



**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN

PROGRAMA DE POSGRADO

Factores del paisaje que influyen en la distribución de jaguares: Contribución de línea base para proponer una Unidad de Conservación del Jaguar, Nicaragua

Tesis sometida a consideración de la División de Educación y Programa de Posgrado como requisito para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad

Sandra Mercedes Hernández Potosme

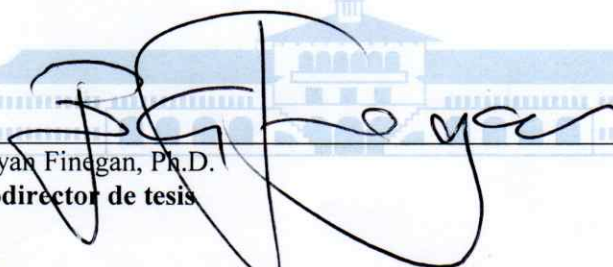
CATIE, Turrialba, Costa Rica

2019

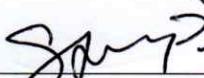
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero de la estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

**MAGISTER SCIENTIAE EN MANEJO Y CONSERVACIÓN
DE BOSQUES Y BIODIVERSIDAD**


FIRMANTES:



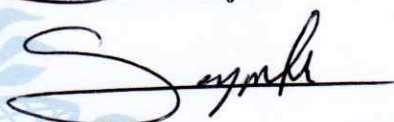
Bryan Finegan, Ph.D.
Codirector de tesis




Roberto Salom, M.Sc.
Codirector de tesis



Diego Delgado, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Sergio Vilchez, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Isabel A. Gutiérrez-Montes, Ph.D.
Decana Escuela de Posgrado



Sandra Mercedes Hernández Potosme
Candidata

Índice General

| | |
|--|------------|
| ÍNDICE DE FIGURAS | IV |
| ÍNDICE DE CUADROS | V |
| LISTA DE ACRÓNIMOS | VI |
| RESUMEN | VII |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. JUSTIFICACIÓN..... | 4 |
| III. OBJETIVOS..... | 4 |
| 3.1 Objetivo general..... | 4 |
| 3.2 Objetivos específicos | 4 |
| 3.3 Preguntas de investigación..... | 4 |
| IV. MARCO REFERENCIAL..... | 5 |
| 4.1 Ecología del Jaguar..... | 5 |
| 4.2 Iniciativa del Corredor del Jaguar en Mesoamérica | 6 |
| 4.3 Estado de conservación del jaguar en Nicaragua | 7 |
| 4.4 Perturbación e impacto de los huracanes en Nicaragua..... | 8 |
| 4.5 Cámaras trampa..... | 9 |
| 4.6 Modelación para análisis de datos | 9 |
| V. METODOLOGÍA..... | 12 |
| 5.1 Descripción del área de estudio | 12 |
| 5.2 Diseño de muestreo..... | 14 |
| 5.3 Análisis estadístico para estimar la probabilidad de detección e identificar los factores del paisaje que influyen en los patrones de detecciones de jaguares..... | 15 |
| 5.4 Identificación de una red de conectividad para los jaguares y sus presas | 16 |
| VI. RESULTADOS..... | 17 |
| 6.1 Estimación de la probabilidad de detección de jaguares para evaluar un área propuesta como unidad de conservación..... | 17 |
| 6.2 Modelo de la conectividad del jaguar y sus presas..... | 20 |
| VII. DISCUSIÓN | 22 |
| VIII. CONCLUSIONES | 24 |
| IX. RECOMENDACIONES | 25 |
| X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 26 |
| XI. ANEXOS | 33 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 Unidades de Conservación del Jaguar en Nicaragua (verde oscuro): Reserva de Biosfera Transfronteriza al norte, Cerro Silva-Indio Maíz- Tortuguero en el sur y corredores entre ellas en verde claro (Petracca et al. 2014). El cuadro rojo muestra el área de una posible tercera UCJ en los territorios indígenas Awaltara-Prinzu Auhya Un y Prinzu Awala. 2 | |
| Figura 2 Localización de los tres territorios indígenas (Rosado, verde y verde menta) en la zona del área de estudio, Nicaragua. 3 | 3 |
| Figura 3 Mapa Nacional de Territorios Indígenas, Afrodescendientes y Ecosistemas naturales de Nicaragua. Elaborado por Marcos Williamson y Luis Valerio 2016. 7 | 7 |
| Figura 4 Mapa que muestra las tres unidades de conservación JCUs Bosawás en el norte, la UCJ probable en la costa del Caribe central y la UCJ Cerro Silva-Indio Maíz-Tortuguero en el sur. 7 | 7 |
| Figura 5 Generación de cuadrícula y ubicación de las cámaras. El esquema gráfico de arriba a la derecha muestra una celda de 36 km ² con la distribución planeada de las cámaras. 14 | 14 |
| Figura 6 Variables predictoras espacializadas. Todas las variables miden distancia de un pixel central al uso de suelo u otra variable. Las unidades están en km lineales. Color verde significa mayor distancia. A continuación una descripción de cada abreviatura utilizada: Bosques Latifoliados (BLA), Cultivos heterogéneos (CROPLAHET), Mangle (MANG), Pastura (PAST), Bosques de coníferas (BCONF), Sabana (SAV), Charral (CHRR), Cultivos anuales (CULT ANUALES), Bosques mixtos (BMIXT), Área urbana (UA), cultivos permanentes (CULTPERM), Caminos (ROAD) y ríos. 16 | 16 |
| Figura 7 Áreas protegidas (verde) utilizadas como nodos y puntos de las estaciones. Los puntos de muestreo en amarillo representan donde no se detectó jaguar y los puntos rojos donde se encontró presencia de jaguares en las dos áreas muestreadas con cámaras trampa. 17 | 17 |
| Figura 8 Dos jaguares encontrados en los territorios indígenas Awaltara Prinzu Awala y Prinzu Auhya Un. 18 | 18 |
| Figura 9 Importancia relativa de las variables predictoras en la probabilidad de detección. 18 | 18 |
| Figura 10 Gráficos diagnósticos del modelo de máxima entropía (MAXENT). a) curva roc, b) curva tasa de omisión. 19 | 19 |
| Figura 11 Área potencial de distribución del jaguar según Maxent. 20 | 20 |
| Figura 12 Identificación de áreas con mayor convergencia de movimiento. 21 | 21 |

Índice de Cuadros

| | |
|---|----|
| Cuadro 1 Conceptos eléctricos y las interpretaciones ecológicas de la teoría de circuitos en la que se basa Circuitscape (McRae et al. 2008). | 11 |
| Cuadro 2 Área en hectáreas (ha) de los territorios y áreas protegidas que se encuentran dentro del corredor donde se colocaron las cámaras trampa. | 13 |
| Cuadro 3 Tipos ecosistemas por territorio indígena con los diferentes tipos de hábitat dentro del área de estudio..... | 13 |

Lista de Acrónimos

| | |
|--------|--|
| AP | Área Protegida |
| SIG | Sistema de Información Geográfica |
| Bht | Bosque húmedo tropical |
| Bmh-s | Bosque húmedo tropical con cambios de transición de tropical de sabana a pinares |
| CITES | La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres |
| FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura |
| GTA | Gobierno Territorial de Awaltara |
| INETER | Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales |
| MARENA | Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales |
| ONG | Organización No Gubernamental |
| RACCN | Región Autónoma de la Costa Caribe Norte |
| RACCS | Región Autónoma de la Costa Caribe Sur |
| UCJ | Unidad de Conservación del Jaguar |
| WCS | Wildlife Conservation Society |

Resumen

La presencia de mamíferos grandes es crucial para estudiar la ecología y la conservación en Nicaragua. Se realizaron muestreos de cámaras trampa en tres años distintos con ocho entradas al campo para estimar la probabilidad de detección de jaguar (*Panthera onca*) en la región en los cuatro territorios indígenas: Awaltara, Prinzu Awala, Prinzu Auhya Un y Rama Kriol en Indio Maíz. Se obtuvieron 37 capturas de jaguares. El 92% de los jaguares fue encontrado en bosques latifoliados y bosques mixtos y un menor porcentaje en bosque de conífera, charral y sabana. Se estimó la probabilidad con modelos espaciales de presencia, utilizando variables de uso de suelo: bosque latifoliado, bosque mixto, bosque de pino, sabanas, mangle, charral, pastura, áreas urbanas, agua, cultivos anuales perennes y mixtos. Además se utilizó distancia a caminos, ríos y comunidades. Estos son los factores que se consideran influyentes en la detección de los jaguares. Con base en ellas se calculó la probabilidad de detección de jaguares y se evaluó la conectividad del paisaje a partir de nodos focales por conectar (Bosawas e Indio Maíz). Este análisis fue modelado para mostrar cuáles son las potenciales rutas de movimiento a través de los diferentes tipos de hábitat que están dentro y fuera de las áreas protegidas. Se concluye que el área de los territorios indígenas Awaltara, Prinzu Awala, Prinzu Auhya Un es de vital importancia para los jaguares, ya que la probabilidad de detección en el sitio es alta y las mejores rutas de conectividad pasan por ahí. Los resultados corroboran el hecho de que las comunidades indígenas de Nicaragua conservan hábitats importantes para los jaguares y son esenciales para su conservación a largo plazo.

Abstract

The presence of large mammals is crucial to the study of ecology and conservation in Nicaragua. Chamber traps were sampled in three different years with eight field entries to estimate the probability of detection of jaguar (*Panthera onca*) in the region in the four indigenous territories: Awaltara, Prinzu Awala, Prinzu Auhya Un and Rama Kriol in Indio Maíz. Thirty-seven jaguar catches were obtained, ninety-two percent of the jaguars were found in broadleaf and mixed forests and a smaller percentage in coniferous, charral and savannah forests. The probability was estimated with spatial presence models, using land use variables: broadleaf forest, mixed forest, pine forest, savannah, mangrove, charral, pasture, urban areas, water, perennial and mixed annual crops. Distance to roads, rivers and communities was also used. These are the factors considered influential in the detection of jaguars. Based on these factors, the probability of jaguar detection was calculated and the connectivity of the landscape was evaluated from focal nodes to be connected (Bosawas and Indio Maíz). This analysis was modeled to show which are the potential routes of movement through the different types of habitat that are inside and outside the protected areas. It is concluded that the area of the indigenous territories Awaltara, Prinzu Awala, Prinzu Auhya Un is of vital importance for jaguars, since the probability of detection at the site is high and the best connectivity routes pass through it, the results corroborate the fact that indigenous communities in Nicaragua conserve important habitats for jaguars and are essential for their long-term conservation.

I. INTRODUCCIÓN

El jaguar (*Panthera onca*) ha sido reducido en más del 49% de su distribución según su rango histórico (Sanderson *et al.* 2002; Thomson y Villa 2017; Quigley *et al.* 2017). Actualmente se encuentra catalogado como casi amenazado en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (Caso *et al.* 2008). Según Sunquist y Sunquist (2017), el rango de distribución se extiende desde el norte de México al norte de Argentina. Los jaguares se encuentran amenazados por la pérdida de hábitat debido a la deforestación, la pérdida de presas de la cual se alimentan y la matanza directa de los felinos, en algunos casos como represalias por ataque a ganado (Swank y Teer 1989; Hoogesteijn y Hoogesteijn 2005). No obstante, a pesar de estas amenazas; los últimos análisis genéticos sugieren que no hay partición subspecífica a través de su distribución, apuntando que la conectividad en gran escala de las poblaciones del jaguar aún estaba intacta a principios del presente siglo (Eizirik *et al.* 1998; Eizirik *et al.* 2001; Ruíz-García *et al.* 2006; Olsoy *et al.* 2016; Wultsch *et al.* 2016).

La Iniciativa del Corredor del Jaguar en Nicaragua es un proyecto apoyado por la ONG Panthera y el Programa de Conservación del Jaguar de Wildlife Conservation Society (WCS). Esta iniciativa empezó en el 2004 y pretende garantizar la conectividad de las poblaciones del jaguar a través de su distribución. El jaguar es una especie de amplia distribución que requiere de grandes áreas para el mantenimiento de poblaciones viables; es muy sensible a perturbaciones humanas (Noss *et al.* 1996; Ceballos *et al.* 2002; Sanderson *et al.* 2002; Rabinowitz y Zeller 2010; Isasi Catalá 2011). Inclusive, el jaguar ha sido utilizado para la selección y diseño de áreas protegidas dada su condición de especie sombrilla (Roberge y Angelstam 2004; Thornton *et al.* 2016). La importancia de esta especie radica en que es de gran tamaño, está en la cima de la cadena alimenticia, tiene amplia distribución y alta sensibilidad ecológica (Hoogesteijn y Hoogesteijn 2005). Estas características implican que si se logra proteger a esta especie se estará protegiendo a un sinnúmero de especies de flora y fauna asociadas (Figel *et al.* 2018; Thornton *et al.* 2019).

En Nicaragua existe poca información acerca del jaguar. Según revisión bibliográfica, hasta la fecha sólo se han realizado cuatro investigaciones acerca de esta especie. Las tres primeras fueron efectuadas con cámaras trampa, dos en la Reserva de la Biosfera Bosawas y una en la Reserva Biológica Indio Maíz. Estos estudios fueron hechos para evaluar la densidad poblacional; es decir; el número de individuos por cada 100 km². Los resultados obtenidos fueron una densidad mínima de 2.12 jaguares/100 km² en el territorio Mayagna Sauni Bu (Polisar 2006; Díaz Santos 2007); 1.5 jaguares/100 km² en el territorio Kipla Sait Tasbaika (Díaz Santos 2010) y una densidad mínima de 1.7 jaguares/100 km² en Indio Maíz (Díaz -Santos 2009). Posterior a ello, se realizó un estudio para validar en campo el Corredor del Jaguar a lo largo de la costa caribe de Nicaragua. Se hizo una validación de campo a través de entrevistas siguiendo el protocolo de Panthera (Zeller *et al.* 2011) para recopilar la información y generar un mapa actualizado del Corredor del Jaguar (Zeller *et al.* 2011; Petracca *et al.* 2017).

Las Unidades de Conservación del Jaguar (UCJs) son áreas que cuentan con buen hábitat, suficientes presas y al menos 50 individuos reproductivos. En Nicaragua se encuentran la UCJ Reserva de Biosfera Transfronteriza (que incluye a Bosawas en el norte) y la UCJ Cerro Silva-Indio Maíz-Tortuguero en el sur

Figura 1). Probablemente exista otra en lo que corresponde a los tres territorios indígenas Awaltara-Prinzu Auhya Un y Prinzu Awala en el centro de la costa Atlántica. Estas áreas no están exentas de amenazas como la deforestación causada por el avance de la frontera agrícola y ganadera y la cacería.

La presente investigación pretende generar información de línea base sobre la conectividad y presencia de las poblaciones de jaguares en Nicaragua para favorecer su conservación. Asimismo, se evalúa un área en el centro de la costa atlántica como una posible tercera Unidad de Conservación del Jaguar entre la UCJ Reserva de Biosfera Bosawas y la Reserva Biológica Indio Maíz.



Figura 1 Unidades de Conservación del Jaguar en Nicaragua (verde oscuro): Reserva de Biosfera Transfronteriza al norte, Cerro Silva-Indio Maíz- Tortuguero en el sur y corredores

entre ellas en verde claro (Petracca et al. 2014). El cuadro rojo muestra el área de una posible tercera UCJ en los territorios indígenas Awaltara-Prinzu Auhya Un y Prinzu Awala.

Las Regiones Autónomas del Caribe de Nicaragua donde se ubican las Reservas de Biósfera Bosawás e Indio Maíz, son las áreas más importantes para la conservación de la biodiversidad en el país. Esto se debe a que aún conservan ecosistemas naturales que sirven como áreas de reproducción. Fuera de ellas, también hay áreas de corredor biológico que ayudan a conservar la diversidad genética de varias especies, incluyendo al jaguar, a lo largo de Nicaragua. No obstante, aproximadamente entre el periodo 2000 y el 2010 hubo una fuerte deforestación en la Reserva de Wawashang y otras áreas (Petracca *et al.* 2014), en la zona central de las regiones autónomas. Esto ocasionó que dicha área fuera degradada de una UCJ a un área de corredor biológico, lo cual amenaza con afectar el flujo genético del jaguar en Nicaragua. Tomando esto en cuenta, es crucial determinar si el área de los territorios indígenas Awaltara-Prinzu Auhya Un y Prinzu Awala podría ser considerada una UCJ adicional que sirva como un escalón (*stepping stone*) entre las UCJ al norte y sur del país para el jaguar y otras especies (Figura 2).

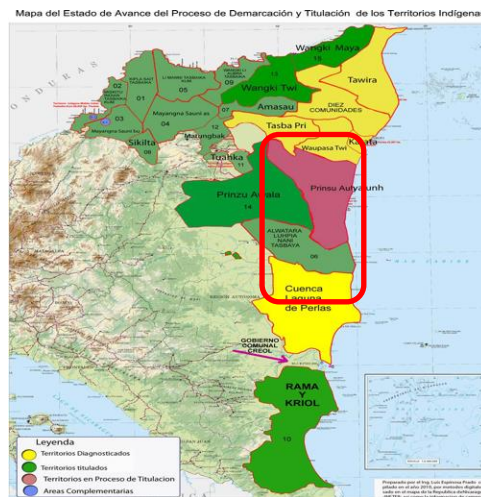


Figura 2 Localización de los tres territorios indígenas (Rosado, verde y verde menta) en la zona del área de estudio, Nicaragua.

Para este estudio se propone evaluar el área de Awaltara-Prinzu Auhya Un y Prinzu Awala con el fin de verificar si puede ser considerada una UCJ. Esta área no ha sido reconocida en análisis previos en parte porque se desconoce el uso que pueden hacer los jaguares de los diferentes tipos de bosque presentes en el área. Este paisaje consiste de una mezcla de bosques latifoliados, humedales, sabanas de pino y bosques bajo diferentes niveles de intervención. Desafortunadamente, gran parte del área de estudio no goza de un estatus de protección de carácter nacional y está siendo amenazado por la misma frontera ganadera que devastó la UCJ Wawashang. Por lo tanto, es sumamente importante aumentar los esfuerzos de investigación y conservación de la zona para prevenir su degradación en los próximos años.

II. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo pretende proporcionar información de línea base relacionada con la conectividad de las poblaciones de jaguar que ayuden a definir si los territorios indígenas de Awaltara, Prinzu Auyha Un y Prinzu Awala podrían conformar una Unidad de Conservación del Jaguar en Nicaragua.

El avance de la frontera agrícola y ganadera, la pérdida de hábitat y la cacería de presas son los factores que están afectando a los jaguares (McNab y Polisar 2002; Petracca *et al.* 2014). El propósito de las UCJs es salvaguardar los hábitats naturales y su biodiversidad (Petracca *et al.* 2014, Petracca *et al.* 2017). En Nicaragua, pocas áreas protegidas son lo suficientemente grandes para la conservación a largo plazo de especies de amplio rango de hogar; por lo tanto, los paisajes boscosos que rodean las áreas protegidas, como en el caso de estos territorios indígenas, son fundamentales para la conservación de una gran cantidad de especies en los diferentes usos de suelo.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Generar información de línea base para determinar si existe una Unidad de Conservación del Jaguar en el centro de la costa caribe nicaragüense, contemplando la conectividad de las poblaciones de la especie, su ecología y conservación.

3.2 Objetivos específicos

- Estimar la probabilidad de detección de jaguares para evaluar un área propuesta como Unidad de Conservación del Jaguar.
- Identificar los factores del paisaje que influyen en los patrones de detección de jaguares.
- Evaluar y modelar la conectividad del paisaje usando como base los requerimientos de hábitat del jaguar.
- Evaluar el potencial de la zona de estudio para el establecimiento de una Unidad de Conservación para los Jaguares y otra vida silvestre asociada.

3.3 Preguntas de investigación

- 1- ¿Cuáles son los factores del paisaje que influyen en los patrones de detección de Jaguares y presas?
- 2- ¿Cuáles son las rutas principales de conectividad para jaguares entre las UCJs al norte y al sur de Nicaragua?
- 3- ¿Las condiciones de hábitat de la zona permiten definir una nueva UCJ?

IV. MARCO REFERENCIAL

4.1 Ecología del Jaguar

El jaguar (*Panthera onca*) es el felino más grande del Neotrópico. En este último siglo ha experimentado una reducción de casi el 50% de su distribución (Zeller 2007; Quigley *et al* 2017). Actualmente, los jaguares aún se encuentran en 18 países, desde el norte de México hasta Argentina. La Iniciativa del Corredor del Jaguar impulsada por la ONG Panthera define dos tipos de hábitat para la especie:

- 1) áreas que los jaguares usan como corredor de dispersión, y
- 2) las Unidades de Conservación de Jaguar que son áreas lo suficientemente grandes y de condiciones para sostener una población viable por sí solas (Ceballos et al. 2002).

Los corredores biológicos son importantes para mantener la conectividad estructural de los bosques y la conectividad genética de las especies (Bennett 2004), pero que son generalmente menos protegidos que las UCJs.

A pesar de que los jaguares se extienden a través de un área de seis millones de kilómetros cuadrados, conforme ha transcurrido el tiempo el área de distribución del jaguar ha venido disminuyendo (Hoogesteijn et al. 1986; Zeller 2007). Inclusive el jaguar ya se ha extinguido en El Salvador y Uruguay (Emmons y Feer 1997). Según la UICN, el jaguar se encuentra como casi amenazado y con tendencia decreciente (UICN 2010; Cat Specialists Group 2017). Sin embargo, esta especie se adapta a una gran variedad de factores ambientales, y en general, se puede encontrar donde hay agua y presas suficientes (Seymour 1989). Inclusive, se pueden hallar en áreas abiertas en los bosques húmedos de Pantanal en Brasil (Crawshaw y Quigley 1991).

El jaguar tiene una dieta amplia, principalmente de presas grandes y medianas, como chanco de monte (*Tayassu tajacu*), saíno (*Tayassu pecari*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), venado de montaña (*Mazama temama*), guardatinaja, (*Cuniculus paca*), guatusa (*Dasyprocta punctata*) y armadillo (*Dasypus novemcinctus*) (Novack et al. 2005; Chávez et al. 2007). Igualmente, (Swank y Teer 1989) indican que el jaguar es un depredador oportunista que aprovecha las diferentes presas dependiendo de su estado y su disponibilidad en cada lugar. Por su parte, (Rabinowitz & Nottingham 1986), Emmons (1987), (Seymour 1989 ; Zeller *et al.* 2011) indican que estos se pueden alimentar también de presas no habituales como el tapir (*Tapirus bairdii*) (Crawshaw y Quigley 2002), monos, tortugas marinas y de agua dulce, entre otros, llegando a depredar más de 85 especies diferentes (Seymour 1989). Los mamíferos grandes y medianos cumplen una función importante en la biodiversidad y ecosistemas, principalmente en la regeneración de los bosques, debido a que son dispersores de semillas (Portillo et al. 2011). Por estar en la cima de la cadena trófica, el jaguar ejerce un control sobre las poblaciones de estos mamíferos y por lo tanto tienen un efecto sobre la estabilidad de los ecosistemas.

El mantenimiento y la restauración del flujo genético y la conectividad, a través de paisajes alterados por el hombre, se han convertido en importantes prioridades de conservación, sin embargo, los estudios genéticos en gran escala de poblaciones naturales son escasos. Estudios anteriores muestran que la distribución geográfica del jaguar era amplia y que sus poblaciones estaban conectadas Rabinowitz & Nottingham (1986), Ruíz-García et al. (2006). Sin embargo, investigaciones recientes en Mesoamérica demuestran que están habitando paisajes fragmentados con poblaciones potencialmente reducidas y aisladas o en proceso de aislamiento (Wultsch et al. 2016). En ese estudio se utilizaron muestras fecales recolectadas en 5 países: Belice, Costa Rica, Guatemala, Honduras y México. Los resultados muestran que el flujo de genes fue más alto entre los jaguares de la Selva Maya (norte de Guatemala y el centro de Belice), mientras que la diferenciación genética entre todos los otros sitios de muestreo fue moderada y se presenta un proceso de aislamiento entre Guatemala y Honduras (Wultsch et al. 2016). El aislamiento genético puede disminuir la resiliencia de las especies ante las distintas amenazas. Por esta razón, es sumamente importante mantener el vínculo genético a largo plazo de la especie, a través del manejo y mantenimiento de las áreas protegidas y los corredores para garantizar la conectividad funcional en toda la región.

4.2 Iniciativa del Corredor del Jaguar en Mesoamérica

El Corredor del Jaguar es una iniciativa internacional inicialmente liderada por la Wildlife Conservation Society (WCS). Actualmente, Panthera, en coordinación con organizaciones del gobierno y ONGs nacionales e internacionales, pretende garantizar la conectividad para los jaguares a lo largo de las áreas protegidas y parches de bosque del Continente (Salom-Pérez et al. 2010). A los bosques que tienen un área significativa se les denominó Unidades de Conservación del Jaguar (UCJs), esto se determinó tomando en cuenta investigaciones previas y valorando los conocimientos que tenían los expertos en jaguares (Sanderson et al. 2002; Zeller 2007; Salom-Pérez et al. 2010). Una UCJ es un territorio donde se encuentran poblaciones de jaguares con al menos unos 50 individuos reproductivos y que estos tengan suficientes presas y un hábitat adecuado para su reproducción (Sanderson et al. 2002).

Para poder determinar dónde estaban los corredores para el jaguar en el Continente, se realizó un análisis de conectividad de corredor de menor costo entre las UCJs (Rabinowitz y Zeller 2010). En el estudio se determinaron los costos de movimiento para la especie en seis capas de paisaje en SIG. Se eligieron factores que tuvieran alguna influencia en el movimiento de los jaguares según los expertos: tipo de hábitat, porcentaje de cobertura boscosa, elevación, densidad de población humana, distancia a caminos y distancia a asentamientos humanos. Estas capas se combinaron para producir una superficie de costo de movimiento. Los corredores de menor costo fueron finalmente modelados a través de esta superficie de costo entre las 90 poblaciones de jaguar identificadas previamente a través de su rango (Sanderson et al. 2002).

4.3 Estado de conservación del jaguar en Nicaragua

Nicaragua es el país más grande de América Central, y hasta hace poco tiempo, era el país centroamericano con las áreas silvestres más grandes y numerosas (lo más verde Figura 1 y Figura 2). Sin embargo, en la Figura 3 y Figura 4, a pesar del avance de la deforestación ganadería y avance de la frontera agrícola se muestra una propuesta de una nuevas JCU las cuales son: la Reserva de Biosfera Transfronteriza que incluye a Bosawas en el norte, los Territorios indígenas Awaltara, Prinzu Awala, Prinzu y Auhya Un en la costa del Caribe central y por último y más al sur UCJ Cerro Silva-Indio Maíz-Tortuguero en el sur.



Figura 3 Mapa Nacional de Territorios Indígenas, Afrodescendientes y Ecosistemas naturales de Nicaragua. Elaborado por Marcos Williamson y Luis Valerio 2016.

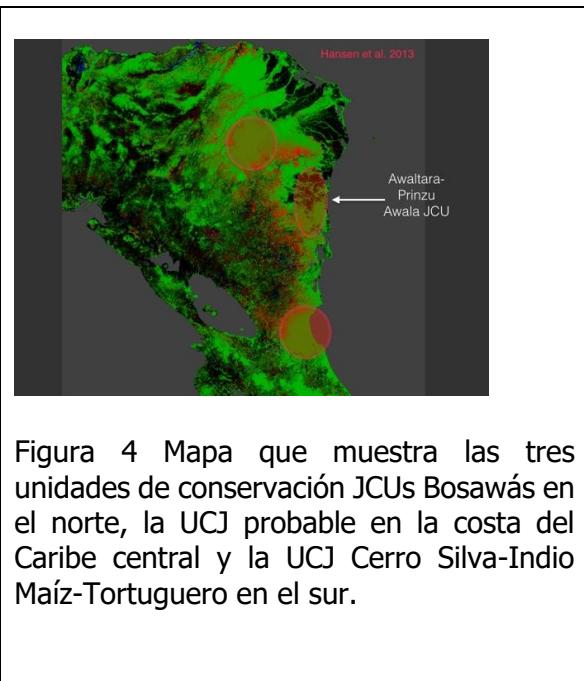


Figura 4 Mapa que muestra las tres unidades de conservación JCU: Bosawas en el norte, la UCJ probable en la costa del Caribe central y la UCJ Cerro Silva-Indio Maíz-Tortuguero en el sur.

Petracca *et al.* (2014), mencionan que en el transcurso de los últimos 10-15 años, una frontera ganadera ha avanzado ilegalmente de la costa del Pacífico de Nicaragua hacia las tierras indígenas de la región del Caribe y ha venido minimizando extensas áreas de hábitat primario para el jaguar. Mientras que las UCJs más al norte y al sur han sobrevivido hasta ahora, y la UCJ de Wawashang ha sido casi enteramente destruida, experimentando una alta degradación del hábitat, indicando que la población residente de jaguares que patrulló estos bosques hace tan sólo veinte años está sumamente amenazada. Las UCJs al norte y al sur también se están viendo afectadas por deforestación, cacería y colonización ilegal (Petracca et al. 2014; Schank C et al. 2015; Petracca et al. 2017; Jordan et al. 2019).

Con la pérdida del UCJ Wawashang, Nicaragua pasó de uno de los países más fuertes para la conservación del jaguar en Centroamérica a uno de los más vulnerables. De hecho, sin una tercera UCJ en la parte central es posible que no se pueda garantizar la conectividad genética del jaguar debido a la distancia entre la UCJ del norte y la UCJ del sur.

4.4 Perturbación e impacto de los huracanes en Nicaragua

Nicaragua como territorio ístmico tiene influencia directa de los océanos Pacífico y Atlántico (Mar Caribe), por lo que se ve afectado frecuente y directamente por tormentas y ciclones tropicales. Este es un factor importante en la perturbación de los ecosistemas, afectando la vida silvestre del país.

Las perturbaciones pueden abarcar todos los niveles de intensidad: desde las más catastróficas, que provocan grandes cambios en la composición de una comunidad perturbada, hasta las que no están cambiando sensiblemente la composición y estructura de una comunidad ecológica perturbada (Luna 2013).

En la medida que incrementan la frecuencia y la intensidad de huracanes, los ecosistemas a lo largo de la costa Caribe se encuentran en constante cambio. Por ejemplo, se reduce significativamente la regulación del viento, hay cambios en el oleaje y se modifican las áreas más conservadas (Costanza et al. 2008).

Entre las principales perturbaciones que los huracanes han provocado están aquellas que ocasionan la pérdida de hábitat y la fragmentación (Turner et al. 1997). Las perturbaciones frecuentes en esta escala generan en el paisaje un mosaico complejo con diferentes tipos de hábitat; es decir, mantienen parches de hábitat en distintas etapas de desarrollo regenerativo, con estructuras y composiciones en común de especies. Estos parches abren claros, ya sea por árboles que caen u otros factores, acondicionan un nuevo hábitat en sucesión y convierten un paisaje en parches fragmentados (Turner et al. 1997). Luna (2013) estima que un bosque necesita al menos 14 años para recuperar su estado original después de haber sido afectado por un huracán.

En 1988 la costa Caribe se vio afectada por el huracán Joan. En el 2016, después de estar un bosque nuevamente regenerado, llegó el huracán Otto, tocando suelo firme en la Reserva de Biósfera Indio Maíz. El bosque que se encontraba denso sirvió de muro, quedando un 60% de árboles de gran tamaño caídos (INETER 2016). Actualmente hay un avance significativo en la deforestación en la Reserva Biológica Indio Maíz. Tras el aprovechamiento de los árboles caídos, un gran número de ganaderos se han asentado en la Reserva para la implementación de ganadería extensiva (BBC.com 2016; Ríos 2016).

4.4.1 Cobertura boscosa

El bosque en Nicaragua ha sufrido cambios producto de la deforestación y degradación desde hace varios años, lo que ha convertido áreas de bosque de gran importancia para conservación, en áreas principalmente de ganadería y agricultura.

Los incendios forestales son una de las causas más importantes del deterioro de los bosques. En 1989, después del paso del huracán Joan, se produjeron incendios en las zonas inundables justo donde había pasado el huracán (Ruiz 2001). En 1998, en el periodo de sequía hidrológica conocida como El Niño, la hojarasca de la zona estaba seca lo que

permitió que el fuego avanzara hasta los bosques latifoliados (Ruiz 2001). En el caso de la Región Autónoma de la Regiones Autónomas Costa Caribe Sur (RACCS) después de haber pasado el huracán Joan se produjeron disturbios por causa de los incendios forestales destruyendo una gran cantidad de área forestal post huracán (Ruiz 2001); provocando una disminución en la dinámica de regeneración. Los incendios se producen ya sea por causas naturales o por causa del ser humano. Las causas principales son el avance de actividades agrícolas y ganaderas y ocurre principalmente en los meses de febrero, marzo y abril para las primeras siembras (Ruiz 2001). Cada vez se hacen más frecuentes en los bosques las técnicas de tumba, roza y quema. El uso inadecuado del fuego ha tenido serias consecuencias para la sostenibilidad de los recursos naturales y la conservación de la biodiversidad.

4.5 Cámaras trampa

El uso de cámaras trampa es una actividad relativamente reciente, utilizada para la estimación de abundancia, densidades y presencia de especies. El uso de cámaras trampa también permite la estimación de índices de abundancia relativa para aquellas especies que no pueden ser identificadas individualmente (Maffei *et al.* 2002; Sanderson 2005).

Las cámaras trampa son un método no invasivo en donde la cámara se activa cuando el animal pasa frente a ella (Mackay *et al.* 2008; O'Connell *et al.* 2010; Polisar *et al.* 2014). Han sido utilizadas para identificación de individuos de especies con patrones de coloración en el cuerpo como jaguares, tigres y mamíferos pequeños con patrones bilaterales de manchas (Maffei *et al.* 2002).

Cuando se estima abundancia, es cuando se puede detectar un individuo o que se ha capturado en las cámaras trampa en un área de muestreo (a lo que llamamos en este estudio probabilidad de detección (O'Brien, TG. 2011).

4.6 Modelación para análisis de datos

4.6.1 Tipos de modelos para determinar los factores que influyen en la detección y estimar la probabilidad de detección con el modelo de distribución de las especies.

Para describir los patrones espaciales de las especies se han utilizado distintos enfoques estadísticos, desde técnicas discriminantes que usan datos de presencia ausencia de las especies, como los árboles de decisión, análisis de discriminantes lineales o cuadráticos (Tibshirani 1996). Inicialmente se usaban modelos de máxima entropía (MAXENT) (Phillips *et al.* 2006, Phillips & Dudík 2008). Estos modelos requieren solamente datos de presencia de las especies, generando en algunos casos pseudo-ausencias.

Estos modelos de distribución de especies pueden crearse en cualquier clasificador estadístico adecuado para tipos de variables modelizadas y/o dicotómica si se tienen datos de presencia/ausencia, y continua si son datos de abundancia (Elith et al. 2011).

Todos estos modelos requieren de factores que expliquen los patrones de distribución de las especies y están basados en la teoría de nicho, enfocándose principalmente en modelar nichos potenciales.

A partir de varios modelos obtenidos con diferentes métodos se pueden originar "modelos de consenso", donde el modelo final indica el grado de coincidencia entre modelos utilizados. El modelo que se utilizó en este estudio fue MAXENT el cual requiere de variables como puntos de referencias y variables como usos de suelos para generar resultados de presencia de especie en un área determinada.

4.6.1.2 Modelando conectividad con el Software Circuitscape

El concepto de conectividad se utiliza para describir como los arreglos espaciales y la calidad de elementos en el paisaje afectan el desplazamiento de los individuos entre parches de hábitat. A escala de paisaje se define la conectividad como el grado en que el paisaje facilita o impide el desplazamiento de las especies entre áreas o entre recursos (Taylor et al. 1993).

El objetivo de la conservación de la biodiversidad es preservar comunidades naturales viables y la integridad en los procesos ecológicos, que frecuentemente se desarrollan en áreas extensas o interconectadas. De esta manera, las estrategias de conservación en paisajes modificados deben garantizar que se mantenga una conectividad eficaz en una gama de escalas espaciales (Noss 1996).

Circuitscape es un programa de libre acceso (*open-source*) que utiliza algoritmos de la teoría de circuitos y la teoría del paseo aleatorio "random walk" para modelar conectividad en paisajes heterogéneos (McRae *et al.* 2008). Bajo este marco, las relaciones espaciales entre parches de hábitat (nodos) están representadas como conexiones a través de "resistores" de corriente eléctrica que indican el grado de conectividad para una especie focal. En ese sentido, se considera la conductancia (o resistencia) que ofrecen los diferentes usos de suelo de un paisaje a la especie focal, la cual determina la facilidad (o dificultad de movimiento) de la especie a través de un paisaje (Cuadro 1). *Circuitscape* determina así el flujo de corriente o energía que existe en un paisaje, y por lo tanto el potencial de movimiento de una especie focal, asumiendo que las fuentes de energía son los nodos o parches focales (McRae *et al.* 2008). Al hacer uso de la ventaja entre las teorías de circuito y *random walk* tiene la habilidad de incorporar todas las rutas posibles a través de un paisaje de manera simultánea, por lo que es muy útil en el análisis de conectividad.

Cuadro 1 Conceptos eléctricos y las interpretaciones ecológicas de la teoría de circuitos en la que se basa Circuitscape (McRae et al. 2008).

| Término eléctrico | Interpretación ecológica | Razonamiento |
|---|---|---|
| Resistencia (R , ohm), la oposición que el resistor ofrece al flujo de corriente eléctrica | Oposición del tipo de hábitat al movimiento de organismos (resistencia de paisaje o fricción). | Ley de Ohm: cuando un voltaje V es aplicado a través de un resistor, la cantidad de corriente I que fluye a través del resistor depende de 1) el voltaje aplicado y 2) la resistencia R , de manera que $I=V/R$ |
| Conductancia (G , siemens), opuesto de la resistencia y una medida de la habilidad del resistor para conducir la corriente eléctrica | Similar a la permeabilidad del hábitat. | Cuanto más baja es la resistencia (o mayor la conductancia), mayor flujo de corriente por unidad de voltaje |
| Resistencia efectiva (\hat{R} , ohm), la resistencia al flujo de corriente entre dos nodos distanciados por una red de resistores | Distancia de resistencia. Medida de aislamiento entre pares de nodos en un grafo o celdas en un raster. Similar al concepto ecológico de distancia efectiva, pero incorpora múltiples vías. | Cuando un voltaje es aplicado entre dos nodos en un circuito de resistencias, la cantidad total de corriente que fluye a través del circuito está determinada por: 1) el voltaje aplicado, y 2) la configuración y las resistencias de los resistores que contiene el circuito. |
| Conductancia efectiva (\hat{G} , siemens), inverso de la resistencia efectiva, una medida de la habilidad de la red para llevar corriente entre dos nodos. | Es una medida de conectividad entre pares de nodos en un grafo o celdas en un raster. Incrementa con vías disponibles adicionales. | |
| Corriente (I , amperes) flujo de carga a través de un nodo o resistor en un circuito. Puede ser usada para predecir probabilidades de movimiento neto esperado para "walkers" que se mueven a través de nodos o bordes. | | |

V. METODOLOGÍA

5.1 Descripción del área de estudio

Este estudio se realizó en la zona del Caribe nicaragüense, específicamente en la zona de amortiguamiento de la UCJ Reserva de Biósfera Transfronteriza en la Region Autónoma de la Costa Caribe Norte (RACCN) y parte de la RACCS) en el territorio Awaltara, Prinzu Auhya Un y Prinzu Awala e Indio Maíz. La Región Autónoma de la costa Caribe de Nicaragua tiene una extensión de 59,566 km², equivalente a un 43% de la superficie nacional. Esta se halla dividida en RACCN, con una extensión de 32,159 km², y la RACCS con una superficie de 27,407 km².

La Reserva Biológica Indio Maíz está ubicada en el extremo sureste de Nicaragua, en el departamento de Río San Juan y la RACCS. El área protegida tiene cinco municipios: Bluefields, Nueva Guinea; San Juan del Norte, El Castillo y San Carlos (MARENA 2002).

Entre las áreas protegidas y boscosas están la Reserva de Biosfera Bosawas y la Reserva Biológica Indio Maíz, y entre ellas están: la Reserva Natural Llanos de Karawala, la Reserva Natural Llanos de Makantaka, la Reserva Biológica Marina Cayos Miskitus y Franja Costera, la Reserva Natural Limbaika, la Reserva Natural Alamikamba, Punta Gorda y Cerro Silva. Estas son importantes para conservar la biodiversidad y asegurar que los servicios ambientales a lo largo del corredor se mantengan a largo plazo (GTRK 2018).

La temperatura promedio anual de la zona varía entre 23 a 25°C, la precipitación incrementa de oeste a este y el promedio anual oscila entre 2,000 a 3,200 mm, con un período seco de cuatro a cinco meses (Williamson 2016). Según la clasificación de (Holdridge, L. R. 1967), la zona tiene bosques húmedos tropicales (Bht-T) y bosques muy húmedos tropicales con transición de tropical de sabana de pinares (bmh-S).

Según MARENA, en el marco del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) de un total de 72 áreas protegidas, 17 están en la costa Caribe. Específicamente en el área de estudio se encuentran cinco áreas protegidas y siete usos de hábitat que se detallan a continuación. La zona cuenta con una gran variedad de hábitats naturales como bosques latifoliados, pinos, manglares, humedales, ríos, caños, lagunas, cayos y el mar Caribe, todos con una rica biodiversidad y un potencial para el desarrollo sostenible. El recurso natural más explotado es la madera, mayormente por extracción, y la pesca ilegal (GTA 2010). En el área de los territorios indígenas se encuentran cuatro reservas naturales con 16,374 ha y una reserva biológica con 66,809 ha (Cuadro 2).

Cuadro 2 Área en hectáreas (ha) de los territorios y áreas protegidas que se encuentran dentro del corredor donde se colocaron las cámaras trampa.

| Territorios | Áreas protegidas | Ha | Total |
|------------------------------|--|--------|--------|
| Awaltara Luphia Nani Tasbaya | Reserva Natural Llanos de Karawala | 4,293 | 7,667 |
| | Reserva Natural Llanos de Makantaka | 2,511 | |
| Prinzu Auhya Un | Reserva Biológica Marina Cayos Miskitus y Franja Costera | 66,809 | 66,809 |
| Prinzu Awala | Reserva Natural Limbaika | 4,898 | 8,707 |
| | Reserva Natural Alamikamba | 3,810 | |
| Norte de Indio Maíz | Reserva Natural Cerro Silva | 16,400 | 27,745 |
| | Punta Gorda | 11,345 | |
| Rama Kriol | Reserva Biologica Indio maíz | 527960 | 527960 |

Los bosques latifoliados ocupan la mayor parte del área de los territorios indígenas. Hay 438,684 ha en bosques, incluyendo 27,575 ha de bosque de pinos y 227,390 ha de mangle. Este último es el uso de suelo más abundante dentro del área de estudio (Cuadro 3).

Cuadro 3 Tipos ecosistemas por territorio indígena con los diferentes tipos de hábitat dentro del área de estudio.

| Territorio /Ecosistema | Bosques Latifoliados (BTSV) | Bosque Conífera B. conífera | Bosque Mixto (Palma y Bambú) | Cuerpo de agua | Mangle | Sabanas de Pino de tierras Bajas | Charral | Total General |
|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------|---------|----------------------------------|---------|---------------|
| Awaltara Luphia Nani Tasbaya | 161,766 | 5,954 | Sin información | 10,126 | 16,086 | Sin información | 50,463 | 244,394 |
| Prinzu Auhya Un | 145,880 | 6,861 | 10,424 | 21,931 | 99,008 | 35,387 | 52,038 | 371,529 |
| Prinzu Awala | 131,039 | 14,760 | 3,733 | 4,827 | 112,296 | 8,764 | 139,386 | 414,803 |
| Total | 438,685 | 27,575 | 14,157 | 36,884 | 227,390 | 44,151 | 241,887 | 1,030,726 |

5.2 Diseño de muestreo

El presente estudio se realizó en diferentes tipos de hábitat: bosques latifoliados, bosques mixtos, bosque de coníferas, charral, sabanas, suelos desnudos, pastura, mangle, cultivo permanente, cultivo anual, cultivo mixto, área urbana y agua.

El método de muestreo utilizado en este estudio fueron las cámaras trampa; este método es ampliamente utilizado en el estudio de felinos (Maffei *et al.* 2002; Arispe *et al.* 2008). Las áreas muestreadas fueron los territorios Awaltara, Prinzu Auhya Un, Prinzu Awala (sitio 1) por un lado, e Indio Maíz (sitio 2) por otro. En cada sitio de muestreo se generó una grilla de 6 km x 6 km (36 km²) y se seleccionaron el 80% de las celdas de forma aleatoria. En cada celda seleccionada se ubicaron de dos a cuatro cámaras trampa para el registro de jaguares por un tiempo de 45 días (Figura 5). Se colocaron un total de 157 estaciones. Las estaciones estaban compuestas por una cámara trampa en los territorios Awaltara, Prinzu Auhya Un, Prinzu Awala y separadas por aproximadamente 2 km entre sí. Para los datos recopilados en Indio Maíz el muestreo se realizó utilizando un par de cámaras (cámaras pareadas) cada 2 km. Estos últimos datos fueron facilitados por una investigación realizada por Dans (Dans, AJ et al. datos sin publicar).

Este estudio se desarrolló a partir del 2015, y completando ocho períodos en el campo. Se hicieron tres períodos de abril-septiembre 2015 (sitio 1), con un total de 94 cámaras, cuatro períodos en el campo octubre-mayo 2016 en Indio Maíz (sitio 2) con 48 cámaras y un período entre los meses de abril y junio del 2018 en el sitio 1 con 27 cámaras activas. No obstante, debido a problemas causados por inundación solo se obtuvo información de 15 cámaras.

Toda la información recopilada se usó para obtener la probabilidad de detección del jaguar durante un muestreo.

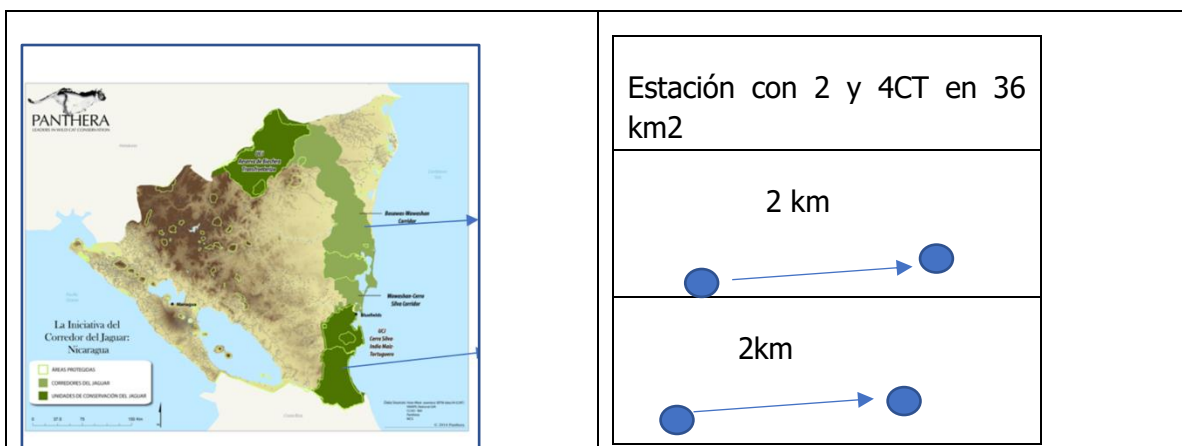


Figura 5 Generación de cuadrícula y ubicación de las cámaras. El esquema gráfico de arriba a la derecha muestra una celda de 36 km² con la distribución planeada de las cámaras.

En el campo se colocaron las cámaras en senderos de animales, senderos de personas o en sitios con posibilidades de detectar al jaguar y sus presas.

Para este estudio se utilizó el perfume Obsession de Calvin Klein como atrayente o cebo para jaguares. Frente a la cámara (a unos 2 m o más) se colocó una estaca y se roció el perfume en un pedazo de tela. Este método tiene como objetivo que el animal se detenga frente a la cámara (en búsqueda del olor) y así poder obtener una buena fotografía que facilite la identificación (Viscarra et al. 2011; García-Anleu 2012; Moreira Ramírez et al. 2013).

Cuando fue posible, las cámaras se intercalaron, una fue colocada en un sendero hecho por el ser humano y la otra se colocó fuera de senderos (senderos de caza, filas de las montañas y orillas de ríos). Esto se hizo para poder aumentar la probabilidad de detectar tanto a las especies que usan los senderos como los que lo evitan.

Se registraron todas las fotografías del jaguar y sus presas en cada una de las cámaras trampa.

5.3 Análisis estadístico para estimar la probabilidad de detección e identificar los factores del paisaje que influyen en los patrones de detecciones de jaguares

Para responder a los objetivos planteados se estimó la distribución potencial del jaguar utilizando el software Máxima entropía (MAXENT). Este tipo de modelado utiliza datos de presencia (Puntos georreferenciados) y mapa de usos de suelos que describen la variación espacial, para identificar las áreas potenciales donde se incrementa la probabilidad de detección de especies. Estas variables han sido utilizadas en otras investigaciones (Pulido et al. 2015; Schank, C et al. 2015)2015; Schank C et al. 2015) (Figura 5). Este tipo de software se utiliza porque logra una alta precisión predictiva cuando se requiere de un mapa de hábitats adecuado para la especie en cuestión (Philips y Dudik 2018). Todos estos análisis fueron realizados usando el software R 3.6.0 (R Core Team, 2019). Las salidas se presentan como valores de probabilidad, éstas varían entre (0 y 1), donde 0 indica menor probabilidad de presencia y 1 la mayor probabilidad. Además, se realizó una reclasificación para representar los resultados, donde se asumieron como las áreas potenciales a partir del valor de probabilidad $P \geq 0,5$, y las áreas con valores menores se asumieron como no aptas, generando una capa binaria de 0 como no aptas y 1 como áreas aptas (Phillips et al. 2006, Elith et al. 2011).

Los factores explicativos o covariables en el modelo de distribución del jaguar se calcularon a partir de mapas de ecosistemas de Nicaragua. Los factores son distancias (en km) entre la cámara trampa a los diferentes usos de suelo (bosques latifoliados, bosques mixtos, bosques de coníferas, charral, sabanas, pastura, mangle, cultivo permanente, cultivo anual, cultivo mixto, ríos, áreas urbanas y caminos (Figura 6).

Con el uso de MAXENT es posible identificar aquellas variables (factores) que mayor poder explicativo obtuvieron en el modelo de ocurrencia. De esta manera se puede determinar cuáles son los factores que influyen en la detección o no de jaguares.

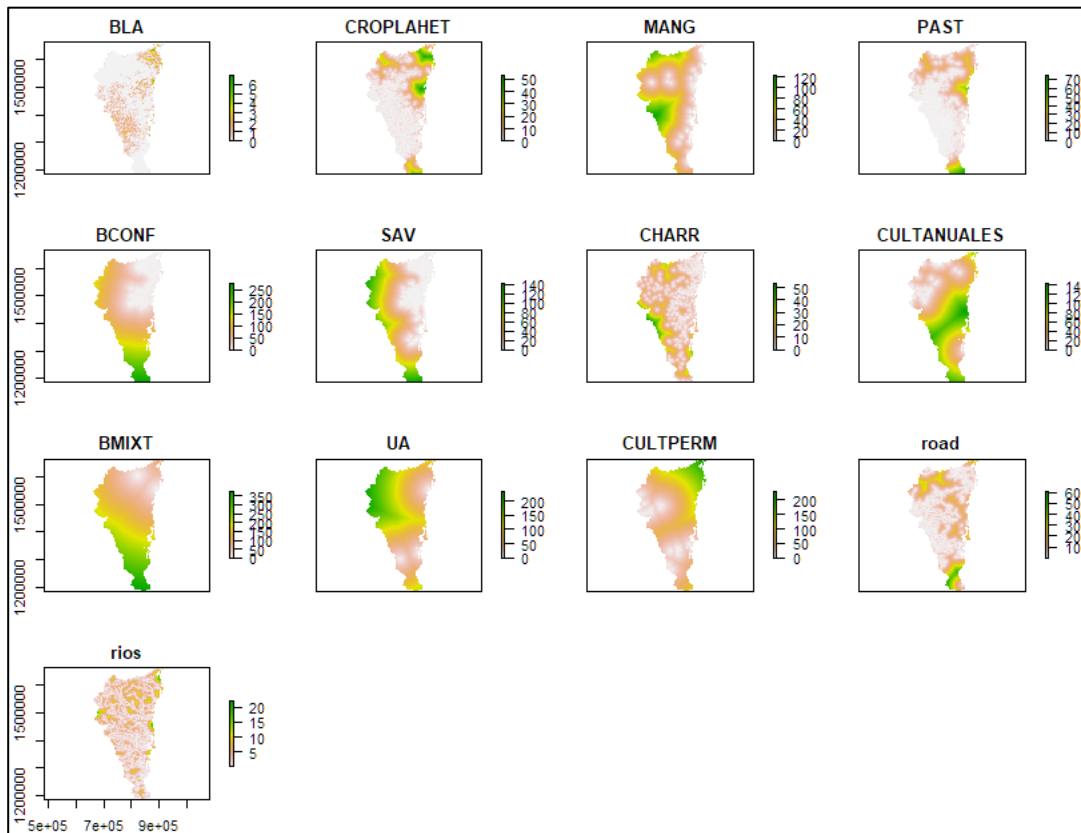


Figura 6 Variables predictoras espacializadas. Todas las variables miden distancia de un pixel central al uso de suelo u otra variable. Las unidades están en km lineales. Color verde significa mayor distancia. A continuación una descripción de cada abreviatura utilizada: Bosques Latifoliados (BLA), Cultivos heterogéneos (CROPLAHET), Mangle (MANG), Pastura (PAST), Bosques de coníferas (BCONF), Sabana (SAV), Charral (CHRR), Cultivos anuales (CULT ANUALES), Bosques mixtos (BMIXT), Área urbana (UA), cultivos permanentes (CULTPERM), Caminos (ROAD) y ríos.

5.4 Identificación de una red de conectividad para los jaguares y sus presas

Para evaluar la conectividad del paisaje para jaguares y sus presas a través de Circuitscape, se establecieron dos nodos focales por conectar que corresponden a los parches de bosques la Reserva de Biosfera Bosawas al norte del área de estudio y la Reserva Biológica de Indio Maíz-Tortuguero. Esto se realizó con un mapa en formato ráster con las áreas por conectar y la superficie de costo utilizada para la modelación, pues se obtuvo otorgándole valores de conductancia (0-100) basada en la capa de probabilidad estimada con MAXENT. Los valores

se otorgaron a partir del muestreo de campo de jaguares y presas obtenidos en los diferentes usos de suelos del área de estudio. La probabilidad de detección varía entre 0 y 1, de manera que sus valores se traducen directamente a valores de conductancia (0-100). Tanto los nodos focales por conectar como la superficie de costo correspondieron a dos capas en formato tipo ráster. Con esta información finalmente se obtuvo un modelo de conectividad expresado en valores de corriente acumulada que indica el grado en el que el paisaje facilita o impide el movimiento de las especies seleccionadas (McRae et al. 2008).

VI. RESULTADOS

6.1 Estimación de la probabilidad de detección de jaguares para evaluar un área propuesta como unidad de conservación

De un total de 157 puntos de muestreos se encontró un total de 37 capturas de jaguares en cámaras trampa de las cuales 27 capturas fueron obtenidas en los territorios indígenas Awaltara, Prinzu Awala y Prinzu Auhya Un y diez en el territorio Indio Maíz (Figura 7). El bosque latifoliado tiene 28 capturas, y es el uso con mayor número de fotos de la especie, seguido de bosques mixtos con seis, y charral, bosque de conífera y sabana cada uno con uno.

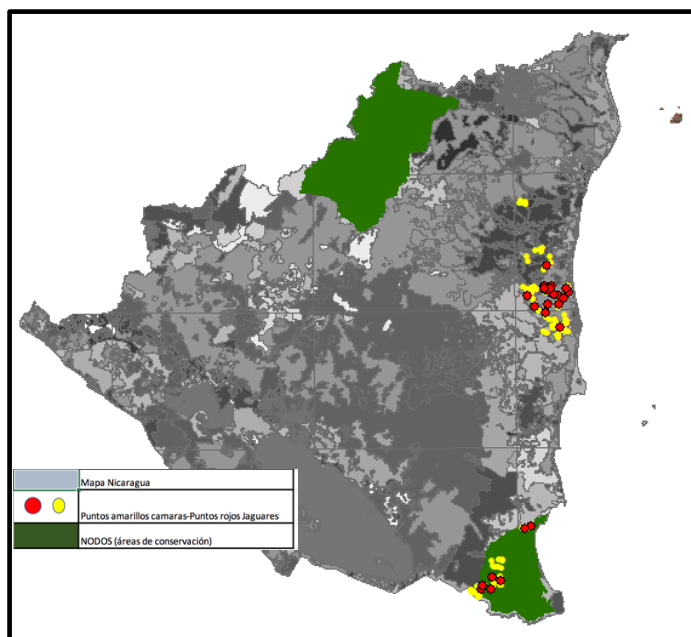


Figura 7 Áreas protegidas (verde) utilizadas como nodos y puntos de las estaciones. Los puntos de muestreo en amarillo representan donde no se detectó jaguar y los puntos rojos donde se encontró presencia de jaguares en las dos áreas muestreadas con cámaras trampa.



Figura 8 Dos jaguares encontrados en los territorios indígenas Awaltara Prinzu Awala y Prinzu Auhya Un.

6.1.1 Identificar los factores del paisaje que influyen en los patrones de detecciones

Dentro de las variables evaluadas como importantes en función del jaguar, la variable de mayor poder predictivo fueron cultivos anuales y distancia a caminos (Figura 9). Por otro lado, las variables de menor peso predictivo fueron los bosques mixtos, áreas urbanas y bosques latifoliados.

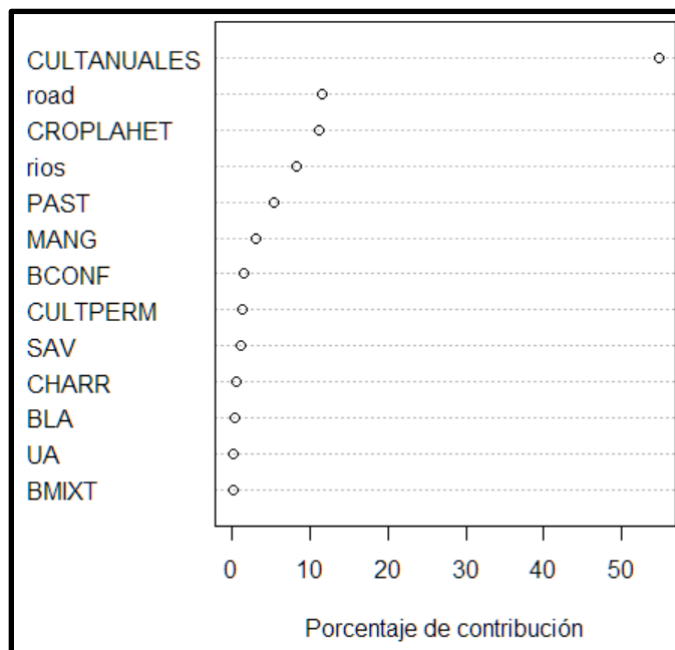


Figura 9 Importancia relativa de las variables predictoras en la probabilidad de detección.

El modelo se ajustó a los datos de entrenamiento utilizados, evaluando la capacidad discriminatoria y desempeño por lo que se consideró el área bajo la curva (AUC), presentando un AUC= 0,979 y una tasa de omisión de 0,04, indicando que el error de omisión fue mínimo, lo que se asume como un buen ajuste del modelo (

Figura 10). Cabe señalar que el AUC no explica propiamente el rendimiento y efectividad del modelo porque no se utilizaron datos para la evaluación. El modelo predice una extensión de hábitat potencial para el jaguar.

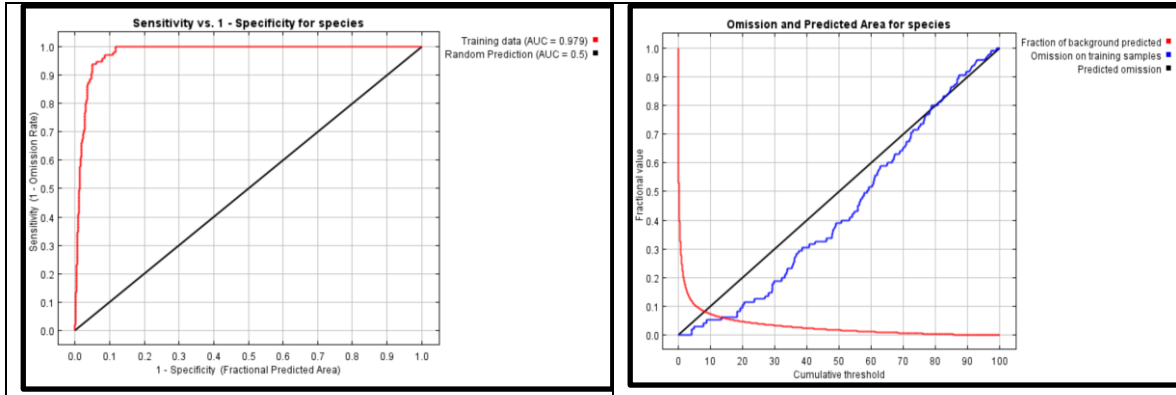


Figura 10 Gráficos diagnósticos del modelo de máxima entropía (MAXENT). a) curva roc, b) curva tasa de omisión.

Efectivamente, las áreas ambientalmente adecuadas se presentaron principalmente hacia la zona central de los territorios indígenas Awaltara Prinzu Awala y Prinzu Auhya Un (Figura 11), donde se encuentran la mayoría de puntos de ocurrencia del jaguar utilizados para generar el modelo.

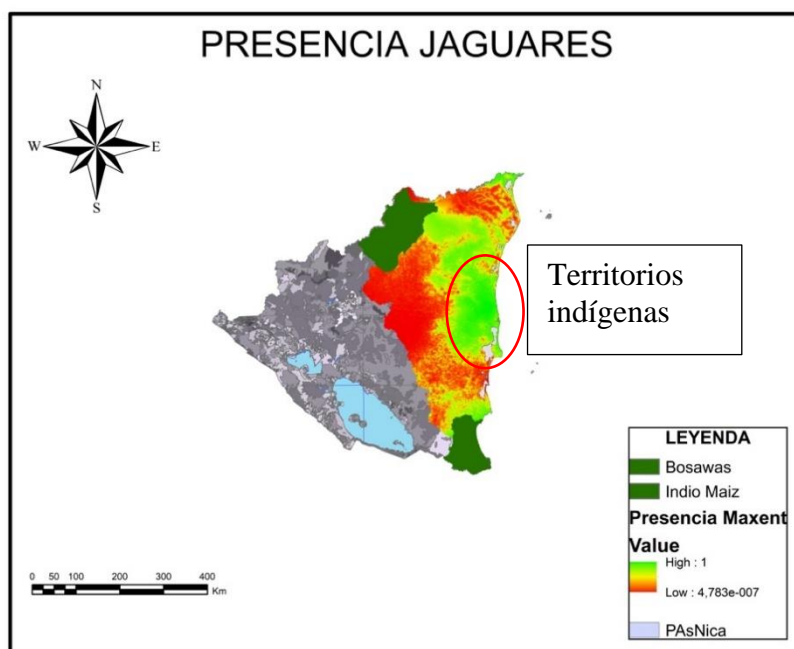


Figura 11 Área potencial de distribución del jaguar según Maxent.

6.2 Modelo de la conectividad del jaguar y sus presas

Como resultado del modelo se tiene un mapa con todas las posibles rutas de conectividad entre los dos nodos por conectarse. Para ello se calcularon las distancias más funcionales entre los dos nodos y a la vez todos los flujos en todas las posibles rutas de conexión, destacando las áreas que obtuvieron valores más altos de conectividad. Se simbolizó por los colores rojo, amarillo y verde. Los usos preponderantes bajo el color verde son el bosque latifoliado, bosque mixto, bosque de conífera, mangle, charral y sabana (Figura 12). Sin embargo, estos usos se encontraron rodeados por áreas de baja conectividad en tonos amarillo a rojo representadas por cultivos anuales, perennes, mixtos, áreas urbanas y pasturas.

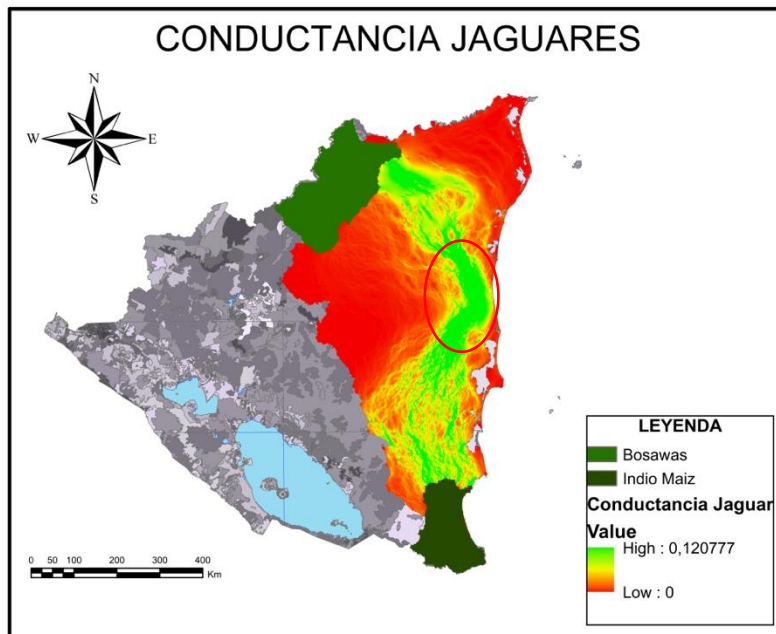


Figura 12 Identificación de áreas con mayor convergencia de movimiento.

Los resultados de MAXENT y Circuitscape indican que el área adecuada para el jaguar se encuentra concentrada en las áreas más cercanas a la costa Caribe pero alejadas de las principales áreas urbanas y ciudades; es decir, fue bien acertado el área de muestreo para la obtención de la información.

VII. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio reconocen a las regiones autónomas de y las comunidades indígenas (Awaltara, Prinzu Awala y Prinzu Auhya Un) como un área con alta probabilidad de presencia y con potenciales condiciones favorables para el jaguar. Sin embargo, existen suficientes evidencias de que los jaguares también están usando hábitats fuera de las áreas protegidas (Zeller et al. 2011).

Las selvas tropicales de la costa Caribe de Nicaragua posiblemente sean un hábitat idóneo para jaguares en el país. Sin embargo, es una de las áreas más deforestadas en Centroamérica (Petracca et al. 2017). Esta deforestación es el resultado de la invasión actual en las áreas boscosas de los territorios indígenas y afrodescendientes del Caribe para el establecimiento de la agricultura y ganadería, y por ende la disminución de presas causada por la cacería.

Los territorios indígenas Awaltara, Prinzu Awala y Prinzu Auhya Un son áreas con poca densidad poblacional, pocos caminos de acceso cuyo ingreso es por agua. Es posible que esto permita que los usos de suelos como charral, sabanas y mangles los cuales rodean áreas de bosques latifoliados, bosques mixtos y bosques de pinos, alberguen especies que están en movimiento hacia las diferentes áreas dentro del corredor del jaguar donde la reproducción es más segura. Hay suficiente evidencia de que los jaguares pueden usar hábitats fuera de áreas protegidas (Foster et al., 2010, Zeller et al. 2011), tales como sabanas, (Crawshaw and Quigley 1991; Azevedo y Murray 2007; Morato et al. 2016; McBride and Thompson 2018), charrales y mangles.

Para el jaguar se evidenció un paisaje con altos valores de conectividad lo que permitió la identificación de rutas que conectan los dos nodos focales. Estas rutas coinciden con la ubicación del corredor biológico (2002), el corredor del jaguar establecido por Panthera (2014) y el área de cobertura determinada por Global Forest Watch (2019), los cuales pasan por los territorios indígenas de Awaltara, Prinzu Awala y Prinzu Auhya Un.

Según Jordan et al. (2019), los bosques, los mangles y sabanas aún se mantienen conservados, y esto se halla asociado a la presencia de los pueblos indígenas Ulwas, Miskitus y Ramas. Sin embargo, carecen de una legislación ambiental que proteja la reducción de estos bosques. Por lo tanto; es necesario garantizar la conservación a largo plazo de estos territorios indígenas evitando así la pérdida de áreas de importancia para la vida silvestre; además de las áreas vulnerables que se encuentran en el corredor y que son importantes para la conectividad en pro de estas áreas. Un ejemplo de pérdida es la reserva natural Wawashang que ha sido degradada en los últimos diez años (Petracca et al. 2014; Petracca et al. 2017 Jordan et al. 2019).

Es preocupante saber que las áreas protegidas han experimentado drásticas transformaciones; de bosque a cultivos anuales mixtos, áreas urbanas o pastura. Por lo

tanto, es incierto saber hasta qué punto el paisaje podrá mantener áreas que faciliten el movimiento (corredores) del jaguar y sus presas. En los resultados obtenidos puede verse que a lo largo del corredor hay dos cuellos de botellas bien marcados: el primero ubicado entre la Reserva Biosfera de Bosawas y los territorios indígenas (Awaltara, Prinzu Awala y Prinzu Auhya Un), y el segundo está ubicado en la parte norte de la Reserva Biológica Indio Maíz. Este resultado muestra disminución drástica de bosques y usos de suelos donde la especie puede verse limitada a moverse entre estas dos masas boscosas.

El alto grado de incertidumbre en el conocimiento de la capacidad de adaptación de los jaguares en paisajes dominados por una matriz agrícola, sin parches de bosques suficientemente grandes para su manutención, hace recurrir al principio precautorio. Por lo tanto, intervenciones oportunas para evaluar, proteger y restaurar la matriz agrícola y ganadera en pro de la conectividad es prioritario para apoyar las poblaciones viables de jaguares; además, mejorar la convivencia del hombre y el jaguar. Se considera sumamente importante proponer programas de restauración, agricultura, ganadería y manejo de paisaje con el objetivo de garantizar la conectividad a largo plazo para los jaguares en Nicaragua.

VIII. **CONCLUSIONES**

La estimación de probabilidad de detección permitió ver la correlación espacial de los diferentes tipos y usos de hábitat que influyen en las ubicaciones de los jaguares.

Los bosques latifoliados, bosques mixtos, bosques de pinos, mangle, charral y sabana potencialmente permiten la presencia de los jaguares a lo largo de más de 300 km establecidos en el corredor en dirección oeste hacia la zona costera de la costa Caribe de Nicaragua.

El análisis de conectividad de paisaje mostró cuáles son las potenciales rutas de movimiento de los jaguares dentro del área de estudio a través de los diferentes tipos de hábitat. Las corrientes de conductancia sugieren que áreas con diferentes usos de suelos como bosques latifoliados, bosques mixtos, bosques pinos, charral, mangle y sabanas permiten un hábitat adecuado.

Analizar el movimiento y proteger el hábitat que utilizan los jaguares es esencial para desarrollar e implementar planes de conservación efectivos para garantizar su conservación a largo plazo.

IX. RECOMENDACIONES

La importancia de proteger los diferentes usos de hábitat para los jaguares en los territorios indígenas puede ayudar a establecer áreas de descanso, reproducción y estabilidad en las poblaciones que se encuentran en el area de estudio; sin embargo se recomienda: Los resultados sugieren que un área de conservación con un manejo adecuado puede experimentar un aumento en la probabilidad de uso de hábitat de especies amenazadas.

Se recomienda:

- La implementación de un "Plan de Conservación" para jaguares ya que resulta fundamental para mantener una población de jaguares saludable en pro de Nicaragua.
- Generar mayor información (ejemplo estudio de densidad, abundancia de presas, evaluar las amenazas) en los territorios indígenas para poder declararla como una Unidad de Conservación del Jaguar.
- Promover el manejo conjunto y participativo del área de los territorios indígenas Awaltara, Prinzu Awala y Prinzu Auhya Un.
- Establecer una protección efectiva dentro de los territorios Awaltara y Prinzu Awala y Prinzu Auhya Un, con énfasis en las áreas donde se presentó la mayor presencia de jaguares en el estudio.
- Proponer programas de restauración y manejo de paisaje así como agricultura sostenible, convivencia felino ganado, todas estas iniciativas con el objetivo de garantizar la conectividad a largo plazo para los jaguares en Nicaragua.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arispe, R; Venegas, C; Rumiz, D. 2008. Abundancia y patrones de actividad del mapache (*Procyon cancrivorus*) en un bosque chiquitano de Bolivia Mastozoología neotropical 15(2):323-333.
- Azevedo FCC, Murray LD (2007) Spatial organization and food habits of jaguars (*Panthera onca*) in an ood plain forest. *Biol Conserv* 137:391–402
- BBC.com. 2016. Hurricane OTTO threatens Costa Rica and Nicaragua: Consultado Revisado en línea 03 Diciembre 2017.
- CBM 2002. El Corredor Biológico Mesoamericano, una plataforma para el desarrollo sostenible regional. Serie técnica.
- Ceballos, G; Chávez, C; Rivera, A; Manterola, C; Wall, B. 2002. Tamaño poblacional y conservación del jaguar en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México, El jaguar en el nuevo milenio:403-417.
- Costanza, R; Pérez-Maqueo, O; Martinez, ML; Sutton, P; Anderson, SJ; Mulder, K. 2008. The value of coastal wetlands for hurricane protection *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 37(4):241-248.
- Crawshaw, P; Quigley, H. 1991. Jaguar spacing, activity and habitat use in a seasonally flooded environment in Brazil *Journal of Zoology* 223(3):357-370.
- Crawshaw, PG; Quigley, HB. 2002. Hábitos alimentarios del jaguar y el puma en el Pantanal, Brasil, con implicaciones para su manejo y conservación. *El jaguar en el nuevo milenio* (January 2002):223-235.
- Díaz -Santos, F, F.G. Díaz-Santos, L. Maffei y J. Polisar. 2009. Potencial de conservación de las poblaciones de jaguares y sus presas en el Sureste de la reserva Indio Maíz, Río San Juan, Nicaragua. Informe para Wildlife Conservation Society:19p.
- Díaz Santos, F. 2010. Densidad de jaguares en los Territorios Indigenas Mayangna Sauni Bu y Kipla Sait Taskaika en la Reserva de Biosfera de Bosawas, Atlantico Norte de Nicaragua. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, Managua (Nicaragua).
- Díaz Santos, F, G. García. A. Amador, L. Mullenso y L.Maffei. 2007. Estudio de densidad de jaguares en la parte alta del Río Lakus, Bosawas, Atlántico Norte de Nicaragua, Informe para Wildlife Conservation Society:7p.

- Elith, J., S. J. Phillips, H. Trevor, M. Dudik, Y. E. Chee y C. J. Yates. 2011. A statistical explanation of Maxent for ecologists. *Diversity and Distributions* 17: 43-57.
- Eizirik, E; Bonatto, SL; Johnson, WE; Crawshaw Jr, PG; Vié, JC; Brousset, DM; O'brien, SJ; Salzano, FM. 1998. Phylogeographic patterns and evolution of the mitochondrial DNA control region in two Neotropical cats (Mammalia, Felidae) *Journal of Molecular Evolution* 47(5):613-624.
- Eizirik, E; Kim, JH; Menotti-Raymond, M; Crawshaw, J; Peter, G; O'Brien, SJ; Johnson, WE. 2001. Phylogeography, population history and conservation genetics of jaguars (*Panthera onca*, Mammalia, Felidae) *Molecular Ecology* 10(1):65-79.
- Emmons, LH. 1987. Comparative feeding ecology of felids in a neotropical rainforest *Behavioral ecology and sociobiology* 20(4):271-283.
- Emmons, LH; Feer, F. 1997. Neotropical rainforest mammals A field guide 2:
- Figel J. J., Castañeda, Calderón A.P., de la Torre J. A., García-Padilla E. & Noss F. R. 2018. Threatened amphibians sheltered under the big cat's umbrella: a conservation evaluation of jaguars *Panthera onca* (Carnivora: Felidae) and endemic herpetofauna in Nuclear Central America. *International Journal of Tropical Biology and Conservation*. Vol. 66 (4).
- García-Anleu, R. 2012. Desempeño del perfume Obsession® (FELIDAE: CARNIVORA) con cámaras automáticas en la Reserva de la Biosfera Maya. Tesis Tesis de Maestría. Escuela de Estudios de Posgrado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- GTA. 2010. Gobierno Territorial Awaltara
- GTRK, 2018. Gobierno territorial Rama y Kriol. Plan de acción
- Holdridge, L. R. 1967. «Life Zone Ecology». Tropical Science Center. San José, Costa Rica. (Traducción del inglés por Humberto Jiménez Saa: «Ecología Basada en Zonas de Vida», 1a. ed. San José, Costa Rica: IICA, 1982).
- Hoogesteijn, R; Hoogesteijn, A. 2005. Manual sobre problemas de depredación causados por grandes felinos en hatos ganaderos. Programa de Extensión para Ganaderos. Programa de Conservación del Jaguar Wildlife Conservation Society, Campo Grande, Brazil:
- Isasi Catalá, E. 2011. Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de la conservación *Interciencia* 36(1)g

Jędrzejewski, W; Robinson, HS; Abarca, M; Zeller, KA; Velasquez, G; Paemelaere, EAD; Goldberg, JF; Payan, E; Hoogesteijn, R; Boede, EO; Schmidt, K; Lampo, M; Vilorio, ÁL; Carreño, R; Robinson, N; Lukacs, PM; Nowak, JJ; Salom-Pérez, R; Castañeda, F; Boron, V; Quigley, H. 2018. Estimating large carnivore populations at global scale based on spatial predictions of density and distribution - Application to the jaguar (*Panthera onca*). PLoS ONE 13(3):2004-2016. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194719>.

Jordan CA. The dynamics of wildlife and environmental knowledge in a bioculturally diverse coupled natural and human system in the Caribbean region of Nicaragua [dissertation]. East Lansing (MI): Michigan State University; 2015.

Jordan C.A., Hoover B., Dans A.J., Schank C., Miller J.A. (2019) The Impact of Hurricane Otto on Baird's Tapir Movement in Nicaragua's Indio Maíz Biological Reserve. In: Reyna-Hurtado R., Chapman C. (eds) Movement Ecology of Neotropical Forest Mammals. Springer, Cham

Luna, G. 2013. Los bosques de la RAAS veinte años después del huracán Joan Wani. Revista del Caribe Nicaragüense(58):47-51.

MacKay, P; Zielinski, WJ; Long, RA; Ray, JC. 2008. Noninvasive research and carnivore conservation Noninvasive survey methods for carnivores:1-7.

Maffei, L; Cuellar, E; Noss, A. 2002. Uso de trampas-cámaras para la evaluación de mamíferos en el ecotono Chaco-Chiquitanía. Revista boliviana de ecología y conservación ambiental 11:55-65.

MARENA. 2002. Expedición científica a la reserva biológica Indio Maíz: Estableciendo la base científico – técnica para el Plan de Manejo. MARENA :139.

McBride RT, Thompson JJ (2018) Space use and movement of jaguar (*Panthera onca*) in western Paraguay. Mammalia. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2017-0040>

McRae, BH; Dickson, BG; Keitt, TH; Shah, VB. 2008. Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution, and conservation Ecology 89(10):2712-2724.

Moreira Ramírez, J; Garcia, R; McNab, R; Ponce-Santizo, G; Mérida, M; Diaz, K. 2013. Abundancia de jaguares y presas asociadas al fototrampeo en el sector oeste del Parque Nacional Mirador-Río Azul, Reserva de Biosfera Maya. Technical Report, Wildlife Conservation Society, Guatemala Program.

- Morato RG, Stabach JA, Fleming CH, Calabrese JM, De Paula RC, Ferraz KMPM et al (2016) Space use and movement of a neotropical top predator: the endangered jaguar. *PLoS One* 11:1–17
- Noss, RF. 1991. Landscape connectivity: different functions at different scales Landscape linkages and biodiversity. Island Press, Washington, DC, USA:27-39.
- Noss, RF; Quigley, HB; Hornocker, MG; Merrill, T; Paquet, PC. 1996. Conservation biology and carnivore conservation in the Rocky Mountains *Conservation Biology* 10(4):949-963.
- Novack, AJ; Main, MB; Sunkist, ME; Labisky, RF. 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(2):167-178.
- O'Brien, TG. 2011. Abundance, density and relative abundance: a conceptual framework. Springer. 71-96 p.
- O'Connell, AF; Nichols, JD; Karanth, KU. 2010. Camera traps in animal ecology: methods and analyses. Springer Science & Business Media.
- Olsoy, PJ; Zeller, KA; Hicke, JA; Quigley, HB; Rabinowitz, AR; Thornton, DH. 2016. Quantifying the effects of deforestation and fragmentation on a range-wide conservation plan for jaguars *Biological Conservation* 203:8-16.
- Petracca, LS; Hernández-Potosme, S; Obando-Sampson, L; Salom-Pérez, R; Quigley, H; Robinson, HS. 2014. Agricultural encroachment and lack of enforcement threaten connectivity of range-wide jaguar (*Panthera onca*) corridor *Journal for Nature Conservation* 22(5):436-444. Reimpreso de: Author Affiliation: Panthera, 8 West 40th Street, 18th Floor, New York, NY 10018, USA.
Author Email: lpetracca@panthera.org doi 10.1016/j.jnc.2014.04.002
- Petracca, LS; Frair, JL; Cohen, JB; Calderón, AP; Carazo-Salazar, J; Castañeda, F; Corrales-Gutiérrez, D; Foster, RJ; Harmsen, B; Hernández-Potosme, S. 2017. Robust inference on large-scale species habitat use with interview data: the status of jaguars outside protected areas in Central America *Journal of Applied Ecology*:
- Phillips. S. J., R. P. Anderson y E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231–259.
- Phillips, S. J. y M. Dudik. 2008. Modeling of species distributions with MaxEnt: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161–175.

- Polisar, J; Maxit, I; Scognamillo, D; Farrell, L; Sunquist, ME; Eisenberg, JF. 2003. Jaguars, pumas, their prey base, and cattle ranching: ecological interpretations of a management problem *Biological conservation* 109(2):297-310.
- Polisar, J. 2006. *Jaguars, presas y gente en Territorios Indígenas Mayangna Sauni Bu, Reserva Biosfera BOSAWAS* The Nature Conservancy, United States Agency for International Development, Managua, Nicaragua:
- Polisar, J; O'Brien, TG; Matthews, SM; Beckmann, JP; Sanderson, EW; Rosas-Rosas, OC; López-González, CA; Brien, T. 2014. Review of Jaguar Survey and Monitoring Techniques and Methodologies Wildlife Conservation Society final report to the US Fish and Wildlife Service in response to Solicitation F13PX01563, submitted March 27(2014):110.
- Portillo-Reyes H. y J., Hernández. 2011. Densidad del jaguar (*Panthera onca*) en Honduras: primer estudio con trampas-cámara en La Mosquitia hondureña. *Revista Latinoamericana de Conservación*, 2:45-50.
- Quigley HB, Crawshaw PG Jr (1992) A conservation plan for the jaguar *Panthera onca* in the Pantanal region of Brazil. *Biol Conserv* 61: 149–157
- Quigley, H., Foster, R., Petracca, L., Payan, E., Salom, R., Harmsen, B., 2017. *Panthera onca*. In: *The IUCN Red List of Threatened Species 2017*, (e.T 15953A50658693).
- R Core Team. 2019 R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en: [http:// www.R-project.org/](http://www.R-project.org/).
- Rabinowitz & Nottingham, 1986. Ecology and behaviour of the Jaguar (*Panthera onca*) in Belize, Central America *Journal of Zoology* 210(1):149-159.
- Rabinowitz, A; Zeller, KA. 2010. A range-wide model of landscape connectivity and conservation for the jaguar, *Panthera onca* *Biological conservation* 143(4):939-945.
- Rabinowitz A, Zeller K. A range-wide model of landscape connectivity and conservation for the jaguar, *Panthera onca*. *Biol Conserv.* 2010; 143:939–945.
- Ríos, D. 2016. Ganadería extensiva e ilegal destruye Reserva Indio Maíz, Nicaragua (es.Mongabay.com). (Ganadería en Centroamérica): Consultado Revisado en línea 01 de Diciembre 2017
- Roberge, JM; Angelstam, P. 2004. Usefulness of the umbrella species concept as a conservation tool *Conservation Biology* 18(1):76-85.

- Ruiz, J. 2001. Recuperación inicial de un bosque incendiado y previamente afectado por el huracán Juana en Nicaragua. *Encuentro*(58):66-75.
- Ruíz-García, M; Payán, E; Murillo, A; Alvarez, D. 2006. DNA microsatellite characterization of the jaguar (*Panthera onca*) in Colombia *Genes & genetic systems* 81(2):115-127.
- Salom-Pérez, R; Polisar, J; Quigley, H; Zeller, K. 2010. Iniciativa del Corredor del Jaguar: un corredor biológico y un compromiso a largo plazo para la conservación. *Jaguar Corridor initiative: a biological corridor and a long-term commitment to conservation Mesoamericana*. 14(3):25-34.
- Sanderson EW, Redford KH, Chetkiewicz CB, Medellin RA, Rabinowitz AR, Robinson JG et al (2002) Planning to save a species: the jaguar as a model. *Conserv Biol* 16:58–72
- Sanderson, J. 2005. Tropical Ecology Assessment and Monitoring (TEAM) Initiative: Camera photo trapping monitoring protocol Conservation International. Washington, US:
- Schank, Cody Mendoza, Eduardo Vettorazzi, MJG; Cove, M V; Jordan, CA; Farrill, O; Meyer, N; Lizcano, DJ; Estrada, N; Poot, C; Leonardo, R. 2015. Integrating current range-wide occurrence data with species distribution models to map the Potential distribution of Baird ' s Tapir. *IUCN/SSCTapir Specialist Group* 24(33):15-30. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.23417>.
- Seymour, KL. 1989. *Panthera onca* *Mammalian species*(340):1-9.
- Sunquist, M; Sunquist, F. 2017. *Wild cats of the world*. University of Chicago press.
- Swank, WG; Teer, JG. 1989. Status of the jaguar—1987 *Oryx* 23(1):14-21.
- Taylor, PD; Fahrig, L; Henein, K; Merriam, G. 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure *Oikos*:571-573.
- Thompson, JJ; Velilla, M. 2017. Modeling the effects of deforestation on the connectivity of jaguar *Panthera onca* populations at the southern extent of the species' range *Endangered Species Research* 34:109-121.
- Thornton, D; Zeller, K; Rondinini, C; Boitani, L; Crooks, K; Burdett, C; Rabinowitz, A; Quigley, H. 2016. Assessing the umbrella value of a range-wide conservation network for jaguars (*Panthera onca*) *Ecological Applications* 26(4):1112-1124.
- Tibshirani, R. [1996] *Bias, Variance, and Prediction Error for Classification Rules*, Technical Report, Statistics Department, University of Toronto.

- Turner, MG; Dale, VH; Everham, EH. 1997. Fires, hurricanes and volcanoes: comparing large disturbances *BioScience* 47(11):758-768.
- Vandermeer, JH; Boucher, DH; de la Cerda, IG; Perfecto, I. 2001. Growth and development of the thinning canopy in a post-hurricane tropical rain forest in Nicaragua *Forest Ecology and Management* 148(1):221-242.
- Viscarra, M; Ayala, G; Wallace, R; Nallar, R. 2011. The use of commercial perfumes for studying jaguars *Cat News* 54:30-1.
- Williamson, M. 2016. Pueblos originarios y afrodescendientes de Nicaragua. *Etnografía, Ecosistemas Naturales y Areas Protegidas*.
- Wultsch, C; Caragiulo, A; Dias-Freedman, I; Quigley, H; Rabinowitz, S; Amato, G. 2016. Genetic diversity and population structure of Mesoamerican jaguars (*Panthera onca*): Implications for conservation and management *PLoS ONE* 11(10):e0162377.
- Zeller, K. 2007. *Jaguars in the new millennium data set update: the state of the jaguar in 2006* Wildlife Conservation Society, New York:77.
- Zeller, KA; Nijhawan, S; Salom-Pérez, R; Potosme, SH; Hines, JE. 2011. Integrating occupancy modeling and interview data for corridor identification: a case study for jaguars in Nicaragua *Biological conservation* 144(2):892-901. Reimpreso de: Author Affiliation: Panthera, 8 West 40th Street, New York, NY 10018, USA. Author Email: kzeller@panthera.org doi 10.1016/j.biocon.2010.12.003.

XI. ANEXOS

11.1 Probabilidad de ocurrencia en cada uno de los usos de suelos

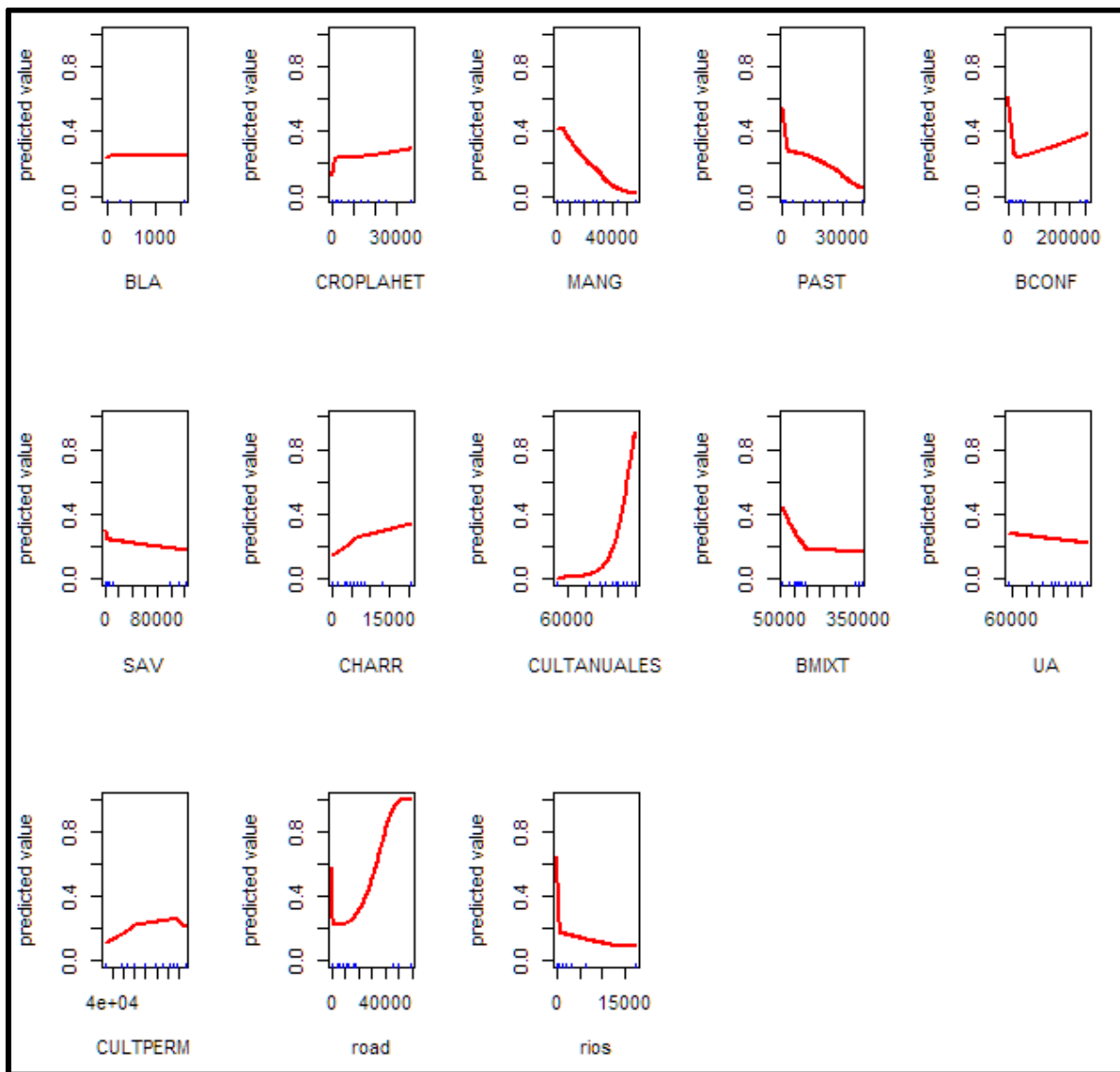


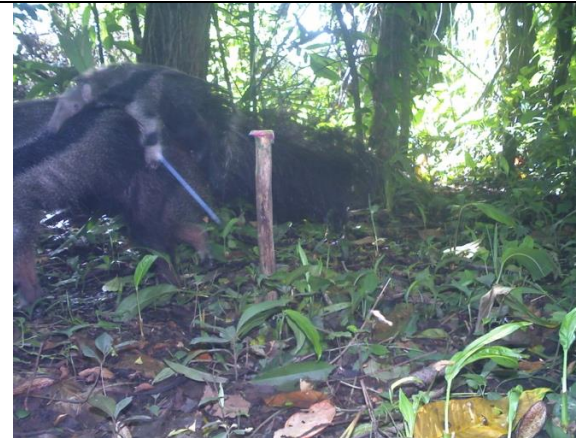
Figura 11. Curvas de respuesta de la probabilidad de ocurrencia del Jaguar en función de las variables predictoras

11.2 Jaguares encontrados en el área de estudio



Figura 1. Jaguar encontrado en el territorio Awaltara

11.3 Otras especies de gran importancia encontradas en el área de estudio



Myrmecophaga tridactyla con cría



Pecari tajacu



Puma Concolor



Tapirus bairdii



Odocoileus virginianus



Cuniculus paca



Leopardus pardalis



Lontra longicaudis