 2000, y espacial, alrededor de 44 000 km<sup>2</sup>—, es posible observar los principales patrones de cambio, así como inferir los promotores de deforestación que han tenido un efecto a largo plazo en la pérdida de selva en el área de estudio. Se utilizaron las variables más comunes de estudios previos para identificar el efecto de las actividades humanas en las selvas: densidad poblacional, densidad de carreteras, tenencia de la tierra, nivel de protección y división política (cuadro 3, figura 6). De todas, la única variable que no resultó relevante fueron los ejidos.

Aunque al trabajar con estas variables se puede sobresimplificar la estimación de las dinámicas que las actividades humanas ejercen sobre el paisaje, son la base para entender las relaciones entre las poblaciones humanas y éste. Además, son lo suficientemente sensibles para ayudarnos a entender eventos más complejos que promueven la deforestación, tales como subsidios estatales y federales a la ganadería y agricultura.

El modelo más adecuado para la deforestación sugiere que es promovida por una combinación de factores socioeconómicos, de los cuales la densidad de carreteras y la densidad poblacional son determinantes; sin embargo, por sí solas no explican las tendencias de deforestación en la zona. La presencia de



**Figura 5.** Mosaico de los resultados del análisis de detección de cambios para cada imagen en los dos periodos de tiempo analizados.



Cuadro 3. Variables independientes utilizadas para el modelo de promotores de la deforestación

Nombre variable	Tipo	Descripción
Densidad de carreteras	Continua	0 a 1.6 carreteras/km <sup>2</sup>
Densidad poblacional	Continua	0 a 249 habitantes/km <sup>2</sup>
Nivel de protección	Nominal	1: dentro de ANP, 0: fuera
Tenencia de la tierra	Nominal	1: dentro de ejido, 0: fuera
División política	Nominal	1: Campeche, 0: Q. Roo

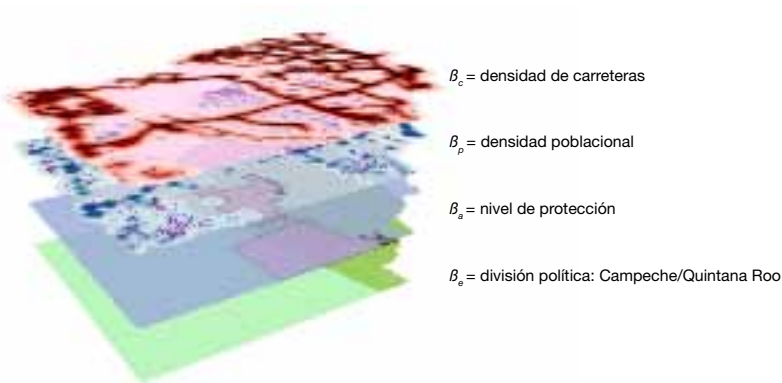


Figura 6. Coberturas de la combinación de variables que originaron el mejor modelo para explicar la deforestación en la región.

áreas naturales protegidas (ANP) redujo la probabilidad de deforestación, aunque Campeche mostró una mayor tendencia a la deforestación que Quintana Roo. Esto destacó la necesidad de desarrollar estudios de cambios de uso de suelo dentro del contexto de los procesos socioeconómicos. Los resultados ponen de manifiesto la importancia de las políticas de desarrollo y subsidios propios de cada estado, vinculados con procesos mucho más complejos que la densidad poblacional y las carreteras por sí solas.

A partir de los resultados del estudio se podría concluir que los subsidios externos y el manejo de la tierra por los poblados y comunidades son promotores o causantes indirectos de deforestación en esta región, ya que inciden en el crecimiento de la frontera agropecuaria o el manejo forestal. Es importante



señalar que este estudio estuvo enfocado en analizar los procesos de deforestación y pérdida de hábitat a una escala regional y en un periodo de tiempo muy grande, por lo que no incluyó promotores locales de la deforestación, como nivel de educación, ingreso *per cápita*, entre otros.

Debido a la intervención humana en la región, el paisaje se encuentra paulatinamente más fragmentado, por lo que resulta cada vez más importante entender la configuración espacial del hábitat de especies en peligro de extinción o amenazadas. Se sabe que cuanto más conectados se encuentran los parches del hábitat de una especie, el riesgo de extinción de la misma será menor. En un hábitat severamente fragmentado, las especies están sujetas a sobrevivir únicamente dentro de los parches que se encuentran lo suficientemente conectados para que los individuos se dispersen. Debido a esto, es esencial comprender la configuración espacial del hábitat de una o varias especies para poder priorizar las áreas no protegidas en donde se deben realizar inversiones para la conservación.

#### **Etapas IV. Análisis de fragmentación y conectividad para el diseño de corredores del jaguar**

El término de conectividad se puede utilizar como un concepto funcional o estructural. La conectividad estructural se puede medir a partir del análisis de la estructura del paisaje, independientemente de los movimientos y comportamiento de la especie. La conectividad funcional toma en cuenta los movimientos de los individuos y el comportamiento de la especie. La resistencia a la matriz del paisaje es uno de los principales determinantes de los movimientos. Por ejemplo, algunos tipos de uso de suelo —carreteras, suelo desnudo, cultivos— pueden inhibir o promover el movimiento de una especie entre distintos parches de hábitat.

El uso de medidas funcionales para establecer los tipos de conectividad existentes en el paisaje era muy reciente en la época en que se realizó el estudio. Sin embargo, nos parecieron muy importantes para entender la conectividad del paisaje para una especie, ya que resultaban ser la mejor medida de conectividad comparada con el otro método. Para determinar las áreas con mejor conectividad para el jaguar incluimos, en la matriz del paisaje, la resistencia a los tipos de uso del suelo, utilizando el método de distancia-costo. Para los corredores, utilizamos el análisis del corredor de menor costo del paquete de GIS





ArcMap 9.0 ESRI (2004)<sup>4</sup>. Para determinar la conectividad funcional del jaguar entre las reservas de Sian Ka'an y Calakmul, utilizamos el modelo del hábitat del jaguar como medida principal de la resistencia de los movimientos de los jaguares en el paisaje.

En el estudio previo habíamos encontrado que el jaguar evita las carreteras a los 4.3 kilómetros y los poblados a los 6 kilómetros; prefiere las selvas y evita la vegetación secundaria y las zonas agrícolas, ganaderas y urbanas. Basándonos en estos resultados y en el mapa de vegetación y considerando el ámbito hogareño del jaguar —el cual es mínimo de 60 km<sup>2</sup>—, determinamos los mayores fragmentos. Utilizamos el programa FRAGSTATS<sup>5</sup> para identificar los parches iguales o mayores a 60km<sup>2</sup>, y creamos dos categorías de parches para el del hábitat potencial del jaguar: iguales o mayores a 60 km<sup>2</sup> y menores a 60 km<sup>2</sup>.

A partir de los resultados obtenidos, generamos una superficie de costo en el área de estudio, en donde cada celda del *grid* presenta un valor según su distancia a las carreteras y poblados, su presencia en un parche mayor o menor a 60 km<sup>2</sup> y según el tipo de vegetación. Las celdas que presentaron un valor o costo mayor fueron aquéllas que presentaron algún tipo de vegetación que evaden los jaguares, una menor distancia a las carreteras y poblados y se encontraron en un parche menor a 60 km<sup>2</sup>. A partir de esta superficie de costo, analizamos el costo por distancia entre las reservas de Calakmul y Sian Ka'an, el cual considera, para cada una de las celdas, el menor costo acumulativo de distancia sobre dicha superficie.

Para determinar la conectividad funcional entre dichas reservas y definir dos posibles corredores, hicimos el análisis de costo mínimo de conectividad (LCPA, Least Cost Path Analysis), que encuentra la conectividad de mínima distancia y costo entre dos polígonos sobre dicha superficie.

### *Análisis de corredores para jaguar*

Encontramos dos corredores funcionales para el jaguar (figura 7). El Corredor 1 coincidió con las áreas focales propuestas por la Conabio para Quintana Roo, que cubren parches importantes de hábitat del jaguar al norte del área de estudio.

---

<sup>4</sup> Conjunto de programas de sistemas de información geográfica.

<sup>5</sup> Programa de análisis del patrón espacial para mapas categóricos. Cuantifica la extensión del área y la configuración espacial de los parches dentro de un paisaje.



Sin embargo, el Corredor 2 se encontró únicamente en una de las áreas focales originalmente propuestas por la Conabio y mostró tres parches de hábitat potencial importantes para la conectividad de las dos reservas al sur del área de estudio, que presentaron un área mayor a los 60 km<sup>2</sup>, lo que indicó que estos parches no sólo eran importantes para mantener conectividad entre las dos reservas, sino que además eran lo suficientemente grandes para proveer territorio para el jaguar.

A pesar de la alta fragmentación que encontramos en Quintana Roo, este estudio subrayó la importancia de brindar especial atención a aquellos parches que proveen conectividad entre las dos reservas, así como trabajar directamente con las comunidades y poblados de dichas zonas. Si bien el corredor sur (B) no se encontraba dentro de las áreas de interés para el CBMM, se hizo evidente la importancia de dirigir esfuerzos a las zonas de conectividad para no perder

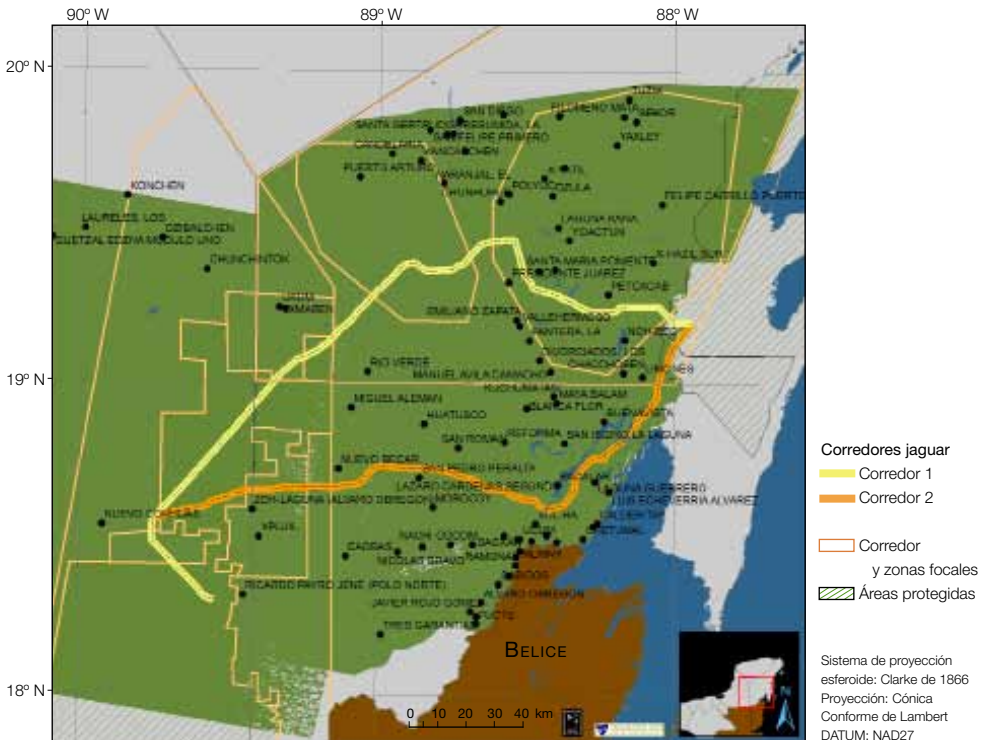


Figura 7. Corredores para el jaguar, resultado del LCPA.



los parches de hábitat potencial existente y para mantener dos corredores, en lugar de uno solo, con lo que se reduce la vulnerabilidad de la conectividad entre las dos reservas.

### **Etapa V. Zonas de riesgo potencial de deterioro del hábitat del jaguar y de la conectividad del corredor**

A fin de generar el índice de zonas de conflicto utilizamos los datos obtenidos de la detección de cambios, la clasificación de la vegetación y la digitalización de las carreteras. Utilizamos los parámetros calculados para la deforestación para construir un mapa de probabilidad de deforestación en toda la región; extendimos los corredores a un ancho de 10 km, y definimos las áreas de conflicto en tres niveles: baja, media y alta, con base en la probabilidad de pérdida de hábitat. Analizando conjuntamente el impacto de la presencia humana, de los requerimientos espaciales y del hábitat del jaguar, pudimos identificar las zonas con mayor riesgo para el corredor y así determinar su funcionalidad ecológica. Determinamos nueve zonas de mayor probabilidad de pérdida de hábitat a lo largo de los dos corredores estimados (figura 8). En la base de los corredores, a la altura del área focal Xpujil-Zoh laguna, se definieron dos zonas con nivel de conflicto medio. Igualmente, a lo largo del Corredor B se identificaron zonas de conflicto medio en el área de Nuevo Bécar, San Pedro Peralta, en el municipio de Othón P. Blanco, entre Sula y Bacalar y en la zona de Limones. Para el Corredor A, las zonas de conflicto se encuentran en La Montaña y en el área focal Carrillo Puerto.

Dado que las zonas de conflicto se ubicaban principalmente en la parte oeste del área de estudio, al sur del área focal Carrillo Puerto y frente a Limones, resultaban de vital importancia para la continuidad del corredor y su funcionamiento, por lo que una de las recomendaciones de este estudio fue enfocar los esfuerzos del CBMM en estas áreas, a fin de asegurar la conservación de especies, que, como el jaguar, requieren de estas vías para su dispersión y el mantenimiento de sus poblaciones.

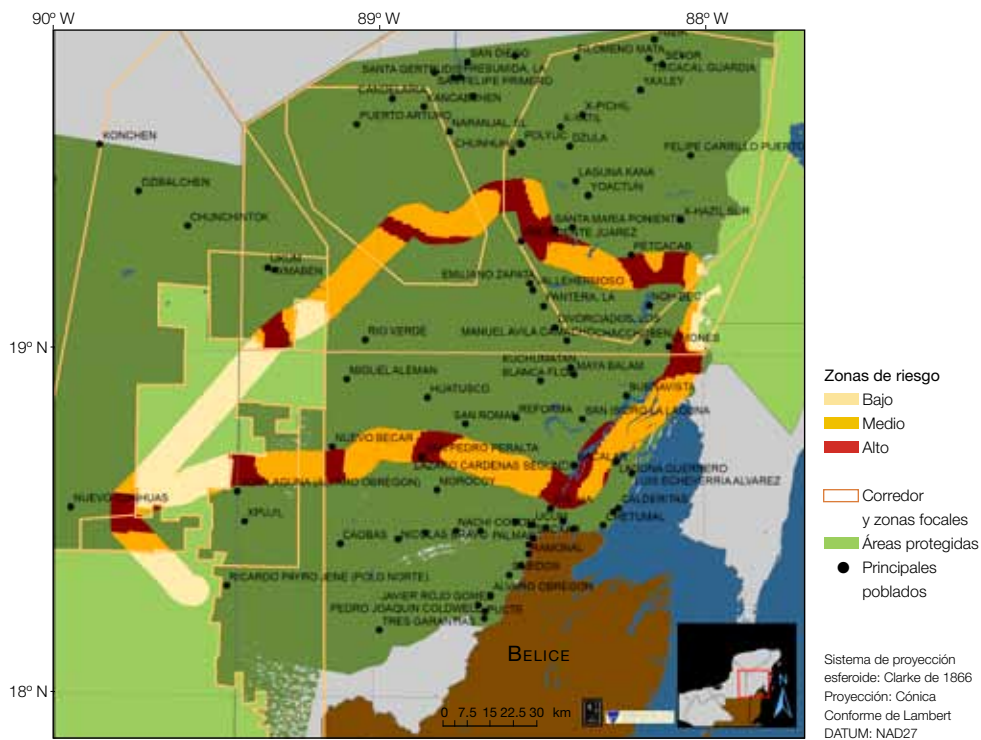


Figura 8. Zonas de conflicto definidas a lo largo de los corredores de jaguar.



# LAS COMUNIDADES DE LOS CORREDORES DE LA SELVA MAYA

*Danae Azuara Santiago, Eugenia Pallares*

*Los espíritus señores de los pájaros,  
los espíritus señores de las piedras preciosas,  
los espíritus señores de los tigres,  
los guiaban y los protegían.*

LIBRO DE CHILAM BALAM

El legado cultural de las culturas mesoamericanas está profundamente ligado a la presencia del jaguar, patrono de la fertilidad, corazón del monte, metáfora de poder. Aún hoy la larga historia del hombre y del jaguar persiste en las selvas, pero su significado ha cambiado. La enorme diversidad natural de las selvas ya no es sinónimo de riqueza y bienestar para las comunidades. Contrastando con su riqueza biológica, la región del Corredor Biológico Mesoamericano está habitada por comunidades consideradas en pobreza o extrema pobreza, y sus opciones económicas están severamente restringidas. En la búsqueda de alternativas para mejorar la calidad de vida de las comunidades se han implementado diversos programas de apoyo al desarrollo rural en la región. Sin embargo, no se han desarrollado aún mecanismos puntuales para evaluar el efecto social y ambiental de estas inversiones.

Una de las estrategias indispensables para la conservación del jaguar y su hábitat en la región de los corredores biológicos es armonizar el desarrollo rural con la conservación de los recursos naturales de la región. La integración de criterios de conservación de la biodiversidad, de ordenamiento ecológico y uso sustentable de los recursos naturales debe ser el punto de partida para introducir y fortalecer una visión ambiental en los programas de gobierno. De allí que el análisis del impacto de los programas de desarrollo en la biodiversidad sea uno de los componentes centrales de la estrategia del CBMM. El marco de referencia de este análisis parte de la visión de las políticas públicas de desarrollo rural.

Actualmente, ocho de cada diez pesos que se destinan al campo son fondos gubernamentales. El origen de esta política gubernamental en apoyo a grupos sociales tiene su fundamento en los derechos contemplados por la Constitución Mexicana: educación, salud y vivienda. Con el establecimiento



del reparto agrario, en los años treinta, y la posterior institución de entidades como el Instituto Mexicano del Seguro Social, la Conasupo y el Infonavit, la política social en México se consolida y abre el camino a una multiplicidad de programas federales de desarrollo que, aun con diferentes nombres (Desarrollo Rural, Solidaridad, Oportunidades, Procampo), coinciden en el objetivo de promover el desarrollo social en el medio rural. Sin embargo, a lo largo del tiempo no se ha tenido suficiente claridad acerca del desempeño y la consecución de las metas de los programas operados; incluso en algunas ocasiones se ha cuestionado el manejo de los recursos asignados.

Recientemente, de acuerdo con la Ley General de Desarrollo Social, la responsabilidad de coordinar la evaluación de las políticas y los programas de desarrollo social y de medir la pobreza recae en el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval), institución con autonomía técnica y de gestión. El informe de evaluación de la política de desarrollo social (Coneval, 2008) informa un incremento de 276% en el gasto de desarrollo social de 1990 a 2007; sin que se presentara prácticamente ningún cambio en el ingreso laboral real ni en la desigualdad en la distribución del ingreso durante el periodo comprendido de 1992 a 2006. Aun con avances en materia de salud, educación y vivienda, se informa también un incremento de pobreza en el ámbito rural entre 2004 y 2007, destacando que los municipios con mayor concentración de población indígena coinciden con los municipios con menor ingreso y con índices muy altos de rezago social.

De acuerdo con el mismo informe, en 2007 se destinaron 159 mil millones de pesos a 179 programas de desarrollo social; 76% de este presupuesto se concentró en 85 programas operados por Sedesol, Sagarpa y SSA, mientras que 73% de los programas operados por catorce dependencias se concentraron en cinco de ellas: Sagarpa, SEP, SSA, Sedesol y SHCP. Una cuarta parte del total de los programas se orientaron a la atención agropecuaria.

Coneval advierte en su informe que esta multiplicidad de programas puede derivar en problemas de duplicidad, tanto de objetivos como de aparatos burocráticos, escalas pequeñas de incidencia, falta de coordinación entre las instituciones, los estados y municipios, y particularmente en una mayor dificultad para la planeación de una política de desarrollo social, ya que su objeto está fragmentado y disperso. Las fallas más frecuentes observadas en muchos de los programas fueron: diseño inadecuado, reglas de operación poco claras, problemas de planeación estratégica, dificultades para cuantificar la población poten-



cial objetivo, falta de mecanismos de evaluación, deficientes sistemas de monitoreo, privilegio de la operación y cumplimiento de las normas más que de los resultados, entre otras.

En su evaluación, Coneval subraya la importancia de armonizar los programas de desarrollo con el uso sustentable de los recursos naturales. Sin embargo, no ofrece datos concretos sobre el impacto de algunos programas en la pérdida de hábitat, biodiversidad y servicios ambientales. No obstante, es necesario reconocer mayor inclusión del componente de sustentabilidad en el diseño de programas de desarrollo rural de los últimos años, como se puede observar en diversos instrumentos, como la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, publicada en 2002 y modificada en 2007, que define el Desarrollo Rural Sustentable como:

El mejoramiento integral del bienestar social de la población y de las actividades económicas en el territorio comprendido fuera de los núcleos considerados urbanos de acuerdo con las disposiciones aplicables, asegurando la conservación permanente de los recursos naturales, la biodiversidad y los servicios ambientales de dicho territorio. (DOF 02-02-2007)

Por otra parte, el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2007-2012 supone como premisa básica la búsqueda del Desarrollo Humano Sustentable, entendido éste como: *el proceso permanente de ampliación de capacidades y libertades que permita a todos los mexicanos tener una vida digna sin comprometer el patrimonio de las generaciones futuras*. En el marco del PND 2008, y como un intento de evitar la duplicidad de los programas de desarrollo rural, se reestructuró el Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural (PEC) con la meta de integrar los apoyos en nueve vertientes y 47 programas específicos. Actualmente se le considera como uno de los elementos rectores de la política agropecuaria (Centro de Estudios de las Finanzas Públicas, 2008), y en 2010 tuvo un presupuesto asignado de \$237 547.30 millones de pesos.

El PEC es un grupo de programas que busca concretar objetivos en materia de desarrollo rural, pero que en su conjunto no había tenido el impacto deseado debido a la dispersión de sus acciones, así como a la complejidad en su ejecución. Desde sus inicios en 2003, el PEC ha tenido cambios en sus programas: unos se han renombrado, otros cambiaron de dependencia, otros han desaparecido. También se han generado nuevos, algunos más se han desagre-





gado en subprogramas y esquemas de apoyo en varias dependencias administrativas.

El PEC conjuga 16 grandes programas operados por trece diferentes secretarías de estado, considerando la transversalidad de las políticas públicas orientadas al campo. El PEC se divide en diez grandes vertientes: financiera, competitividad, educativa, medio ambiente, laboral, social, infraestructura, salud, agraria y administrativa. Para identificar las posibilidades de alinear los programas integrados en el PEC con los objetivos de conservación en beneficio de las comunidades que habitan los corredores de jaguar en Campeche y Quintana Roo, se realizó un análisis general del programa a partir de información generada por la Coneval y las propias instituciones operadoras.

En el cuadro 1 se presenta, de manera esquemática, la estructura general del PEC, y se marcan en verde aquellos programas alineados o susceptibles de ser alineados con los objetivos de la conservación.

En el análisis se observó que, aun cuando el PEC se refiere a la integración de programas, existe poca evidencia de coordinación transversal. Algunas secretarías que operan programas dentro del PEC están actualizando las reglas de operación; sin embargo, los programas siguen siendo de alguna manera operados de acuerdo con los objetivos e indicadores de cada sector, es decir, el PEC integra programas de manera concurrente y no necesariamente coordinada.

El PEC tampoco incluye un eje ambiental transversal a todos los programas, y en la mayoría de los programas la aportación a la sustentabilidad ambiental no es significativa. Un ejemplo de esto es el programa de desarrollo tecnológico forestal, que, de acuerdo con la evaluación realizada al PEC en 2008, promovió 146 tecnologías, y sólo ocho de ellas (5%) estuvieron enfocadas en los aspectos ambientales, como climatología, servicios ambientales, suelos, captura de carbono. Vale mencionar que dentro de este porcentaje se considera igualmente la maquinaria agrícola.

La importancia de la sustentabilidad ha ido en aumento dentro de las políticas de desarrollo rural. Aun así, en el PEC se observa la inercia de los programas tradicionales a favor de un impulso a la actividad agropecuaria. Esto es evidente en la asignación presupuestal a programas susceptibles de convertirse en incentivos perjudiciales para la conservación.

Sagarpa, que tradicionalmente ha sido la entidad con mayor preeminencia en la operación de programas de desarrollo rural, es la que opera el mayor monto del presupuesto asignado en el PEC. En 2008, a dicha secretaría le fue-



Cuadro 1. <b>Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable (PEC)</b> Presupuesto 2010: \$237, 547.30 millones de pesos	
<b>1. Programas de financiamiento y aseguramiento al medio rural (\$1,318.1 millones de pesos)</b>	
<b>Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)</b>	
Agroasemex	Seguro ganadero
Financiera Rural	Programa de Financiamiento al Sector Forestal
Fondo de Capitalización e Inversión en el Sector Rural (Focir)	
FIRA: Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura	
<b>2. Programas para la adquisición de activos productivos</b> (apoyos en agricultura, ganadería, pesca y desarrollo rural) \$9,586.4 millones de pesos	
<b>Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa)</b>	
Fomento productivo del café	Café de comercio justo, café de sombra y café sustentable
Acuicultura, sustitución de motores y otros	
Programa de Apoyo a la Cadena Productiva de Maíz y Frijol (Promaf)	
Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA)	
<b>Secretaría de Economía (SE)</b>	
Fondo de Microfinanciamiento a las Mujeres Rurales (Fommur)	Proyectos productivos sustentables
Fondo Nacional de Apoyos a las Empresas en Solidaridad (Fonaes)	Proyectos productivos sustentables
Programa Nacional de Financiamiento al Microempresario (Pronafim)	Proyectos productivos sustentables
<b>Secretaría de la Reforma Agraria (SRA)</b>	
Fondo de Apoyo a Proyectos Productivos (FAPPA)	Proyectos productivos sustentables
Programa de la Mujer en el Sector Agrario (Promusag)	Proyectos productivos sustentables
<b>Secretaría de Turismo (Sector)</b>	
Programa de ecoturismo y turismo rural	Turismo de naturaleza (14 dependencias)
<b>3. Programas de apoyos directos al campo \$16,150 millones de pesos</b>	
<b>Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa)</b>	
Procampo, para vivir mejor	Actualmente en reestructuración de sus reglas de operación





Cuadro 1. **Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable (PEC)**  
Presupuesto 2010: \$237, 547.30 millones de pesos

4. Programas de inducción y desarrollo del financiamiento al medio rural (\$4,889.2 millones de pesos)	
<b>Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa)</b>	
Programa de Garantías y otros apoyos	
Programa Riesgo Compartido	
Fondo para la Administración de Riesgos de Precios Agropecuarios	
Programa de Trópico Húmedo	Algunos cultivos
Programa de Apoyo a la Adquisición de Fertilizantes	
<b>Secretaría de la Reforma Agraria (SRA)</b>	
Programa Joven Emprendedor Rural y Fondo de Tierras	
<b>Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol)</b>	
Fondo Nacional de Fomento a las Artesanías (Fonart)	Proyectos sustentables
5. Programas de atención a problemas estructurales (\$6,950.1 millones de pesos)	
<b>Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa)</b>	
Programa de Diesel Agropecuario	
Programa de Diesel Marino	
Programa de Gasolina Ribereña	
Programa de Apoyo al Ingreso Objetivo y a la Comercialización	
6. Programas de Soporte \$6,433.1 millones de pesos	
<b>Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa)</b>	
Programa de Sanidad e Inocuidad	
Sistema Nacional de Información para el Desarrollo Rural Sustentable	Educación ambiental
Programa de Asistencia Técnica y Capacitación	Capacitación en manejo de recursos naturales
Programa de Planeación y Prospectiva	
Programa de Promoción de Exportaciones y Ferias	
Programa de Desarrollo de Mercados	Mercados verdes /certificados
Programa de Innovación, Transferencia de Tecnología e Información	Proyectos de investigación ambiental
Programa de Inspección y Vigilancia Pesquera	





Cuadro 1. Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable (PEC)	
Presupuesto 2010: \$237, 547.30 millones de pesos	
<b>7. Programas de atención a contingencias climatológicas \$800 millones de pesos</b>	
<b>Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa)</b>	
Programa de Atención a Contingencias Climatológicas (PACC)	
<b>8. Programas de fortalecimiento a la organización rural \$478.4 millones de pesos</b>	
<b>Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa)</b>	
Programa de Apoyo a Organizaciones Sociales.	
Programa de Fomento a los Sistemas-Producto	
<b>Secretaría de la Reforma Agraria (SRA)</b>	
Programa de Apoyo a Organizaciones Sociales	
<b>Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol)</b>	
Programa de Coinversión Social	Cultivos orgánicos, conservación de suelos, desarrollo de viveros, UMA
<b>9. Programas de educación \$30,746.3 millones de pesos</b>	
<b>Secretaría de Educación Pública (SEP)</b>	
Programa de Educación Agropecuaria	Aun cuando no se incluyen específicamente, estos programas pueden servir para impartir capacitación sobre ganadería diversificada y manejo ganadero en hábitat de jaguar y otros temas ambientales
Programa Educativo Rural	
Programa Oportunidades, rertiente educativa	
Programa de Desarrollo de Capacidades	
<b>10. Programas de uso sustentable de recursos naturales para la producción primaria \$16,086.6 millones de pesos</b>	
<b>Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa)</b>	
Programa de Conservación y Uso Sustentable de Suelo y Agua	
Programa de Fomento Ganadero (Nuevo Progan)	Incluye compromisos de reforestación y de revegetación (treinta plantas por unidad animal), así como, por lo menos, una obra de conservación de suelo y agua. (Nota: el listado de especies arbóreas elegibles incluye algunas especies exóticas, como el eucalipto). Apoyos a la producción apícola. Proyectos de ganadería diversificada. Vivero, UMA
Programa de Recursos Biogenéticos y Biodiversidad	Proyectos de conservación de biodiversidad
Programa de Bioenergía y Fuentes Alternativas	Se requiere de un mayor análisis de este programa
Programa de Fomento a la Pesca	





**Cuadro 1. Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable (PEC)**  
**Presupuesto 2010: \$237, 547.30 millones de pesos**

Programa de Reconversión Productiva	Utilización de “tecnologías limpias” y consideraciones productivas sustentables
Subprograma de Fomento a la Producción Orgánica	
Programa de Tecnificación de Riego Agrícola	Proyectos de ahorro de agua para uso agrícola
<b>Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat)</b>	
Programa de Protección al Medio Ambiente en el Medio Rural	
Programa de Áreas Naturales Protegidas	
Programa de Protección a la Vida Silvestre	
Programa de Desarrollo Regional Sustentable	
Programa Forestal (incluye Proarbol)	
<b>11. Programas de mejoramiento de condiciones laborales en el medio rural \$2,485.5 millones de pesos</b>	
<b>Secretaría de Gobernación (Segob)</b>	
Fondo para Pago de Adeudos a Braseros Rurales de 1942 a 1964	
Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS)	
Programa de Trabajadores Agrícolas Temporales	
<b>12. Programas de atención a la pobreza en el medio rural \$55,439.8 millones de pesos</b>	
<b>Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE)</b>	
Programa de Atención a Migrantes	
<b>Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)</b>	
Programa de Atención a Indígenas	
<b>Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol)</b>	
Programa 70 y más	
Programa para el Desarrollo de Zonas Prioritarias	
Programa de Jornaleros Agrícolas	
Programa de Vivienda Rural (incluye “Tu Casa” Rural)	
Programa de Apoyo Alimentario	
Programa de Abasto Rural (a cargo de Diconsa, S.A. de C.V.)	
Programa oportunidades, vertiente de desarrollo social	





Cuadro 1. Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable (PEC) Presupuesto 2010: \$237, 547.30 millones de pesos	
13. Programas de infraestructura en el medio rural (\$48,170.1 millones de pesos)	
Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)	
Programa de Caminos Rurales	Susceptible de incluir mejores prácticas ambientales en la construcción de infraestructura
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat)	
Programa de Infraestructura Hidroagrícola	
Programas hidráulicos	
14. Programas de atención a las condiciones de salud en el medio rural (\$27,087.3 millones de pesos)	
Secretaría de Salud (Salud)	
15. Programas de atención de aspectos agrarios \$991.3 millones de pesos	
Secretaría de la Reforma Agraria (SRA)	
Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol)	
Gasto Administrativo \$10,235 millones de pesos	

ron asignados \$64244.4 millones de pesos; sin embargo, no presenta aportaciones significativas a proyectos de sustentabilidad ambiental. Un ejemplo es el programa Procampo, que aportó \$26.8 millones de pesos en apoyo a *Predios bajo proyecto ecológico*, en una superficie de 26300 hectáreas de 21 estados, mientras que destinó \$1386.47 millones de pesos a la adquisición de 232896 cabezas de ganado y \$14198.5 millones de pesos para apoyar actividades agrícolas en 12 millones de hectáreas.

### Los programas de desarrollo social y su impacto en la biodiversidad

En México hay 5.6 millones de ejidatarios y comuneros en 105.9 millones de hectáreas, lo que representa más de 50% de la superficie del territorio de México y de los que 98.5% se dedican a actividades agropecuarias y forestales (IX Censo Ejidal). De acuerdo con datos de la Secretaría de la Reforma Agraria, 83% de las áreas naturales protegidas y 80% de los bosques y selvas de México se encuentran en terrenos ejidales o comunales.

Coneval, en su informe 2008, reconoce que siguen actuando tendencias negativas acumuladas durante los últimos años en el mantenimiento del acelerado proceso de deforestación, degradación y deterioro de los ecosistemas. Aun



cuando, históricamente, los efectos de las políticas públicas de desarrollo —reparto agrario, colonización, revolución verde— han sido considerados como uno de los vectores más importantes en el deterioro y fragmentación de ecosistemas y pérdida de especies, persiste el debate sobre el impacto que los programas de desarrollo rural han tenido en la biodiversidad a lo largo del tiempo, y si pueden ser identificados como incentivos perversos o perjudiciales.

El Artículo 11 de la Conferencia de las Partes define: Los incentivos perjudiciales emanan de políticas o prácticas que alientan, ya sea directamente, ya sea indirectamente, usos de los recursos que llevan a la degradación y pérdida de la diversidad biológica. Y reconoce como elemento clave de las estrategias nacionales y mundiales para detener la degradación y pérdida de la diversidad biológica, la necesidad de eliminar o mitigar políticas o prácticas que creen estos incentivos. Bajo el principio de que ninguna medida política, por sí sola, ni ningún incentivo aislado lleva a efectos perjudiciales en la diversidad biológica, la Conferencia de las Partes recomienda desarrollar mecanismos de evaluación. En otra sección del documento se señala que, en algunos casos, las políticas y prácticas que pudieran generar incentivos perjudiciales en determinadas condiciones locales y circunstancias socioeconómicas pueden, incluso, ser favorables para la diversidad biológica en otras condiciones y circunstancias, si se introducen políticas con un objetivo bien establecido, con el que se mantengan los impactos positivos.

La correlación entre el efecto de los programas de subsidio para el desarrollo rural y la deforestación y fragmentación de las áreas prioritarias para la conservación no está todavía suficientemente documentada, pero es un hecho que el componente ambiental, y particularmente el de conservación, no está claramente definido en la mayoría de los programas de desarrollo rural. El mismo Coneval, dentro de sus indicadores de desempeño de los programas federales de desarrollo rural, no integra consideraciones de impacto en la biodiversidad por el cambio de uso de suelo debido al avance de la frontera agropecuaria, obras de infraestructura o vivienda. También resulta importante considerar que, dadas las limitadas condiciones presupuestales de apoyo a los programas de conservación, es inaplazable la optimización de los cuantiosos recursos económicos destinados a programas de desarrollo rural sustentable.

Se puede considerar que el futuro de los corredores del jaguar en Campeche y Quintana Roo, y en general de la biodiversidad de México, depende de la coherencia de las políticas públicas de desarrollo rural con aprovechamiento



sustentable de los recursos naturales. Por el momento, es necesario implementar diversas acciones tendientes a la inserción de proyectos de conservación en programas gubernamentales; particularmente, acciones que apunten a continuar el análisis del efecto de los subsidios agropecuarios y apoyos gubernamentales en la fragmentación y pérdida de hábitat del jaguar en el área de los corredores de Calakmul y Sian Ka'an.

Para algunos autores, como Reyes-Hernández y colaboradores (2003), la fragmentación y deforestación está relacionada con muchas variables, y no encontraron evidencia clara de que los subsidios otorgados durante el período 1990-2000 en la región de Calakmul, Campeche, provocaran por sí solos mayores índices de deforestación, mientras que otros investigadores como Schmook y Vance, en un estudio realizado en Calakmul, Campeche y Othón P. Blanco, Quintana Roo, encontraron que Procampo y Alianza para el campo generaron un aumento significativo del área cultivada, al tiempo que no encontraron ningún efecto directo de Oportunidades sobre las áreas cultivadas. Procampo, además, se encontró asociado a la deforestación.

Con base en la premisa de que los recursos naturales conforman el mayor activo de las poblaciones rurales y su conservación es fundamental para la persistencia del jaguar y, por consiguiente, de una gran cantidad de especies que comparten su hábitat, en 2007 iniciamos un estudio para sistematizar la información sobre los apoyos dirigidos al medio rural y que son relevantes para la conservación de áreas prioritarias y de la conectividad de hábitat del jaguar en los corredores biológicos de Campeche y Quintana Roo. Lo anterior con la colaboración de la doctora Sophie Calmé, Michelle Guerra y otros investigadores de Ecosur.

Los resultados del estudio sobre los programas gubernamentales que realizan inversiones a nivel ejidal y el impacto de dichos programas sobre la conservación de los macizos forestales ejidales originaron entrevistas a servidores públicos de las dependencias estatales y federales a cargo de la implementación y aplicación de los programas y de la revisión de informes internos y externos, así como encuestas a expertos y campesinos. Con el fin de sistematizar la información y obtener datos con mayor detalle, se eligieron ocho comunidades representativas comprendidas dentro de la franja de los corredores (cuadro 2). Los criterios de selección fueron: 1) tamaño poblacional del ejido (tres con < 250 habitantes, dos con entre 250 y 500 habitantes y tres con > 500 habitantes); 2) que se distribuyeran dentro de ambos corredores (cuatro en el corredor





**Cuadro 2. Localización de los ejidos seleccionados para su estudio ubicados dentro de los corredores de dispersión del jaguar entre Calakmul y Sian Ka'an**

Estado	Municipio	Localidad	Población total	Corredor Norte/Sur
Quintana Roo	José María Morelos	Adolfo de la Huerta	97	Norte
Quintana Roo	José María Morelos	El Triunfo	154	Norte
Campeche	Calakmul	San José (km 120)	168	Sur
Campeche	Calakmul	La Guadalupe	311	Sur
Campeche	Calakmul	Nuevo Becal	350	Sur
Quintana Roo	Othón P. Blanco	Nuevo Becar	668	Sur
Quintana Roo	Felipe Carrillo Puerto	Petcacab	751	Norte
Quintana Roo	Felipe Carrillo Puerto	Presidente Juárez	846	Norte

norte y cuatro en el sur); 3) que estuvieran ubicados en los dos estados que comprenden ambos corredores, proporcionalmente al área que abarcan los corredores en cada estado (tres en Campeche y cinco en Quintana Roo).

En los ocho ejidos se recopiló información sobre los apoyos recibidos y su impacto a nivel comunitario en la conservación de los macizos forestales, mediante entrevistas y aplicación de cuestionarios a comisarios ejidales y pobladores de una muestra aleatoria de familias. Las actividades seleccionadas para ser analizadas fueron: extracción de maderas tropicales, agroforestería, horticultura, apicultura, chicle, chile, ganadería y agricultura de subsistencia. Son actividades relevantes para la obtención de ingresos económicos y alimentos para los pobladores del corredor.

Igualmente, se realizaron entrevistas y se aplicaron cuestionarios a representantes de instituciones gubernamentales, sobre los programas aplicados a nivel ejidal y sus montos entre 1998 y 2007. Asimismo, se entrevistó a 17 informantes clave para conocer sus opiniones sobre el desarrollo y la conservación del bosque en la zona, desde las perspectivas de sus diferentes sectores: forestal, apicultura, ganadería, chicle y agricultura, entre otros.

Registramos un total de once instituciones que operaban un total de 49 programas en materia de desarrollo o conservación de la biodiversidad dentro de los ejidos comprendidos en los corredores de conectividad de hábitat del jaguar entre Calakmul y Sian Ka'an; sólo una de ellas es no gubernamental: el Programa de pequeñas donaciones del fondo para el medio ambiente mundial



(FMAM o GEF), operado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (cuadro 3).

Siete de las once instituciones operadoras de programas de desarrollo social activas en la región destinaron más de 37 millones de pesos, en total, a los ocho ejidos del estudio (cuadro 4), en un periodo de diez años (1998-2007), mediante 17 proyectos en materia social, agrícola, ganadera, ambiental y de emergencia (Fonden) (figura 2). Entre los 17 programas operados, destacan dos que representaron más de dos tercios de las inversiones totales: Oportunidades, con 36% de los recursos y Procampo, con 32%. Estos programas están operados por las instituciones con mayor participación en la inversión de recursos: Sedesol y Sagarpa (figura 3).

Oportunidades, destinado a la educación de los jóvenes y entregado a las madres de familia, representaba un programa de subsidio para comunidades en extrema pobreza, pero que no genera alternativas de desarrollo viables para las comunidades. Por su parte, Procampo apoya la producción de grano básico y es entregado a ejidatarios que declaran producir maíz por superficie sembrada. Sin embargo, no genera expectativas de desarrollo productivo, sino únicamente mantiene áreas de cultivo y fomenta muy poco las buenas prácticas ambientales en las actividades productivas.

La problemática primordial que se observó en ambos programas es que, por una parte, no se adecuaban a las condiciones de suelo, experiencias, tradiciones de cada comunidad, factibilidad de los cultivos, plagas, entre otros factores y, por otra, no contaban con mecanismos de seguimiento y supervisión de los trabajos realizados ni evaluación de su impacto real.

En primera instancia estos programas se podrían considerar como esfuerzos estériles y poco redituables, tanto en materia social como ambiental; sin embargo, representaban la única alternativa permanente para las comunidades presentes en los corredores del jaguar, tanto en Quintana Roo como en Campeche, debido a la falta de continuidad de otros programas.

Otros programas que representan un apoyo social significativo fueron el Programa de Fondos Regionales Indígenas (PFRI) y el de Coordinación Productiva para Mujeres Indígenas (PROCAPI), operados por la Comisión de Desarrollo Indígena (CDI) y orientados principalmente a promover la ganadería en comunidades con al menos 30% de población indígena. Entre las comunidades beneficiadas encontramos a Adolfo de la Huerta, Nuevo Becar y Presidente Juárez. La mayoría de los programas de la CDI promueven sistemas pro-



### Cuadro 3. Instituciones y programas en los ejidos de los corredores de conectividad de hábitat del jaguar entre Calakmul y Sian Ka'an, 1998-2007

Secretaría de Desarrollo Rural

Corredor Biológico Mesoamericano

Comisión Nacional para los Derechos Indígenas

Programa Fondos Regionales Indígenas

Programa Turismo Alternativo en Zonas Indígenas

Programa Coordinación para el apoyo a la Productividad

Programa Organización Productiva para Mujeres Indígenas

Conafor

Proárbol

Programa de Desarrollo Forestal Comunitario (Procymaf)

Programa Nacional de Educación y Capacitación Forestal (Pronaeca)

Conanp (Direcciones de las reservas de Sian Ka'an y Calakmul)

Programa de Diversificación Productiva en el Medio Rural (Proders)

Programa de Empleos Temporales (PET)

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) /

Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM)

Programa de Pequeñas Donaciones (PPD)

Programa COMPACT-Sian Ka'an

Semarnat

Programa de Empleo Temporal (PET)

Programa para los Pueblos Indígenas

Programa de Equidad de Género, Medio Ambiente y Sustentabilidad

Programa Estratégico para el Sur-sureste

Programa para Conservar los Ecosistemas y la Biodiversidad

Programa para Detener y Revertir la Pérdida de Capital Natural

Programa para Detener y Revertir la Contaminación de los Sistemas que Sostienen la Vida

Cruzada por los Bosques y el Agua

Fondo de Desastres Naturales

Programa de Compensación Ambiental por Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales

Secretaría de Economía (Fonaes)

Capital de Trabajo Solidario

Capital Social de Riesgo

Apoyo para la Capitalización al Comercio, la Industria y Servicios

Comercializadora Social

Impulso Productivo de la Mujer

Apoyo para la Capitalización Productiva

Apoyo al Desarrollo Empresarial

Procomer





### Cuadro 3. Instituciones y programas en los ejidos de los corredores de conectividad de hábitat del jaguar entre Calakmul y Sian Ka'an, 1998-2007

#### Sedesol

- Programa de Atención a Jornaleros Agrícolas
- Programa de Empleo Temporal (PET)
- Programa de Opciones Productivas
- Programa Hábitat
- Programa para el Desarrollo Local (Microrregiones)
- Programa Oportunidades

#### Sagarpa

- Alianza para el Campo (anteriormente Alianza Contigo)
- Procampo
- Programa de Estímulos a la Productividad Ganadera (Progan)
- Programa Integral de Agricultura Sostenible en Zonas de Siniestralidad Recurrente (Piasre)
- Programa de Apoyo a las Organizaciones Sociales Agropecuarias y Pesqueras (Prosap)
- Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas
- Programa Sectorial
- Programa Especial Concurrente
- Programa de Apoyo para Acceder al Sistema Financiero Rural (PAASFIR)
- Fondo de Riesgo Compartido para el Fomento de Agronegocios (Fomagro)
- Programa de Promoción Comercial y Fomento a las Exportaciones de Productos Agroalimentarios y Pesqueros Mexicanos (Promoagro)

#### SCT y SEOPC

- Programa de Empleo Temporal

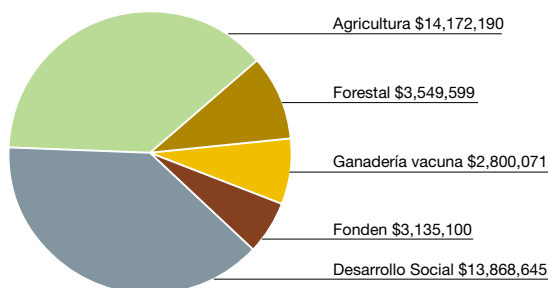


Figura 2. Porcentaje de apoyos gubernamentales por sector.



Cuadro 4. Resumen de los fondos recibidos en los ejidos estudiados entre 1998 y 2007

Ejido	Monto recibido	Institución
<b>Adolfo de la Huerta</b>		
Pob. 97	\$1,622,022.00	CDI
\$3,223,556.54	\$81,000.00	Conafor
	\$1,151,856.00	Sagarpa
	\$368,678.54	Sedesol
<b>Nuevo Becal</b>		
Pob. 350	\$101,140.00	Conafor
\$3,463,282.00	\$175,000.00	Conanp
	\$2,323,362.00	Sagarpa
	\$863,780.00	Sedesol
<b>Nuevo Becar</b>		
Pob. 668	\$3,045,530.00	CDI
\$11,875,933.05	\$445,042.00	Conafor
	\$4,762,095.00	Sagarpa
	\$3,623,266.05	Sedesol
<b>Petcacab</b>		
Pob. 751	\$141,732.00	CDI
\$12,851,242.48	\$339,856.50	Conafor
	\$5,424,211.00	Sagarpa
	\$2,142,973.87	SE
	\$760,928.06	Sedari
	\$4,041,541.05	Sedesol
<b>Presidente Juárez</b>		
Pob. 846	\$519,598.00	CDI
\$4,871,964.52	\$40,500.00	Conafor
	\$378,100.00	Sagarpa
	\$3,933,766.52	Sedesol
<b>El Triunfo</b>		
Pob. 154	\$152,909.00	CDI
\$1,593,661.91	\$539,280.00	Conafor
	\$190,450.00	Sagarpa
	\$711,022.91	Sedesol



ductivos que no benefician a las áreas forestales, sino que fomentan la expansión ganadera en los sitios prioritarios para la permanencia del jaguar; sin embargo, se detectaron algunos programas con efectos positivos para la conservación de los macizos forestales, como es el de Agroecología y el Programa de Organización Productiva para las Mujeres Indígenas (POPMI), que promueven la propagación de plántulas y hortalizas. Los proyectos desarrollados en Nuevo Becar, Petcacab y Presidente Juárez tuvieron un beneficio social y fomentaron el aprovechamiento de los recursos de una manera sustentable.

En cuanto a los programas que incentivan el desarrollo de la ganadería en los sitios prioritarios para la conservación de hábitat del jaguar encontramos los programas operados por la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y por la Secretaría de Desarrollo Indígena, en particular en la comunidad de Petcacab. Aunque estos programas contemplan el desarrollo de una ganadería estabulada, es decir, en confinamiento, en la mayoría de los casos no ocurrió así, por lo cual podría haber un efecto negativo en las conexiones de poblaciones de jaguar, por el aumento en la fragmentación del hábitat.

Por otra parte, se observaron esfuerzos significativos para proteger las reservas federales y comunales, como los programas de Procymaf y Proárbol, de la Comisión Nacional Forestal, que apoyan aspectos del buen uso y aprovechamiento del bosque (recursos maderables y no maderables) de una manera sustentable, además del pago por servicios ambientales y ordenamientos territoriales.

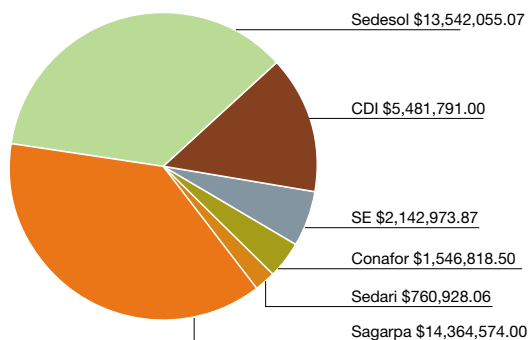


Figura 3. Apoyo a ejidos del Corredor 1998-2007 (\$37 839 140.50).



Otro programa que resultó significativo para la conservación de los macizos forestales es el Fondo de Desastres Naturales (Fonden). Este programa de emergencia apoyó a los ejidos que se encuentran en el corredor del jaguar y que se vieron afectados por desastres naturales, como el huracán Dean, que golpeó a los ejidos Adolfo de la Huerta, Nuevo Becar, Petcacab, Presidente Juárez, el Triunfo y Nuevo Becal. La importancia de este programa es que cuando se afecta un área importante de bosque en las comunidades, se evalúa el daño y las medidas mitigatorias a implementar en el corto plazo, para disminuir la probabilidad de incendios en las áreas afectadas al año siguiente.

Por último, también consideramos importantes algunos programas de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, que han favorecido la permanencia de macizos forestales en algunas comunidades de los corredores del jaguar: 1) Programa de desarrollo regional sustentable (Proders) —actualmente Programa de conservación para el desarrollo sostenible (Procodes)— y 2) Programa de empleo temporal (PET). La desventaja de estos programas es que únicamente actúan en comunidades aledañas a alguna área protegida, por lo cual el beneficio es más restringido y por lo tanto relativamente favorable para incentivar la conservación de corredores biológicos. Las comunidades estudiadas beneficiadas con este programa han sido Nuevo Becal y La Guadalupe, en el estado de Campeche, gracias a la presencia de la Reserva de la Biosfera Calakmul.

La mayoría de los programas orientados a las actividades productivas o sociales no consideraban la alineación con la conservación de los recursos naturales (cuadro 5), aun cuando incluían en sus reglas de operación componentes de sustentabilidad y conservación de los recursos naturales. Es decir, encontramos una falta de alineación entre los programas orientados al desarrollo social con los de conservación de los recursos; incluso se puede considerar la existencia de programas oficiales antagónicos a los objetivos de conservación de muchas instancias científicas y de la sociedad civil.

Si bien es necesario mantener actualizados los datos obtenidos, el estudio concluyó que la mayoría de los programas implementados en las comunidades presentes en los corredores de conectividad de hábitat de jaguar no cumplían con tener las dos vertientes requeridas para asegurar la conservación de los macizos forestales comunitarios: desarrollo social y acciones de conservación. Por ello es de suma urgencia reestructurar algunos programas para que tengan un enfoque sustentable y congruente con la conservación de los recursos natu-



rales, a fin de asegurar el futuro de los corredores del jaguar en Campeche y Quintana Roo.

Se ha discutido ampliamente si los programas de subsidio, como la mayoría a los que se tiene acceso en la región, son una alternativa para la solución de los problemas de marginación, así como si impulsar la actividad agropecuaria revierte los índices de pobreza en el sureste del país. El ingreso anual de las personas ocupadas en las actividades agropecuarias es seis veces inferior al resto de las actividades productivas, particularmente en los estados del sur del país

Cuadro 5. Programas gubernamentales de desarrollo y conservación, y su relación con la permanencia de los macizos forestales y el desarrollo social, 1997-2008

Variable	Negativo	Neutral	Positivo
Desarrollo social		Procampo APC	Oportunidades, Proárbol, Procymaf, Procodes, PFRI, Procapi, PFRI Agroecología), Fonaes
Permanencia de macizos forestales	Procampo PFRI Procapi PFRI Sedari Progan	Oportunidades APC	Proárbol, Procymaf, Fondem



Ilustración: Victor Solís/Revista Emeequis





(Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario y Pesquero de 2007-2012, Sagarpa).

Todos estos factores deben considerarse en el diseño de programas y estrategias de conservación, tanto oficiales como de las organizaciones de la sociedad civil. Especialmente, en el desarrollo de programas intersecretariales. En este sentido, se cuenta ya con un marco de cooperación brindado por un convenio de colaboración entre la Semarnat y la Sagarpa para actuar con criterios de sustentabilidad ambiental en los municipios que integran el Corredor Biológico Mesoamericano México. Dicho convenio considera varias acciones, entre las que destacan: evitar el cambio de uso de suelo e integrar criterios ambientales y de sustentabilidad en las reglas de operación.

Por otra parte, se ha acordado formular y ejecutar un programa de trabajo que tiene entre sus objetivos el de: “Fomentar la congruencia de los planes, programas y acciones sectoriales, federales y estatales que incidan en el área que abarca el Corredor Biológico Mesoamericano México.” Celebrar conve-

*En la vida, hay piezas claves*



*Conserva al jaguar*

Ilustración: Victor Solís



nios específicos en el marco de éste más general será de gran relevancia para realizar acciones específicas entre la Sagarpa y autoridades ambientales.

La reestructuración de las políticas públicas de desarrollo social se ha convertido en uno de los ejes de la tarea conservacionista, pues hay ya una mayor participación de las organizaciones de la sociedad civil en la construcción de programas de otros sectores que afectan de manera directa o indirecta la permanencia de la biodiversidad. Dentro de los programas analizados es fundamental trabajar en la inserción de estrategias y proyectos que cumplan con las vertientes sociales y de conservación, que permitan reducir los índices de pobreza de las comunidades locales, al tiempo que se conservan los recursos naturales, o en proyectos productivos que no signifiquen el avance del deterioro y fragmentación del hábitat.

Existen diversos programas de apoyo que son susceptibles de alinearse con los objetivos de conservación del jaguar y su hábitat, así como de los corredores de conectividad entre las reservas de Calakmul y Sian Ka'an; hay muchos más que son susceptibles de brindar financiamiento a proyectos productivos sustentables, e incluso proyectos de investigación y conservación de la biodiversidad. Paradójicamente, la problemática de pérdida de biodiversidad, la degradación de suelos y los eventos atmosféricos extremos derivados del cambio climático han abierto una ventana de oportunidades para la alineación de políticas públicas de desarrollo con la conservación.

Los compromisos internacionales asumidos por México en materia de mitigación y adaptación al cambio climático, así como de conservación de la biodiversidad, en el marco de las obligaciones del Convenio de Diversidad Biológica (CDB), representan la posibilidad de atraer inversión en proyectos que incorporen la conservación de la biodiversidad y el uso sustentable en los paisajes productivos, que promuevan la inversión en tecnologías de energía renovable, así como la adopción de buenas prácticas en uso de suelo forestal para mantener el flujo sustentable de los servicios agro-ecosistémicos y reducir la presión sobre los recursos naturales. En todas estas estrategias, el jaguar sigue siendo una pieza clave para asegurar la permanencia de la riqueza natural de los bosques tropicales que constituyen su hábitat y para asegurar el bienestar de las comunidades con las que comparte una larga historia.



## BUSCANDO LA COEXISTENCIA

*Danae Azuara, Antonio Rivera*

*Bien alza la frente  
bien avizora el ojo  
no hagas yerro  
para coger el premio.  
El arquero flechador.*

LIBRO DE LOS CANTARES DE DZITBALCHÉ

La raíz del conflicto entre el hombre y la fauna silvestre ha sido, tradicionalmente, la competencia por un mismo recurso. Esto es especialmente claro en el antagonismo entre el hombre y los grandes carnívoros. Los grandes felinos, tarde o temprano, terminan depredando el ganado doméstico y, en ocasiones, animales de compañía, lo que se traduce en persecución y eliminación de jaguares y pumas por parte de los pobladores locales. Esta problemática, que afecta a todo el país, toma particular relevancia en los corredores de conectividad para el jaguar en la Selva Maya

La pérdida del jaguar y de otros carnívoros mayores en los bordes de las reservas y zonas habitadas pone en riesgo la conservación de muchas otras especies, por lo que se requieren herramientas eficientes para mitigar conflictos entre humanos y depredadores. Una especie tan valiosa como el jaguar representa una fuente de oportunidades para las comunidades locales, que redundaría en la conservación de la riqueza natural de México. Sin embargo, la eliminación sistemática de jaguares en la Selva Maya, aunada a efectos de la actividad humana en su hábitat, como deforestación, degradación, fragmentación e incendios, y de fenómenos climáticos extremos, son los principales factores de amenaza para la especie.

Desde el punto de vista social, la depredación del jaguar en animales domésticos afecta gravemente la precaria economía de las comunidades. De ahí que no sea incomprensible que los pobladores perciban a los grandes carnívoros, y particularmente al jaguar, como enemigos potenciales. Hay dos elementos más en juego en este conflicto: el inadecuado manejo ganadero y la eliminación de fauna silvestre, que representa, al mismo tiempo, una fuente de subsistencia para las comunidades y de presas para el jaguar.



Jaguares cazados ilegalmente.

Foto: Archivo Jaguar Conservancy.

El jaguar se enfrenta entonces a la pérdida y fragmentación de su hábitat, así como a la disminución de sus presas, y, aun cuando los ataques sobre ganado doméstico son ocasionales, el daño que causa en la precaria economía de los pobladores es considerable. La respuesta de los pobladores a los ataques sobre el ganado se conoce como cacería de represalia y ocasiona la muerte de un elevado número de jaguares al año, poniendo en riesgo a la población de la especie en el área de los corredores.

Romper el círculo existente entre la pobreza rural y la degradación ecológica, así como revalorar una especie de importancia fundamental para la cultura mexicana son ejes del trabajo realizado en torno al jaguar. La atención al conflicto de la depredación es clave.

Los eventos climáticos catastróficos en la región, como el huracán Dean, disparan los casos de depredación, y exponen la necesidad de encontrar alternativas para solucionar la coexistencia de ganado u otro tipo de animales domésticos con la presencia de grandes depredadores, como el jaguar, en el área del corredor. Ésta fue la base de trabajos posteriores, realizados a partir de 2008, en los que destaca la atención emergente a las comunidades afectadas por el huracán.

El estudio tuvo dos ejes de acción: la atención a las comunidades afectadas por la depredación de jaguar o puma, y la protección de la especie ante la



cacería de represalia, a fin de diseñar estrategias adecuadas para minimizar el conflicto. El estudio realizado en los corredores de conectividad de hábitat de jaguar entre las reservas de Sian Ka'an y Calakmul incluyó 32 ejidos dentro de cinco municipios: Calakmul, Hopelchen (Campeche), Othón P. Blanco, Felipe Carrillo Puerto y José María Morelos (Quintana Roo).

Se construyeron instrumentos de consulta semiestructurados (entrevistas y cuestionarios) para recabar y sistematizar la información. Uno de los primeros pasos fue determinar la jerarquía de la ganadería entre las actividades productivas de las comunidades. Se encontró que sólo 9% de los entrevistados de los cinco municipios tenía como actividad productiva exclusiva la ganadería; sin embargo, eran numerosos los pobladores dedicados a esta actividad, cada uno de ellos con una extensión reducida para realizarla. Por otra parte, se determinó que la actividad ganadera no era significativa, ya que su promedio de utilidad superaba apenas los quince mil pesos anuales, equivalente a 318 días de salario mínimo para la región.

Se analizaron igualmente los factores asociados a la pérdida de ganado. La depredación resultó ser el más importante, ya que el mayor porcentaje de pérdidas (80%) fueron atribuidas a jaguares y pumas, lo que indica que el problema de la depredación afecta de una manera significativa a los productores, quienes consideran que la mejor manera de evitarla es eliminando al felino del área. Con relación al factor de competencia por presas silvestres en la región, un alto porcentaje de pobladores señaló la caza de presas silvestres exclusivamente para consumo; sin embargo, otro estudio sobre cacería de subsistencia en la región (Guerra, Michelle, 2008),



Ilustración: Victor Solís/Revista Escala



arroja datos de alta incidencia de cacería no sólo para subsistencia, sino para comercio de carne de monte, la cual tiene una alta demanda entre los poblados de la región. Este comercio informal de carne de monte intensifica la competencia por presas y agrava el conflicto de depredación.

La propuesta de instrumento para atender ataques a ganado por felinos mayores —jaguar y puma— tuvo como meta reducir el número de individuos eliminados por la caza de represalia; al tiempo que se atendía la demanda de los habitantes y se promovía un cambio en la forma en que se percibe al jaguar: de un animal que genera conflictos a un símbolo de riqueza y oportunidades.

Entre las acciones realizadas destaca la evaluación y mejora del manejo ganadero. Vale señalar que poner en práctica sencillas medidas de manejo del ganado reduce sensiblemente su depredación por felinos mayores. Por otra parte, se buscó la implementación de un sistema de indemnización por las pérdidas económicas derivadas de la depredación, a manera de un fondo de compensación, a fin de desincentivar la cacería de represalia.

Tanto el manejo ganadero como la compensación por pérdidas han probado ser medidas útiles, siempre y cuando se apliquen de manera adecuada, para reducir la eliminación de felinos que atacan en forma eventual; sin embar-



Ilustración: Victor Solís



go, hay felinos que por diversas razones se convierten en depredadores reincidentes y depredan sistemáticamente en ganado doméstico. Para evitar la eliminación de estos individuos fue necesario diseñar un protocolo para la captura y traslocación de jaguares o pumas reincidentes.

El instrumento denominado *Atención de ataques a ganado por felinos mayores*, producto de este estudio, incluyó requerimientos técnicos, políticos y sociales: un equipo formado por especialistas en manejo y captura de jaguares, así como de un seguimiento, evaluación y ajuste progresivo; actividades de gestión para contar con el apoyo de las autoridades e instituciones locales para llevar una base de datos de casos reportados de depredación que ayude a medir adecuadamente el conflicto y los requerimientos para su atención. Este instrumento cumplió igualmente con la función de analizar los sitios donde existe una mayor propensión a este conflicto, así como las características del área y el tipo de manejo ganadero que se realiza. Las fases descritas en el instrumento incluyeron el diseño de material informativo para ser distribuido en las comunidades de la región. Dicho material recomienda pasos a seguir ante el ataque de un felino: avisar lo antes posible a las autoridades estatales; no mover al animal depredado ni alterar el sitio del ataque, y, en la medida de lo posible, registrar fotográficamente al animal atacado, así como huellas o rastros cercanos. La distribución del material informativo inició en las comunidades localizadas en áreas prioritarias, particularmente dentro del área afectada por el huracán Dean, que son áreas de conectividad de hábitat de jaguar en los corredores biológicos identificados entre las reservas de Sian Ka'an y Calakmul. Igualmente, se incluyeron documentos de apoyo, como el cuestionario sobre la historia de depredación en la localidad y los protocolos de captura y traslocación de jaguares reincidentes.

Aun cuando la atención inmediata a las comunidades resultaba indispensable para atender el conflicto por depredación, la participación de otros actores fue también fundamental, particularmente de la Sagarpa, como promotor de la actividad ganadera en la región. Fue así que a partir de este estudio se realizaron los primeros acercamientos con diversos funcionarios de la institución, particularmente del programa Apoyos y servicios a la comercialización agropecuaria (Aserca), a fin de construir un fondo de compensación para cubrir las pérdidas de ganado por depredación. Después de varios años, y con la colaboración de otros actores, particularmente de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y del Subcomité Técnico Consultivo para la Conserva-





ción del Jaguar y otros Felinos, esta iniciativa se consolidó en 2009, con el Seguro de Ataques por Depredadores respaldado por el Fondo de Aseguramiento que opera la Confederación Nacional Ganadera con fondos de la Sagarpa. Actualmente, el seguro por Ataque por Depredadores “protege el inventario nacional de bovinos, ovinos y caprinos, contra los riesgos de muerte y sacrificio forzoso, como consecuencia directa e inmediata de las lesiones que se ocasionen por el ataque de depredadores. Inventario asegurado: 47 307 704 cabezas” (Fondo de Aseguramiento, CNG. [www.fondocnog.org.mx](http://www.fondocnog.org.mx)).

El conflicto de depredación en la Selva Maya, y en general en México, es sumamente complejo y ha llevado a acciones puntuales de instituciones gubernamentales y de las organizaciones de la sociedad civil. Este estudio, así como otros esfuerzos derivados del trabajo del Subcomité Técnico Consultivo para la Conservación del Jaguar, con el apoyo de la Comisión Nacional de Áreas Nacionales Protegidas y de la Dirección de Vida Silvestre de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, se consolidó en el Protocolo de atención a conflictos con felinos silvestres por depredación de ganado, publicado en 2010.

Como una de las primeras reglas para el desarrollo de alternativas es importante convertir la amenaza que aún representa el conflicto de depredación en oportunidades. Es por eso que se sigue trabajando en colaboración con la Coordinación de Corredores y Recursos Biológicos del CBMM, para convertir la amenaza que representan los grandes felinos para las comunidades rurales de la Selva Maya, y en particular el jaguar, en una oportunidad de aprovechamiento sustentable de la riqueza natural de la región.

## AMENAZAS Y SOLUCIONES PARA EL JAGUAR Y SU HÁBITAT

*Danae Azuara, Eugenia Pallares*

*Así, la vida nacida de la Tierra,  
es solidaria con la Tierra.  
La vida es solidaria con la vida.*

EDGAR MORIN

El trabajo de investigación orientado hacia la toma de decisiones y estrategias de conservación requiere determinar necesidades y jerarquizar prioridades, además de consensarlas y enriquecerlas con otros expertos en el tema. Por ello, en 2008 se llevaron a cabo dos talleres en el seno del Subcomité Técnico Consultivo para la conservación del jaguar y otros felinos, a los que se convocó a representantes tanto de Sagarpa (Aserca-Progan) como de Conafor (Proárbol). El Subcomité reúne a expertos en jaguar y trabaja en el intercambio de información y búsqueda de estrategias para la conservación de los grandes felinos en México.

Durante el primer taller, cuyo tema fue *Amenazas y soluciones para el jaguar y su hábitat en la región sureste*, se realizaron actividades encaminadas a compartir información sobre la situación del jaguar en la región, exponer y analizar las amenazas y soluciones para el jaguar y su hábitat, promover el intercambio de información entre actores del sector ambiental con funcionarios de otras dependencias, e integrar un grupo coordinador de trabajo. Se socializaron algunos de los trabajos previos realizados en la Selva Maya por Jaguar Conservancy y se abordaron los principales factores de amenaza para el hábitat del jaguar y la conectividad de los corredores biológicos en la región mesoamericana, como la infraestructura carretera y eléctrica, que, asociados a incentivos para el desarrollo rural, incrementan el factor de deforestación en gran magnitud, porque son del orden de políticas públicas firmemente establecidas.

Se determinó la necesidad de contar con la coordinación de los proyectos orientados al desarrollo rural en las áreas prioritarias del jaguar, como Proárbol, Aserca, Progan, Procampo, entre otros, para buscar alternativas de sintonía con la conservación de la biodiversidad en general y del jaguar en particular, así como para generar el indispensable intercambio de información con propuestas concretas sobre zonas de elegibilidad, superficies y montos, y programas de mejores prácticas.



Los compromisos derivados de este primer taller incluyeron: establecer un grupo de trabajo que integrará a funcionarios de las otras dependencias; definir áreas prioritarias y alternativas productivas para dichas áreas, de acuerdo con los escenarios deseables para la conservación del jaguar en el país, y hacer un análisis concreto de los apoyos, criterios y reglas de operación de los programas de apoyo rural en las áreas prioritarias con el fin de conciliar los proyectos de conservación y de desarrollo rural.

## Desarrollo de modelos conceptuales

Los modelos conceptuales se utilizan para facilitar que un equipo llegue a un consenso en torno a su percepción de lo que sucede en un sitio determinado; para comunicar y relacionarse con donadores, socios y otros actores relevantes; como plataforma para la planeación estratégica, y para desarrollar planes de monitoreo y evaluación. Un mapa conceptual es un diagrama de la situación de un sitio en particular, que muestra las mayores fuerzas —amenazas y oportunidades— que ejercen impacto en la biodiversidad y muestra las relaciones causales entre estas fuerzas. Un buen mapa conceptual es el resultado de un esfuerzo de equipo y está basado en información confiable; presenta una imagen de la situación en el sitio; muestra los supuestos que se tienen sobre la conexión entre factores, las amenazas consideradas directas, así como las amenazas indirectas y oportunidades, es decir, las causas de fondo que contribuyen (de manera positiva o negativa) a las amenazas directas.

El segundo taller se orientó a analizar las amenazas que enfrentan el jaguar y su hábitat en la región sureste del país y las soluciones para su conservación. Para tal efecto se planteó la necesidad de construir una visión de los factores causales de las amenazas y construir un marco conceptual para la planeación estratégica que incorporara factores de desarrollo rural en la región, compatibles con la conservación, y permitiera promover el intercambio de información entre actores del sector ambiental con funcionarios de otras dependencias. A fin de sistematizar la experiencia, se utilizó el programa interactivo Miradi™, que es un software diseñado por conservacionistas para el manejo de proyectos. Este programa representa una herramienta para la planeación, implementación y evaluación de buenas prácticas, creado por las organizaciones *Conservation Measures Partnership* y *Benetech*. El sistema es una guía para la creación de proyectos de conservación y permite establecer mapas conceptua-



les para el análisis y desarrollo de proyectos. Dentro de este proceso se definieron dos blancos de conservación: el jaguar y su hábitat, así como cuatro amenazas: infraestructura de transporte y energía, cambio de uso de suelo, muerte de individuos por conflictos, y reducción de presas y su relación con los desastres naturales (figura 1). El grupo se dividió en cuatro equipos de trabajo, uno por cada amenaza a analizar.

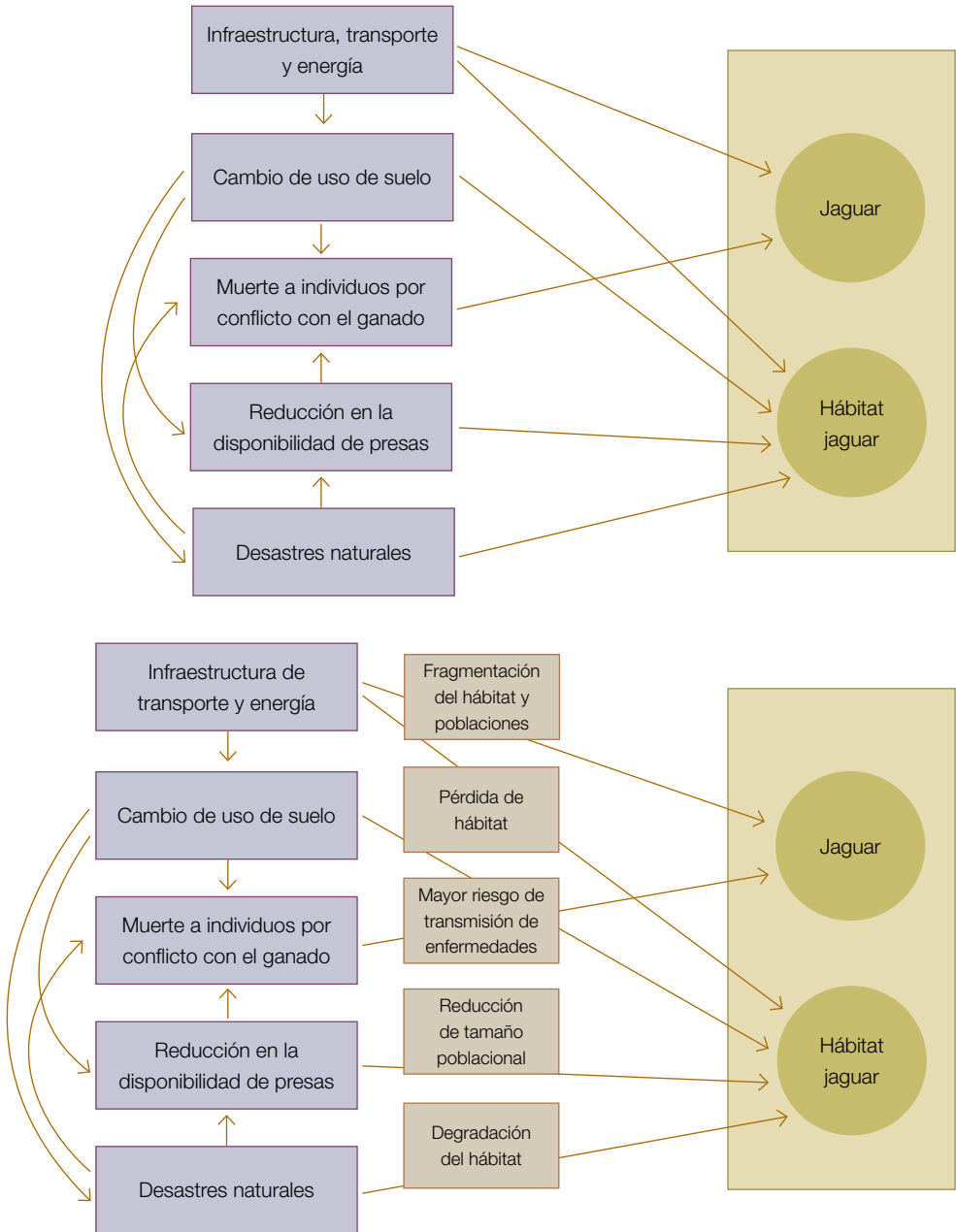
Cada grupo revisó y realizó modificaciones al mapa-base de amenazas al hábitat del jaguar en la Selva Maya con el objetivo de distinguir entre amenazas y efectos, al igual que entre amenazas directas e indirectas, y llegar a una identificación exitosa de las amenazas directas a los blancos de conservación. La definición operativa de amenazas directas fue: “Actividades humanas que degradan directamente uno o más blancos de conservación”. En este sentido, se consideraron los fenómenos naturales, producidos por actividades humanas o cuyo impacto es mayor debido a actividades humanas, como incendios y huracanes.

Una vez establecidas las *amenazas directas*, se jerarquizaron de acuerdo con los siguientes criterios (cuadro 1): *extensión geográfica* = proporción del blanco de conservación que se calcula será afectado en los próximos diez años, si continúan las circunstancias y tendencias actuales; *severidad* = magnitud del daño dentro de la extensión o área de impacto que se calcula si continúan las circunstancias y tendencias actuales; e *irreversibilidad* = grado en que la afectación es reversible si la amenaza deja de existir y factibilidad de restaurar el blanco de conservación.

Una vez definidas las amenazas directas, se procedió a construir un mapa conceptual de factores que representan amenazas y oportunidades para el jaguar y su hábitat, y se trabajó en la identificación de las áreas clave donde ha-

Cuadro 1. Jerarquización de las *amenazas directas*

Criterios de amenazas directas	Blancos de conservación	
	Jaguar	Hábitat del jaguar
Extensión geográfica	Proporción de la población afectada	Proporción del área afectada
Severidad	Grado de reducción de la población	Grado de destrucción o degradación
Irreversibilidad	Grado de irreversibilidad de la afectación en la especie	Grado de irreversibilidad de la afectación en el hábitat



**Figura 1.** Amenazas directas / Amenazas indirectas / Blancos de conservación



bría que reducir amenazas y en la detección de los actores clave en este proceso. El ejercicio puso en evidencia que la infraestructura de transporte impacta directamente a las poblaciones de jaguar al aumentar las muertes de individuos por atropellamientos, así como al hábitat del jaguar, tanto dentro como fuera de las áreas naturales protegidas.

Se consideraron efectos directos de la construcción de infraestructura, la desaparición directa del hábitat en el área de construcción (pérdida y fragmentación) y el cambio físico del paisaje resultado de dicha desaparición. Efectos secundarios son aquéllos no producidos directamente por la infraestructura, como el cambio de uso de suelo para nuevos asentamientos o actividades humanas a lo largo de la carretera. Como amenazas directas e indirectas en los blancos de conservación se identificaron: fragmentación y degradación del hábitat (disminución en la calidad) y reducción del tamaño poblacional por pérdida de presas y mayor riesgo de transmisión de enfermedades, debido a la llegada de especies domésticas y exóticas al hábitat. Se utilizaron los criterios de extensión, severidad e irreversibilidad para evaluar esta amenaza directa al hábitat del jaguar, fuera de las ANP de la región y dentro de éstas. Posteriormente se evaluó la amenaza a las poblaciones de jaguar, igualmente tanto fuera como dentro de las ANP. La figura 2 presenta la forma en que el programa Miradi™ utiliza las evaluaciones de cada criterio para generar una evaluación del grado de amenaza.

El análisis muestra una percepción de que el hábitat fuera de las ANP está muy (*very high*) amenazado, y altamente (*high*) amenazado dentro de las ANP. La amenaza de infraestructura para transporte se percibe como alta (*high*), tanto dentro como fuera de las áreas protegidas. El impacto directo por atropellamiento de individuos se percibe como menor (*low*) al impacto en su hábitat; sin embargo, habrá que considerar que no se cuenta con información sistematizada de atropellamientos, que permita evaluar esta amenaza, como tampoco con estudios de mayor profundidad acerca del efecto de las carreteras sobre los movimientos del jaguar. Se estableció que los impactos de la amenaza “infraestructura de transporte” se dan tanto en las poblaciones de jaguar (por atropellamiento de individuos, obstáculos para su dispersión, etc.) como en su hábitat: fragmentación, alteración y fomento a la reducción del hábitat.

La fase final fue la construcción del mapa conceptual de la amenaza que representa la infraestructura de transporte para el jaguar y su hábitat (figura 3),



**Magnitud de la amenaza (extensión + severidad)**

		Extensión			
		Muy alto	Alto	Medio	Bajo
Severidad	Muy alto	Muy alto	Alto	Medio	Bajo
	Alto	Alto	Alto	Medio	Bajo
	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo
	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

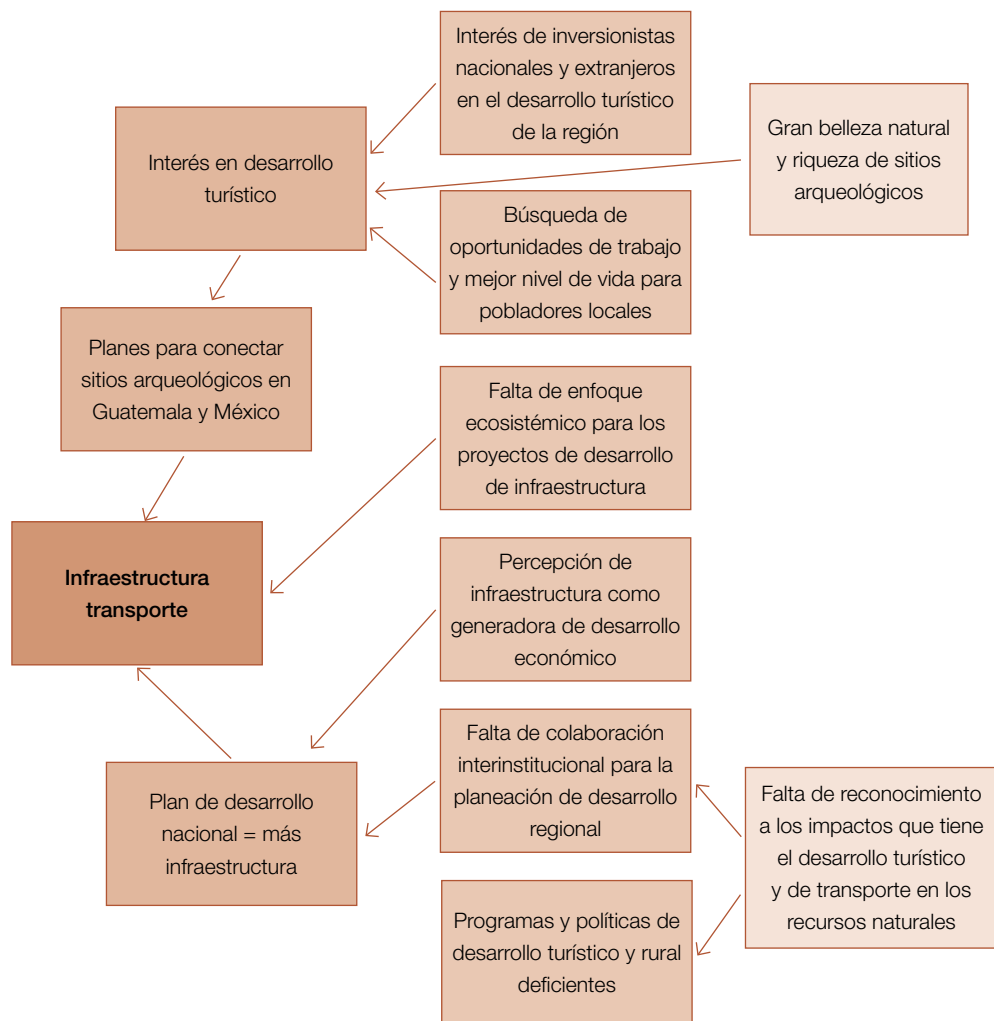
**Grado de amenaza (magnitud de la amenaza + irreversibilidad)**

		Irreversibilidad			
		Muy alto	Alto	Medio	Bajo
Severidad	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Alto
	Alto	Muy alto	Alto	Alto	Medio
	Medio	Alto	Medio	Medio	Bajo
	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo

**Figura 2.** Evaluación de criterios de la amenaza infraestructura sobre los blancos de conservación.

y se sentaron las bases para la construcción de los mapas conceptuales de las otras tres amenazas definidas.

Como se puede apreciar en el mapa conceptual, hay varios factores que promueven que la infraestructura de transporte sea una de las más altas amenazas directas para el jaguar y su hábitat. El eje central de todos los proyectos orientados a la permanencia de la región es la riqueza natural y cultural de la misma, manifiesta en una gran belleza escénica e innumerables vestigios de la cultura maya, muy atractiva para los inversionistas turísticos y potencial fuente de ingreso para los pobladores locales. Sin embargo, estas magníficas oportunidades se ven en peligro por la falta de un enfoque ecosistémico en los planes y políticas de desarrollo, los cuales no reconocen adecuadamente el impacto de los proyectos turísticos y de infraestructura sobre la biodiversidad. Lo anterior se puede atribuir a la falta de colaboración interinstitucional y a la percepción de que las obras de infraestructura son en sí mismas generadoras de desarrollo. Así, la infraestructura de transporte seguirá siendo una grave amenaza directa para el jaguar y su hábitat hasta que sea posible incidir en la fuente de origen



**Figura 3.** Mapa conceptual de las amenazas para el jaguar y su hábitat en la región sureste.





de esta amenaza y actores clave: desarrolladores turísticos, funcionarios de transporte, desarrollo social, economía y turismo, así como tomadores de decisiones responsables de las políticas públicas en todas los niveles: federal, regional, estatal y municipal.

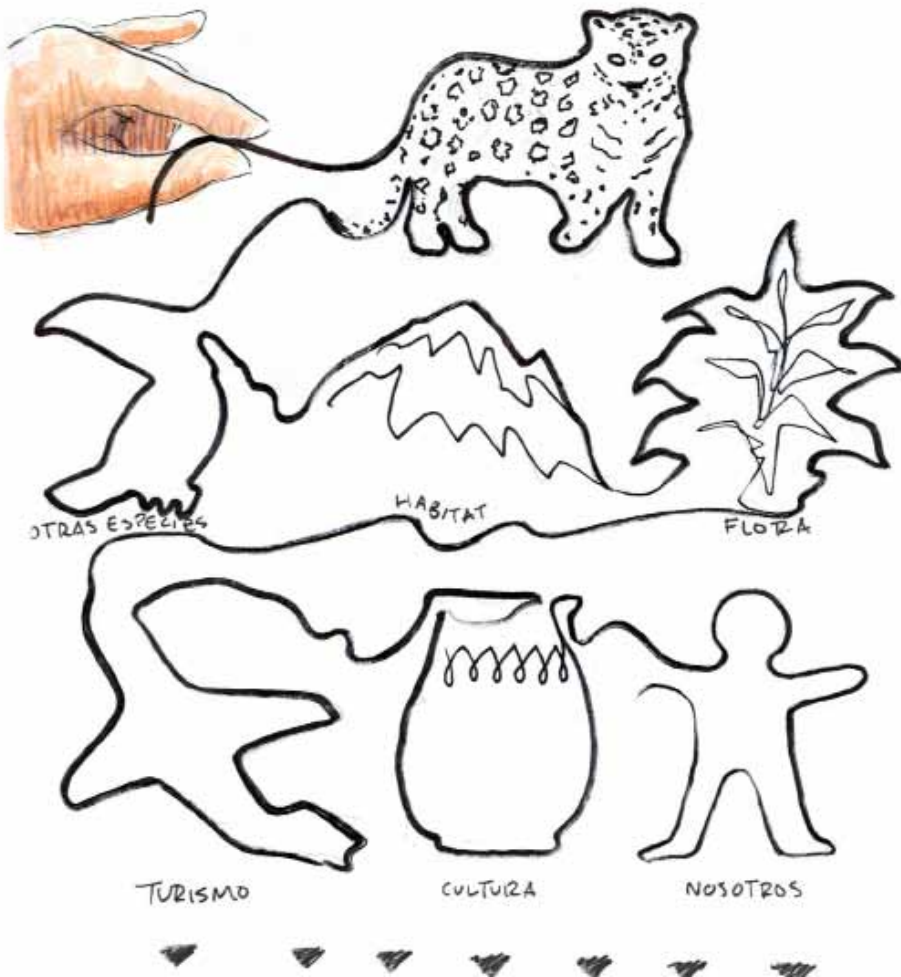


Ilustración: Víctor Solís

# CARRETERAS Y CORREDORES BIOLÓGICOS

*Danae Azuara, Carlos Manterola, Edmundo Huerta*

*Muchos escalones del tiempo  
desde que despertó la tierra  
y entonces amaneció para ellos.*

LIBRO DE LAS PROFECÍAS. LIBRO DE CHILAM BALAM

La implementación de proyectos de infraestructura, particularmente la construcción, modernización y ampliación de las redes de transporte, está considerada globalmente como uno de los factores de crecimiento económico, y México no es la excepción. “*La infraestructura es sinónimo de desarrollo económico, social y humano*”. De esta manera inicia el mensaje del Presidente Felipe Calderón en la presentación del Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012. El Programa tiene como meta para 2030, que México se ubique dentro del 20 por ciento de los países mejor evaluados de acuerdo con el índice de competitividad de la infraestructura que elabora el Foro Económico Mundial. Esto significa que, para 2012, México debe llegar a ser uno de los líderes de América Latina en cobertura y calidad de infraestructura (cuadro 1).

Por otra parte, el Plan Nacional de Desarrollo expone que en la toma de decisiones sobre inversión, producción y políticas públicas se incorporarán consideraciones de impacto y riesgo ambientales, y que la consideración del

Cuadro 1. Escenarios de inversión en infraestructura 2007-2012

Escenario	Supuestos	Inversión promedio anual (% del PIB)
Inercial	Recursos decrecientes respecto a los observados en los años recientes como resultado de la disminución de ingresos petroleros y las presiones de gasto en otros rubros	2.0 - 3.0
Base	Supone que alrededor de la mitad de los recursos provenientes de la reforma hacendaria propuesta al Congreso se destinan a infraestructura	3.0 - 4.5
Sobresaliente	Aumento significativo en los recursos públicos y privados para la inversión en infraestructura como resultado de las reformas estructurales	4.5 - 6.0



tema ambiental será un eje de la política pública que esté presente en todas las actividades de gobierno (Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, [www.presidencia.gob.mx](http://www.presidencia.gob.mx)).

El Programa Nacional de Infraestructura incluye consideraciones ambientales al plantear que: *la realización de cada proyecto está sujeta al cumplimiento de la normatividad aplicable y, previo a su ejecución, todos deberán contar con los análisis de factibilidad técnica, económica y ambiental correspondientes*; sin embargo, una de las estrategias diseñadas para alcanzar las metas del Programa plantea: *Resolver la problemática en materia de adquisición de derechos de vía y simplificar los trámites para la obtención de autorizaciones en materia ambiental*.

En relación con los proyectos de infraestructura carretera proyectados para 2012 se tiene considerada la construcción o modernización de 17,598 kilómetros de carreteras y caminos rurales, con un inversión calculada en 278 mil millones de pesos. En cuanto a la infraestructura turística a nivel regional se implementa el Programa regional de desarrollo urbano-turístico para el corredor Escárcega-Xpujil, como parte de la asistencia técnica del Fondo Nacional de Fomento al Turismo (Fonatur) al gobierno de Campeche. Este programa considera que: *“El corredor comprendido entre las localidades de Escárcega y Xpujil, en el estado de Campeche, se constituye como una región cuyo potencial turístico ha sido explotado escasamente...”*, e incluye varios proyectos detonadores en la zona como hoteles, centros de convenciones, campo de golf, centros comerciales, museos, estaciones de gasolina, etc., y parte de la base de que el desarrollo de infraestructura es fundamental para la región.

Desde el punto de vista ambiental, existe abundante información documentada sobre los impactos de los proyectos carreteros en los ecosistemas, como la interrupción del flujo ecológico de un ecosistema, pues se alteran los patrones espaciales del paisaje al crear (la carretera) una barrera a los movimientos de la vida silvestre, con lo que se inhibe el paso natural de las especies de un sitio a otro y se afecta significativamente a las comunidades animales. Es un hecho contundente que las carreteras crean una barrera para los movimientos de la vida silvestre y como consecuencia importantes efectos sobre la demografía de comunidades animales, la reducción de la biodiversidad y el incremento de la tasa de extinción. Un estudio realizado en un sistema carretero en Estados Unidos demostró que los efectos perjudiciales para el ecosistema se extienden a más de cien metros de distancia desde la carretera. Además de los atropellamientos, existen otros efectos sobre la vida silvestre que son determi-



nantes y que van desde consecuencias en los patrones reproductivos hasta múltiples impactos en la vida silvestre ocasionados por el ruido producido en la carretera (*road effect zone*). Este último es un factor cuantitativo que permite medir los efectos ecológicos

En este contexto, resulta evidente la necesidad de contar con estudios y métodos de investigación para evaluar los efectos directos e indirectos de los proyectos de infraestructura sobre la biodiversidad, con el objetivo de brindar recomendaciones de mitigación de dichos impactos y de incidir en los actores relevantes para la adopción de buenas prácticas ambientales.

### Poblaciones de vida silvestre y carreteras

El interés que despertó la relación entre el ambiente natural y los sistemas de caminos llevó al desarrollo de una nueva rama de la Ecología, la Ecología de Caminos. Algunos de los conceptos ecológicos que más influencia tienen actualmente en la ecología de caminos son hidrología, microclima, gases inver-



Ilustración: Victor Solís/  
Revista Inside México



nadero, comunidades vegetales, sucesión ecológica, biodiversidad, especies exóticas, ecología poblacional, corredores biológicos, efecto de borde, efecto de filtro, modelos de cambios espaciales en el uso de suelo, entre muchos otros.

Además de la huella física que implica la carretera existe una “huella virtual” rodeando cada camino. Esta huella virtual es el efecto acumulado en el tiempo y espacio de todas las actividades que los caminos inducen o permiten, así como los impactos ecológicos de esas actividades. Con el objetivo de reducir esta huella virtual se han desarrollado diversas medidas para ser aplicadas en todas las fases de la construcción de caminos, así como para disminuir el impacto de las actividades asociadas a la presencia de caminos. Si estas medidas se llevan a cabo exitosamente, se puede mantener los servicios de transporte en los caminos sin alterar significativamente los flujos energéticos, ciclos de nutrientes, regímenes hidrológicos y el movimiento natural de poblaciones animales.

### **Mortalidad de vida silvestre en caminos**

En algunos casos, la mortalidad por colisiones o atropellamientos puede ser mayor a la producida por causas naturales, como la depredación o las enfermedades, lo cual es especialmente grave en poblaciones de especies en riesgo de extinción, ya que, sumada a otros factores de amenaza, reduce la probabilidad de éxito de la recuperación de especies en riesgo. Las muertes por atropellamiento se dan tanto en especies de gran tamaño, como osos, venados, felinos mayores, como en animales de talla menor. Muchos estudios en Estados Unidos informan que mueren más aves que mamíferos por atropellamiento en carreteras.

Cabe señalar que Florida informa que aproximadamente 49% de muertes del puma de Florida (*Puma concolor coryi*) eran por atropellamiento, antes de implementar medidas de mitigación. También estaban amenazadas especies como oso negro, venado cola blanca, cocodrilo y águila calva. En el sur de California, pumas y ocelotes son las especies más afectadas; el lobo lo es en Minnesota, y el alce en Alaska. En el suroeste de España lo es el lince ibérico (Forman *et al.*, 2003).

Evidentemente, la velocidad y el volumen del tráfico son factores que inciden en un mayor número de atropellamientos, particularmente cuando la carretera cruza por hábitat bien conservados o corredores biológicos. En el caso del jaguar, como en el de otras especies afectadas por las carreteras en la



Selva Maya, no se cuenta con una base sistematizada de datos de atropellamientos, aunque hay reportes documentados y no documentados sobre el tema, lo que hace evidente la necesidad de contar, además de monitoreos de vida silvestre, con una base de datos confiable de atropellamientos, particularmente de especies enlistadas en la legislación ambiental vigente, como es el caso del jaguar.

Por otra parte, los investigadores han identificado factores ecológicos y etológicos que aumentan la vulnerabilidad de las especies a los efectos de mortalidad asociada a caminos; encontramos que un gran porcentaje de estos factores está asociado al jaguar. Son más vulnerables las especies: longevas (carnívoros mayores) y con baja tasa reproductiva, baja densidad y alta movilidad intrínseca, es decir, que presentan altas tasas de dispersión; también, las especies generalistas en requerimientos de hábitat, que se mueven en busca de hábitat, las que combinan bajas densidades y altos requerimientos de espacio; especies que son atraídas por las carreteras, ya sea porque la temperatura es más elevada, como ocurre con algunos reptiles e insectos, o porque brindan un espacio abierto y la oportunidad de encontrar alimento, como animales atropellados o desperdicios de comida, que atraen auras y otros carroñeros.

### **Cambios en la cantidad y calidad del hábitat**

Algunas poblaciones animales se ven más afectadas en su viabilidad por otros factores distintos a la muerte por atropellamiento, pero asociados a la existencia de caminos, como la pérdida en cantidad y calidad de su hábitat. Entre dichas especies están las que se dispersan con rapidez, las de gran tamaño, longevas y que tienen grandes requerimientos de área, bajas densidades y bajas tasas reproductivas; las especies que prefieren el bosque interior: cuanto más pequeños los parches, mayor es la proporción de bosque de borde que no utilizan estas especies. Por su forma, las carreteras generan una gran cantidad de bosque de borde. Para algunas especies estrictas de bosque interior, la cantidad real de deforestación es muchas veces mayor que el área perdida por la construcción de la carretera.



## Reducción en la calidad del hábitat

Los caminos también alteran la calidad del hábitat cercano y la respuesta de diversas especies, como el jaguar, que muestran una menor densidad poblacional cerca de las carreteras o menor éxito en su reproducción. Se han llevado a cabo varios estudios en donde se comprueba que las densidades poblacionales de 60% de las especies de bosques y pastizales que viven cerca de los bordes de carreteras son inferiores a las densidades localizadas lejos de ellas (Reijnen *et al.*, 1996). El ruido generado por el tránsito vehicular es uno de los factores de mayor impacto en la fauna, ya que genera efectos como: desplazamiento, reducción de áreas de actividad y bajo éxito reproductivo, lo que está asociado a pérdida del oído, aumento de las hormonas del estrés, comportamientos alterados e interferencias en la comunicación durante la época reproductiva, entre otros.

Por otra parte, la presencia de caminos puede elevar indirectamente la mortalidad de diversas especies ya que al facilitar el acceso a las personas a estas áreas se promueve la caza furtiva, otra de las amenazas identificadas para el jaguar.

## Efectos en la conectividad del paisaje

La conectividad de paisaje se puede definir como el grado en que el paisaje facilita movimientos animales y otros flujos ecológicos. Altos niveles de conectividad pueden existir cuando las matrices del paisaje están compuestas por hábitats “benignos”, sin barreras que impidan el libre movimiento. La conectividad de paisaje es importante para que los individuos de las poblaciones puedan moverse a los sitios donde pueden cubrir las necesidades de su ciclo de vida, para la migración entre localidades, para hacer posibles los movimientos de repoblación desde áreas en las que la población ha sufrido pérdidas por catástrofes meteorológicas o extinciones locales, y para disminuir los efectos del entrecruzamiento.

Para algunas especies, como el jaguar, caminos o carreteras pueden ser barreras reales para su movimiento, ya que en la mayoría de los casos funcionan como barreras-filtro que impiden movimientos a través de ellas. Un efecto de éstas puede ser la disminución del movimiento de genes entre poblaciones, lo que ocasiona depresión genética por entrecruza que puede causar, a su vez, esterilidad o debilidad en la descendencia o puede aumentar la probabilidad de deriva génica.





Perspectivas de la ampliación de la carretera Escárcega-Xpujil, Campeche dentro de los corredores de conectividad de hábitat del jaguar en la Selva Maya.

Fotos: Edmundo Huerta

## Puentes para la vida silvestre

Diversas medidas de mitigación son utilizadas en varios países del mundo para disminuir los efectos negativos de las carreteras sobre la vida silvestre, entre las que destacan, por su eficacia, los pasos de fauna, pues incrementan la permeabilidad y la conectividad del hábitat a lo largo de una carretera y reducen además las colisiones de los vehículos con los animales silvestres. Los pasos de fauna son estructuras construidas *ex profeso* o adaptaciones de estructuras existentes. Se clasifican en varias categorías, de acuerdo con sus características, función y dimensiones:





### *Puente elevado (Overpass)*

Son grandes estructuras cubiertas de vegetación que se elevan sobre la carretera con la función de mantener la conectividad entre las poblaciones de animales dentro de un ecosistema. Suelen tener un considerable tamaño para permitir el paso de grandes mamíferos, particularmente en carreteras que presentan barreras infranqueables, como vallas centrales.



ARRIBA Puente elevado en el Parque Nacional Banff, Canadá.  
Foto: American Windlands

CENTRO Diseño de la agencia Balmori Associates (Nueva York), primer lugar del concurso para desarrollar soluciones innovadoras para infraestructura de pasos de vida silvestre, convocado por ARC International Wildlife Crossing Infrastructure Design, en 2010.



ABAJO Paso elevado de Wigoltingen sobre la carretera A-7 en Thurgau, Suiza, de 140 metros de longitud, construido en 1992.  
Foto: Carlos Iglesias M.



### *Túnel (Underpass)*

Son estructuras que cruzan por debajo de la carretera, de formas y dimensiones muy variadas, según su función; incluyen desde pequeñas alcantarillas para el paso de reptiles y anfibios hasta enormes túneles que permiten el cruce de grandes mamíferos, o viaductos, producto de la elevación de la carretera. Los túneles se construyen *ex profeso* durante o después de la construcción de la carretera o pueden ser el resultado de la adaptación de algunas estructuras preexistentes.



Pasos de vida silvestre  
“viaductos” en Arizona

Fotos: Patricia White



Como medidas de mitigación asociadas a los pasos de vida silvestre, se utilizan diversos tipos de cercados, alambrados o cercas vivas, que tienen la función de dirigir a los animales hacia la estructura y evitar el cruce por la carpeta asfáltica. Otro tipo de medidas, como señalización, reductores de velocidad, barreras de sonido, manejo de vegetación, restauración, e incluso educación ambiental, pueden ser utilizadas como apoyo a los pasos de fauna o en forma independiente. Las medidas que se recomiendan en forma general son la remoción de residuos contaminantes generados por los vehículos y la vigilancia.



Ejemplos de túneles de vida silvestre en Estados Unidos.

Foto arriba: Patricia Cramer

abajo: CSKT y MDT

## IMPACTOS DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA EN LA SELVA MAYA

*Dalia Amor Conde, Carlos Manterola*

Varios proyectos de mejoramiento y construcción de carreteras han sido planteados en la región fronteriza entre México, Guatemala y Belice, la cual forma parte de la Selva Maya. La nueva infraestructura vial se propone para impulsar el crecimiento económico y reducir los altos índices de pobreza que caracterizan esta región, pero es justamente la baja densidad de carreteras la razón, al menos en parte, del buen estado de conservación de la Selva Maya. Por ello, las nuevas obras traerán consigo posibles conflictos entre metas económicas y ambientales que será de gran importancia armonizar. En el estudio realizado en 2007 (Conde *et al.*, 2007), analizamos los impactos económicos y ambientales de un conjunto de proyectos carreteros en la región.

El análisis tuvo cuatro fases: 1) análisis de promotores de la deforestación histórica, 2) impacto de los nuevos proyectos carreteros en la deforestación futura; 3) análisis del efecto de los proyectos en el hábitat potencial del jaguar, una medida más directa del impacto ecológico y 4) análisis económico de los proyectos carreteros con alta probabilidad de ser construidos. El área de estudio cubre aproximadamente 100 000 km<sup>2</sup> de la Selva Maya.

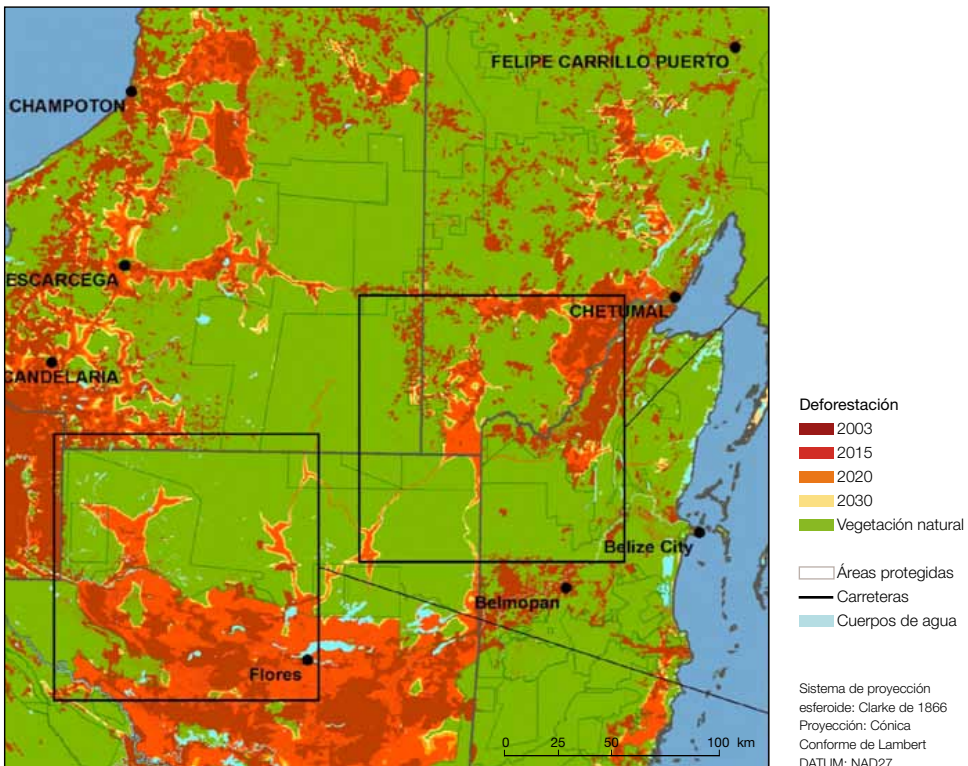
A partir de análisis de los promotores de la deforestación histórica modelamos los efectos sobre la deforestación futura en los siguientes tramos:

- Caobas-Tikal
- San Andrés-Mirador
- Mirador-Calakmul
- Uaxactún-Mirador
- Yaxhá-Nakum-Naranjo
- Melchor de Mencos-Arrollo Negro
- Lamanai-frontera con Guatemala
- El Ceibo-El Naranjo
- Escárcega-Xpujil
- Camino dentro de la Reserva Balam-Kú y Calakmul, para torres de alta tensión, a un kilómetro de la carretera Escárcega-Xpujil



Nuestras proyecciones indicaron que si todos los proyectos mencionados fueran implementados en la región, se deforestarían alrededor de 311 170 hectáreas de selva en los próximos treinta años (figura 1). Esto causaría la liberación de por lo menos 225 millones de toneladas de dióxido de carbono, que implicarían un costo global ambiental de cerca de US\$ 136 millones (valor presente). Para el 2015, las carreteras dividirían los seis parches centrales de hábitat potencial del jaguar en 16 parches, con una pérdida de hábitat de alrededor de 11.24% (151 428 ha) para la especie.

El aumento en la fragmentación y la accesibilidad a la Selva Maya incrementaría la vulnerabilidad del ecosistema ante perturbaciones como incendios



**Figura 1.** Escenarios de deforestación a 30 años si todas las carreteras en planeación son construidas.



y huracanes. También aumentarían las presiones antropogénicas, como la toma de tierras dentro de las áreas protegidas, la tala irregular y el contrabando ilegal de especies de flora y fauna; además se generaría una barrera para la movilidad de especies dentro y fuera de las áreas protegidas de la región, lo que debilitaría significativamente los corredores biológicos, planteados por el Corredor Biológico Mesoamericano.

El análisis económico se llevó a cabo para dos proyectos carreteros: Caobas-Arrollo Negro-Tikal y San Andrés-Carmelita-Mirador. El proyecto Caobas-Arrollo Negro-Tikal generará pérdidas de aproximadamente US\$ 40 millones para Guatemala y de US\$ 14 millones para México. El proyecto San Andrés-Mirador resultó negativo también, con pérdidas de US\$ 21 millones para Guatemala. Estas cifras no consideran los costos ambientales de los proyectos. La deforestación ocasionada por estos dos proyectos se estima en alrededor de 53 570 y 36 128 hectáreas, respectivamente, lo que equivale a un costo global en términos de emisiones de CO<sub>2</sub> de US\$ 24 millones para el proyecto Caobas-Arrollo Negro-Tikal y de US\$ 15 millones para el proyecto San Andrés-Carmelita-Mirador. Por falta de información, no cuantificamos el valor económico de ningún otro beneficio ambiental que se vería reducido por la deforestación.

Estos resultados indicaron que no existe un conflicto entre metas económicas y ambientales en los casos de las dos carreteras analizadas bajo ambos criterios. Ninguna de las metas se alcanza mediante tales inversiones, ya que generan pérdidas económicas y también de recursos ambientales.

En los casos en que las obras viales ya se encuentran en fase de construcción, se deben tomar medidas para minimizar y compensar la deforestación provocada, así como para mantener la conectividad para las especies. Es posible alcanzar este objetivo mediante inversiones en el mejor manejo y vigilancia de áreas protegidas. En el caso específico de la carretera Escárcega-Xpujil, cuya ampliación estaba prácticamente terminada, resultaba urgente que se establecieran medidas de mitigación que permitieran la movilidad de las especies en las áreas protegidas de Calakmul y Balan-Kú. Igualmente, se recomendó ubicar las torres de alta tensión y tendido eléctrico al margen de la carretera actual Escárcega-Xpujil, en lugar de crear un nuevo camino dentro de dichas reservas, con el objetivo de evitar una nueva vía de acceso a las reservas, así como un aumento en la deforestación y la fragmentación de las mismas.





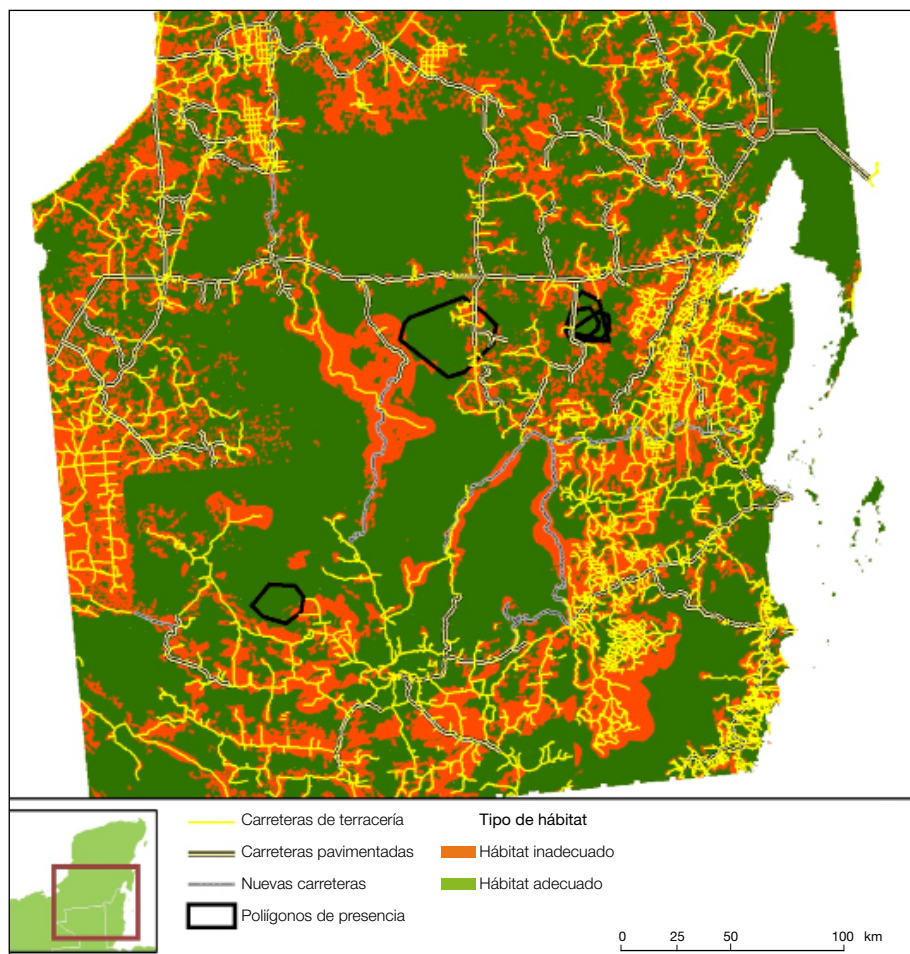
Paralelamente a este estudio, un equipo colaborador (Ramos *et al.* 2007) realizó un análisis a escala local de los impactos que las carreteras ocasionarían a la Reserva de la Biosfera Maya (RBM), en el Petén de Guatemala. En ambos estudios se utilizó el mismo análisis económico de transporte de los proyectos San Andrés-Mirador y Tikal-Caobas, por lo cual los resultados son los mismos. El análisis local proyecta de manera detallada los cambios que se darían en la RBM como consecuencia de la construcción de carreteras, mientras que el análisis regional explica las implicaciones de las carreteras para los tres países (México, Belice y Guatemala), considerando el impacto dentro y fuera de las áreas protegidas de la región.

En cuanto a los efectos de los proyectos carreteros en la pérdida de hábitat para el jaguar, se cuantificó el impacto de elementos de origen humano en el uso que hace el jaguar de los distintos tipos de vegetación y el impacto del uso de suelo, en particular la construcción de carreteras pavimentadas y no pavimentadas, así como la cercanía con poblados. Se desarrolló un nuevo modelo de hábitat que sigue la estructura jerárquica que especies como el jaguar hacen en la selección y uso del paisaje. Se encontró que los jaguares seleccionan las selvas como hábitat primario, mientras que los bajos y pantanos aparecen como áreas de uso neutral o zonas de paso. Además evitan la vegetación secundaria y las zonas agrícolas, y se ven afectados por las carreteras y los poblados, pero la magnitud del impacto varía según el tipo de vegetación en que se encuentren.

Las principales áreas con disponibilidad de hábitat en la región son: 1) el macizo de selva entre la Reserva de la Biosfera Maya en Guatemala y el sistema de reservas recientemente ampliadas en Campeche; 2) el sistema de reserva al centro de Belice y 3) las selvas altas del noreste de Guatemala, particularmente el área que ocupa la Sierra del Lacandón. Estas tres áreas aparecen cada vez más aisladas entre sí, por lo que resulta fundamental establecer estrategias de conservación y uso de suelo que permitan mantener su conectividad. Esto se ve apoyado por los resultados de predicción de pérdida de hábitat derivada de los nuevos proyectos carreteros que, de realizarse, causarían una drástica disminución en la disponibilidad de hábitat y una importante fragmentación de éste. Encontramos que la construcción de las carreteras que conectan el sur de Campeche y Quintana Roo con el Petén Guatemalteco dividiría la mayor área continua de hábitat para la especie (la Reserva de la Biosfera Maya en Guatemala y el sistema de reservas en Campeche) en tres parches. Resulta



evidente, que a pesar de su gran movilidad, los jaguares se ven afectados por la cercanía a carreteras y poblados, lo que condiciona la disponibilidad de hábitat incluso en áreas de selva bien conservada (figura 2).



**Figura 2.** Resultado de la predicción de pérdida de hábitat para el jaguar con base en el modelo jerárquico de uso de hábitat y la construcción de tramos carreteros proyectados.





## Actividades de incidencia

Las labores de incidencia son un paso decisivo para consolidar todo el trabajo de investigación y análisis técnico en resultados de conservación. En este proyecto se obtuvieron buenos procesos de incidencia, gracias al trabajo en colaboración con el Corredor Biológico Mesoamericano México. El primer caso de colaboración comenzó a desarrollarse a finales de 2006 para atender el reto y riesgo que representaba la instalación de un tendido eléctrico antes referido (figura 3), que, de acuerdo con su diseño inicial, corría dentro del bosque tropical, a un kilómetro de y en paralelo a la carretera que une a las poblaciones de Escárcega y Xpujil, la cual sería ampliada a cuatro carriles. La propuesta consistió en modificar el trazo de este tendido eléctrico, que ya había sido aprobado por Semarnat, para alinearlo y construirlo sobre el mismo trazo de la ampliación de la carretera, para reducir a un solo impacto ambiental lo que originalmente serían dos.

Se llevaron a cabo diversas reuniones en Campeche y Yucatán con directivos de la región de la Comisión Federal de Electricidad, distintas secretarías de estado del gobierno de Campeche y con funcionarios de la Coordinación de Transmisión y Transformación en la ciudad de México. Un elemento relevante de este proceso fue haber logrado el interés y participación activa de la Subsecretaría de Gestión de la Semarnat, lo que permitió elevar la negociación política y llegar a consensos a través de diferentes reuniones en las propias oficinas de la Subsecretaría de Gestión y en las del CBMM.

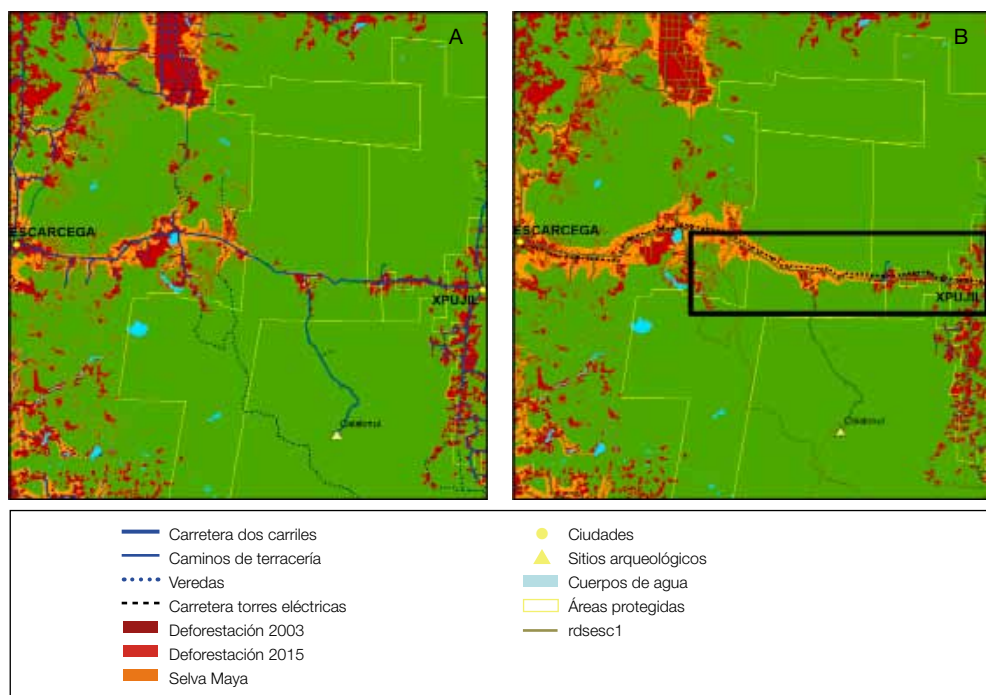
Después de casi un año de negociaciones, finalmente se logró acordar la reubicación del tendido eléctrico, es decir, se haría siguiendo el trazo de la carretera en las áreas selváticas importantes para la conectividad de los macizos de bosque tropical al norte y al sur de la mencionada carretera. Puede decirse que este esfuerzo es un gran éxito para la conservación y un ejemplo de cómo alinear el desarrollo con la conservación.

Las actividades de incidencia para disminuir la amenaza a la Selva Maya que representaban en ese momento los proyectos de infraestructura en apoyo a modelos de desarrollo como el Plan Puebla-Panamá y el Proyecto Mundo Maya, se llevaron al más alto nivel de las autoridades ambientales de nuestro país. Se logró una reunión con el Secretario de la Semarnat, en la que además se contó con la presencia del Subsecretario de Gestión y del Comisionado de Áreas Naturales Protegidas. Se presentaron los análisis y algunas posibles so-



luciones, como los puentes para la vida silvestre. Se entregó al Secretario, subsecretario y Comisionado un ejemplar del *Análisis ambiental y económico de los proyectos carreteros en la Selva Maya, un estudio a escala regional*, que compilaba los resultados de nuestro estudio. De igual forma se entregó el documento a otro grupo considerado clave para las actividades de incidencia, que es el de las instituciones multilaterales: el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco Mundial (BM). Finalmente se sostuvo una muy cordial y receptiva reunión con la Subsecretaria de Infraestructura, que además estuvo dispuesta a considerar la construcción de algunos puentes para la vida silvestre.

Cabe mencionar que el Plan Puebla-Panamá ha sido reestructurado con un nuevo: Proyecto Mesoamérica, que actualmente opera cinco proyectos económicos y cuatro sociales, entre los que se encuentra la Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental (EMSA), que busca ser el eje de cooperación ambiental de la región e incluye tres áreas estratégicas: biodiversidad, bosques



**Figura 3.** Escenarios a) sin construcción de la carretera de terracería para torres eléctricas, y b) con construcción de la carretera de terracería para torres eléctricas.



---

y cambio climático y competitividad sostenible. El CBMM ha sido un actor relevante en la formulación y consenso de la estrategia. Uno de los de los resultados de su participación fue que tanto en las líneas de cooperación como en la Declaración de Campeche sobre la Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental (firmada por los Ministros de Medio Ambiente de Mesoamérica el 10 de junio de 2008) se destacó la relevancia de fortalecer el proyecto del Corredor Biológico Mesoamericano.

Se hicieron diversas recomendaciones, entre las que destaca la urgencia de implementar medidas para el establecimiento de corredores para mantener la conectividad ecológica entre las Áreas Naturales Protegidas en los tramos en obras o terminados, particularmente en la carretera Escárcega-Xpujil. Otra recomendación fue incluir en los análisis económicos de proyectos de infraestructura la pérdida y fragmentación de áreas naturales y hábitat en los corredores, considerando los efectos a nivel regional, así como desarrollar estrategias de mitigación de los impactos de futuras obras de infraestructura.

## MOVIMIENTO DEL JAGUAR Y DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA<sup>1</sup>

*Fernando Colchero, Dalia Amor Conde*

*“..que aparezca el hombre, la humanidad,  
sobre la superficie de la tierra.” Así dijeron.*

POPOL VUH

El primer mapa de hábitat del jaguar en la Selva Maya, *La selva según el jaguar*, fue desarrollado en 2004, gracias a los datos obtenidos en los estudios de captura y monitoreo de jaguar, a partir de la lectura de los collares con GPS de los jaguares capturados. Este mapa mostró un efecto directo de las carreteras sobre las poblaciones de jaguar y estableció que el jaguar suele mantenerse a una distancia de las carreteras mayor a los 4.3 km. Posteriormente, el estudio *Análisis ambiental y económico de proyectos carreteros en la Selva Maya, un estudio a escala regional* (Conde *et al.*, 2007), en conjunto con la Universidad de Duke, demostró que las carreteras y caminos son uno de los mayores promotores de deforestación, y que más de 11% del hábitat del jaguar se habrá perdido en menos de 30 años, de continuar las tendencias actuales de desarrollo carretero, que tiene como consecuencia la fragmentación de la Selva Maya.

Uno de los proyectos carreteros de especial preocupación para la conservación de los corredores biológicos de Calakmul-Sian Ka'an fue la ampliación de la carretera federal 186, Escárcega-Xpujil en Campeche, que cruza las áreas naturales protegidas de Calakmul y Balam-Kú. A fin de contar con información útil para mitigar los impactos de esta obra en la biodiversidad, en 2008 se desarrolló un proyecto de investigación en colaboración con otras instituciones y con el apoyo del CBMM y del Critical Ecosystem Partnership Fund.

El tramo en construcción se identificó como una de las áreas de mayor importancia para la instrumentación de acciones tendientes a mitigar el impacto de la carretera, dada su importancia en términos de la biodiversidad y procesos ecológicos. La Reserva de la Biosfera Calakmul, además de ser el área protegida de bosques tropicales con mayor extensión de México, es parte del programa de la Unesco: El Hombre y la Biosfera (MAB, por su siglas en inglés) y está dentro de la lista de Patrimonio Mundial, considerada como patrimonio

---

<sup>1</sup> Este trabajo fue publicado en la revista científica *Animal Conservation* (Colchero *et al.*, 2011).



natural y cultural de la humanidad. Por su parte, la Reserva Estatal de Balam-Kú es una de las áreas de mayor biodiversidad del estado y alberga, además del jaguar, varias especies amenazadas y la cueva denominada “El volcán de los murciélagos”.

El jaguar fue nuevamente la especie clave utilizada para identificar los sitios prioritarios donde se tendría que implementar la medidas de mitigación, por considerar que cubre prácticamente todos los criterios de una especie paraguas para planes de conservación: cúspide de la cadena trófica, altamente sensible a los disturbios ambientales, con gran influencia en la regulación del sistema y la dinámica de poblaciones de un enorme número de especies que son sus presas, y grandes requerimientos de hábitat para mantener un número poblacional viable.

La implementación de pasos de fauna, particularmente los puentes elevados, implica una inversión considerable y su efectividad radica en ubicar los puntos exactos por donde los animales cruzarían la carretera. Estos puntos generalmente se basan en la tasa de atropellamientos a lo largo de la carretera, entre otros métodos. Sin embargo, los mejores métodos para la implementación de pasos de fauna en carreteras han sido desarrollados usando la radiotelemetría, que monitorea los movimientos de los animales que cruzan las carreteras. Estudios previos señalaban que el jaguar se mantiene alejado de las carreteras, es decir, establece su ámbito territorial evitando poblados y carreteras en áreas con adecuada cobertura vegetal y abundancia de presas, mas eso no significa que en sus movimientos de dispersión no cruce ocasionalmente las carreteras. De hecho, como se ha mencionado, hay reportes de atropellamientos de jaguar en la región, aunque no se cuenta con estadísticas oficiales.

Como parte del proyecto para diseñar medidas de mitigación (puentes elevados, túneles) del impacto del tramo carretero Escárcega-Xpujil sobre la conectividad, se desarrolló un método para determinar los puntos de la carretera donde los jaguares cruzan, mismos que se denominaron “puntos de cruce de jaguar”. Con base en los estudios previos de radiotelemetría en la región de Calakmul, se generó un modelo estadístico de movimiento de jaguar en la Selva Maya de México y Guatemala, que permite determinar la existencia de diferencias a nivel de género en el impacto que las carreteras tienen en el movimiento de la especie. Los resultados generados por este modelo se utilizaron para hacer predicciones y definir los sitios donde es apropiado construir pasos de fauna que permitirían mitigar el efecto de la carretera.



Para llevar a cabo el análisis estadístico de movimiento de jaguar, se generaron datos espaciales en formato ráster (*grid*) de variables ambientales y de origen humano, como índices de vegetación (NDVI), distancia a carreteras y densidad poblacional humana. La resolución espacial se fijó en celdas de 1 km<sup>2</sup>. Así, para este proyecto, la representación del paisaje se basa en un *grid* de base (área oscura) cuyas celdas forman una matriz de 413 filas (latitud) y 446 columnas (longitud), con un total de 184 198 celdas. Se utilizaron los datos de capturas de jaguar (figura 1), obtenidos entre 1998 y 2007, en la Reserva de la Biosfera Calakmul y el Ejido Forestal Caobas, en Quintana Roo, y los del proyecto realizado entre 2006 y 2007, en colaboración con Defensores de la Naturaleza y Fundación ARCAS, en el Parque Nacional Laguna del Tigre, en Guatemala, al oeste de la Reserva de la Biosfera Maya. En total, once jaguares (siete hembras y cuatro machos) fueron monitoreados y los collares recuperados al menos una vez. De esta forma, se obtuvo un total de 6 278 puntos para

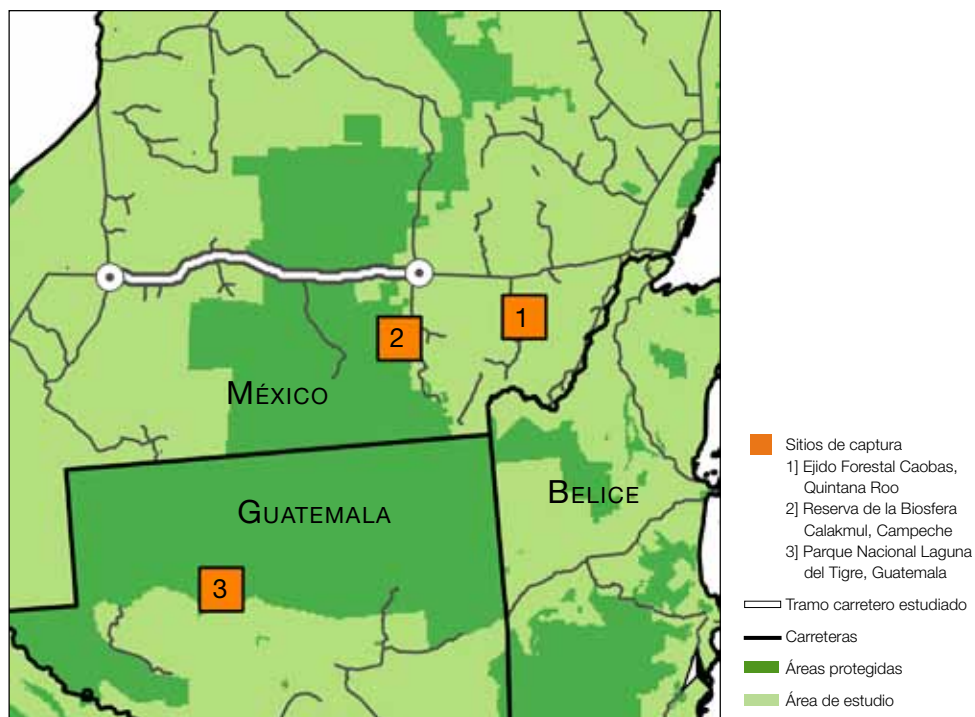


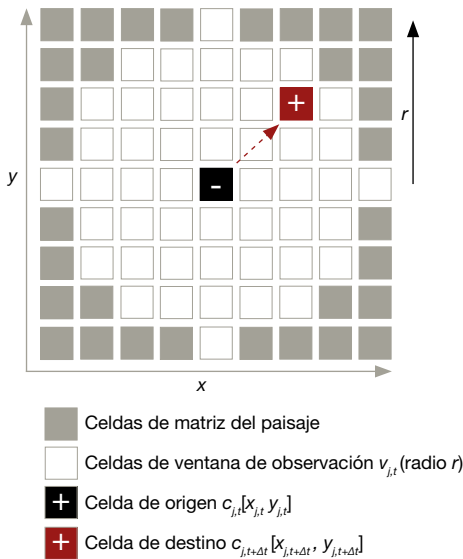
Figura 1. Sitios de captura.



analizar, incluyendo tanto las coordenadas geográficas, representadas por los vectores  $[x_j, y_j]$  como las fechas en las que fueron registrados. Se fijó la escala temporal del modelo de movimiento en puntos separados por intervalos de seis horas (+/- una hora), lo cual dio como resultado 1860 registros para el análisis de movimiento.

Los equipos utilizados generan una base de datos con las coordenadas geográficas del animal a distintos intervalos de tiempo. A pesar de la alta calidad de los sistemas, es común que muchos de los datos programados no se registren. Por ello es necesario desarrollar un modelo de movimiento que permita determinar no sólo el efecto de variables tanto ambientales como intrínsecas a la especie en dicho movimiento, sino también que utilice esta información para reconstruir el patrón completo de movimiento para cada individuo. Nuestro modelo utiliza la estructura probabilística de los modelos estadísticos Bayesianos, con el cual logramos hacer inferencias con todos los individuos y así hacer generalizaciones para la especie.

Como se muestra en la figura 2, este modelo evalúa la probabilidad multinomial de que un individuo  $j$  se mueva de una celda de origen  $c_{j,t}$  con coordenadas  $[x_j, t, y_j, t]$  en el tiempo  $t$  a una celda de destino,  $c_{j,t+\Delta t}$  con coordenadas  $[x_{j,t+\Delta t}, y_{j,t+\Delta t}]$  en el tiempo  $t+\Delta t$  (en este caso  $\Delta t = 6$  horas), usando como refe-



**Figura 2.** Ventana de observación,  $v_{j,t}$  centrada en la celda de origen. La probabilidad de que el jaguar se mueva de la celda de origen a cualquiera de las celdas de la ventana se da en función de los valores de las variables ambientales asociados a dichas celdas.



rencia una “ventana de observación”,  $v_{j,t}$ , centrada en el primer punto con un número  $n_v$  de celdas visibles a las cuales el animal se puede mover.

Con los resultados de este modelo, simulamos jaguares moviéndose cerca del tramo carretero entre Escárcega y Xpujil para determinar los sitios con mayor probabilidad de cruce para el jaguar, conectando así los dos mayores parches de hábitat de jaguar en la región. Para lograr estas simulaciones incorporando la variabilidad resultante del modelo, seleccionamos al azar 3 000 grupos de parámetros de la matriz de parámetros que resultó del modelo desarrollado para simular el movimiento de 3 000 jaguares hembra y 3 000 machos. Dividimos las simulaciones en grupos de 1 000 por cada sexo e iniciamos dichas simulaciones en tres puntos distintos a lo largo del tramo Escárcega-Xpujil. Las simulaciones utilizan el mismo principio que el modelo estadístico descrito anteriormente.

Los resultados del análisis (figura 3) muestran que la probabilidad de que un jaguar se mueva de una celda a otra se incrementa conforme los valores de NDVI sean más altos, los cuales corresponden con selvas en buen estado de conservación. Igualmente, tanto hembras como machos evitan las carreteras. Sin embargo, las primeras muestran mayor rechazo. Finalmente, las hembras evitan fuertemente las zonas con densidad poblacional mayor a 0.7. Esto es, la probabilidad de que una hembra de jaguar se mueva a una celda con densidad poblacional de 10 personas por  $\text{km}^2$  es del 1%. A diferencia de las hembras, los machos parecen no verse afectados por la densidad poblacional humana, incluso parecería que tienen cierta tendencia a estar cerca de los poblados. A esta conclusión se llegó tras ver que el jaguar macho que fue capturado en la zona este de la Reserva de la Biosfera Calakmul tuvo un gran número de registros cerca de zonas habitadas (cuadro 1).

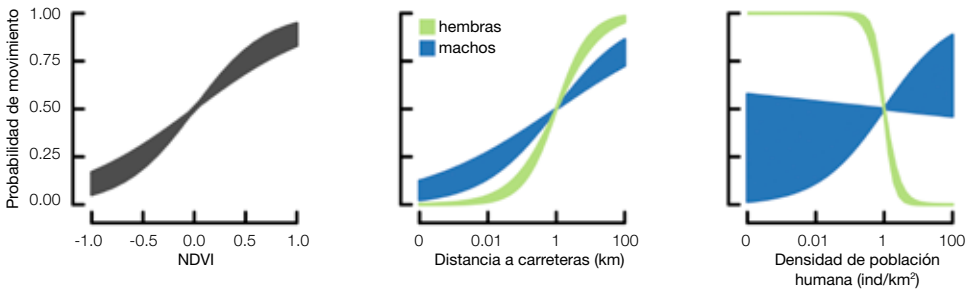
En todos los casos, aun cuando los jaguares iniciaron el movimiento más cerca de Escárcega, el sitio por donde cruzaron más frecuentemente la carretera fue el tramo entre Conhuás y San José (figura 4). Tomamos los puntos con mayor frecuencia de cruce (mayor al 67% de la distribución de frecuencias de cruce) para determinar los sitios más viables para la ubicación de los pasos de fauna (figura 5). En la figura 6 se muestran las áreas de mayo índice de cruce de jaguar y su ubicación entre los corredores de Calakmul y Sian Ka’an.





Cuadro 1. **Parámetros estimados con el modelo Bayesiano de movimiento para jaguar**

Variable	Promedio	Intervalos creíbles	
		2.50%	97.50%
NDVI	1.150	0.722	1.640
Distancia carreteras	0.311	0.216	0.410
Distancia carreteras hembras	0.764	0.597	0.930
Densidad población humana	0.208	-0.034	0.430
Densidad población hembras	-3.270	-3.780	-2.740



**Figura 3.** Probabilidad de movimiento de una celda de origen en el tiempo  $t$  a una celda de destino en el tiempo  $t+\Delta t$  en función de la vegetación (NDVI), la distancia a las carreteras y la densidad poblacional humana, estas dos últimas evaluadas por género. El ancho de los polígonos corresponde a los intervalos creíbles de 95% en la estimación de las probabilidades.

Modificado de Colchero *et al.* 2011.



**Figura 4.** Ejemplos de simulaciones de movimiento de hembras a lo largo del tramo carretero Escárcega-Xpujil: a) tramo carretero, b) simulación del movimiento de una hembra que nunca cruza la carretera, c) simulación del movimiento de una hembra que cruza la carretera sólo una vez.

Modificado de Colchero *et al.* 2011



Figura 5. Tramo prioritario para la implementación de medidas de mitigación

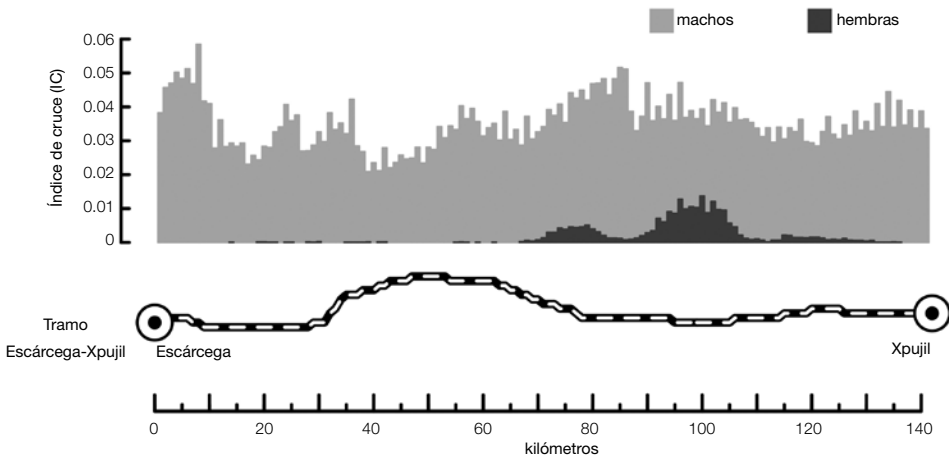


Figura 6. Áreas de mayor índice de cruce de jaguar (tramo carretero prioritario) y su ubicación en los corredores biológicos entre Calakmul y Sian Ka'an.

Modificado de Colchero *et al.* 2011

## RESTAURANDO LA CONECTIVIDAD EN LOS CORREDORES DE HÁBITAT DE JAGUAR

*Eugenia Pallares, Edmundo Huerta*

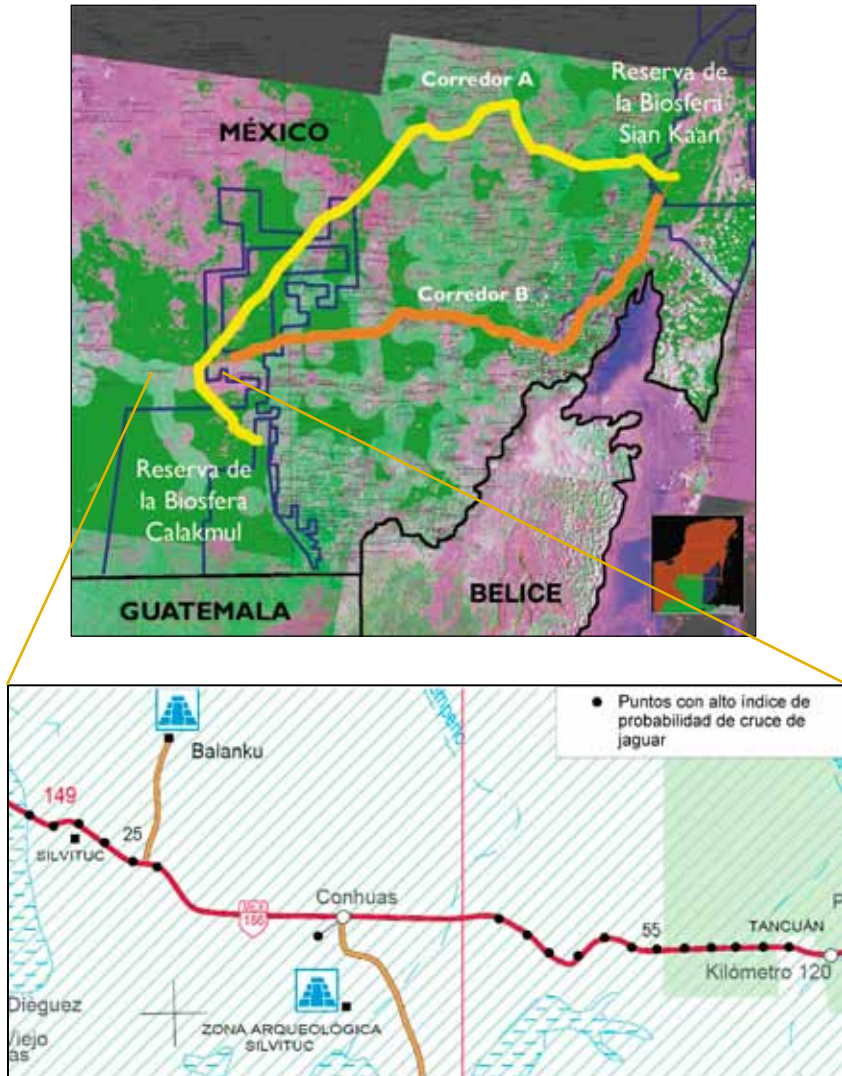
*¡Que el cielo, que la tierra sean con vosotros!,  
¡oh águilas!, ¡oh jaguares!*

RABINAL-ACHÍ

Existen pocos ejemplos documentados en México sobre la implementación de medidas de mitigación de impactos derivados de proyectos carreteros para la restauración de la conectividad, como la construcción de pasos de vida silvestre. Recomendar dichas medidas para el tramo carretero Escárcega-Xpuji, afectado por la ampliación carretera que se ubica dentro de las áreas protegidas de Calakmul y Balam-kú, fue un proyecto con pocos antecedentes en el país, por lo que se entrevistó a varios investigadores de vida silvestre en la región, así como a expertos extranjeros.

Uno de los factores más delicados en proyectos de este tipo es la ubicación adecuada de las diversas medidas de mitigación, particularmente de los pasos de fauna, a fin de que cumplan exitosamente su función. Hay muchos factores involucrados en proyectos de restauración de la conectividad, entre otros: incidencia política a nivel estatal y federal, costos muy elevados para el diseño, construcción y mantenimiento de las estructuras y gestiones con comunidades o tenedores de la tierra que pueden ser severamente afectados si la ubicación de las estructuras no es la correcta y, como consecuencia, si los animales no las utilizan.

En este proyecto, se identificaron los puntos prioritarios en la implementación de medidas para restaurar la conectividad, usando como base el modelo de movimiento del jaguar desarrollado por Fernando Colchero y Dalia Amor Conde, en 2006, y que coinciden con los puntos de conectividad de los corredores biológicos del jaguar (figura 1). El tramo prioritario concentra los puntos con mayor probabilidad de cruce de jaguar, es decir, las áreas por donde el jaguar cruzaría la carretera.



**Figura 1.** Tramo prioritario para la implementación de medidas de mitigación (arriba) y puntos de mayor probabilidad de cruce (abajo).



Tramo carretero entre  
Escárcega y Xpujil.

Foto: Edmundo Huerta

## Medidas de mitigación

Una vez identificado el tramo carretero prioritario con los puntos correspondientes para implementar medidas de mitigación, se procedió a elaborar las recomendaciones generales y específicas de medidas de mitigación. Las medidas generales estuvieron diseñadas para ser aplicadas en todo el tramo considerado prioritario. La primera de ellas es denominar el tramo: “Carretera de alta biodiversidad, baja velocidad”. Otras medidas generales fueron: límite de velocidad de 40 kilómetros por hora, reductores de velocidad, educación ambiental, modificación y restauración de la vegetación a lo largo de la carretera, remoción de residuos contaminantes generados por los vehículos, entre otras. Se hizo evidente la necesidad de señalización a lo largo de todo el tramo, que incluye: señales de bienvenida al tramo carretero ALTA BIODIVERSIDAD BAJA VELOCIDAD, señales de entrada y salida de las reservas, señales de límite de velocidad, de reducción de velocidad en zonas de cruce de fauna y señales relativas al Volcán de los Murciélagos y cruce de jaguar, así como señalización informativa sobre la importancia biológica de las reservas, en general, y de la Selva Maya, en particular.



**BIENVENIDO**  
PRINCIPIA TRAMO CARRETERO  
DE ALTA BIODIVERSIDAD Y BAJA VELOCIDAD



REDUZCA SU VELOCIDAD  
TRAMO CARRETERO DE ALTA  
BIODIVERSIDAD  
**40 Km/h**

**30 Km/h** REDUZCA SU VELOCIDAD  
PASO DE MURCIÉLAGOS 

**40 Km/h** CRUCE DE JAGUAR 



Ejemplos de propuestas de señalización a lo largo del tramo carretero  
Escárcega-Xpujil, Campeche.



## Pasos de fauna

Aun cuando en México hay esfuerzos de implementación de pasos de fauna y otras medidas de mitigación, los avances de Estados Unidos en el tema son particularmente valiosos. Por esta razón, y con el objetivo de contar con la asesoría de expertos, durante agosto de 2009 se invitó a nuestro país a Patricia White, Directora de la Campaña de Hábitat y Carreteras de Defenders of Wildlife, una de las personas con mayor experiencia en este ámbito y que preside la Trans Wild Alliance ([www.transwildalliance.org](http://www.transwildalliance.org)), organización que agrupa a diversas instituciones del mundo que trabajan en el tema. También se invitó a Bruce Eilerts, Director de Manejo de Recursos Naturales del Departamento de Transporte de Arizona y responsable del programa Arizona's Wildlife Linkages. Ambos expertos hicieron una visita de campo al tramo carretero, donde hicieron observaciones y recomendaciones específicas que se resumen en los cuadros 3 a 8:

Cuadro 3. Volcán de los murciélagos	
Observaciones	A la hora de salida de los murciélagos existe alto volumen de vehículos, principalmente grandes camiones de carga. Las distintas especies de murciélagos cruzan la carretera a distintas alturas, algunos encuentran la carretera inmediatamente y bajan a nivel de los automóviles. En un corto periodo se observaron varios murciélagos atropellados.
Recomendaciones	Reducir velocidad en el tramo mediante reductores de velocidad que operen sólo en las horas de cruce de los murciélagos. Experimentar con estructuras ligeras para modificar la conducta de los murciélagos y evitar que vuelen bajo. Dar seguimiento al número de individuos y especies que mueren a diario en el sitio (línea base), así como al número y especies impactadas después de tomar diversas medidas de mitigación.





**Cuadro 4. Coordenada 18.53563 -89.84973**

Observaciones	<p>Alcantarilla recientemente modificada, del lado sur no tiene cobertura vegetal y se ven los efectos de la erosión por escurrimiento de agua. Es demasiado pequeña para su función.</p> <p>Se observaron huellas de al menos tres especies de mamíferos de tamaño mediano (jaguarundi, zorra gris y otra especie que no pudo ser identificada), además de algunos murciélagos que se encontraban dentro.</p>
Recomendaciones	<p>Modificar la alcantarilla; las de forma cuadrada o rectangular son mejores que las circulares para el paso de fauna; en el suelo, hay que generar o dejar que se genere una capa de tierra sobre el material de construcción.</p> <p>Agrandarla lo más posible sin que estructuralmente requiera soporte interno, lo cual aumentará las posibilidades de uso por fauna mediana, incluso por animales de mayor tamaño, como los ocelotes o pecaríes.</p> <p>Mejorar la vegetación para que el suelo no se erosione tan fácilmente, lo cual disminuirá los costos de mantenimiento y mejorará su función.</p> <p>Crear una superficie rugosa en el techo, que facilitará su uso para perchas de murciélagos.</p> <p>Dar seguimiento a su uso como paso para fauna.</p>

Entradas en ambos lados de la alcantarilla





Cuadro 5. **Coordenada 18.53907 -89.87014**


Observaciones	Puente en buen estado que puede servir como paso para la fauna nativa, no requiere modificaciones en su estructura.
Recomendaciones	Restauración de la vegetación para aumentar su probabilidad de uso como paso para vida silvestre. Generar vegetación continua y heterogénea, que provea cobertura para diversas especies. Utilizar plantas y materiales nativos para la restauración del sitio. La restauración de la vegetación también puede disminuir la intensidad del ruido de la carretera. Colocar cercados sobre la carretera para desviar a la fauna local hacia el puente, lo más largos posible y darles mantenimiento constante. Dar seguimiento al paso de fauna.

Elevación de la carretera que permite adaptar un paso de fauna






**Cuadro 6. Coordenada 18.56551 -90.01571**

Observaciones	Buen punto para construir un puente. A ambos lados de la carretera el terreno se encuentra elevado. Se están construyendo terrazas para evitar el deslave de materiales.	Modificación del tramo 
Recomendaciones	Obtener mejor información sobre los planes para el sitio: colocación de servicios, planes para evitar deslaves. Construcción de un paso elevado con vegetación y colocación de cercas de deriva lo más largas posible, para que la fauna cruce por este sitio. Restauración de la vegetación del sitio. Revisión de los protocolos para evitar contaminación durante las obras de construcción; ampliación y mantenimiento de los mecanismos de inspección. Toma de muestras de agua y suelo para análisis de contaminantes que llegan al agua, producto de la construcción carretera.	

**Cuadro 7. Coordenada 18.58115 -90.05231**

Observaciones	Alcantarilla rectangular recientemente modificada, de 1.6 X 2.5 metros aproximadamente, con poco suelo dentro (tierra sobre el concreto) y sin vegetación en su lado sur. Parte del material de construcción se ha deslavado y está obstruyendo la salida.	
Recomendaciones	Modificarla para hacerla lo más grande posible sin necesidad de soportes internos, restaurar la vegetación y colocar cercados de deriva para canalizar a la fauna. Dificultar con estructuras que la gente baje de la carretera a la alcantarilla para evitar que la usen. Se observaron rastros de que se ha utilizado como sitio para descansar y alimentarse, probablemente por ser un sitio fresco. Generar o facilitar la generación de suelo dentro de la alcantarilla y proveer cobertura adecuada para hacer más atractivo el sitio para su uso como paso.	
		Alcantarilla con posibilidades de modificarse como paso de fauna



**Cuadro 8. Coordenada 18.58115 -90.05231**

Observaciones	<p>Éste es un puente que cierra el acceso a un tramo de la carretera vieja. Las obras de drenaje cercanas al puente parecen ser insuficientes y podrían mejorarse para evitar problemas y mayores gastos en mantenimiento en la zona.</p> <p>Existe buen suelo y vegetación creciendo en la zona que facilitará la restauración ecológica del sitio. Existe un camino cercano que da acceso a automóviles al sitio debajo del puente.</p>
Recomendaciones	<p>Mejorar el drenaje, nuevamente se recomiendan alcantarillas rectangulares en lugar de las circulares.</p> <p>Restaurar la vegetación, dar continuidad a la cobertura vegetal bajo el puente y mantenerla heterogénea. Todo esto facilitará que diversas especies la usen.</p> <p>Colocar cercas de deriva sobre la carretera lo más extensas posible para canalizar a la fauna y darles mantenimiento constante.</p> <p>Quitar la cerca de alambre del derecho de vía, cerrar el acceso a automóviles al área bajo el puente. Se podría mejorar el puente para facilitar su uso como percha de murciélagos.</p>

Puente susceptible a utilizarse como viaducto para paso de fauna





Este proyecto es el primero en contar con modelos de movimiento de jaguar para la implementación de medidas de mitigación de impactos sobre la conectividad en los corredores de hábitat de jaguar. Todas las medidas de mitigación, sus coordenadas, descripción y medidas asociadas fueron compiladas en un documento que fue entregado a funcionarios de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Las recomendaciones para la construcción de nuevas estructuras se resumen en el mapa de la figura 4.



**Figura 4.** Propuestas de medidas de mitigación (pasos de fauna) a lo largo del tramo carretero Escárcega-Xpujil, Campeche.

## EL JAGUAR: EMBLEMA DE CONSERVACIÓN REGIONAL

*Carlos Manterola, Danae Azuara,  
Eugenia Pallares, Ana Soler*

*El tigre anda y bulle en la sierra,  
y entre las piedras y los riscos, y también en el agua,  
y dicen es príncipe y señor de los otros animales.*

FRAY BERNARDINO DE SAHAGÚN

La Estrategia Regional para la Conservación del Jaguar en la Selva Maya “Jaguares sin Fronteras” se creó en 2003, gracias a la voluntad expresada por especialistas en el tema de México, Guatemala y Belice, quienes representaron organizaciones no gubernamentales, instituciones académicas y dependencias gubernamentales, que finalmente se sumaron al proceso. Su misión es la construcción de una estrategia regional para la conservación del jaguar y su hábitat en la Selva Maya, siguiendo dos principios rectores: la cooperación trilateral para fomentar acciones encaminadas a la protección y conservación del jaguar y su hábitat en la Selva Maya, y la búsqueda de políticas orientadas hacia el desarrollo sustentable, considerando los retos derivados de las altas tasas de cambio de uso del suelo, los elevados niveles de pobreza y marginación y la falta de alternativas de desarrollo compatibles con la conservación en la región.





La conservación del jaguar y de la Selva Maya se considera como máxima prioridad para los tres países, con base en la premisa de que la Selva Maya es patrimonio natural, de gran diversidad biológica insustituible, de Belice, Guatemala, México y el mundo, reconocida como parte prioritaria del Corredor Biológico Mesoamericano y otras iniciativas regionales. Por su parte, el jaguar es reconocido como una especie de interés focal —emblemática y paraguas— para la conservación, no solamente por sus atributos biológicos, sino por las implicaciones que sus requerimientos de hábitat y extensión geográfica tienen para la conservación de la Selva Maya.

La estrategia toma en cuenta los aspectos biológicos, la situación actual del jaguar y su hábitat en la Selva Maya, que incluye tres grandes extensiones de selvas continuas, de cientos de miles de hectáreas, donde aún se encuentran poblaciones viables de jaguar, así como remanentes aislados y fragmentados. Los integrantes de la estrategia consideran que, dado que los tres países comparten heterogeneidad de aspectos históricos, biológicos, económicos, culturales y sociales, es conveniente que las estrategias de desarrollo en la región sean compatibles con la conservación del jaguar y su hábitat, para así salvaguardar la riqueza natural común.

México ha tenido un papel activo en esta iniciativa, tanto a través del sector gubernamental, con el apoyo de Conabio y Conanp, como de organizaciones de la sociedad civil y de la academia. Miembros de Jaguar Conservancy han tenido la responsabilidad de coordinar varias reuniones en las que se han generado, entre otros instrumentos: la Declaratoria de Chetumal (2003), que plasma el espíritu y la misión de la estrategia; el diagnóstico de prioridades en cuanto a aspectos biológicos, socioeconómicos y jurídico-administrativos que tocan la conservación del jaguar en la Selva Maya (2003); la Plataforma Estratégica (2007), que especifica las acciones de mayor prioridad, y la Declaratoria de Cancún (2010), que busca la formalización de la estrategia dentro del proyecto “Fomento del Manejo del Ecosistema Trinacional de la Selva Maya”.

Las metas y objetivos de Jaguares sin Fronteras (JSF) incluyen, entre otros: elaboración de estrategias de cooperación e intercambio de conocimientos y experiencias, cooperación en diagnósticos, planeación estratégica, desarrollo de actividades, seguimiento y evaluación, promoción y aplicación de un criterio de máxima congruencia de los programas de desarrollo socioeconómico con las necesidades de conservación del jaguar en la Selva Maya, en función del mejor conocimiento biológico, social y económico disponible en cada mo-



mento. Igualmente contemplan actividades en colaboración con las instituciones encargadas del desarrollo rural, particularmente del sector agropecuario, para implementar programas con enfoque de ordenamiento territorial de las actividades productivas, con el fin de evitar la degradación y pérdida de la Selva Maya.

Los lineamientos de acción de esta iniciativa están desarrollados en la Plataforma Estratégica JSF, a partir de cuatro líneas temáticas:

*Tema I: Estrategias y coordinación en acciones de manejo de ANP, de prevención y combate de incendios forestales, tala ilegal, captura y comercio ilegal de jaguares.*

Esta línea temática establece las acciones de cada uno de los tres países, coordinadas entre sí, que son necesarias para asegurar que la designación, manejo y relaciones de las ANP en el área, con otras similares y con los distintos actores sociales de la conservación, se orienten óptimamente para la conservación del jaguar y su hábitat natural. Las acciones están orientadas a la prevención y atención, efectivas y oportunas, de amenazas actuales para el entorno silvestre del jaguar, como la tala ilegal, los incendios forestales, la caza, la captura en vivo y el comercio ilegal de jaguares, mediante una mejor aplicación de la ley, tipificación del delito ambiental, aplicación de protocolos y leyes internacionales, la incidencia pública y política, y asegurando los recursos para poder operar la estrategia.

*Tema II: Estrategias y coordinación en ordenamiento territorial, ordenamiento de construcción de infraestructura y restauración de conectividad y continuidad de hábitat.*

Establece acciones en cada país, y otras de coordinación trinacional, para evitar que la construcción de nueva infraestructura, para comunicaciones u otros propósitos, se convierta en fuente de nuevas y mayores amenazas para la conservación del jaguar y la Selva Maya. También señala las acciones necesarias para atender de manera adecuada y suficiente las necesidades de restauración de la continuidad entre las actuales masas forestales y otros ambientes naturales en la Selva Maya, de manera que el área potencial para la existencia del jaguar sea efectivamente mayor.

Se destacan las acciones destinadas a priorizar las áreas de conectividad de los corredores de jaguar en la región, mediante sistemas de mapeo y conocimiento de las poblaciones de los jaguares y su conectividad, así como análisis de riesgo por cambio de uso del suelo en las áreas prioritarias, y diseño y formulación de





políticas de desarrollo sostenible para garantizar la conectividad que requiere la conservación de las poblaciones de jaguar en la Selva Maya.

Tema III: *Estrategias y coordinación de acciones prioritarias de investigación biológica del jaguar y su hábitat.*

Busca llenar las lagunas de conocimiento sobre el jaguar y su entorno natural, y plantea la necesidad de mejores estudios socioeconómicos claramente dirigidos a identificar opciones alternativas de desarrollo humano, que sean compatibles con los objetivos de conservación del jaguar y la Selva Maya y con el mantenimiento de la integridad de los parches del hábitat del jaguar para garantizar su funcionalidad, basados en el estudio de movimiento de los jaguares, fototrampeo y recolección de excretas.

Tema IV: *Estrategias y coordinación de acciones de tratamiento de conflictos de depredación de ganado por jaguares.*

Esta línea establece la necesidad de contar con mecanismos óptimos para atender aspectos como: prevención en las comunidades rurales, fideicomisos para atender eventos de depredación, métodos estandarizados de manejo de jaguares conflictivos, estrategias para gestionar el destino de jaguares removidos, entre otros. Lo anterior mediante acciones que incluyen el desarrollo de un programa de asistencia técnica para la mejora del manejo ganadero extensivo, intensivo, de subsistencia y diversificación de la ganadería. Se considera importante el reconocimiento oficial trinacional del impacto que genera la ganadería sobre el jaguar y su hábitat y la necesidad de lograr, mediante mecanismos definidos, que cada gobierno reconozca la gravedad del problema ganadería-jaguar y actúe en consecuencia.

El jaguar ha demostrado ser un elemento clave para el desarrollo de iniciativas de conservación, como Jaguares sin Fronteras, misma que ha logrado, con una perspectiva regional, el vínculo de personas e instituciones en torno a la conservación del jaguar en la Selva Maya, promoviendo la correspondencia entre las acciones de cada país y un mayor compromiso de cooperación internacional.

## COLOFÓN

*Eugenia Pallares*

Labrado en piedra y tiempo, hay un jaguar en nuestra memoria; en la historia de Mesoamérica resuena el profundo rugir de los jaguares, el esquivo sol de la noche, que lleva dibujadas en su piel, todas las constelaciones y todas las estrellas. Jaguares que fueron dioses y metáfora de dioses, vínculo entre los hombres y la Tierra, espejos del espíritu humano, emisarios del cosmos y la oscuridad.

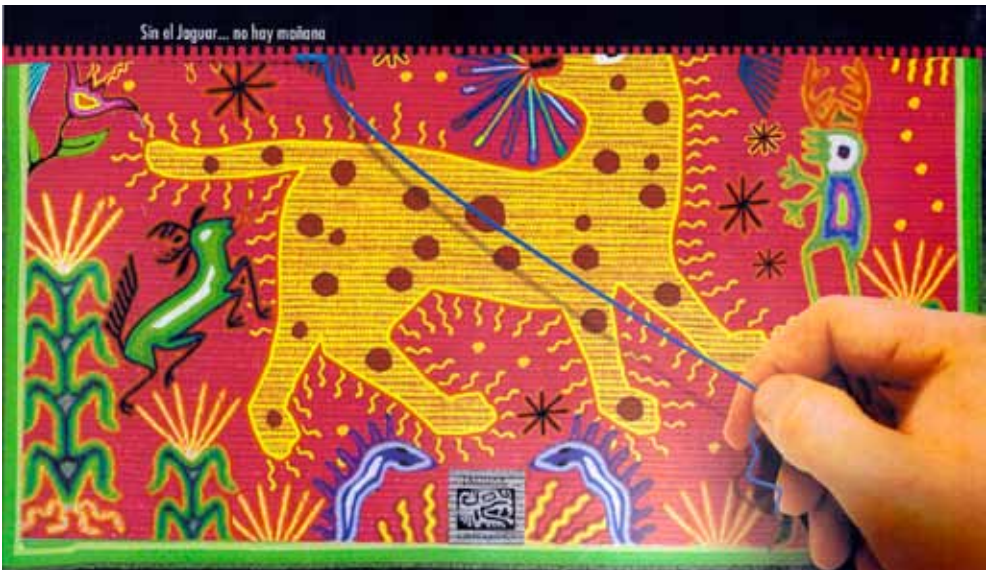
Hoy, aun tras el paso de tantos años, el jaguar conserva muchos de sus antiguos significados simbólicos y se ha convertido paulatinamente, y en opinión de muchos científicos, en indicador de riqueza y salud de los ecosistemas. Se suman ahora a sus antiguos atributos —belleza, poder, fuerza, jerarquía— las nuevas características de especie clave —paraguas, indicadora, emblemática—, lo que habla de su importancia respecto de otras especies y del equilibrio de todo su ecosistema.

Más allá de las razones históricas, culturales y éticas, el valor de la vida silvestre radica en el papel que desempeña para nuestra propia subsistencia. Los resultados del trabajo realizado a lo largo de los años con el jaguar como guía, consolidan la idea de verlo como un elemento clave para el diseño de estrategias de conservación de su hábitat y sus corredores biológicos, a fin de mantener, de forma sustentable, la riqueza natural en beneficio de las comunidades locales, y evitar la pérdida de los innumerables beneficios ambientales regionales y globales. Para ello es impostergable atender las amenazas que enfrenta la especie y que se verán paulatinamente agravadas por los efectos del cambio climático. Esto evidencia la necesidad de acciones sostenidas, orientadas a neutralizar no sólo las amenazas directas identificadas —infraestructura, conflicto de depredación, cambio de uso de suelo—, sino incidir de una manera activa en las fuentes que generan estas amenazas, abriendo espacios de participación de otros sectores en la tarea de conservar el capital natural de México.

El trabajo realizado con el apoyo del CBMM ha estado orientado hasta ahora a la atención de tres grandes ejes que representan las mayores amenazas directas para la especie y su hábitat: la eliminación de ejemplares por el conflicto de depredación; la pérdida de hábitat, resultante de programas de desarrollo social que promueven el cambio de uso de suelo, y la fragmentación y deterioro de su hábitat por proyectos de infraestructura. Estos tres ejes abren nuevas perspectivas para la investigación en la búsqueda de alternativas viables para



hacer frente a esta problemática a corto plazo y la oportunidad de incidir positivamente en políticas públicas de desarrollo económico y social de la región, así como en marcos legislativos de modelos que privilegien la conservación de la biodiversidad y que se traduzcan en la permanencia de la especie más carismática de nuestros bosques tropicales.



Cortesía de Publicis

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, C., E. Martínez, L. Arriaga. 2000. Deforestación y fragmentación de ecosistemas: ¿qué tan grave es el problema en México? *Biodiversitas* 30: 7-11.
- Akaike, H., 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control* 19 (6): 716-723.
- Alexander, S.M., N.M. Waters. 2000. The effects of highway transportation corridors on wildlife: a case study of Banff National Park. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 8 (1-6): 307-320.
- Alves, D.S. 2002. Space-time dynamics of deforestation in Brazilian Amazonia. *International Journal of Remote Sensing* 23 (14): 2903-2908.
- Anand, S., A.K. Sen. 1994. Human development Index: Methodology and Measurement. United Nations, Human Development Report Office, Nueva York. Occasional papers No. 12.
- Arreola, A., R. Delgadillo, A. López, G. García. 2004. *Diagnóstico de la situación del desarrollo en el municipio de Calakmul, Campeche*. Proyecto Prosureste. GTZ/Conanp. 253 p.
- Azuara, D., D.A. Conde, F. Colchero, A. Rivera, C. Manterola, S. Calme, M. Guerra, B Schmook, H. Villalobos. 2007. *Modelos de control y conservación para el mantenimiento de corredores en políticas públicas de desarrollo regional*. Informe final CBMM.
- Bank, F.G., C.L. Irwin, G.L. Evink, M.E. Gray, S. Hagood, J.R. Kinar, A. Levy, D. Paulson, B. Ruediger, R.M. Sauvajot, D.J. Scott, P. White. 2002. *Wildlife habitat connectivity across European highways*. U.S. Federal Highway Administration.
- Beier, P., R.F. Noss. 1998. Do habitat corridors provide connectivity? *Conservation Biology* 12 (6): 1241-1252.
- Bélanger, L., M. Grenier. 2002. Agriculture intensification and forest fragmentation in the St. Lawrence valley, Québec, Canada. *Landscape Ecology* 17 (6): 495-507.
- Bender, D.J., T.A. Contreras, L. Fahrig. 1998. Habitat loss and population decline: a meta-analysis of the patch size effect. *Ecology* 79 (2): 517-533.
- Beyer, H.L., 2004. Hawth's Analysis Tools for ArcGIS. <http://www.spatial ecology.com/htools>.
- Bocco, G., M. Mendoza, O.R. Masera Boserup, E. 1979. El impacto del crecimiento de la población en la producción agrícola. Urquidi, V. L y J. B. Morelos (comps.) *Crecimiento de la población y cambio agrario*. El Colegio de México. México.
- Boyce, M.S., P.R. Vernier, S.E. Nielsen, F.K.A. Schmiegelow. 2002. Evaluating resource selection functions. *Ecological Modelling* 157: 281-300.
- Brodziewska, J. 2005. Wildlife tunnels and fauna bridges in Poland, present and future. *International Conference on Ecology and Transportation Proceedings 2005*. 448-460 p.
- Broomhall, L.S., M.G.L. Mills, J.T. du Toit. 2004. Home range and habitat use by cheetahs (*Acinonyx jubatus*) in the Kruger National Park. *Journal of Zoology* 261 (2): 119-128.



- Burnham, K.P., D.R. Anderson. 2001. Kullback–Leibler information as a basis for strong inference in ecological studies. *Wildlife Research* 28:111–119.
- Cain, A.T., V.R. Tuovila, D.G. Hewitt, M.E. Tewes. 2003. Effects of a highway and mitigation projects on bobcats in Southern Texas. *Biological Conservation* 114 (2):189–197.
- Cairns, M. A., R. Dirzo, F. Zadroga. 1995. Forest of Mexico, a diminishing resource? *Journal of Forestry* 93(7):21–23.
- Calva, J. L. 1988. *Crisis agrícola y alimentaria en México. 1982.1988*. Fontanamara, México, 230 p.
- Casey, A.M., S.J. Casey. 1994. Survey of State Regulations Governing Wildlife Rehabilitation–1994. *Journal of Wildlife Rehabilitation* 17(4):6–10.
- Ceballos, G., C. Chávez, A. Rivera, C. Manterola. 2002. Tamaño poblacional y conservación del jaguar en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México. Medellín, R.A., C. Chetkiewicz, A. Rabinowitz, K.H. Redford, J.G. Robinson, E. Sanderson, A. Taber (eds.). *Jaguars en el nuevo milenio: una evaluación de su estado, detección de prioridades y recomendaciones para la conservación de los jaguares en América*. Fondo de Cultura Económica. México, p. 403–481.
- Chardon, P.J., F.F. Adriaensen, E. Matthysen. 2003. Incorporating landscape elements into a connectivity measure: a case study for the Speckled wood butterfly (*Pararge aegeria* L.). *Landscape Ecology* 18(6):561–573.
- Chávez-Tovar, C. 2006. *Ecología poblacional y conservación del jaguar (Panthera onca) en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche*. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Chetkiewicz, C.-L. B., M. Boyce. 2009. Use of resource selection functions to identify conservation corridors. *Journal of Applied Ecology* 46(5):1036–1047.
- Clark, J.D., J.E. Dunn, K.G. Smith. 1993. A multivariate model of female black bear habitat use for a geographic information system. *Journal of Wildlife Management* 57(3):519–526.
- Clark, J.S., O.N. Bjørnstad. 2004. Population time series: process variability, observation errors, missing values, lags, and hidden states. *Ecology* 85(11):3140–3150.
- Clark, J.S. 2007. *Models for Ecological Data*. Princeton University Press.
- Clevenger, A.P., B. Chruszcz, K. Gunson. 2001. Drainage culverts as habitat linkages and factors affecting passage by mammals. *Journal of Applied Ecology* 38(6):1340–1349.
- Clevenger, A.P., N. Waltho. 2005. Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals. *Biological Conservation* 121(3):453–464.
- Clevenger, A.P., J. Wierzchowski, B. Chruszcz, K. Gunson. 2002. GIS-generated, expert-based models for identifying wildlife habitat linkages and planning mitigation passages. *Conservation Biology* 16(2):503–514.



- Clevenger, A.P., N. Waltho. 2000. Factors influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. *Conservation Biology* 14(1):47-56.
- Cohen, J. 1968. Weighted Kappa: nominal scale agreement with provision for scaled disagreement or partial credit. *Psychological Bulletin* 70(4):213-220.
- Colchero, F., D.A. Conde, C. Manterola, C. Chávez, A. Rivera, G. Ceballos. 2011. Jaguars on the move: modeling movement to mitigate fragmentation from road expansion in the Mayan Forests. *Animal Conservation* 14(2):158-166
- Collins, J.B., C.E. Woodcock. 1994. Change detection using the Gramm-Schmidt transformation applied to mapping forest mortality. *Remote Sensing of Environment* 50(3):267-279.
- Comisión Intersecretarial para el Desarrollo Rural Sustentable. 2007. *Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable 2007-2012*. <http://www.sagarpa.gob.mx/tramitesyServicios/sms/Documents/pec2007-2012.pdf>
- Conde, D.A. 2008. *Road impact on deforestation and jaguar habitat loss in the Mayan forest ecology*. Tesis de doctorado. Duke University. Durham, Estados Unidos.
- Conde, D.A., I. Burgués, L. Fleck, C. Manterola, J. Reid. 2007. *Análisis ambiental y económico de proyectos carreteros en la Selva Maya, un estudio a escala regional*. Conservation Strategy Fund. San José, Costa Rica, 88 p.
- Conde, D.A., F. Colchero, C. Manterola, A. Rivera. 2006. *Evaluación y diseño del corredor Sian Ka'an-Calakmul con base en el modelaje espacial del estado de conservación del hábitat de jaguar (Panthera onca) y su relación con la historia de uso de suelo*. Informe final no publicado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Conde, D.A., F. Colchero, C. Manterola, A. Rivera, D. Azuara. 2007. *Impacto de obras de infraestructura en el uso de hábitat del jaguar en las selvas Mayas de México y Guatemala mediante el uso de modelos bayesianos de multinivel*. Sin publicar.
- Conde, D.A., F. Colchero, H. Zarza, N.L. Christensen Jr, J. Sexton, C. Manterola, A. Rivera, C. Chávez, D. Azuara, G. Ceballos. 2010. Sex matters: modeling male and female jaguar habitat differences for jaguar conservation. *Biological Conservation* 143(9):1980-1988
- Conde, D.A, V.H. Ramos, I. Burgués, B. Castellanos, L. Fleck, C. Albacete, P. Espinoza, C. Manterola, G. Paiz. 2007. *Does the Maya forest need more roads?* Conservation Policy in Brief, Conservation Strategy Fund.
- Conferencia de las partes en el Convenio sobre la diversidad biológica. Novena reunión, Bonn, 19-30 de mayo de 2008.
- Congalton, R. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment* 37(1):35-46.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. 2009. Informe de la Evaluación Específica de Desempeño 2008, Procampo (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria). [http://medusa.coneval.gob.mx/cmsconeval/rw/resource/coneval/eval\\_mon/3927.pdf?view=true](http://medusa.coneval.gob.mx/cmsconeval/rw/resource/coneval/eval_mon/3927.pdf?view=true)



- Conservation Measures Partnership. Miradi software program. <https://miradi.org/>
- Corsi, F., E. Dupre, L. Boitani. 1999. A large-scale model of wolf distribution in Italy for conservation planning. *Conservation Biology* 13(1):150-159.
- Cortina, S., P.M. Mendoza, Y. Ogneva-Himmelberger. 1999. Cambios en el uso del suelo y deforestación en el sur de los estados de Campeche y Quintana Roo, México. *Investigaciones Geográficas* 38:41-56.
- Crook, J.H., J.E. Ellis, J.D. Goss-Custard. 1976. Mammalian social systems: structure and function. *Animal Behavior* 24(2):261-274.
- Crooks, K. R. 2002. Relative sensitivities of mammalian carnivores to fragmentation. *Conservation Biology* 16(2):488-502.
- Crooks, K.R., M.E. Soulé. 1999. Mesopredator release and avifaunal extinctions in a fragmented system. *Nature* 400:563-566.
- Dawson, D. 1994. *Are habitat corridors conduit for animals plants in a fragmented landscape? A review of the scientific evidence*. English Nature Research Report. Vol. 94. 84 p.
- Debinski, D.M., R.D. Holt. 2000. A survey and overview of habitat fragmentation experiments. *Conservation Biology* 14(2):342-355.
- Derring, D., R. Haas. 1980. *Using LandSat Digital Data for Estimating Green Biomass*. Technical Memorandum 80727, National Aeronautics and Space Administration, Estados Unidos.
- Diario Oficial de la Federación, 1 de enero de 2009. Programas Presupuestarios en Clasificación Económica, Presupuesto de Egresos de la Federación 2009, Ramo: Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Diario Oficial de la Federación, 2 de febrero de 2007. Ley de Desarrollo Rural Sustentable.
- Diario Oficial de la Federación, 31 de diciembre de 2008. Acuerdo por el que se dan a conocer las reglas de operación de los programas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Dinerstein E., K. Varma, E. Wikramanayake y S. Lumpkin. 2010. Wildlife Premium Market+Redd. *Creating a financial incentive for conservation and recovery of endangered species and habitats*. Banco Mundial.
- Dodd, N.L., J.W. Gagnon, A.L. Manzo, R.E. Schweinsburg. 2007. Video surveillance to assess highway underpass use by elk in Arizona. *Journal of Wildlife Management* 71(2):637-645.
- Dunstone, N., R.L. Gorman (eds.). 1993. *Mammals as predators*. Symposia of the Zoological Society of London.
- Edwards, C.R. 1986. The human impact on the forest in Quintana Roo, Mexico. *Journal of Forest History* 30(3):120-127.
- Eisenberg, J.F. 1981. *The Mammalian Radiations*. University of Chicago Press, Chicago.
- ERDAS. 1997. *ERDAS (v.8.3) Field Guide*. 4a. ed. ERDAS Inc. Georgia, Estados Unidos.





- Escobedo, C.E., S. Calmé. 2005. *Uso y monitoreo de los recursos naturales en el Corredor Biológico Mesoamericano (áreas focales Xpujil-Zoh Laguna y Carrillo Puerto)* Subproyecto Murciélagos. Ecosur y Conabio. 39 p.
- Esri Inc. 2004. *ArcGIS 9*. ESRI Inc. Redlands, California.
- Nielson, R., B.F. Manly, L. McDonald, H. Sawyer, T.L. McDonald. 2009. Estimating habitat selection when GPS fix success is less than 100%. *Ecology* 90(10):2956-2962.
- Evink, G.L. 1996. Florida Department of Transportation initiatives related to wildlife mortality. 278-286. G.L. Evink, D. Zeigler, P. Garrett, J. Berry (eds.) *Highways and movement to wildlife: improving habitat connections and wildlife passageways across highway corridors*. Florida Department of Transportation. Tallahassee.
- Fahrig, L. 2003. Effect of habitat fragmentation on the extinction threshold: A synthesis. *Ecological Applications* 12(2):346-353.
- FAO. 1993. *Forest Resources Assessment 1990, Tropical Countries*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Forestry Paper 112. Roma.
- Fielding, A.H., J.F. Bell. 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation* 24(1):38-49.
- Fondo Nacional de Infraestructura (Fonadin). 2008. <http://www.fonadin.gob.mx>
- Fondo Nacional de Fomento al Turismo (Fonatur). 2006. *Programa regional de desarrollo urbano-turístico del corredor Escárcega-Xpujil*. Estado de Campeche.
- Foody, G.M., G. Palubinska, R.M. Lucas, P.J. Curran, M. Honzak. 1996. Identifying terrestrial carbon sinks: classification of successional stages in regenerating tropical forest from LandSat TM data. *Remote Sensing of Environment* 55(3):205-216.
- Forman, R.T.T., L.E. Alexander. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29:207-231.
- Foster, M.L., S.R. Humphrey. 1995. Use of highway underpasses by Florida panthers and other wildlife. *Wildlife Society Bulletin* 23(1):95-100.
- Freemark, K.E., H.G. Merriam. 1986. Importance of area and habitat heterogeneity to bird assemblages in temperate forest fragments. *Biological Conservation* 36(22):115-141.
- Fondo de Aseguramiento Ganadero. <http://www.fondocnog.org.mx>
- Forman, R.T.T., D. Sperling, J.A. Bissonette, A.P. Clevenger, C.D. Cutshall, V.H. Dale, L. Fahrig, R. France, C.R. Goldman, K. Heanue, J.A. Jones, F.J. Swanson, T. Turrentine, T.C. Winter. 2003. *Road ecology: science and solutions*. Island Press, Washington, D.C.
- Fuentes, A.L. (coord.). 1995. *Cambios en el uso del suelo agrícola en México*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Fuentes, A. L. (coord.). 1992. *La colonización como factor de cambio en el uso del suelo en Quintana Roo, México*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.





- Fung, T., W. Siu. 2000. Environmental quality and its changes, an analysis using NDVI. *International Journal of Remote Sensing* 21(5):1011-1024.
- Gaines, W.L., A.L. Lyons, J.F. Lehmkuhl, K.J. Raedeke. 2005. Landscape evaluation of female black bear habitat effectiveness and capability in the North Cascades, Washington. *Biological Conservation* 125(4):411-425.
- Galletti, H.A. 1992. Aprovechamientos e industrialización forestal: desarrollo y perspectivas. A. César, D. Navarro y S.M. Arnáiz B. (eds.). *Quintana Roo: los retos de fin de siglo*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo. Chetumal, Quintana Roo, México, p. 101-153.
- García, G., F. Secaira. 2006. *Una visión para el futuro: cartografía de las Selvas Maya, Zoque y Olmeca*. Plan Ecorregional de las selvas Maya, Zoque y Olmeca. Pronatura Península de Yucatán-The Nature Conservancy. San José, Costa Rica.
- Gavashelishvili, A., V. Lukarevskiy. 2008. Modelling the habitat requirements of leopard *Panthera pardus* in west and central Asia. *Journal of Applied Ecology* 45:579-588.
- Gelfand, A., A. Smith. 1990. Sampling-based approach to calculating marginal densities. *Journal of the American Statistical Association* 85(410):398-409.
- Geoghegan, J., S. Cortina, P. Klepeis, P. M. Mendoza, Y. Ogneva-Himmelberger, R.R. Chowdhury, B.L. Turner II, C. Vance. 2001. Modeling tropical deforestation in the southern Yucatan peninsular region: comparing survey and satellite data. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 85(1-3):25-46.
- Giles, R.H. 1998. Natural resource management tomorrow: four currents. *Wildlife Society Bulletin* 26(1):51-55.
- Goodwin, B.J. 2003. Is landscape connectivity a dependent or independent variable? *Landscape Ecology* 18: 687-699.
- Guisan, A., N.E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135(2-3):147-186.
- Guzmán, A., M. Raine, A. Rodríguez. 2003. *The Mesoamerican Biological Corridor: multilateral efforts to promote sustainable development*. *Breve* 23:1-4.
- Hame, T., K. Andersson, A. Lohi, M. Koehl, R. Paivinen, H. JeanJean, T. Le Toan, S. Quegan y C. Estreguil. 1998. Validated forest variable maps and estimates across Europe using multi-resolution satellite data: results of the first phase of the FMERS study. *Proceedings of the 27th International Symposium on Remote Sensing of Environment*. Tromso, Noruega, p. 705-708.
- Hanski, I. 1999. Habitat connectivity, habitat continuity and metapopulations in dynamic landscapes. *Oikos* 87:209-219.
- Hatten, J.R., A. Averill-Murray, W.E. van Pelt. 2005. A spatial model of potential jaguar habitat in Arizona. *Journal of Wildlife Management* 69(3):1024-1033.
- Hayes, D.J., S.A. Sader. 2001. Comparison of change-detection techniques for monitoring tropical forest clearing and vegetation regrowth in a time series. *Photogrammetric engineering and remote sensing* 67(9):1067-1075.



- Hayes, D.J., S.A. Sader, N.B. Schwartz. 2002. Analyzing forest conversion history database to explore the spatial and temporal characteristics of land cover change in Guatemala's Maya Biosphere Reserve. *Landscape Ecology* 17(4):299-314.
- Holdridge, L.R., W.C. Grenke, W.H. Hatheway, T. Liang, J.A. Tosi Junior. 1971. *Forest environments in tropical life zones: a pilot study*. Pergamon Press. Oxford, Inglaterra.
- Hoogesteijn, R., A. Hoogesteijn, E. Mondolfi. 1993. Jaguar predation and conservation: cattle mortality caused by felines on three ranches in the Venezuelan Llanos. N. Dunstone, R.L. Gorman (eds.). *Mammals as predators*. Zoological Society of London. Oxford. p. 391-407.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1996. *Conjunto de datos vectoriales, carta topográfica. Escala 1:250 000*. México.
- IX Censo Ejidal*. 2008. Secretaría de la Reforma Agraria, México.
- Jensen, J.R. 1996. *Introductory Digital Image Processing: a Remote Sensing Perspective*. 2a. ed. Prentice Hall, Nueva Jersey, Estados Unidos.
- Kawata, Y., A. Ohtani, T. Kusaka, S. Ueno. 1990. Classification accuracy for the MOS-1 MESSR data before and after the atmospheric correction. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 28(4):755-760.
- Keitt, T.H., R. Bivand, E. Pebesma, B. Rowlingson. 2009. rgdal: Bindings for the Geospatial Data Abstraction Library. R package version 0.6-7.
- Kinnaird, M.F., E.W. Sanderson, T.G. O'Brien, H.T. Wibisono, G. Woolmer. 2003. Deforestation trends in a tropical landscape and implications for endangered large mammals. *Conservation Biology* 17(1):245-257.
- Klepeis, P., B.L. Turner II. 2001. Integrated land history and global change science: the example of the southern Yucatán peninsular region project. *Land Use Policy* 18:27-39.
- Klooster, D. 2003. Campesinos and Mexican forest policy during the twentieth century. *Latin American Research Review* 38(2):94-126.
- Kobler, A., M. Adamic, 1999. Brown bears in Slovenia: identifying locations for construction of wildlife bridges across highways. G.L. Evink, P. Garrett, D. Zeigler (eds.). *Proceedings of the Third International Conference on Wildlife Ecology and Transportation*. FL-ER-73-99. Missoula, Montana, p. 29-38.
- Laurance, W., A.K.M. Albernaz, G. Schroth, P.M. Fearnside, S. Bergen, E.M. Venticinque, C. Da Costa. 2002. Predictors of Deforestation in the Brazilian Amazon. *Journal of Biogeography* 29: 737-748.
- Liang, S. 2001. Narrowband to broadband conversions of land surface albedo: I. Formulae. *Remote Sensing of Environment* 76(2):213-238.
- Liang, S., H. Fang, M. Chen. 2001. Atmospheric correction of LandSat ETM+ land surface imagery. I. Methods. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions* 39 (11):2490-2498.



- Lunetta, R.S., C.D. Elvidge. 1998. Remote sensing change detection: environmental monitoring methods and applications. Ann Arbor Press. Ann Arbor. Estados Unidos.
- Lyon, J.G., D. Yuan, R.S. Lunetta, C.D. Elvidge. 1998. A change detection experiment using vegetation indices. *Photogrammetric engineering and remote sensing* 64(2):143-150.
- Marcot, B.G. 1986. Use of expert systems in wildlife-habitat modeling. J.Verner, M.L. Morrison, C.J. Ralph (eds.). *Wildlife 2000: Modeling habitat relationships of terrestrial vertebrates*. University of Wisconsin Press, Madison, p. 145-150.
- Mas, J.F. 1999. Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing* 20(1):139-152.
- McGarigal, K, B.J. Marks. 1995. *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. Estados Unidos. 122 p.
- Meegan, R.P., D. Maehr. 2002. Landscape conservation and regional planning for the Florida panther. *Southeastern Naturalist* (3):217-232.
- Merino, L. (coord.). 2007. *Estudio estratégico del sector forestal en México*. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura. Borrador.
- Mertens, B., W.D. Sunderlin, O. Ndoye, E.F. Lambin. 2000. Impact of macroeconomic change on deforestation in South Cameroon: Integration of household survey and remotely-sensed data. *World Development* 28(6):983-999.
- Miller, B., A. Rabinowitz. 2002. ¿Por qué conservar al jaguar? R.A. Medellín, C. Chetkiewicz, A. Rabinowitz, K.H. Redford, J.G. Robinson, E. Sanderson, A. Taber, (eds.). *Jaguars en el nuevo milenio: una evaluación de su estado, detección de prioridades y recomendaciones para la conservación de los jaguares en América*. Fondo de Cultura Económica. México.
- Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. da Fonseca, J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Nagendra, H., J. Southworth, C. Tucker. 2003. Accessibility as a determinant of landscape transformation in western Honduras: linking pattern and process. *Landscape Ecology* 18(2):141-158.
- NASA LandSat Program, 2000, LandSat ETM+ scene L7CPF20000101\_20000331\_11, SLC-Off, USGS, Sioux Falls, 03/27/2000.
- NASA LandSat Program, 2002, LandSat ETM+ scene L7CPF20020701\_20020930\_02, SLC-Off, USGS, Sioux Falls, 09/18/2002.
- Nathan, R., Getz W.M., Revilla E., Holyoak M., Kadmon R., Saltz D., Smouse P.E. 2008. A movement ecology paradigm for unifying organismal movement research. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105(49):19052-19059.
- Nelson, R. F. 1983. Detecting forest canopy change due to insect activity using Land-Sat\_MSS. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 49:1303-1314.



- Novack, A.J., M.B. Main, M.E. Sunquist, R.F. Labisky. 2005. Foraging ecology of jaguar (*Panthera onca*) and puma (*Puma concolor*) in hunted and non-hunted sites within the Maya Biosphere Reserve, Guatemala. *Journal of Zoology* 267:167-178.
- Osborn, E.V., G.E. Parker. 2003. Linking two elephant refuges with a corridor in the communal lands of Zimbabwe. *African Journal of Ecology* 41:68-74.
- Pebesma, E.J., R.S. Bivand. 2005. Classes and methods for spatial data in R. R News 5 (2), <http://cran.r-project.org/doc/Rnews/>.
- Pennington, T.D., K.J. Sarukhan. 2005. *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies*. 3a ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica. México.
- Pfaff, A. 1999. What drives deforestation in the Brazilian Amazon? *Journal of Environmental Economics and Management* 37:26-43
- Pfister, H.P., V. Keller, H. Reck, B. Georgii. 1997. Bio-ökologische Wirksamkeit von Grübrünken über Verkehrswege (Biological effectiveness of wildlife overpasses or green bridges over roads and railway lines). Herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr Abteilung Straßenbau, Bonn-Bad Godesberg, Alemania.
- Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. <http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/>
- Polisar, J., I. Maxit, D. Scognamillo, L. Farrell, M.E. Sunquist, J.F. Eisenberg. 2003. Jaguars, pumas, their prey base, and cattle ranching: ecological interpretations of a management problem. *Biological Conservation* 109(2):297-310.
- Potter, J. F. 1974. Haze and sun angle effects on automatic classification of satellite data-simulation and correction. *Proceedings of the Society of Photo-optical Instrumentation Engineers* 51:73-83
- Programa Nacional de Infraestructura. 2006-2012. [www.infraestructura.gob.mx](http://www.infraestructura.gob.mx)
- Quigley, H.B., P.G. Crawshaw. 1992. A conservation plan for the jaguar *Panthera onca* in the Pantanal Region of Brazil. *Biological Conservation* 61:149-157.
- R Development Core Team. 2008. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Viena. [www.R-project.org](http://www.R-project.org).
- Radel, C., B. Schmook. 2008. Male transnational migration and its linkages to land-use change in a southern Campeche ejido. *Journal of Latin American Geography* 7(2):59-84.
- Rebollar, S., V. Santos, R. Sánchez. 2002. Estrategias de recuperación de selvas en dos ejidos de Quintana Roo, México. *Madera y Bosques* 8(1):19-38.
- Reed, D.F., T.N. Woodward, T.M. Pojar. 1975. Behavioral response of mule deer to highway underpass. *Journal of Wildlife Management* 39(2):361-367.
- Rempel, R.S., A.R. Rodgers, K.F. Abraham. 1995. Performance of a GPS animal location system under boreal forest canopy. *Journal of Wildlife Management* 59(3):543-551.
- Revel-Mouroz, J. 1980. *Aprovechamiento y colonización del trópico húmedo mexicano*. Fondo de Cultura Económica, México.



- Reyes, H, S. Cortina, H. Perales, E. Kauffer, J. Pat. 2003. Efecto de los subsidios agropecuarios y apoyos gubernamentales sobre la deforestación durante el período 1990-2000 en la región de Calakmul, Campeche, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. Núm. 51, pp. 88-106.
- Reyna-Hurtado, R., G.W. Tanner. 2005. Habitat preferences of ungulates in hunted and nonhunted areas in the Calakmul Forest, Campeche, Mexico. *Biotropica* 37(4):676-685.
- Ricotta, C., G. Avena, A. De Palma. 1999. Mapping and monitoring net primary productivity with AVHRR NDVI time-series: statistical equivalence of cumulative vegetation indices. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 54(5-6):325-331.
- Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell, D.W. Deering. 1974. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings, Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*, Greenbelt: NASA SP-351, p. 3010-3017.
- Rouse, J.W. Jr., R.H. Haas, J.A. Schell, D.W. Deering. 1973. *Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation*. Remote Sensing Center, Texas A&M University, College Station, 93 p.
- Running, S.W., D.L. Peterson, M.A. Spanner, K.B. Teuber. 1986. Remote sensing of coniferous forest leaf area. *Ecology* 67(1):273-276.
- Sánchez, Oscar (comp.). *Plataforma estratégica JSF 2007, acciones de alta prioridad, sus actividades específicas y recomendaciones de instrumentación*. Reunión de la iniciativa regional Jaguares sin Fronteras (Sin publicar).
- Sanderson, E.W., K.H. Redford, C.-L. Chetkiewicz, R.A. Medellin, A.R. Rabinowitz, J.G. Robinson, A.B. Taber. 2002. Planning to save a species: the jaguar as a model. *Conservation Biology* 16(1):58-72.
- Scheick, J., M. Jones. 1999. Locating wildlife underpasses prior to expansion of Highway 64 in North Carolina. G.L. Evink, P. Garrett, D. Zeigler (eds.). *Proceedings of the Third International Conference on Wildlife Ecology and Transportation*. FL-ER-73-99. Missoula, Montana, p. 247-252.
- Schick, R.S., S.R. Loarie, F. Colchero, B.D. Best, A. Boustany, D.A. Conde, P.N. Halpin, L.N. Joppa, C.M. McLellan, J.S. Clark. 2008. Understanding movement data and movement processes. Current and emerging directions. *Ecology Letters* 11(12):1338-1350.
- Schmook, B., A. Rivera A., S. Calme, H. Vester. 2006. *Línea de base para el programa COMPACT en Calakmul*. Informe Final. Programa de las Naciones Unidas. 116 p.
- Schmook, B., C. Radel. 2008. International labor migration from a tropical development frontier: Globalizing households and an incipient forest transition—the southern Yucatán case. *Human Ecology* 36(6):891-908.
- Sellers, P. J. 1985. Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration. *International Journal of Remote Sensing* 6:1335-1372.



- Semarnat. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2007-2012 (en línea): [www.semarnat.gob.mx/Documents/PSMAYRN%20COMPLETO/00\\_preliminares.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/Documents/PSMAYRN%20COMPLETO/00_preliminares.pdf)
- Semarnat. 2009. *Programa de Acción para la Conservación de la Especie: Jaguar* (Panthera onca). [www.biodiversidad.gob.mx/especies/especies\\_priori/fichas/pdf/pace\\_jaguar.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/especies_priori/fichas/pdf/pace_jaguar.pdf)
- Semarnat. 2010. *Protocolo de atención a conflictos con felinos silvestres por depredación de ganado*. [ss1.webkreator.com.mx/4\\_2/000/000/.../Protocolo\\_Jaguar-20-abr-10.pdf](http://ss1.webkreator.com.mx/4_2/000/000/.../Protocolo_Jaguar-20-abr-10.pdf)
- Singer, F.J., J.L. Doherty. 1985. Managing mountain goats at a highway crossing. *Wildlife Society Bulletin* 13: 469-477.
- Singh, A. 1986. Change detection in the tropical forest environment of northeastern India using Landsat. M.J. Eden, J.T. Parry (eds.). *Remote Sensing and Land Management*. Wiley, Londres, p. 237-253.
- Soares-Filho, B., A. Alencar, D. Nepstad, G. Cerqueira, M.C. Vera-Diaz, S. Rivero, L. Solórzano, E. Voll. 2004. Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway: the Santarém-Cuiabá corridor. *Global Change Biology* 10(5): 745-764.
- Song C., C.E. Woodcock, K.C. Seto, M.P. Lenney, S.A. Macomber. 2001. Classification and change detection using Landsat TM data: When and how to correct atmospheric effects? *Remote Sensing and the Environment* 75(2): 230-244.
- Sweanor, L.L., K.A Logan, M.G. Hornocker. 2000. Cougar dispersal patterns, metapopulation dynamics, and conservation. *Conservation Biology* 14(3): 798-808.
- Tischendorf, L., L. Fahrig. 2000. On the usage and measurement of landscape connectivity. *Oikos* 90(1): 7-19.
- Tucker, C. J. 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment* 8: 127-150
- Turner II, B.L., S.Cortina, D. Foster, J. Geoghegan, E. Keys, P. Klepeis, D. Lawrence, P. M. Mendoza, S. Manson, Y. Ogneva-Himmelberger, A.B. Plotkin, D. Pérez-Salicrup, R.R. Chowdhury, B. Savitsky, L. Schneider, B. Schmook, C. Vance. 2001. Deforestation in the southern Yucatán peninsular region: an integrative approach. *Forest Ecology and Management* 154(3): 353-370.
- Verboom, J., R Foppen, P Chardon, P Opdam, P. Luttikhuisen. 2001. Introducing the key patch approach for habitat networks with persistent populations: an example for marshland birds. *Biological Conservation* 100(1): 89-101.
- Vreugdenhil, D., J. Meerman, A. Meyrat, L.D. Gómez, D.J. Graham. 2002. *Map of the Ecosystems of Central America: Final Report*. Banco Mundial, Washington, D.C.
- Wiens, J. 1996. Wildlife in patchy environments: metapopulations, mosaics, and management. D.R. McCullough (ed.). *Metapopulations and wildlife conservation*. Island Press, Washington, DC, p. 53-84.
- Wilkie, D., E. Shaw, F. Rotberg, G. Morelli, P. Auzel. 2000. Roads, development, and conservation in the Congo basin. *Conservation Biology* 14(6): 1614-1622.



- 
- Wilkie, D.S., J.T. Finn. 1996. *Remote sensing imagery for natural resources monitoring*. Columbia University Press. Nueva York.
- Woodroffe, R. 2000. Predators and people: using human densities to interpret predator declines. *Animal Conservation* 3: 165-173.
- Yúnes-Naude, A., J.E. Taylor. 2008 *Estudios sobre políticas públicas para el sector rural en México*. Banco Interamericano de Desarrollo. Washington, D.C.





*El jaguar como elemento estratégico  
para la conservación* se imprimió  
en los talleres de Seprim/HEUA730908AM1,  
Cerrada de Técnicos y Manuales 19-52,  
Col. Lomas Estrella, 09880 México, D.F.  
El tiro fue de 1000 ejemplares.

Labrado en piedra y tiempo, hay un jaguar en nuestra memoria. En la historia de Mesoamérica resuena el profundo rugir de los jaguares, el esquivo sol de la noche que lleva dibujadas en su piel, todas las constelaciones y todas las estrellas. Jaguares que fueron dioses y metáfora de dioses, vínculo entre los hombres y la Tierra.

El jaguar es indicador de riqueza y salud de los ecosistemas. Aún más, los resultados de los estudios realizados a lo largo de los años con el jaguar como guía, consolidan la idea de verlo como un elemento clave para el diseño de estrategias de conservación.

En los estados del sureste de nuestro país se registra una de las mayores densidades de población de esta especie. No obstante, es una especie en condiciones de gran fragilidad. El trabajo realizado por Jaguar Conservancy con el apoyo del Corredor Biológico Mesoamericano México, atiende las tres mayores amenazas directas para la especie y su hábitat: la eliminación de ejemplares por conflictos de depredación; la pérdida de selvas resultante de programas de desarrollo social que promueven el cambio de uso del suelo, y la fragmentación y deterioro de su hábitat por proyectos de infraestructura.

*Conocimientos, Acciones y Diálogos* son los cuadernos en los que el Corredor Biológico Mesoamericano México va dejando constancia del trabajo realizado en favor de la conectividad entre áreas de gran riqueza biológica en nuestro territorio. Son referentes, huellas de utilidad para orientar los empeños de la gran diversidad de actores que trabajan en torno al uso o manejo sustentable de nuestros recursos y la conservación de la biodiversidad.

La serie *Conocimientos* contiene algunos de los diagnósticos e investigaciones que van teniendo lugar. *Acciones*, reúne experiencias que van cristalizando alrededor del uso sustentable y la conservación, y *Diálogos* alimenta el intercambio de saberes, son guías, inventarios y manuales de utilidad para los actores involucrados.

SEMARNAT



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

Comisión Nacional para el  
Conocimiento y uso de  
la Biodiversidad

GOBIERNO  
FEDERAL



CONABIO

