

DENSIDAD Y TAMAÑO DE LA POBLACIÓN DE JAGUAR EN EL NORESTE DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

JUAN CARLOS FALLER, CUAUHTEMOC CHÁVEZ,
STACEY JOHNSON Y GERARDO CEBALLOS

Resumen

El norte de la Península de Yucatán es una de las áreas prioritarias en México para la evaluación de la situación actual del jaguar. Las únicas investigaciones sobre la ecología y la conservación del jaguar en la península se han realizado 400 km al sur de esta provincia biótica, en las selvas más húmedas de Campeche y Belice. Del 2004 al 2006 se llevó a cabo un estudio con trampas-cámara en los humedales costeros de Ría Lagartos, en extremo nororiental de la Península, con objeto de evaluar la situación actual, densidad y tamaño poblacional. Las densidades obtenidas fluctuaron entre tres y seis jaguares por cada 100 km². Se documentó en la región existen cerca de 4 000 km² de hábitat potencial para el jaguar. La población probable varía entre 120 y 240 jaguares. Es decir, la región mantiene una de las poblaciones más importantes del jaguar en México, por lo que es prioritaria para la conservación de la especie. Sin embargo, la región afronta actualmente serios problemas de conectividad con las otras porciones de las selvas mayas del sur principalmente debido a la infraestructura carretera. Las selvas hacia el oriente son ya prácticamente inexistentes por el avance de las fronteras agrícola y ganadera. Se requiere de una estrategia sólida de conservación para mantener al jaguar en la región a largo plazo.

Palabras clave: humedales costeros, jaguar, densidad de población, Península de Yucatán, Ría Lagartos, Yum Balam.

Abstract

The northern region of the Yucatan Peninsula is a priority area in Mexico for the evaluation of jaguar's conservation status. The only studies on the ecology and conservation of jaguar in the peninsula have been carried out 400 km south, in Campeche and Belize. This study was carried out with camera-traps in the coastal wetlands and tropical dry forest of Ría Lagartos, in the northeastern part of the peninsula from 2004 to 2006. Population densities varied from 3.2 to 6.18 jaguars per 100 km². There are around 4 000 km² of jaguar habitat in the region. So, the jaguar population size probably varies from 133 to 266. Indeed, this is one of the most important jaguar populations in Mexico, so it should be considered a priority for conservation. The region has, however, severe environmental problems, and its connectivity with other forests to the south is already impacted by highways. The forests to the east are practically gone by the expansion of agriculture and cattle ranching.

Keywords: Coastal wetlands, tropical dry forests, jaguar, Yucatan Peninsula, Ría Lagartos, Yum Balam.

Introducción

La progresiva destrucción del hábitat, la cacería furtiva, las enfermedades y otros factores como la construcción de carreteras han causado la reducción paulatina del área de distribución del jaguar (*Panthera onca*) en México y otros países (Medellín *et al.*, 2002; Swan y Teer, 1989). Las probabilidades de conservación de la especie a largo plazo dependen en gran medida del mantenimiento del mayor número de poblaciones, por un lado, y de que esas poblaciones tengan el mayor número de ejemplares (Carrillo *et al.*, este volumen). En este sentido una estrategia fundamental para la conservación de la especie es la identificación de las áreas prioritarias para su conservación (Ceballos *et al.*, 2006; Sanderson *et al.*, 2002a, b). La conservación de esas áreas debe privilegiarse, incentivando las diferentes formas, que incluyen desde áreas naturales protegidas hasta el pago de servicios ambientales, el mantenimiento del jaguar, su hábitat y sus presas.

La distribución actual del jaguar esta relativamente bien establecida, aunque se desconoce en amplias regiones la situación que guardan sus poblaciones (e.g. Chávez y Ceballos, 2006; Núñez, este volumen). La persistencia del jaguar a nivel local y regional no solo tiene importantes implicaciones ecológicas por el papel que juega en las comunidades naturales, sino también implicaciones sociales dadas su relevancia cultural y sus conflictos con los ganaderos.

Estudios recientes han identificado a regiones prioritarias para la conservación del jaguar en México (Ceballos *et al.*, 2006; Sanderson *et al.*, 2002c). La población más numerosa se encuentra en el sur de la Península de Yucatán, en la región de Calakmul en Campeche y Quintana Roo (Ceballos *et al.*, 2002; Chávez *et al.*, este volumen). Esa población tiene excelentes posibilidades de sobrevivencia a largo plazo, sobretodo si se logran consolidar la serie de reservas biológicas establecidas en la región de Calakmul y mitigar los impactos ambientales regionales como la deforestación y la construcción de carreteras en las siguientes décadas (Conde *et al.*, 2006; Chowdhury, 2007; Vester *et al.*, 2007; Zarza *et al.*, este volumen).

La situación del jaguar en otras regiones de la Península de Yucatán es desconocida, ya que aunque persiste actualmente, se tiene poca información sobre su densidad y el tamaño de sus poblaciones (Navarro-Serment *et al.*, este volumen). El norte de la península aún mantiene extensas áreas de hábitat en buen estado de conservación pero se desconoce la situación actual del jaguar. Por este motivo la región ha sido considerada como una área prioritarias para evaluar la situación actual del jaguar (Ceballos *et al.*, 2006; Sanderson *et al.*, 2002c). Por lo tanto, en este estudio se presenta un análisis sobre la densidad y tamaño de la población del jaguar en la región de Ría Lagartos. El objetivo del estudio fue determinar si existe una población de jaguar en la región y si esta tiene probabilidades de sobrevivencia a largo plazo.

Área de estudio

El área de estudio se encuentra en las porciones este y sureste de la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos (RBRL) y su zona de influencia. La región se localiza en el noroeste de la Península de Yucatán, entre las longitudes 87° 30' y 87° 40' Oeste, y las latitudes 21° 15' y 21° 30' Norte (Figura 1). Aproximadamente 40% de la superficie se encuentra dentro de la RBRL y el resto en su zona de influencia sureste, que incluye la reserva privada “El Zapotal” (23.5 km²) y tierras de ejidos vecinos. La RBRL forma parte de un sistema de humedales que incluye a otras dos reservas costeras, que son el Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam (APFFYB) y la Reserva Estatal Bocas de Dzilam (REBD), juntas contienen aproximadamente 1 400 km² de selvas y humedales (PPY, 2005).

La topografía de la región se caracteriza por relieves planos o casi planos, con ligeras pendientes, formando parte de una plataforma caliza en la cual no existen corrientes de agua superficiales. El agua se filtra formando un manto freático de poca profundidad compuesto por grutas, corrientes subterráneas, cenotes, (cuerpos permanentes de agua dulce) y aguadas, que son cuerpos temporales de agua dulce (INE, 1999). Aunque la zona es considerada como trópico subhúmedo, en realidad forma parte de la franja de transición entre el trópico subhúmedo y el húmedo, por lo que algunos tipos de flora y fauna típicos de ambos ecosistemas pueden encontrarse en la región de estudio (Challenger, 1998). Más de la mitad (68%) del área de estudio se encuentra ocupada por selva mediana subperennifolia mayor de 20 años de edad; la ganadería y la agricultura ocupan

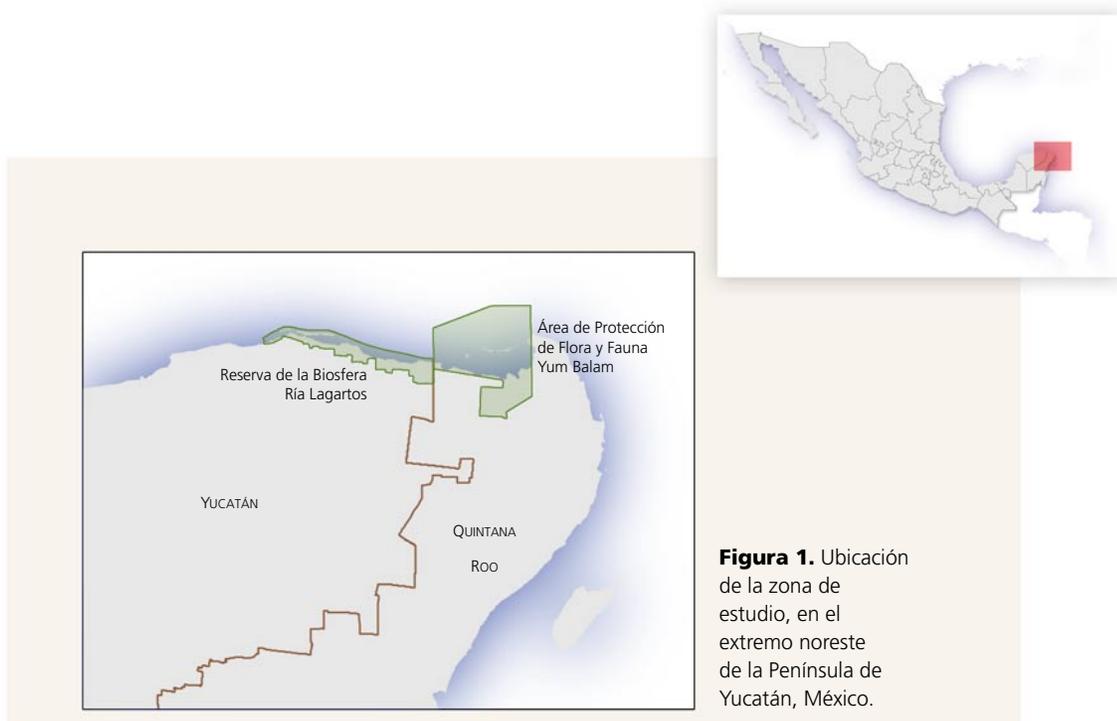


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio, en el extremo noreste de la Península de Yucatán, México.

aproximadamente un 7%, y el resto es una combinación de selva baja inundable (4%), sabanas naturales (4%), vegetación secundaria de menos de 15 años de edad (7%), y parte de un sistema de marismas, manglares y petenes. (García-Contreras y Vera, 2004)

La precipitación promedio varía desde los 700 mm (al norte) hasta los 1100 mm (al sur) (García-Contreras y Vera, 2004). Las lluvias caen en dos estaciones claramente diferenciadas; de junio a noviembre (70% de la lluvia total anual) y de diciembre a mayo (30% restante de lluvia). La temperatura media mensual es de aproximadamente 26°C y la oscilación térmica de 3°C (INE, 1999). Durante los meses de noviembre a agosto los vientos son moderados. Sin embargo, a partir de septiembre-octubre se considera época de huracanes con vientos superiores a los 120 km/hr. De 1957 a 1996, 9 huracanes tropicales pasaron sobre la región, en promedio uno cada 4.3 años (INE, 1999).

Dentro del área de estudio está establecido el poblado de Tesoco Nuevo, con aproximadamente 300 personas, y cinco rancherías donde habitan entre 30 y 40 personas (INEGI, 2000; Urquiza y Ku, 2004). Hasta hace unos cien años todo el noreste de la península estaba prácticamente deshabitado (Reed, 1971), cubierto principalmente por selva mediana subperennifolia en un estado sucesional tardío (PPY, 2005). En la década de 1930 se inició la extracción de madera de modo industrial (F. Faller, com. pers.), y a partir de la década de 1950 la ganadería inició su expansión, teniendo un auge entre 1970 y 1990 (Fraga y Cervera, 2003).

Métodos

Para llevar a cabo la evaluación de la presencia y densidad del jaguar se usaron 18 a 27 estaciones de trampas-cámara por año. El uso de estas trampas se ha convertido en una herramienta importante para el monitoreo de especies terrestres raras y crípticas en las selvas tropicales (Azuara y Medellín, este volumen; Wallace *et al.*, 2003). En el caso del jaguar se han aprovechado los patrones individuales de manchas para obtener estimaciones del tamaño poblacional con modelos de captura/marcación/recaptura (Silver *et al.*, 2004). Las trampas cámara fueron de la marca DeerCam® modelo DC-200; sólo una fue de la marca Camtrakker®. Ambos modelos funcionan con disparadores clasificados como “pasivos” ya que constan de una sola unidad, con sensores que detectan el calor corporal y el movimiento de los animales que pasan frente a la cámara (Lynam, 2002). Las trampas-cámara se ubicaron en un cuadrante de 100 km², utilizando un muestreo aleatorio estratificado, con ciertos criterios de discriminación. Se utilizó una imagen satelital georreferenciada reciente (2003) de 2 metros de resolución, y con el programa Arcview® se cuadrículó la superficie en parcelas de 1 km², que representan aproximadamente el 10% del área de actividad mínima de un jaguar en una temporada, según datos obtenidos en una región relativamente cercana (Ceballos *et al.*, 2002; Lynam, 2002). Las parcelas se agruparon en cuatro grupos de entre 23 y 27 unidades, que se denominaron secciones.

Los criterios para la selección de las parcelas de muestreo de 1 km² debían cumplir los siguientes requisitos. Que la vegetación muy abierta (potreros, sabanas, ó vegetación

en estados sucesionales de menos de 10 años) no ocupara más del 50% de su superficie. Que no existieran caminos transitados regularmente por parte de los pobladores locales, y que no hubiera parcelas cultivadas, ya que el riesgo del robo de las cámaras se incrementa sustancialmente en estas circunstancias. Los sitios tenían que ser accesibles y sus bordes no estar muy alejados (menos de 1.5 km) de los caminos y brechas conocidas o identificables en la imagen de satélite. Todas las parcelas se seleccionaron aleatoriamente.

En la primera fase de la temporada de campo del 2004, que abarcó el periodo de febrero a julio, se escogieron seis parcelas en la sección 1, 2 y 3. En la sección 4 solo se escogieron tres parcelas. Dentro de cada parcela se ubicó una trampa-cámara en cada uno de los cuatro vértices de un cuadrado interior concéntrico, que se denominó como estación de foto-trampeo. El lugar de instalación de cada cámara se seleccionó tomando en cuenta factores como la presencia de huellas, el curso de veredas de animales silvestres, y la ubicación de cuerpos de agua, para maximizar las posibilidades de tomar la fotografía. Se programaron las cámaras para estar activas las 24 horas del día. Cada sección fue utilizada por un lapso de entre cuatro y seis semanas. Debido a fallas en las cámaras, en algunas estaciones de foto-trampeo sólo se colocaron tres cámaras.

La segunda fase de la temporada de campo del 2004 se implementó con el fin de recabar información que pudiera complementar los datos obtenidos en la fase anterior se instalaron 10 cámaras en distintos puntos de la Sección 1, que se encuentra en la reserva privada “El Zapotal”, que no fueron cubiertos en la primera fase, principalmente sobre caminos en los que frecuentemente son halladas huellas y rastros de felinos.

En el 2005 se modificó el diseño para utilizar como patrón de instalación de las trampas-cámara una red hexagonal de 3 km por lado, trazada con Arcview®, sobre la imagen satelital georreferenciada. Se siguió el método sugerido por Sanderson (2003), tomando en cuenta la estimación del área de actividad mínima del jaguar en la península (Ceballos *et al.*, 2002; Lynam, 2002). La red hexagonal fue establecida de tal manera que los vértices y los centros de los polígonos coincidieran lo más posible con sitios con la mayor probabilidad de paso de jaguar. De esta forma se seleccionaron 15 sitios para instalar estaciones de foto-trampeo, cada una de ellas consistente de un par de trampas cámara colocadas frente a frente. Éstas fueron activadas durante la segunda semana de mayo, y se mantuvieron en funcionamiento hasta el mes de julio.

En 2006, debido a las limitaciones impuestas por el paso de dos huracanes la red de estaciones de foto-trampeo, con dos cámaras por estación, se limitó a 8 sitios, con distancias entre estaciones 0.9 a 1.6 km. Estos sitios fueron seleccionados haciendo uso de la información obtenida en las dos temporadas anteriores, con el fin de maximizar las probabilidades de captura. La red de foto-trampeo funcionó entre mayo y julio.

Análisis de datos

Para la interpretación de resultados de la temporada 2004 se definió como “centro efectivo de foto-trampeo” la ubicación del punto central de las parcelas de 1 km² donde se instaló el conjunto de tres o cuatro cámaras de cada estación de foto-trampeo. El esfuerzo

de muestreo fue el número de días de cada estación de foto-trampeo estuvo en operación. Para cada uno de los años muestreados se utilizó como periodo de captura el lapso de 24 horas, independientemente del desfase de uno o dos días entre cada una de las estaciones de muestreo. Para la estimación de densidad de la población, se construyeron las historias de captura-recaptura de jaguares para cada uno de los tres años muestreados (2004, 2005 y 2006). Los datos obtenidos fueron acomodados en matrices de ceros (ausencia) y unos (presencia), donde cada columna corresponde a un día de esfuerzo de captura, y cada renglón corresponde a un individuo de jaguar. Este arreglo de la información se hizo para procesar los datos con el programa CAPTURE y obtener una estimación del tamaño de la población del jaguar (Otis *et al.*, 1978; Rexstad y Burnham, 1991). En el caso del año 2004, sólo se utilizó la información de capturas-recapturas obtenida durante la Fase 1, usando el método seguido por Karanth y Nichols (2002) y Silver *et al.* (2004).

Para estimar el tamaño del área efectiva de muestreo para cada año, se calculó el promedio de las distancias máximas de movimiento (MMDM siglas en inglés) entre cámaras por parte de los individuos de jaguar durante los tres años, y la mitad de esta distancia ($\frac{1}{2}$ MMDM) fue usada como el radio con el cual se trazó un círculo alrededor de cada posición de cámara-trampa (Dice 1988; Wilson y Anderson, 1985). El polígono formado con la sobre posición de estos círculos constituyó el área de muestreo total de la red de trampas cámara. La superficie total de esta área efectiva de muestreo fue calculada utilizando el programa ArcView®, por medio de las herramientas X-Tools y Spatial Analyst. El número de jaguares capturados cada año fue dividido entre la superficie del área efectiva de muestreo para obtener la densidad de jaguares. Este método de valoración ha sido detallado extensivamente en otras publicaciones (Di Bitetti *et al.*, 2006; Karanth, 1995; Karanth y Nichols, 1998; Nelly, 2003; Maffei *et al.*, 2004; 2005; Silver *et al.*, 2004). Las estimaciones de densidad son resultado de una combinación del tamaño poblacional y las áreas efectivas de muestreo estimadas. Nosotros calculamos los errores estándar en las estimaciones de densidad, siguiendo a Nichols y Karanth (2002).

Resultados y discusión

Los resultados indican que existe una población de jaguar relativamente grande en el área de estudio, ya que se obtuvieron 45 fotografías de un total de 8 individuos en los tres años de muestreo (Cuadro 1; Figuras 2, 3). Las distancias máximas de desplazamiento en un mismo año variaron entre 1.0 y 10.2 km, con una media de 4.8 km y una desviación estándar de 1.8 km, para estas distancias máximas de desplazamiento (Figuras 4, 5, 6).

Cuadro 1. Captura de jaguares mediante trampas-cámara en Ría Lagartos, Quintana Roo, entre 2004 y 2006

Individuo	Año 2004	Año 2005	Año 2006	Total
1.-Francisco	8	2	0	10
2.- Joann	1	0	0	1
3.- Jaguar 2	2	0	5	7
4.- Jaguar 3	2	4	0	6
5.- Jaguar 4	1	0	0	1
6.- Jaguar X	1	5	0	6
7.- Jaguar Y	0	0	13	13
8.- Jaguar Z	0	0	1	1
Total	15	11	19	45



Figura 2. Fotografías de ambos costados del Jaguar Francisco (2004).

Figura 3. Fotografías de ambos costados del Jaguar 2 (2004).

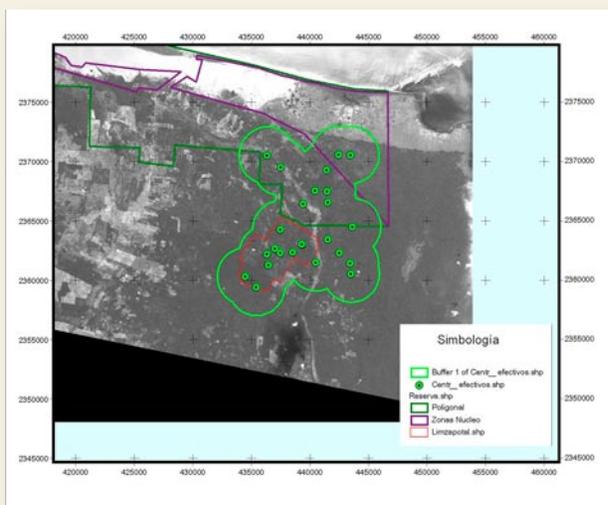


Figura 4. Estaciones y área efectiva de muestreo durante 2004. Las coordenadas están en UTM (Zona 16).

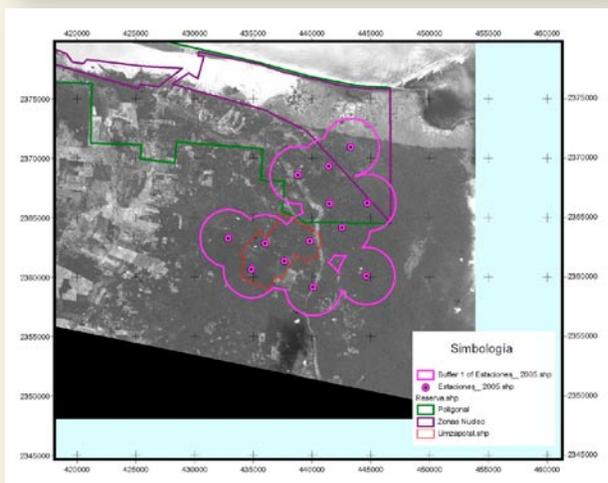


Figura 5. Estaciones y área efectiva de muestreo durante 2005. Las coordenadas están en UTM (Zona 16).

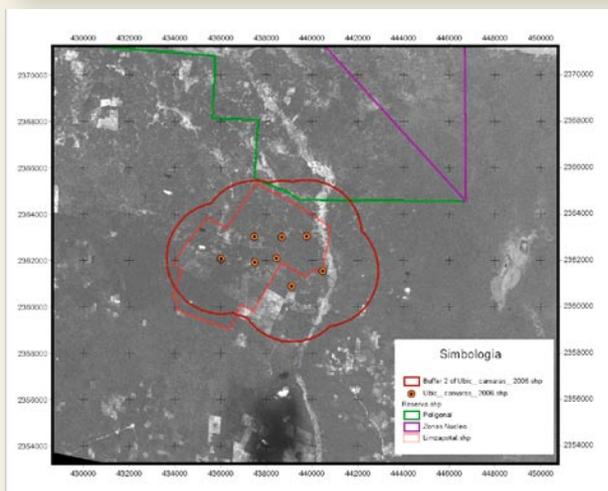


Figura 6. Estaciones y área efectiva de muestreo durante 2006. Las coordenadas están en UTM (Zona 16).

Los modelos M (o) y M (h) del programa fueron CAPTURE los más adecuados para evaluar la densidad del jaguar en el sitio de estudio, ya que fueron los modelos que presentaron un mejor ajuste. Para los años 2004 y 2006 se utilizó el modelo con probabilidad de captura variable y para los datos de 2006 se usó el modelo M (o), como una estimación más conservadora, ya que existían grandes inconsistencias en las corridas realizadas con el modelo M (h) (Cuadro 2).

Las densidades estimadas fueron muy variables, ya que oscilaron entre 1.82 y 6.18 individuos por 100 km². La variación en la densidad se debe probablemente a factores relacionados con el muestreo y factores naturales. Entre 2004 y 2005 hubo poca variación en el área efectiva de muestreo, pero hubo una diferencia notable en el esfuerzo del muestreo (Cuadro 2). Entre 2005 y 2006 hubo poca variación en el esfuerzo del muestreo en tiempo, pero una diferencia notable en el área efectiva de muestreo. La densidad obtenida en 2006, 1.82 ind/100 km², es probablemente resultado del efecto del área efectiva de muestreo, la cual fue muy reducida (L. Maffei, com. pers.), por lo que el modelo no ajustó a una población cerrada. También es importante considerar el hecho de que en octubre de 2005, hubo un huracán de magnitud 5, que dañó severamente la vegetación e inundó durante varios meses la región, lo que pudo propiciar un reacomodo general de los territorios de los jaguares hacia la periferia de la zona más afectada, en donde se encuentra el área de estudio. Tomando en cuenta las consideraciones anteriores es importante enfatizar que las estimaciones de la densidad de población estimadas fueron similares a las obtenidas para la región de Calakmul, al sur de la península (Ceballos *et al.*, 2002; Chávez *et al.*, este volumen).

Cuadro 2. Resultados del foto-trampeo de jaguar en Ría Lagartos, Quintana Roo entre 2004 y 2006

	2004	2005	2006
Esfuerzo de muestreo	34 días	89 días	97 días
Prueba población cerrada	Z=-0.357 P=0.36	Z=-2.569 P=0.0051*	Z=0.46 P=0.68
Modelo	M(h)	M(h)	M(o)
Probabilidad de captura estimada	0.083	0.038	0.055
Población estimada con CAPTURE	6±0.63	3±0.28	3±0.16
Área de muestreo estimada (km ²)	183	165	48.5
Densidad estimada (individuos/100 km ²)	3.28±0.34	1.82±0.17	6.18±0.33

* No se comportó como población cerrada

M(h)= modelo de Jackknife, probabilidad de captura variable

M(o)= modelo de probabilidad de captura igual.

En el noroeste de la península existen 400 000 mil hectáreas de selva, incluyendo las de las reservas de Ría Lagartos y Yum Balam (Figura 7). Hasta antes de los huracanes de 2005 y de los incendios forestales de mayo de 2006, aproximadamente el 70% de las selvas de la región se encontraban en buen estado de conservación, y el resto presentaba grados de perturbación entre moderada y severa (PPY, 2005). Considerando una densidad de 3 y 6 individuos por 100 km², es posible estimar con cautela una población aproximada de entre 120 y 240 jaguares en el noreste de la Península de Yucatán (Cuadro 3). Es decir, la región mantiene una de las poblaciones más importantes del jaguar en México, por lo que es prioritaria para la conservación de la especie.

Sin embargo, la región afronta actualmente serios problemas de conectividad con las otras porciones de las selvas mayas del sur. Las selvas hacia el oriente son ya prácticamente inexistentes, principalmente debido a la infraestructura carretera, a lo que se suma la continua degradación de los ecosistemas a lo largo de su trazo. La región se encuentra fragmentada al sur por un sistema de carreteras de diversas magnitudes. La mayor es la autopista que une las ciudades de Mérida y Cancún, en su tramo El Ideal-Cancún; la es-

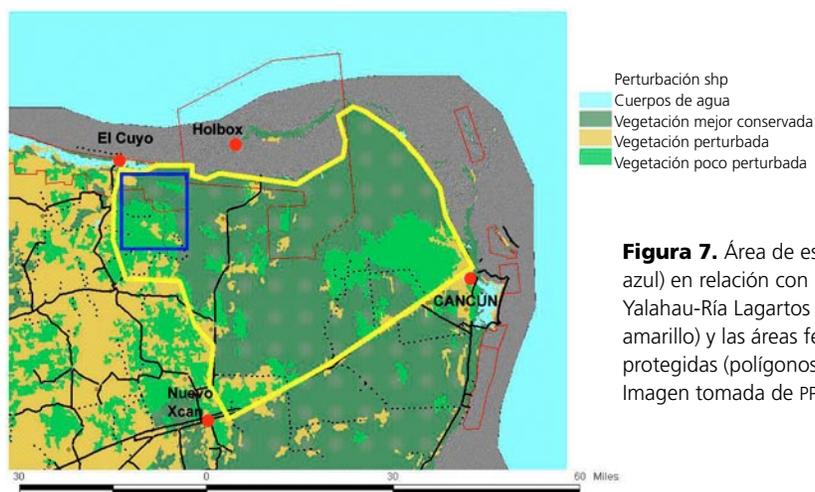


Figura 7. Área de estudio (óvalo azul) en relación con la región Yalahau-Ría Lagartos (polígono amarillo) y las áreas federales protegidas (polígonos rojos). Imagen tomada de PPY 2005.

Cuadro 3. Tamaño poblacional en las áreas naturales protegidas en el noreste de la Península de Yucatán

Reservas	Superficie (km ²)	Tamaño poblacional	
		3/100 km ²	6/100 km ²
Reservas de los humedales del norte de la Península de Yucatán (RHNY)	1 400	42	84
Región Yalahau-Ría Lagartos (incluyendo RHNY)	4 000	120	240

Las RHNY son: La Reserva de la Biosfera de Ría Lagartos, Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam y la Reserva Estatal Bocas de Dzilam.

quina suroriental está ocupada por la ciudad de Cancún. El borde poniente de la matriz lo forma una línea imaginaria que va del puerto de El Cuyo al poblado de El Ideal; esta línea puede considerarse como el límite oriental de la frontera agropecuaria de Yucatán (Figura 7; Lazcano *et al.*, 1995). A pesar de esto, la región se conecta con las selvas que se extiende de manera casi continua hasta las reservas de la biosfera de Calakmul y Sian Kaán (ver también los capítulos de Chávez *et al.* y Navarro *et al.*, este volumen).

Por lo tanto, es indispensable llevar a cabo una evaluación para determinar las medidas de conservación, mitigación y restauración que son necesarias para evitar se siga perdiendo la conectividad de las selvas del norte y sur de la península. En especial se deben plantear los corredores, con pasos de fauna en las carreteras, que permitan aumentar y restablecer esa conectividad. De eso dependerá en gran medida la posibilidad de mantener a largo plazo una población viable de jaguar en el norte de la Península de Yucatán.

Agradecimientos

A los ejidatarios y comunidades de Nuevo León, El Limonar, Tesoco Nuevo, Tekal Nuevo, El Nuevo Mundo y Santa María, del municipio de Tizimín, Yucatán, por toda su ayuda, interés y facilidades otorgadas para desarrollar el estudio en sus tierras. A Pronatura Península de Yucatán A.C., el Instituto de Ecología de la UNAM y el Zoológico de Fort Worth, por hacer posible este estudio. A la Asociación de Zoológicos y Acuarios de Estados Unidos (AZA), que a través de su Fondo para la Conservación proporcionó la mayor parte de los recursos financieros para este proyecto. Al Consejo de Conservación de Humedales de Norteamérica (NAWCA, por sus siglas en Inglés), el Servicio de Vida Silvestre y Pesca de los EEUU (USFWS), The Nature Conservancy (TNC), Grupo Modelo, Palm Beach Zoo, Albuquerque Biological Park, Oklahoma City Zoo, Erie Zoo, Tulsa Zoo and Living Museum, Sedgwick County Zoo, Dallas World Aquarium, Fort Worth Zoo American Association of Zookeepers Chapter, Wildlife World Zoo, y El Paso Zoo, por su apoyo financiero. A la Dirección de la Reserva de la Biosfera de Ría Lagartos, por todas las facilidades y el apoyo prestados. A Joann Andrews y Robert Wiese, por sus consejos, entusiasmo e impulso constantes.

