



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

---

---

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA  
ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA  
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

Estado de conservación de *Crax rubra griscomi* en la Isla de Cozumel,  
México: evidencia empírica y modelos predictivos.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

P R E S E N T A

**PABLO CABALLERO CRUZ**

ASESOR: Dr. MIGUEL ANGEL MARTÍNEZ MORALES

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	1
ÍNDICE.....	2
RESUMEN.....	4
INTRODUCCIÓN.....	4
• La familia Cracidae.....	4
• <i>Crax rubra</i> .....	6
• <i>Crax rubra griscomi</i> .....	7
• Último estudio previo.....	8
• Justificación.....	9
OBJETIVOS.....	10
SITIO DE ESTUDIO.....	10
• Descripción climatológica.....	11
• Vegetación.....	12
• Fauna.....	14
○ <i>Fauna endémica</i> .....	15
○ <i>Fauna exótica</i> .....	15
• Población Humana.....	16
• Infraestructura.....	16
MÉTODOS.....	17
• Muestreo de distancias en trayectos lineales.....	17
○ <i>Trabajo en campo</i> .....	17
○ <i>Análisis de datos</i> .....	19
▪ Análisis de la abundancia.....	19
▪ Análisis de preferencias de hábitat.....	21
• Análisis de viabilidad poblacional.....	22
○ <i>Parámetros utilizados para el análisis de viabilidad poblacional de Crax rubra griscomi</i> .....	23
• Trampeo.....	29
RESULTADOS.....	32
• Abundancia poblacional.....	32
• Preferencias de hábitat.....	34
• Viabilidad poblacional.....	37
DISCUSIÓN.....	41
• Abundancia.....	41

• <b>Viabilidad poblacional</b> .....	43
• <b>Preferencias de hábitat</b> .....	45
• <b>Factores que influyen su estado poblacional</b> .....	47
○ <i>Factores antropogénicos</i> .....	47
○ <i>Huracanes</i> .....	49
<b>CONCLUSIONES</b> .....	50
• <b>Conclusiones generales</b> .....	50
• <b>Recomendaciones de manejo</b> .....	51
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	52
 <b>Anexo I.</b> Lista detallada de los principales huracanes que han pasado a una distancia no mayor de 50 km de la Isla de Cozumel en los últimos 150 años (1857 - 2006).....	58
 <b>Anexo II.</b> Parámetros aplicados en el análisis de densidad poblacional de <i>C. r. griscomi</i> mediante el programa Distance 5.0.....	59
 <b>Anexo III.</b> Criterios aplicados en el análisis de viabilidad poblacional mediante el programa Vortex 9.61.....	60

## RESUMEN

Los crácidos son considerados como la familia de aves más amenazada de América. Durante el año 2005 se estudió la densidad poblacional y preferencia de hábitat de *Crax rubra griscomi*, una subespecie endémica de la Isla de Cozumel, considerada en peligro de extinción por la IUCN y las normas mexicanas. Para conocer su densidad poblacional actual y preferencias de hábitat, se utilizó el método de muestreo de distancias por trayectos lineales, así como un método de trapeo. Adicionalmente, se hizo un análisis de viabilidad poblacional. Se estimó una densidad poblacional de 0.89 aves/km<sup>2</sup>, lo cual probablemente indica que la abundancia de *C. r. griscomi* no se ha modificado en la última década, ya que en 1995 se estimaron 0.87 aves/km<sup>2</sup>. Se capturó un solo individuo de *C. r. griscomi*, con un esfuerzo de trapeo de 4232 trampas/día, lo que también sugiere un tamaño poblacional pequeño. Cabe resaltar que todos los registros visuales, así como la única captura, se ubicaron en la selva mediana subcaducifolia, en lugares donde la influencia antrópica es más baja. El análisis de viabilidad poblacional realizado en este trabajo sugiere un 100% de probabilidad de que la especie se extinga en 40 años, entrando en un vórtice de extinción en tan sólo 7 años. Las causas que probablemente estén afectando negativamente a la población de esta subespecie son principalmente: el paso de huracanes, la alteración, fragmentación y destrucción antropogénica de su hábitat; la presencia de especies exóticas en la isla, y la cacería.

## INTRODUCCIÓN

### La familia Cracidae

*Crax rubra griscomi* pertenece a la familia Cracidae. Esta familia es un grupo de aves endémico de la región Neotropical, que se distribuye desde el sureste de Texas hasta el Delta del Paraná, pasando por la región central del norte de México y a través del centro y sur de América, hasta la parte norte de Uruguay y Argentina (Silva y Strahl, 1991; Martínez-Morales, 1996; Brooks y Strahl, 2000; González García *et al.* 2001; González García, 2004).

La mayor diversidad de crácidos se encuentra en el noroeste de América del Sur (Brooks y Strahl, 2000). A nivel global se han descrito cincuenta especies de crácidos (del

Hoyo *et al.* 1994; Brooks y Strahl, 2000), de las cuales, diez se encuentran en México (González García *et al.* 2001).

Los crácidos son considerados como la familia más antigua y primitiva de aves de caza (Galliformes). Se originaron en el centro y sur de Norteamérica hace unos 40 a 50 millones de años, cuando América del Norte era una zona con características tropicales. El fósil del antepasado más antiguo de los crácidos fue encontrado en Wyoming, EUA, y tiene una edad de aproximadamente 50 millones de años. Recientemente se encontraron fósiles parecidos a chachalacas en Dakota del Sur, con una antigüedad estimada de 30 millones de años. También se han encontrado fragmentos fósiles de crácidos contemporáneos, de hace tan sólo 20 000 años, en el área donde se distribuyen actualmente (del Hoyo *et al.* 1994; Brooks y Strahl, 2000).

Los crácidos son principalmente frugívoros, aunque algunas especies comen hojas, flores y retoños de plantas, inclusive algunos invertebrados (Sermeño-Martínez, 1986; Silva y Strahl, 1991). Se sabe que su dieta esta basada en más hojas que fruta para especies de talla menor, y en más fruta que hojas para especies de tamaño mayor. Incluso, se sabe que la materia animal (ej. insectos y moluscos, como caracoles) es más común en la dieta de géneros con especies de tamaño menor (ej. *Ortalis*), que en la de *Nothocrax*, *Mitu*, *Pauxi* y *Crax*, aunque se han detectado cambios estacionales (Brooks y Strahl, 2000). En especies de talla mayor, la edad puede ser un factor que influye en los hábitos alimentarios como se demostró en la especie *Mitu salvini*, ya que se registró que la mayor parte de la dieta de los polluelos está basada en materia animal (Santamaría y Franco, 2000).

Al parecer estas aves juegan un papel importante en el mantenimiento de los bosques tropicales, debido a que pueden ser importantes dispersoras de semillas, este es el caso de los géneros *Ortalis*, *Penélope*, *Pipile*, *Aburria*, *Chamaepetes*, *Penelopina* y *Oreophasis*. Sin embargo las especies de los géneros *Nothocrax*, *Mitu*, *Pauxi* y *Crax* son principalmente depredadoras de semillas, aunque también son dispersoras de semillas duras (Silva y Strahl, 1991).

La mayoría de las especies de crácidos son muy sensibles a disturbios (Silva y Strahl, 1991), esto puede deberse a varios factores, entre ellos a que sus requerimientos de hábitat sólo se encuentran en los bosques primarios (Martínez-Morales, 1996; Brooks y Strahl, 2000).

En este sentido, los factores más importantes que se creen responsables del declive de los crácidos son la cacería y la destrucción de su hábitat (Brooks y Strahl, 2000).

La familia Cracidae puede ser considerada como la familia de aves más amenazada de América. La mayoría de los crácidos se encuentran amenazados o en peligro de extinción en el ámbito global (Brooks y Strahl, 2000).

La Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) enlista 23 especies en algún nivel de amenaza, con una especie extinta en su medio natural, tres especies en peligro crítico, seis especies amenazadas, seis especies vulnerables y siete especies en bajo riesgo (IUCN, 2006). Lo que significa que cuando menos un 54% de las especies de crácidos tienen algún problema de conservación.

El Grupo de Especialistas en Crácidos (CSG, por sus siglas en inglés) considera que 24 de las 50 especies y 11 de las 64 subespecies de crácidos requieren de alguna acción de conservación (Brooks y Strahl, 2000).

Por otra parte, BirdLife International (2006) considera que 16 de las 50 especies de crácidos se encuentran en un estado de conservación con algún nivel de amenaza. De esas 16 especies, 15 pertenecen a los géneros *Penelope*, *Pipile*, *Oreophasis*, *Mitu*, *Pauxi* y *Crax*; que incluyen a las especies de mayor tamaño dentro de la familia Cracidae (IUCN, 2006).

### ***Crax rubra***

La especie *Crax rubra* fue descrita por Carl von Linneo en 1758. Se distribuye desde el este de México al sur, hasta el extremo noroeste de Sudamérica, habitando selvas no perturbadas y manglares en las zonas tropicales y subtropicales. En México se encuentra desde Ciudad Victoria, en Tamaulipas, hacia el sur del país a lo largo de las selvas de la Sierra Madre Oriental, hasta el este de la Meseta Central del Istmo de Tehuantepec, incluyendo la Península de Yucatán y la Isla de Cozumel (Figura 1) (Delacour y Amadon, 1973, 2004; Martínez-Morales, 1996; Sánchez-Nuñez y Rojas-Carrizales, 2003). Se le encuentra en tierras bajas desde el nivel del mar y hasta los 1500 msnm, aunque se ha reportado a altitudes mayores (de hasta 1900 msnm) en el Volcán Barú en Panamá (del Hoyo *et al.* 1994; Martínez-Morales, 1996).

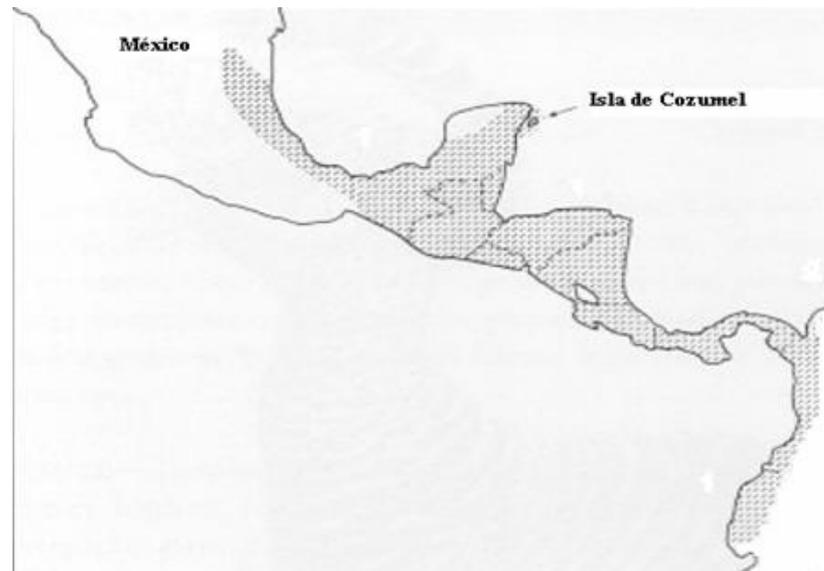


Figura 1. Distribución geográfica de *Crax rubra*, modificado de Delacour y Amadon (2004).

Actualmente, se reconocen dos subespecies, *C. r. rubra* Linnaeus, 1758 y *C. r. griscomi* Nelson, 1926. La subespecie *C. r. rubra* se distribuye sobre el territorio continental, mientras que *C. r. griscomi* habita únicamente en la Isla de Cozumel (del Hoyo *et al.* 1994; Martínez-Morales, 1996).

### ***Crax rubra griscomi***

*Crax rubra griscomi*, cuyo nombre común en español es hocofaisán o faisán de Cozumel, es una subespecie endémica a la Isla de Cozumel en México, que habita principalmente en la selva mediana subcaducifolia (Martínez-Morales, 1996, 1999). El origen de esta subespecie en la isla es desconocido. El registro más antiguo está fechado entre los años 300 a. C. y 1600 d. C., con base en el análisis de restos óseos encontrados durante excavaciones arqueológicas en la isla (Hamblin 1984; Martínez-Morales, 1996). Sin embargo, al considerar el tiempo necesario para que una especie aislada adquiriera caracteres que la diferencien de su especie madre, como es el caso de *C. r. griscomi*, la antigüedad de esta subespecie en la isla podría remontarse a varios miles de años (ej. Gompper *et al.* 2006).

El primer reporte formal de su existencia lo hizo Ridway (1885). En 1885, Salvin y Gaumer colectaron tres hembras, pero no reportaron diferencias con la especie continental (Salvin, 1989). En 1926 Nelson dividió a *Crax rubra* en las subespecies continental e insular,

a partir de la revisión de seis ejemplares, tres hembras y tres machos, los cuales fueron colectados por Nelson y Goldman en 1901 (Nelson, 1926). El criterio que utilizó Nelson para separar a las subespecies se basó principalmente en caracteres morfológicos tales como la talla, características del plumaje y el culmen, entre otros (Nelson, 1926).

La validez de la subespecie podría ser cuestionada por la variación que existe en el plumaje de las hembras a nivel intraespecífico y por la ausencia de diferencias morfológicas entre machos de ambas subespecies (Strahl *et al.* 1995). No obstante, algunos autores reportan diferencias significativas en el plumaje de las hembras; además de que existen diferencias en el tamaño, ya que *C. r. griscomi* es más pequeña que la subespecie continental (del Hoyo *et al.* 1994; Martínez-Morales, 1996).

Los requerimientos de hábitat de *C. r. griscomi* son muy específicos, esto es, requiere de zonas no perturbadas de la selva insular (Martínez-Morales, 1996). Esta característica ha propiciado que la actividad humana afecte negativamente a la población del hocofaisán de Cozumel (Martínez-Morales, 1996).

En 1901 esta subespecie fue considerada como común por Nelson (Nelson, 1926). Pero a finales de la década de los 1940s se consideró que la subespecie estaba casi extinta (Paynter, 1955), y a finales de los 1960s se consideró posiblemente extinta (Delacour y Amadon, 1973, 2004). De tal forma que su existencia fue cuestionada por aproximadamente 50 años (del Hoyo *et al.* 1994; Martínez-Morales, 1996).

### **Último estudio previo**

En el último trabajo previo realizado por Martínez-Morales (1996) en 1995, se estimó una densidad poblacional de  $0.87 \pm 0.28$  aves/km<sup>2</sup> para este crácido, con una tasa de observación de  $0.04 \pm 0.01$  aves/km. En ese mismo trabajo, se encontró que *C. r. griscomi* habita principalmente en la selva mediana subcaducifolia de la isla, aunque no se descartó la presencia de estas aves en la selva baja caducifolia y el manglar. De esta manera, considerando el área sobre la que se extiende la superficie insular habitable para *C. r. griscomi* (409 km<sup>2</sup>, que corresponde a la suma del área de la selva mediana subcaducifolia, la selva baja caducifolia y el manglar, estimados con base en el análisis de fotografías aéreas

del 2001), se puede calcular que el tamaño poblacional de la subespecie era de unos  $355 \pm 114$  individuos (Martínez-Morales, 1996, 1999; Brooks y Strahl, 2000).

A partir del estudio de Martínez-Morales (1996) *C. r. griscomi* ha sido considerada en peligro crítico de extinción y en muy alta prioridad de conservación (Brooks y Strahl, 2000; IUCN, 2006). Sin embargo, el conocimiento que se tiene acerca de la biología y ecología de este crácido es muy escaso, lo que representa una importante limitante para tomar medidas efectivas para su conservación (Brooks y Strahl, 2000).

Entre los principales factores que al parecer ejercen un efecto que impacta negativamente a la población de *C. r. griscomi* se encuentra la presencia de fauna exótica en la isla (Martínez-Morales y Cuarón, 1999), que incluye a especies depredadoras (ej. boas, gatos y perros) y congéneres continentales (ej. *C. r. rubra*); con lo que se pone en riesgo el tamaño y la singularidad genética de la población. Además de la posible introducción de enfermedades y parásitos. Los desastres ecológicos son otro factor importante, como la destrucción del hábitat por el paso de huracanes sobre la isla; así como la destrucción y fragmentación del hábitat por cambios en el uso del suelo, la construcción de carreteras y la sobreexplotación de recursos naturales. Además de otras actividades antrópicas como la cacería (Martínez-Morales, 1996).

## **Justificación**

El presente estudio permite conocer algunos aspectos del estado de conservación actual de *C. r. griscomi*, teniendo en mente la importancia de la generación de este tipo de conocimientos para contribuir con la conservación de esta subespecie.

La recuperación de esta subespecie resulta muy importante, ya que las últimas revisiones indican que su población tiene problemas de conservación (Martínez-Morales, 1996, 1997, 1999; O'Neill, 1997). Esto adquiere mayor importancia en este caso, ya que *C. r. griscomi* puede servir como una especie sombrilla, promoviendo así la conservación de otras especies nativas de la Isla de Cozumel. Es decir, debido a que el hábitat de *C. r. griscomi* se reduce a las zonas de selva no perturbada (ej. Martínez-Morales, 1996), las medidas de manejo que sean implementadas deberán incluir la protección de la selva insular, con lo que otras especies que habitan dentro de su ámbito de distribución se verán favorecidas.

## OBJETIVOS

- Estimar la abundancia poblacional de *Crax rubra griscomi* una década después del último estudio previo llevado a cabo con la subespecie (1995).
- Determinar las preferencias de hábitat de *Crax rubra griscomi*, con base en el análisis de la distribución de su población.
- Evaluar la viabilidad poblacional de *Crax rubra griscomi*, con base en información disponible de la subespecie y de especies cercanamente emparentadas.
- Describir escenarios posibles para evaluar la viabilidad poblacional de *Crax rubra griscomi* sustentados en supuestos basados en la información disponible de la subespecie y de especies cercanamente emparentadas.
- Identificar los factores que posiblemente afectan el estado poblacional actual de *Crax rubra griscomi*, con base en los antecedentes disponibles, evidencia empírica y modelos predictivos.

## SITIO DE ESTUDIO

La Isla de Cozumel se ubica a 17.5 km de la costa noreste de la Península de Yucatán en el estado de Quintana Roo, México. Es una isla conformada por un bloque coralino de roca caliza de 477 km<sup>2</sup> situada en el Mar Caribe; se localiza en las coordenadas geográficas extremas 20° 16' a 20° 36' de latitud Norte y 86° 44' a 87° 02' de longitud Oeste (Martínez-Morales, 1996; Martínez-Morales, 2001).

Generalmente, se considera que la Isla de Cozumel es una isla pliocénica con un origen oceánico relativamente reciente (Martínez-Morales, 1996; Martínez-Morales, 2001); aunque otros autores sugieren que el origen de la isla se debe a un desprendimiento del margen oriental de la península durante la formación de la cuenca de Yucatán, entre el Mesozoico Tardío y el Cenozoico Temprano (Carabias *et al.* 1998).

Los cenotes y dolinas son depresiones pedregosas características del paisaje tipo kárstico, presente en la topografía de la Península de Yucatán; éstas se forman por la infiltración del agua pluvial que provoca el colapso de techos de cavernas subterráneas. En la isla, estas depresiones no son de grandes dimensiones, probablemente debido a la antigüedad

de la misma. Cuando llueve intensamente se forman algunos cuerpos de agua dulce llamados aguadas, también característicos de este lugar. La permeabilidad de las rocas calcáreas que conforman a esta isla ha permitido la formación de una capa de agua dulce que yace sobre una capa de agua salada, la cual alcanza su máximo espesor en la zona centro oriental de la isla (Martínez-Morales, 1996, 2001; Carabias *et al.* 1998).

### **Descripción climatológica**

Las condiciones climáticas son relativamente homogéneas sobre la isla y en general se trata de un clima moderado cálido húmedo (*sensu* García, 1973). Las temperaturas medias mensuales son relativamente altas, oscilando entre los 23 °C y los 27 °C, con una temperatura media anual de 25.5 °C. La temperatura de la isla, así como sus variaciones, se ven inducidas principalmente por la radiación solar y los vientos altamente húmedos e inconsistentes del Océano Atlántico y Mar Caribe (Hamblin, 1984; Martínez-Morales, 1996, 2001; Carabias *et al.* 1998).

La temporada de lluvias ocurre entre mayo y octubre, con una precipitación media anual de 1505 mm; presentando dos periodos de precipitación máxima en todo el año, uno en el mes de junio y otro entre septiembre y octubre (entre 190 y 220 mm). Además existe un periodo adicional de lluvia de noviembre a enero (Hamblin, 1984; Martínez-Morales, 1996, 2001).

Un factor que influye significativamente sobre la composición y estructura de la vegetación en la Isla de Cozumel es la sucesión periódica de huracanes (Martínez-Morales, 1996). La temporada de huracanes es de mayo a noviembre, con una mayor intensidad en septiembre (Hamblin, 1984; Martínez-Morales, 1996).

La probabilidad de que ocurra un huracán sobre la isla es de uno cada 6.1 años en los últimos 150 años, mientras que la probabilidad de que ocurra un superhuracán (huracán de categoría 5 con vientos mayores a 280km/h) es de uno cada 150 (Martínez-Morales, 1996; Carabias *et al.* 1998; Proenza, 2006). En el Anexo I se presenta una lista detallada de los principales huracanes que han afectado a la Isla de Cozumel del año 1853 al 2006.

## Vegetación

La Isla de Cozumel presenta una alta diversidad florística, en contraste con la relativa homogeneidad del medio físico de la isla, conteniendo un 40% de las especies reportadas para el estado de Quintana Roo (Téllez-Valdés y Cabrera, 1987). La vegetación se compone de asociaciones de plantas de clima cálido húmedo (*sensus* García, 1973). La selva mediana subcaducifolia, la selva baja caducifolia y el manglar, son los principales tipos de vegetación que cubren la isla, siendo la selva mediana subcaducifolia la más extensa (Figura 2). También existe vegetación secundaria, la cual se desarrolla cuando la vegetación primaria es transformada total o parcialmente, principalmente por eventos catastróficos como el paso de huracanes e incendios, (Téllez-Valdés y Cabrera-Cano, 1987; Téllez-Valdés *et al.* 1989; Martínez-Morales, 1996; Carabias *et al.* 1998) o cuando se abandonan zonas desmontadas por actividades antrópicas (ej. para uso agrícola).

La selva mediana subcaducifolia cubre un área de 310 km<sup>2</sup>, y aunque retiene poca materia orgánica en la superficie del suelo, presenta dos estratos vegetales bien definidos, uno arbóreo de 8 a 20 m de altura con pocas epífitas, y uno arbustivo - herbáceo, aunque este último se define mejor en la región central de la isla. Las especies dominantes en este tipo de vegetación son: *Manilkara zapota* (chicozapote), *Bursera simaruba* (chacah), *Calliandra belizensis* (barbas de viejo), *Cedrela odorata* (cedro), *Metopium brownei* (chechem), *Vitex guauveri* (ya' axnik), *Ceiba pentadra* (ceiba), *Lysiloma latisilicua* (tzalam) y *Mastichodendron foetidissimum* (caracolillo) (Téllez-Valdés y Cabrera-Cano, 1987; Téllez-Valdés *et al.* 1989; Martínez-Morales, 1996; Carabias *et al.* 1998).

La selva baja caducifolia rodea a la selva mediana subcaducifolia en el perímetro de la isla, cubriendo un área de 27 km<sup>2</sup>, justo detrás de las dunas costeras y el manglar. Presenta un estrato arbóreo de 8 a 12 m de altura y un estrato arbustivo sin hierbas. Las plantas dominantes para este tipo de vegetación son: *Enriquebeltrania crenatifolia* (chiimtook), *Pithecellobium mangense* (chakchucum), *P. dulce* (guamuchil) y *Diospyros nicaraguensis* (uchiche) (Téllez-Valdés y Cabrera-Cano, 1987; Téllez-Valdés *et al.* 1989; Martínez-Morales, 1996; Carabias *et al.* 1998).

## Sitio de estudio

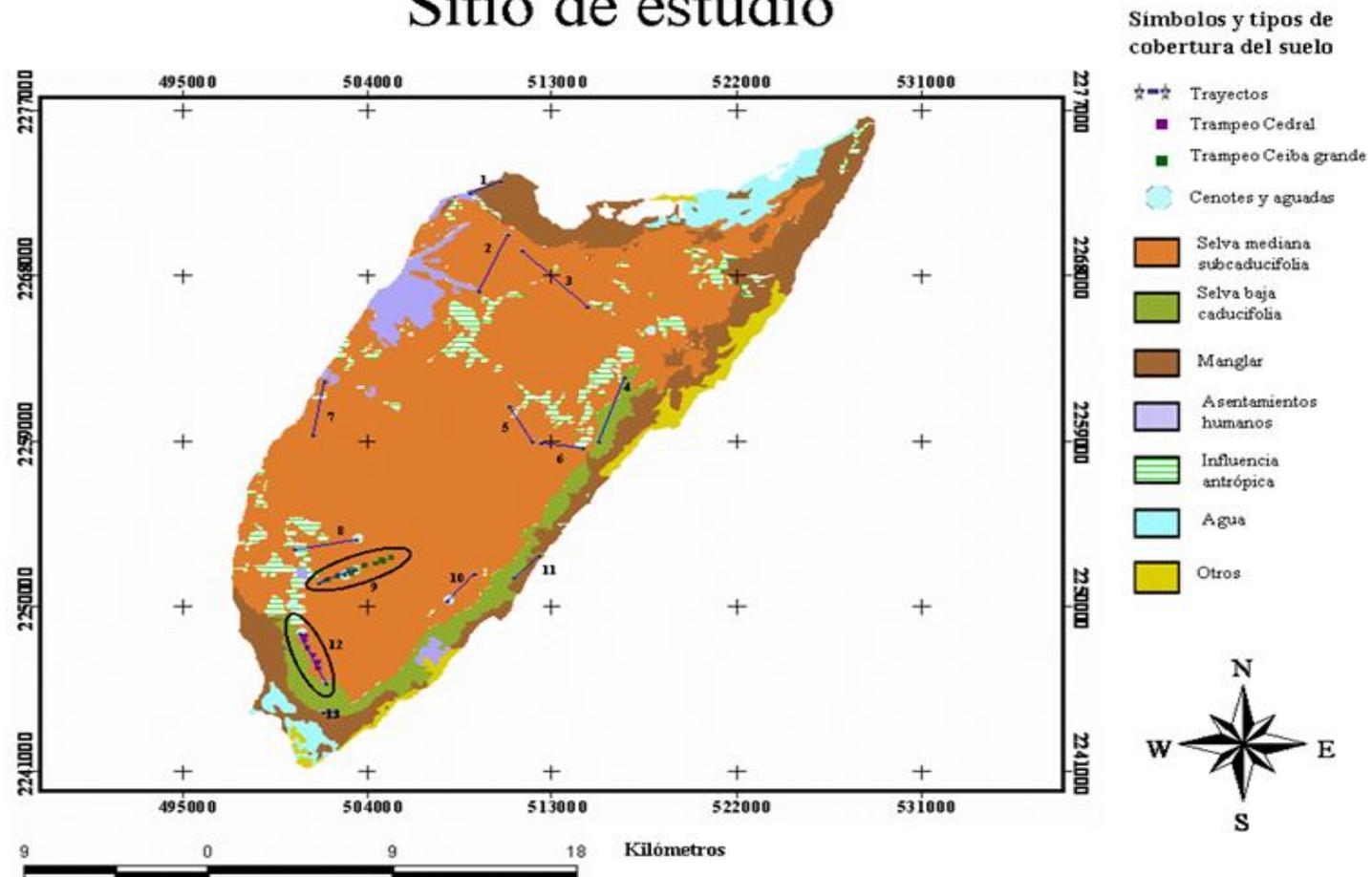


Figura 2. Mapa de la Isla de Cozumel mostrando la distribución de los trayectos y los tipos de cobertura del suelo que presenta la isla. Los trayectos se encuentran numerados de la siguiente forma: Manglar (1), Potabilizadora (2), Santa Rita (3), Mezcalitos (4), CAPA (5), Punto muerto (6), Palmitas (7), Chen chon (8), Ceiba grande (9), La H (10), Coconuts (11), Cedral (12) y La ceiba (13). También se muestra la ubicación de las zonas de trampeo, en verde la zona que corresponde al trayecto Ceiba grande y en púrpura la correspondiente al trayecto Cedral. El tipo de cobertura "Otros" incluye tasistales y vegetación de dunas costeras.

Finalmente, el manglar que presenta un suelo rico en materia orgánica, aunque con una diversidad arbórea pobre, cubre un área de 72 km<sup>2</sup>. Presenta árboles con una altura que va de 5 a 10 m, en zonas periódica o permanentemente inundadas por agua salada o salobre. Sus especies vegetales dominantes son: *Rhizophora mangle* (tabche o mangle rojo), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo) y *Avicennia germinans* (mangle negro); incluyendo algunas epífitas y trepadoras como orquídeas (*Brassauola nodosa* –awoche- y *Shomburgkia tibicinis*), cactus (*Selenicercus testudo* -pitaya-), bromelias (*Aechmen bracteata* –chal-ka’ nalsihil ó xchu-) y algunas Apocinaceae (Téllez-Valdéz y Cabrera-Cano, 1987; Téllez-Valdés *et al.* 1989; Martínez-Morales, 1996; Carabias *et al.* 1998).

## **Fauna**

Los anfibios son el grupo menos diversificado en la isla; entre las especies más representativas pueden mencionarse a *Chaunus marinus*, *Leptodactylus labialis*, *Scinax staufferi* y *Smilisca baudini* (Lee, 1996; Carabias *et al.* 1998; Ramírez-Bautista y Moreno, 2006).

No existe una gran diversidad de reptiles, aunque puede destacarse la presencia de tortugas dulceacuícolas como *Kinosternon cruentatum*, *Geomyda areolata*, *Pseudemys scripta*, y una especie de cocodrilo (*Crocodylus acutus*). Entre las lagartijas se encuentran especies como *Aristelliger georgensis*, *Anolis limifrons*, *Basiliscus vittatus*, *Iguana iguana*, *Ctenosaura similis*, *Sceloporus cozumelae* y *Mabuya brachypoda*. Finalmente, entre las culebras se encuentran *Leptodeira frenata*, *Oxybellis aeneus* y *Thamnophis proximans* (Lee, 1996; Carabias *et al.* 1998; Ramírez-Bautista y Moreno, 2006).

En cuanto a las aves se han registrado un total de 240 especies (Curry, 2006), entre las que pueden mencionarse especies como *Pelecanus occidentalis*, *Fregata magnificens*, *Phalacrocorax olivaceus*, *Anhinga anhinga*, *Anas discors*, *Dendrocygna autumnalis*, *Cathartes aura*, *Buteo brachyurus*, *Buteogallus anthracinus*, *Pandion haliaetus*, *Crax rubra griscomi*, *Egretta spp.*, *Ajaia ajaja*, *Larus atricilla*, *Sterna antillarum*, *Columbina passerina*, *Columbina talpacoi* y *Amazona xantholora* (Carabias *et al.* 1998).

Entre los mamíferos se encuentra una especie marsupial (*Didelphis marsupialis cozumelae*). Murciélagos como *Artibeus jamaicensis yucatanicus*, *Micronycteris megalotis mexicana*, *Artibeus literatus palmarum*, *Dermanura phaeotis phaeotis* y *Natalus stramineus saturatus*. Entre los roedores se encuentran *Dasyprocta punctata yucatanica* y *Agouti paca* (Wilson y Reeder, 1993; Carabias *et al.* 1998).

### ***Fauna endémica***

El conocimiento que se tiene sobre la fauna endémica del lugar es escaso, excepto para los vertebrados terrestres, de los cuales se han realizado una mayor cantidad de estudios. En el caso de los peces, existe poca información por la falta de estudios. No hay registros de especies endémicas de anfibios. En cuanto a reptiles, hay una especie endémica reportada (*Aspidoscelis cozumelus*) (Lee, 1996; Martínez-Morales, 1996; Ramírez-Bautista y Moreno, 2006; Curry, 2006). Hay tres especies de aves endémicas *Buteo magnirostris*, *Vireo bairdi* y *Toxostoma guttatum*; ésta última considerada en peligro crítico de extinción. Además de 15 subespecies de aves endémicas registradas, entre ellas *Crax rubra griscomi*. También se encuentran tres especies de mamíferos endémicos *Nasua nelsoni*, *Procyon pygmaeus* y *Reithrodontomys spectabilis*; incluyendo tres subespecies endémicas *Urocyon cinereoargenteus*, *Pecari tajacu nanus*, *Oryzomys couesi cozumelae* y *Peromyscus leucopus cozumelae* (Wilson y Reeder, 1993; Martínez-Morales, 1996; Carabias *et al.* 1998; Cuarón *et al.* 2004; Curry, 2006).

### ***Fauna exótica***

Entre las especies exóticas presentes en la isla, se encuentran especies que son depredadores potenciales para *C. r. griscomi*, tales como *Canis familiaris*, *Felis catus*, *Boa constrictor* y posiblemente *Dryadophis melanolomus* (Martínez-Morales, 1996; Martínez-Morales y Cuarón, 1999; Cuarón *et al.* 2004; Fortes, 2004). Adicionalmente, la presencia de aves de corral en las rancherías de la isla, representan un riesgo por la posible introducción al medio silvestre de enfermedades y parásitos (ej. *Meleagris sp.* y *Pavo sp.*) y hasta de conoespecíficos (*Crax rubra rubra*).

## Población humana

La isla estuvo habitada por lo menos desde el año 300 a. C. por pequeñas poblaciones mayas. Hubo un periodo en que la isla estuvo deshabitada, desde mediados del siglo XVII, hasta mediados del siglo XIX cuando la Guerra de Castas entre Mayas y mestizos orilló a algunas personas a refugiarse en ella (Martínez-Morales, 1996, 2001). Desde que la isla fue repoblada la población ha aumentado de una manera acelerada, de aproximadamente 971 habitantes que había en 1900, a cerca de 50000 habitantes en 1995. Se estima que la población actual se encuentra cerca de los 73000 habitantes (Figura 3) (INEGI, 2006a; INEGI, 2006b).

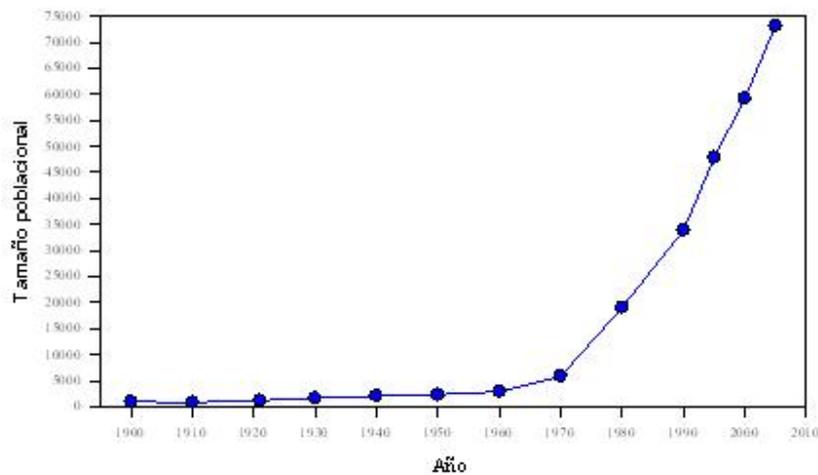


Figura 3. Crecimiento demográfico de la población humana en la Isla de Cozumel del año 1900 a 2005 (INEGI, 2006a).

## Infraestructura

Existen dos tipos de vías de comunicación de la isla con el continente, una aérea con vuelos nacionales e internacionales, y una marítima, desde Playa del Carmen para transporte de pasajeros, y desde Puerto Morelos y Punta Venado para transporte de vehículos particulares y de carga. Dentro de la isla también existe infraestructura carretera pavimentada y brechas de terracería, tanto en la parte Norte como en la parte Sur (Carabias *et al.* 1998), destacando la carretera transversal que divide a la selva insular en dos grandes fragmentos.

## MÉTODOS

### Muestreo de distancias en trayectos lineales

El muestreo de distancias en trayectos lineales es un método de cuenta parcial (Buckland *et al.* 1994; Aranda, 2000), el cual se consideró apropiado de usar por la dificultad existente para observar a estas aves (ej. Martínez-Morales, 1996). Este método es usado para medir densidades poblacionales (Buckland *et al.* 1994) y para fines de este estudio, también se utilizó para determinar las preferencias de hábitat de *C. r. griscomi*.

El método consiste en el recorrido de trayectos lineales de longitud recorrida conocida, durante el cual se registran las distancias perpendiculares al trayecto de los individuos que se detectan a ambos lados del mismo. Con base en el tipo de distribución que presentan las distancias perpendiculares registradas, se selecciona el modelo más adecuado (derivado de la teoría de muestreo de distancias) para estimar el ancho efectivo de la banda muestreada a lo largo del trayecto.

A partir del ancho efectivo de la banda estimado ( $\mu$ ), la distancia total recorrida ( $L$ ) y el número de individuos observados ( $n$ ), se calcula la densidad poblacional ( $D$ ) mediante la fórmula general (Buckland *et al.* 1994):

$$D = \frac{n}{2L\mu}$$

De tal forma que una de las funciones más importantes de este modelo es encontrar el valor de  $\mu$ , para de esta manera poder calcular el tamaño del área de muestreo.

Esta teoría se basa en los siguientes supuestos fundamentales: todos los individuos que están directamente sobre la línea del trayecto son detectados con una probabilidad de 100%, los individuos son detectados en su posición inicial, las distancias son medidas con precisión, y la observación de cada individuo es un evento independiente (Buckland *et al.* 1994).

### *Trabajo en campo*

El trabajo en campo para el muestreo de distancias en trayectos lineales se realizó entre febrero y octubre del año 2005, con la finalidad de obtener los datos necesarios para estimar la abundancia de *C. r. griscomi* y determinar sus preferencias de hábitat.

No existe una cantidad de trayectos (o superficie de muestreo) definida para realizar mediciones de densidad, ésta depende de la abundancia de la especie estudiada, su detectabilidad, la heterogeneidad de su hábitat y del presupuesto con que se cuenta (Calmé, 2007). Para este estudio se recorrieron 13 trayectos lineales de 2.5 km de longitud en promedio, distribuidos de manera estratificada al azar, con base en los principales tipos de vegetación de la isla (Figura 2). Se utilizaron senderos preexistentes para facilitar el recorrido de los trayectos.

Cada trayecto se recorrió en promedio una vez cada dos meses de forma secuencial, en un horario diurno entre las 07:00 hrs. y las 16:00 hrs., periodo de tiempo durante el cual *Crax rubra* presenta mayor actividad (Sermeño-Martínez, 1986). Se recorrieron un total de 216.8 km distribuidos como se muestra en el Cuadro 1.

Durante los tres primeros meses del trabajo en campo, conjuntamente con los recorridos, se realizó una prospección en todos los trayectos para verificar que fuesen accesibles para los recorridos. En el mes de julio, el paso del huracán Emily (categoría cuatro en la escala de Saffir Simpson) alteró el estado físico de los trayectos, dejando inaccesibles algunos de ellos hasta que en el mes de octubre el huracán Wilma (categoría cuatro) azotó la isla dejando inaccesibles todos los trayectos.

Las distancias perpendiculares se midieron directamente con el uso de un telémetro. En los casos donde la distancia perpendicular ( $x$ ) no se pudo medir directamente, se midió la distancia radial ( $r$ ) del ave al observador y el ángulo ( $\theta$ ) formado por una línea imaginaria del observador al ave y la línea del trayecto. De esta manera la distancia perpendicular ( $x$ ) se calculó con la fórmula general (Buckland *et al.* 1994; Aranda, 2000):

$$x = r(\text{sen}\theta)$$

Cuadro 1. Distribución mensual del recorrido de los 13 trayectos para el estudio del estado poblacional de *Crax rubra griscomi*, indicando las distancias totales cubiertas por trayecto y por mes (ver ubicación de los trayectos en Figura 1).

Mes (*)	Trayecto (**)	Mes (*)	Trayecto (**)
<b>Febrero (18.0 km)</b>	CAPA (3000 m x 1) Mezcalitos (4000 m x 1) Palmitas (4000 m x 1) Cedral (3000 m x 1) Punto muerto (2000 m x 2)	<b>Junio (45.3 km)</b>	Manglar (1500 m x 1) Potabilizadora (4000 m x 1) Ceiba grande (6000 m x 2) Cedral (3000 m x 1) La ceiba (800 m x 1) Coconuts (1500 m x 1) Chen chon (3500 m x 1) La H (2000 m x 1) Palmitas (4000 m x 1) Santa Rita (4000 m x 1) Mezcalitos (4000 m x 1) CAPA (3000 m x 1) Punto muerto (2000 m x 1) Ceiba grande (2100 m x 1) Cedral (3000 m x 1) Chen chon (3500 m x 1) Palmitas (4000 m x 1) Capa (3000 m x 1) Potabilizadora (4000 m x 1) Manglar (1500 m x 1) Santa Rita (4000 m x 1)
<b>Marzo (29.2 km)</b>	CAPA (3000 m x 2) Ceiba grande (2100 m x 2) Palmitas (4000 m x 2) Mezcalitos (4000 m x 2) Cedral (3000 m x 1)	<b>Julio (25.1 km)</b>	Potabilizadora (4000 m x 1) Manglar (1500 m x 1) Santa Rita (4000 m x 1) Potabilizadora (4000 m x 1) Ceiba grande (2100 m x 1) Cedral (3000 m x 1) Chen chon (3500 m x 1) Palmitas (4000 m x 1) Capa (3000 m x 1) Potabilizadora (4000 m x 1) Manglar (1500 m x 1) Santa Rita (4000 m x 1)
<b>Abril (11.1 km)</b>	Cedral (3000 m x 1) Ceiba grande (2100 m x 1; 6000 m x 1)	<b>Agosto (13.6 km)</b>	Potabilizadora (4000 m x 1) Ceiba grande (2100 m x 1) Santa Rita (4000 m x 1) Mezcalitos (1500 m x 1) Palmitas (500 m x 1) Manglar (1500 m x 1) Potabilizadora (4000 m x 1) Ceiba grande (2100 m x 1) Santa Rita (4000 m x 1) Mezcalitos (1500 m x 1) Manglar (1500 m x 1)
<b>Mayo (48.3 km)</b>	CAPA (3000 m x 1) Ceiba grande (5000 m x 2) La ceiba (800 m x 1) Chen chon (3500 m x 1) Coconuts (1500 m x 1) Palmitas (4000 m x 1) Cedral (3000 m x 1) Santa Rita (4000 m x 1) Mezcalitos (4000 m x 1) Punto muerto (2000 m x 1) Manglar (1500 m x 1) Potabilizadora (4000 m x 1) La H (2000 m x 1)	<b>Septiembre (13.1 km)</b>	Potabilizadora (4000 m x 1) Ceiba grande (2100 m x 1) Santa Rita (4000 m x 1) Mezcalitos (1500 m x 1) Manglar (1500 m x 1)
		<b>Octubre (13.1 km)</b>	Santa Rita (4000 m x 1) Potabilizadora (4000 m x 1) Ceiba grande (2100 m x 1) Mezcalitos (1500 m x 1) Manglar (1500 m x 1)

\* Distancia recorrida.

\*\*Distancia recorrida y número de veces que se recorrió el trayecto en el mes.

## ***Análisis de datos***

### *Análisis de la abundancia*

Para estimar la densidad poblacional de *C. r. griscomi* se usó el programa DISTANCE 5.0 (Thomas *et al.* 2005), el cual analiza la distribución de las distancias perpendiculares de los registros obtenidos en campo, con base en la teoría del muestreo de distancias. De esta manera el programa arroja como resultados principales la estimación del ancho efectivo de la banda muestreada y la densidad poblacional. Los datos de entrada ingresados para el análisis de densidad poblacional se exponen detalladamente en el Anexo II.

Se tomaron en cuenta sólo las distancias perpendiculares registradas de febrero hasta mediados de julio, ya que la probabilidad de detección cambió después del paso de los huracanes Emily y Wilma, por la modificación que sufrió la estructura de la vegetación en la selva. Además de que se imposibilitó el acceso a algunos de los trayectos.

Para calcular la abundancia poblacional de *C. r. griscomi* se consideró la extensión total que abarcan en su conjunto la selva mediana subcaducifolia, la selva baja caducifolia y el manglar, debido a que estos son los tipos de vegetación donde se cree que pueden habitar estas aves (Martínez-Morales, 1996).

Los parámetros utilizados por Distance en el análisis de la abundancia poblacional de *Crax rubra griscomi*, se describen a continuación:

1) Método de estudio y datos. Distance 5.0 requiere que se especifique el tipo de estudio que se realizó, ya sea en trayectos lineales o en puntos (Thomas *et al.* 2005); en este caso, se eligió la opción de trayectos lineales por el tipo de método que se utilizó durante el trabajo en campo. También se debe especificar la cantidad de observadores que realizaron los registros, ya sean múltiples o individuales, en este caso se indicó que se trató de un sólo observador.

Se debe especificar si se ingresarán distancias radiales o perpendiculares, esto porque en caso de que no se registraran las distancias perpendiculares ( $x$ ) directamente, Distance 5.0 puede calcularlas a partir de la distancia radial ( $r$ ) y el ángulo ( $\theta$ ) con la fórmula expuesta anteriormente (Thomas *et al.* 2005). Finalmente, se indica si los registros obtenidos fueron objetos individuales o agrupados, en este estudio se registró una posible pareja, por esto se eligió la opción de datos agrupados.

2) Especificación de parámetros de estimación. Distance 5.0 puede estimar la tasa de encuentro, la probabilidad de detección y la densidad, por estratos o tomando todos los datos combinados (Thomas *et al.* 2005). En este estudio el muestreo se realizó en tres distintos estratos, correspondientes a la selva mediana subcaducifolia, la selva baja caducifolia y al manglar. Sin embargo, el análisis principal se realizó tomando los datos de los tres estratos combinados en un sólo análisis, debido a la baja cantidad de registros, para estimar la densidad de *C. r. griscomi* en el área habitable.

3) Distancias. Distance 5.0 puede realizar el análisis de densidad poblacional por rangos de distancias o por las distancias exactas registradas (Thomas *et al.* 2005); en este estudio se utilizó el análisis por las distancias exactas.

4) Varianza. Distance 5.0 puede calcular la varianza de manera empírica a partir del muestreo realizado o bien, puede asumir una distribución de Poisson de los datos para realizar el cálculo (Thomas *et al.* 2005). En este estudio, se calculó la varianza a partir de los resultados del muestreo en campo.

5) Bondad de ajuste. Distance 5.0 realiza una prueba de bondad de ajuste a los datos con un análisis de  $X^2$ . En los casos en que los datos no se encuentran agrupados, el programa crea intervalos antes de realizar el análisis seleccionando “los puntos de corte” (para establecer los intervalos) automáticamente. Asimismo, el programa también aplica tres pruebas más, un análisis de Kolmogorov-Smirnov, uno de Cramér-von Mises con función de amplitud uniforme y uno de Cramér-von Mises con función de amplitud coseno (Thomas *et al.* 2005).

6) Estimador. Distance 5.0 elige el modelo que mejor se ajusta a la distribución de las distancias perpendiculares registradas durante el muestreo en campo. Dicho modelo se selecciona de entre los cuatro modelos derivados de la teoría de muestreo de distancias, estos son: de distribución uniforme (Uniform), de distribución normal media (Half-normal), de distribución exponencial negativa (Negative exponential) y de tasa de riesgo (Hazard-rate). Además, para cada uno de estos modelos se pueden utilizar tres funciones de ajuste distintas,

estas son: series de coseno (cosine series), polinomiales simples (simple polinomials) y polinomiales de Hermite (Hermite polinomials) (Buckland *et al.* 1994).

#### *Análisis de preferencias de hábitat*

Para realizar este análisis se estimó la densidad de *C. r. griscomi* en cada uno de los principales tipos de vegetación de manera individual. Asimismo, se tomó en cuenta la ubicación exacta de todos los registros (visuales y auditivos) obtenidos a partir del trabajo en campo; es decir, durante el muestreo de distancias, el reconocimiento de las zonas de trabajo y el desarrollo de las actividades de trampeo.

Este análisis permitió describir la relación que existe entre la distribución espacial de *C. r. griscomi* y el tipo de vegetación, la presencia de zonas de actividad humana y la presencia de fuentes de agua. Dicha relación se estableció con base en la distancia entre los registros y las zonas de actividad humana y las fuentes de agua, así como por el tipo de cobertura del suelo que existe en cada sitio donde se registró la presencia de estas aves. Se consideraron como zonas de actividad humana los caminos de terracería, los caminos pavimentados y los asentamientos humanos. Así mismo, el tipo de cobertura del suelo se consideró por el tipo de vegetación natural y por el tipo de uso del suelo.

La distancia entre los registros de *C. r. griscomi* y las zonas de influencia antrópica fue medida en campo directamente desde el inicio del trayecto hasta la ubicación del registro, mediante la medición y marcaje de cada trayecto (se colocaron marcas cada 50 metros). Adicionalmente, se corroboró cada distancia con ayuda del programa ArcView GIS 3.2, a partir de fotografías aéreas tomadas en el año 2001. La distancia a las fuentes de agua se midió directamente con base en el marcaje de los trayectos. Finalmente, el tipo de vegetación se determinó por observación directa en campo.

#### **Análisis de viabilidad poblacional**

Los análisis de viabilidad poblacional son métodos de análisis cuantitativos usados para determinar la probabilidad de extinción de una población en un determinado lapso de tiempo (Miller y Lacy, 2003). Para realizar este análisis se utilizó el programa Vortex 9.61 (Lacy *et al.* 2003) que modela la dinámica poblacional como una secuencia discreta de

eventos (ej. nacimientos, muertes, porcentaje de sexos en recién nacidos, catástrofes, entre otros), los cuales ocurren de acuerdo a probabilidades definidas por el investigador. De esta manera Vortex 9.61 arroja información acerca del tiempo en que podría extinguirse una población, si las condiciones ingresadas al modelo se mantienen constantes; además, permite identificar los factores críticos que influyen en la probabilidad de extinción de la especie o población analizada (Miller y Lacy, 2003).

Se realizó un análisis general para conocer el tiempo en que podría extinguirse la población de *C. r. griscomi*, tomando como base los mejores supuestos obtenidos a partir de la información disponible de este crácido y de otras especies de crácidos (Anexo III). Posteriormente, se generaron escenarios con diferentes valores en las variables de los datos de entrada para identificar los factores principales que podrían estar afectando la viabilidad poblacional de la subespecie. Los parámetros utilizados tanto en el análisis general como en los escenarios, se describen con detalle más adelante. En los escenarios se evaluaron algunas variables poblacionales (número de progenie por año y tasa de mortalidad), así como algunas ambientales (frecuencia de ocurrencia de catástrofes -huracanes- y cambios en la capacidad de carga -en relación con la cantidad de hábitat disponible-). Se generó también un escenario para analizar el comportamiento de la población, en caso de que se introduzcan individuos criados en cautiverio al medio silvestre.

#### ***Parámetros utilizados para el análisis de viabilidad poblacional de Crax rubra griscomi.***

Concordancia entre variación ambiental en la reproducción y sobrevivencia:

Vortex 9.61 puede realizar los análisis considerando que las fluctuaciones en los factores ambientales y climáticos, efectivamente concuerdan con el éxito reproductivo de la población, o que no existe tal concordancia. Se consideró que las fluctuaciones en los factores ambientales y climáticos sí pueden incidir en el éxito reproductivo de *C. r. griscomi*, coincidiendo con lo supuesto para *Oreophasis derbianus* en el trabajo de Camacho *et al.* (2003).

Sistema de reproducción:

Vortex 9.61 ofrece la opción de considerar el tipo de sistema de reproducción de la población para el análisis, de esta manera se puede indicar si los individuos de la población son monógamos, polígamos o hermafroditas. Aunque existen hipótesis encontradas, se tiene

información concreta sobre la monogamia en la mayoría de las especies de crácidos (del Hoyo *et al.* 1994) y en particular para *Crax rubra* (Delacour y Amadon, 1973, 2004).

Edad de primera reproducción:

Vortex 9.61 considera la edad de la primera reproducción como la edad a la cual se realiza la primera postura de huevos (Miller y Lacy, 2003). Se sabe que en cautiverio *Crax rubra* comienza a formar parejas a los dos años de edad (Arguedas *et al.* 1997).

Edad máxima para reproducción:

Vortex 9.61 asume que los animales pueden reproducirse a lo largo de toda su vida adulta (Miller y Lacy, 2003). Se ha reportado que *Crax rubra* puede llegar a vivir cerca de 20 años en cautiverio (Sermeño-Martínez, 1986; Arguedas *et al.* 1997), mientras que la edad máxima para la reproducción en *Oreophasis derbianus* es de 18 años, también en cautiverio (Camacho *et al.* 2003). Ya que la esperanza de vida en el medio silvestre puede disminuir drásticamente, se consideró que 10 años es un supuesto razonable.

Producción de descendencia:

No tenemos datos de poblaciones de crácidos para establecer el número de hembras que se reproducen por periodo reproductivo, por lo que los supuestos de Camacho *et al.* (2003) (para *Oreophasis derbianus*) son la mejor aproximación que se tiene. Así, se supuso que el 80% de las hembras se reproducen efectivamente.

Se sabe que en cautiverio y en vida silvestre *Crax rubra* tiene una puesta máxima de dos huevos (Sermeño-Martínez, 1986). La proporción de sexos para *C. r. griscomi*, de acuerdo con el trabajo de Martínez-Morales (1996), es de 1:1.

Vortex 9.61 modela la variación ambiental anual de la reproducción de hembras, a través de la especificación de la desviación estándar (SD) para la proporción de hembras adultas que exitosamente ponen huevos en un año (Miller y Lacy, 2003). Se consideró una desviación estándar de 8% con una confiabilidad de 95%, con base en lo supuesto por Camacho *et al.* (2003) para *Oreophasis derbianus*.

Para analizar la importancia de la producción de descendencia, así como sus implicaciones en la tendencia poblacional de *C. r. griscomi*, se simularon dos escenarios donde se modifica el parámetro de progenie anual. En el Escenario 1 se redujo el tamaño de la

progenie anual a sólo una cría, suponiendo que sólo se da una puesta de dos huevos durante el periodo reproductivo y que sólo sobrevive una cría. En el Escenario 2 se aumentó a cuatro crías, suponiendo que se dan dos puestas de dos huevos en un solo periodo reproductivo, en ambos casos sobreviven las dos crías.

#### Reproducción dependiente de la densidad:

Vortex 9.61 puede modelar la dependencia de densidad con una ecuación que especifica la proporción de hembras adultas que se reproducen, en función del tamaño total de la población (Miller y Lacy, 2003). Una población tan pequeña como la de *C. r. griscomi* sí puede presentar una dependencia de densidad en su reproducción, sin embargo, no existe información para establecer las proporciones de hembras que se reproducen, por lo que esta opción no fue incluida en los análisis.

#### Pool de machos en reproducción:

Algunos machos adultos pueden no reproducirse anualmente, independientemente de que sean fisiológicamente capaces de hacerlo. Esto puede ser modelado por Vortex 9.61 especificando la porción del total de los machos adultos disponibles para reproducirse cada año (Miller y Lacy, 2003). Sin embargo, no existe información disponible que permita determinar la proporción de machos que no se reproducen anualmente, por lo que todos los machos adultos se reproducen anualmente.

#### Mortalidad:

Debido a que no existe información acerca de las tasas de mortalidad para *C. r. griscomi*, se tomó la tabla de mortalidad supuesta para *Oreophasis derbianus* en el trabajo de Camacho *et al.* (2003) (Cuadro 2), tanto para machos, como para hembras.

Cuadro 2. Tabla de mortalidad supuesta para *Crax rubra griscomi*, mostrando la distribución de las tasa de mortalidad para cada clase de edad, tomada de Camacho *et al.* (2003) realizado con *Oreophasis derbianus*.

<b>Edad (en años)</b>	<b>% Mortalidad (DE)</b>	
	Hembras	Machos
0 – 1	50.0 (10.0)	50.0 (10.0)
1 – 2	10.0 (5.0)	10.0 (5.0)
2 – 3	10.0 (5.0)	10.0 (5.0)
3 – 4	10.0 (5.0)	10.0 (5.0)
> 4	10.0 (5.0)	20.0 (5.0)

Para analizar las implicaciones de la tasa de mortalidad en la viabilidad poblacional de *C. r. griscomi*, se crearon dos escenarios donde se modifica este parámetro. En el Escenario 3 se aumenta la tasa de mortalidad al doble, mientras que en el Escenario 4 se disminuyó a la mitad.

Tasa de sobrevivencia de hembras:

No se tiene información acerca de la sobrevivencia de las hembras para *C. r. griscomi* o algún otro crácido. *Crax rubra*, al igual que *Oreophasis derbianus*, presenta una estrategia k de reproducción (larga vida, poca cantidad de crías al año, madurez sexual tardía y no son muy susceptibles a depredadores). Por ello se consideró el  $85 \pm 5 \%$  supuesto por Camacho *et al.* (2003) para *O. derbianus*, como una aproximación de este parámetro.

Tasa de sobrevivencia de machos:

La tasa de sobrevivencia de *Crax rubra* podría variar entre sexos sólo hasta la madurez sexual, cuando los machos comienzan a vocalizar durante la época de apareamiento (Sermeño-Martínez 1986), exponiéndose a depredadores más que las hembras. Este comportamiento también se presenta en *Oreophasis derbianus*, por ello se supuso que la tasa de sobrevivencia disminuye un 10% en machos, quedando en un 70%, como lo sugirió Camacho *et al.* (2003).

Depresión por endogamia:

Vortex 9.61 puede modelar los efectos dañinos de la endogamia a través de la reducción de la supervivencia de la progenie durante el primer año (Miller y Lacy, 2003). No se incluyó este aspecto en los análisis, debido a que no existe información o evidencia que indique que la población de *C. r. griscomi* este siendo sometida a depresión por endogamia.

Catástrofes:

Las catástrofes naturales son eventos ambientales que afectan la reproducción y/o sobrevivencia de las especies (ej. Ostertag *et al.* 2005; Pavelka y Behie, 2005). Estos eventos son modelados en Vortex 9.61 asignando una probabilidad de ocurrencia anual, además de dos factores de severidad que describen su impacto en la mortalidad (en todas las clases de edades y sexos) y la proporción de hembras que se reproducen exitosamente por año. Estos rangos van desde 0.0 (efecto máximo) a 1.0 (sin efecto), y son impuestos sólo durante los años en que se supone que ocurrirán las catástrofes (Miller y Lacy, 2003).

Para *C. r. griscomi* los huracanes son el único tipo de catástrofe natural que afecta gravemente a su población; estos azotan a la isla con una frecuencia de uno cada seis años (Martínez-Morales, 1996; Carabias *et al.* 1998; Proenza, 2006). Ya que no se tiene información cuantitativa de la gravedad de la ocurrencia de un huracán sobre la población de *C. r. griscomi*, se tomaron los supuestos propuestos para *Oreophasis derbianus* por Camacho *et al.* (2003). Así, se asumió que habrá un 50% de reducción en el número de hembras que se reproducen y una reducción del 10% de la supervivencia, para todas las clases de edad en el año del paso del huracán.

Se analizaron las implicaciones de la ocurrencia de huracanes, mediante la creación de dos escenarios donde se modifica el parámetro de frecuencia de catástrofes. En el Escenario 5 se aumento la frecuencia de ocurrencia de huracanes a uno cada tres años, mientras que en el Escenario 6 se disminuyó a uno cada nueve años.

Tamaño inicial de la población:

Se consideró una población inicial de 255 aves, a partir del análisis de abundancia poblacional de *C. r. griscomi*, con base en el intervalo inferior de la densidad estimada en este estudio.

Vortex 9.61 distribuye la población inicial especificada entre clases de sexo y edad, de acuerdo a la distribución de edad estable característica para las condiciones de mortalidad y reproducción descritas previamente para estos análisis (Miller y Lacy, 2003).

Capacidad de carga:

La capacidad de carga (K) define el límite máximo para el tamaño poblacional en un hábitat específico. Para este estudio se consideró la capacidad de carga en función de la extensión del hábitat disponible para *C. r. griscomi*. De esta manera, con base en la extensión total del área habitable para *C. r. griscomi*, y al considerar una densidad poblacional ideal de 5 aves/km<sup>2</sup> (Martínez-Morales, 1996), se estimó una capacidad de carga de 1430 aves para la isla.

Se analizaron las implicaciones de la capacidad de carga en las tendencias poblacionales de *C. r. griscomi*, con la creación de dos escenarios donde se modifica el parámetro de capacidad de carga (en función de la extensión del hábitat). En el Escenario 7 se

disminuye la capacidad de carga en un 5% cada 10 años, mientras que en el Escenario 8 se aumenta en un 5% cada 10 años.

#### Suplementación con individuos:

Vortex 9.61 puede modelar el efecto de la introducción de individuos nacidos en cautiverio a la población silvestre, mediante la especificación de la cantidad de individuos suplementados por año (Miller y Lacy, 2003). Se han reportado cantidades de entre tres y 40 individuos, criados en cautiverio, que son introducidos en poblaciones silvestres de *Crax rubra* (Fournier, 2006). Sin embargo, sólo se quiso mostrar una aproximación del efecto de este tipo de manejo en la población. Así, se analizó el efecto de la suplementación con individuos en el Escenario 9, donde se introdujeron cuatro individuos a la población silvestre (Cuadro 3) cada dos años, a partir del segundo año, durante los 100 años del análisis.

Cuadro 3. Número de individuos suplementados a la población silvestre, en el Escenario 9 de los análisis de viabilidad poblacional, mostrando el sexo y edad de cada uno de ellos.

Número de individuos	Sexo	Edad
1	♀	Adulto
1	♂	Adulto
1	♀	Juvenil
1	♂	Juvenil

#### Repeticiones y años de proyección

Todos los escenarios fueron simulados 100 veces. Cada proyección se extiende por 100 años, con información demográfica obtenida a intervalos de 10 años.

## Trampeo

La captura sistemática de individuos es un método usado para realizar inventarios y estimaciones de abundancia poblacional en diversos grupos de animales (Bub, 1995; Bautista *et al.* 2004). Este método se implementó entre los meses de marzo a julio, con la intención de capturar individuos de *C. r. griscomi*. Se utilizó una variación de la técnica de captura con trampas de cable de acero (Figuras 4 y 5). Este tipo de trampa permite la captura de los individuos mediante la retención de alguna de sus extremidades, para no causarle daño en alguna parte vital de su cuerpo.

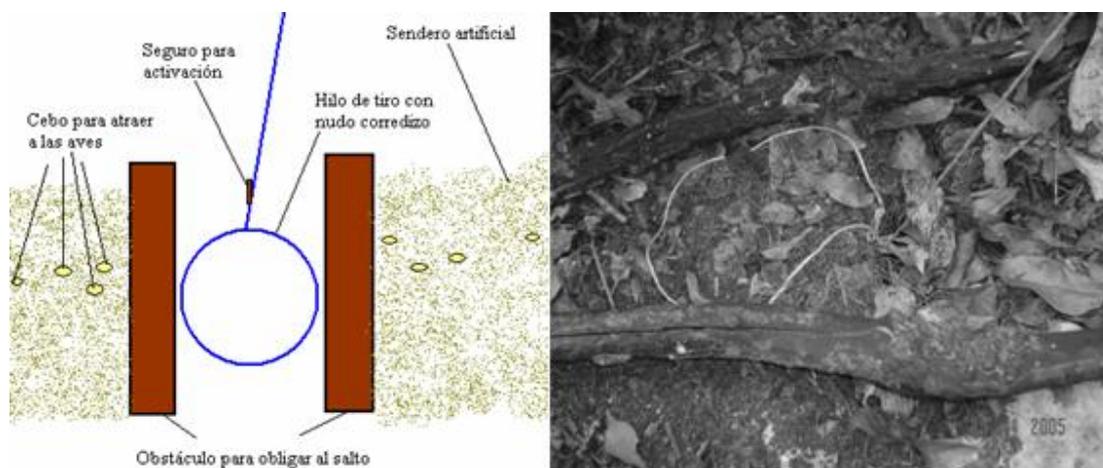


Figura 4. Esquema general del tipo de trampas utilizadas para la captura de *C. r. griscomi* (izquierda) y foto de una trampa en campo (derecha) (ambas en vista superior).

La mayor diferencia con las trampas tradicionales se debe al uso de hilo en vez de cable de acero, así como al empleo de un arco de tensión con una fuerza calculada para el peso de las aves (5 Kg) para evitar dañar físicamente a los individuos que fueran capturados. El hilo permite asegurar que, al momento de atrapar al individuo, la extremidad no sea lastimada por cortadura debida a la fuerza de tiro que se ejerce al dispararse la trampa. Adicionalmente, el cálculo de la tensión del arco, permite asegurar que la fuerza de tiro ejercida directamente sobre la extremidad no lastime al individuo por desgarre muscular de la misma (figura 5).

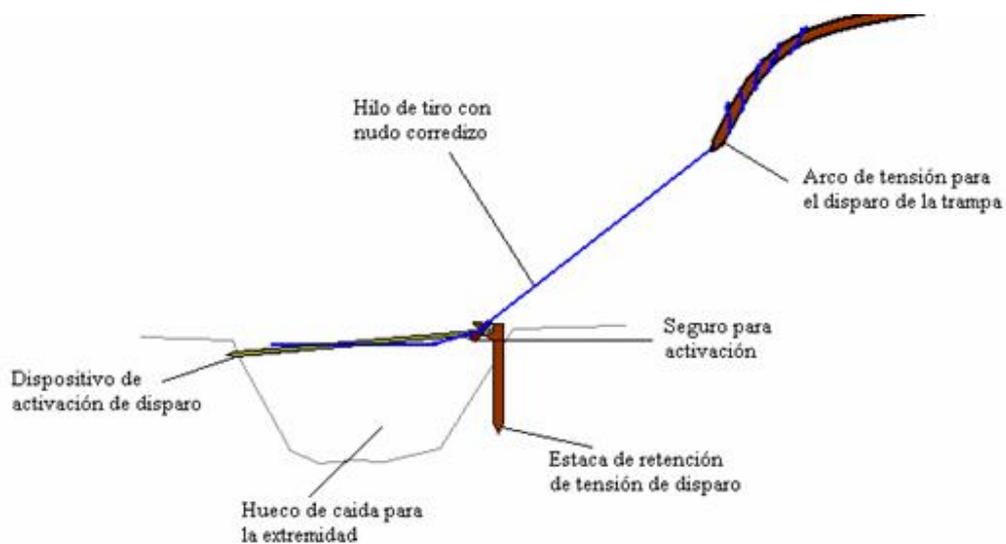


Figura 5. Estructura general de las trampas utilizadas para la captura de *C. r. griscomi* (vista lateral).

Las trampas fueron ubicadas en sitios debidamente georeferenciados, donde se crearon senderos de unos 100 m de longitud con cinco trampas en promedio cada uno. A lo largo de los senderos, se colocó un cebo constituido por granos de maíz para atraer a los individuos (Figura 4). Cada trampa permaneció activa durante las 24 horas del día, revisándolas entre las 08:00 y las 15:00 hrs, diariamente.

A lo largo de todo el periodo de trampeo, se utilizaron un total de 137 trampas en 27 senderos distintos ubicados en dos zonas generales (Figura 2). Estas zonas correspondieron a la ubicación de dos de los trayectos que fueron usados para el método de trayectos lineales, donde se detectó la presencia de *C. r. griscomi*. El trayecto Cedral, ubicado en la región sur de la isla, contó con seis senderos y un total de 30 trampas, y el trayecto Ceiba grande (centro-sur de la isla) con 21 senderos y 107 trampas (Cuadro 4).

El esfuerzo de muestreo total fue de 4232 trampas-día, con un promedio de 31 días de actividad por cada trampa utilizada, siendo ocho días de actividad el esfuerzo mínimo de muestreo por trampa y 79 días el esfuerzo máximo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Meses del año 2005 durante los cuales se llevó a cabo el trampeo de *Crax rubra griscomi* en cada uno de los senderos, así como la zona o trayecto a que pertenecen, indicando también la cantidad total de días de actividad para cada uno de ellos.

<b>Trayecto</b>	<b>Sendero</b>	<b>Mes de actividad</b>	<b>Días totales</b>
Ceiba grande	Sendero 1 (*5)	Marzo - Mayo	44
	Sendero 2 (*5)	Marzo - Mayo	44
	Sendero 3 (*5)	Marzo - Junio	78
	Sendero 4 (*5)	Marzo - Junio	79
	Sendero 5 (*1)	Mayo - Junio	30
	Sendero 6 (*2)	Abril - Mayo	13
	Sendero 7 (*2)	Abril - Mayo	25
	Sendero 8 (*2)	Mayo	9
	Sendero 9 (*2)	Mayo	8
	Sendero 10 (*5)	Abril - Mayo	31
	Sendero 11 (*7)	Abril - Junio	63
	Sendero 12 (*7)	Abril - Junio	66
	Sendero 13 (*6)	Abril - Mayo	25
	Sendero 14 (*7)	Abril - Mayo	29
	Sendero 15 (*6)	Abril - Mayo	28
	Sendero 16 (*6)	Abril - Mayo	26
	Sendero 17 (*5)	Mayo - Junio	28
	Sendero 18 (*4)	Mayo - Junio	24
	Sendero 19 (*5)	Mayo - Junio	15
	Sendero 20 (*10)	Junio - Julio	24
	Sendero 21 (*10)	Julio	11
Cedral	Sendero 22 (*5)	Marzo - Abril	17
	Sendero 23 (*5)	Marzo - Abril	17
	Sendero 24 (*5)	Marzo - Abril	16
	Sendero 25 (*5)	Marzo - Abril	16
	Sendero 26 (*5)	Marzo - Abril	15
	Sendero 27 (*5)	Marzo - Abril	15

\*Número de trampas ubicadas en cada sendero.

## RESULTADOS

### Abundancia poblacional

El ancho efectivo de banda estimado por Distance 5.0 fue de 18 metros a cada lado del trayecto, por lo que al considerar los 155.5 km de la distancia total recorrida, se calcula que el área muestreada fue de unos 5.6 km<sup>2</sup>. De esta forma el análisis de densidad poblacional realizado a partir de los cinco registros independientes obtenidos del muestreo de distancias en trayectos lineales (Cuadro 5), sugiere que existen  $1.02 \pm 0.42$  aves/km<sup>2</sup> con una tasa de encuentro de  $0.03 \pm 0.01$  aves/km.

Cuadro 5. Registros independientes que se lograron durante el muestreo de distancias en trayectos lineales, resaltando las distancias perpendiculares de las aves al trayecto.

Número de registro	Número de individuos	Sexo*	Distancia (en metros)	Fecha	Tipo de vegetación**
1	1	♀	<b>9.21</b>	05/04/2005	SMS
2	1	♀	<b>7.42</b>	22/04/2005	SMS
3	1	♀	<b>10.11</b>	17/05/2005	SMS - aguada
4	1	♀	<b>13.38</b>	30/05/2005	SMS - aguada
5	2	♂ y ♀	<b>18.23</b>	13/06/2005	SMS - aguada

\* La determinación del sexo se hizo por apreciación directa ya que existe dimorfismo sexual en esta subespecie.

\*\* SMS: Selva Mediana Subcaducifolia.

Así al considerar los 409 km<sup>2</sup> del área que se consideró habitable para *C. r. griscomi* (selva mediana subcaducifolia, selva baja caducifolia y manglar), se calcula un tamaño poblacional de unos  $417 \pm 171$  individuos hasta antes del paso de los huracanes en 2005. Si se toman en cuenta sólo los 310 km<sup>2</sup> de la selva mediana subcaducifolia (ya que no se obtuvieron registros en la selva baja caducifolia ni en el manglar), se puede considerar una densidad poblacional de  $1.2 \pm 0.5$  aves/km<sup>2</sup> y un tamaño poblacional de tan sólo  $372 \pm 155$  aves.

Del recorrido de trayectos, se obtuvieron registros de otras especies de vertebrados, sobresaliendo la gran cantidad de avistamientos de culebras (*Dryadophis melanolomus*), así como de perros domésticos (*Canis familiaris*) (Cuadro 6), ya que ambos son depredadores potenciales de *C. r. griscomi*.

Cuadro 6. Lista de especies registradas visualmente durante el muestreo de distancias en trayectos lineales, entre los meses de febrero y octubre del año 2005 en la Isa de Cozumel, indicando el número de individuos de cada especie, así como el trayecto y el tipo de vegetación correspondiente al sitio donde ocurrió cada evento.

<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Número de individuos</b>	<b>Trayecto</b>	<b>Tipo de vegetación *</b>
<i>Dasypus novemcinctus</i>	Armadillo	1	Rancho palmitas	SMS
		1	Cedral	SMS
<i>Canis familiaris</i>	Perro doméstico	3	Cedral	SMS
<i>Nasua nelsoni</i>	Coatí o pizote	1	Rancho palmitas	SMS
		2	Rancho palmitas	SMS
		1	Punto muerto	SBC
<i>Crax rubra griseomi</i>	Hocofaisan de Cozumel	2 (♀)	Ceiba grande	SMS
		2 (♀)	Ceiba grande	SMS - aguada
		2 (¿♂? y ♀)	Ceiba grande	SMS - aguada
<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana negra	1	Cedral	SBC
		2	Punto muerto	SBC
		2	Mezcalitos	SMS
		1	Mezcalitos	SBC
		2	Coconuts	SBC
		1	Mezcalitos	SMS
		1	Santa Rita	SBC
<i>Dryadophis melanolomus</i>	Culebra	13	Cedral	SMS
		6	Rancho palmitas	SBC
		2	Rancho palmitas	SMS
		1	Mezcalitos	SBC
		4	Mezcalitos	SMS
		1	CAPA	SMS
		4	Ceiba grande	SBC
		2	Ceiba grande	SMS
		2	Punto muerto	SBC
		4	Chen chon	SMS
		1	Chen chon	SBC
1	Santa Rita	SBC		
<i>Iguana iguana</i>	Iguana verde	1	Cedral	SMS
<i>Tajassu tajacu nanus</i>	Pecari de collar	2	Punto muerto	SBC
		1	CAPA	SMS
		3	Ceiba grande	SMS
		1	Rancho palmitas	SMS
		1	Cedral	SMS
		2	La ceiba	SBC
		1	Coconuts	SBC
		1	Chen chon	SMS
<i>Rhinoclemys sp</i>	Tortuga de manchas rojas	1	Ceiba grande	SBC
No identificada	Serpiente	2	Cedral	SMS

\* SBC: Selva Baja Caducifolia. SMS: Selva Mediana Subcaducifolia.

No obstante que se realizó un trampeo extensivo, en un principio, e intensivo, en la fase final del trabajo en campo; se capturó sólo a una hembra de *C. r. griscomi* en la zona de la Ceiba grande (Cuadro 7). También se capturaron vertebrados de otras especies, resaltando la cantidad de individuos de la especie *Canis familiaris* (Cuadro 7), debido al riesgo que representan para *C. r. griscomi* como depredadores potenciales.

Cuadro 7. Capturas que se obtuvieron entre los meses de marzo y julio del año 2005 en la Isla de Cozumel, indicando el número de individuos por especie, además de la zona o trayecto donde se registro cada evento y el tipo de vegetación del lugar específico.

<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Número de Individuos</b>	<b>Fecha de captura</b>	<b>**Tipo de vegetación</b>
<i>Tajassu tajacu nanus</i>	Pecari de collar	1*	09/04/2005	SMS***
		1*	12/04/2005	SMS***
		1*	10/05/2005	SMS***
		1*	14/05/2005	SMS***
		1*	14/05/2005	SMS***
		1*	10/06/2005	SMS***
<i>Canis familiaris</i>	Perro doméstico	1*	05/05/2005	SMS***
		1*	08/06/2005	Manglar
		1*	13/06/2005	SMS***
<i>Procyon pygmaeus</i>	Mapache enano	1*	05/05/2005	SMS***
		1*	09/06/2005	SMS***
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote	1*	15/05/2005	Manglar
<i>Crax rubra griscomi</i>	Hocofaisán de Cozumel	1(♀)	11/07/2005	SMS***

\* No se determinó el sexo del individuo capturado.

\*\* Todas las capturas se lograron en la zona del trayecto Ceiba grande.

\*\*\* SMS: Selva Mediana Subcaducifolia.

### **Preferencias de hábitat.**

Durante las actividades de trampeo se obtuvieron cinco registros visuales, adicionales a los obtenidos durante el muestreo de distancias. De esta manera, los 10 registros visuales que

se lograron, así como la única captura realizada, ocurrieron en el trayecto Ceiba grande (Cuadro 8), en un área relativamente pequeña dentro de la selva mediana subcaducifolia (Figura 6). Este sitio se caracteriza por la presencia de una fuente de agua natural (aguada), además de estar alejado de zonas de influencia antrópica, tales como asentamientos humanos, caminos (pavimentados y de terracería), zonas agrícolas y zonas de pastoreo; que están a una distancia de 1.95 - 2.60 km.

Del total de los registros visuales, ocho correspondieron a hembras, posiblemente adultas, uno fue de un macho adulto y posiblemente una pareja. De todos los registros, siete se ubicaron a una distancia menor a 10 m de la aguada más cercana, mientras que los otros tres registros se ubicaron a una distancia de entre 100 y 600 metros (Cuadro 8).

Adicionalmente, se obtuvieron tres registros auditivos de machos de *C. r. griscomi*, posiblemente adultos, los cuales emitían el sonido gutural característico de la época de reproducción. De estos tres registros, dos se ubicaron en las cercanías de la aguada del trayecto “Ceiba grande”, mientras que el otro registro se ubicó en la zona que corresponde a la ubicación del trayecto “Cedral”, también en las cercanías de una aguada (Cuadro 8).

Cuadro 8. Registros visuales de *C. r. griscomi* mostrando la distancia a la que se encontraban los individuos de las aguadas y de las zonas de influencia humana.

Tipo de registro	Sexo	Fecha de registro	Distancia a zonas de influencia antrópica (m)	Distancia a la aguada (m)	Sitio
Auditivo*	(♂)	25/03/2005	1500**	100**	Cedral
Visual	(♀)	05/04/2005	1950 – 2000	0	Ceiba grande
Auditivo*	(♂)	09/04/2005	2000**	0**	Ceiba grande
Visual	(♀)	19/04/2005	2500	500	Ceiba grande
Visual	(¿♂? y ♀)	24/04/2005	1950	0	Ceiba grande
Visual	(♀)	29/04/2005	2100	100	Ceiba grande
Visual	(♀)	06/05/2005	2600	600	Ceiba grande
Auditivo*	(♂)	15/05/2005	2000**	0**	Ceiba grande
Visual	(♀)	17/05/2005	2000	0	Ceiba grande
Visual	(♀)	27/05/2005	2000	0	Ceiba grande
Visual	(♀)	30/05/2005	2000	0	Ceiba grande
Visual	(♀)	31/05/2005	2000	10	Ceiba grande
Visual	(♂)	13/06/2005	2000	0	Ceiba grande

\*Los registros auditivos se reconocieron ya que en la selva de la Isla de Cozumel, no existe otra ave con un canto de cortejo similar.

\*\* Distancia a la que se encontraba el observador.

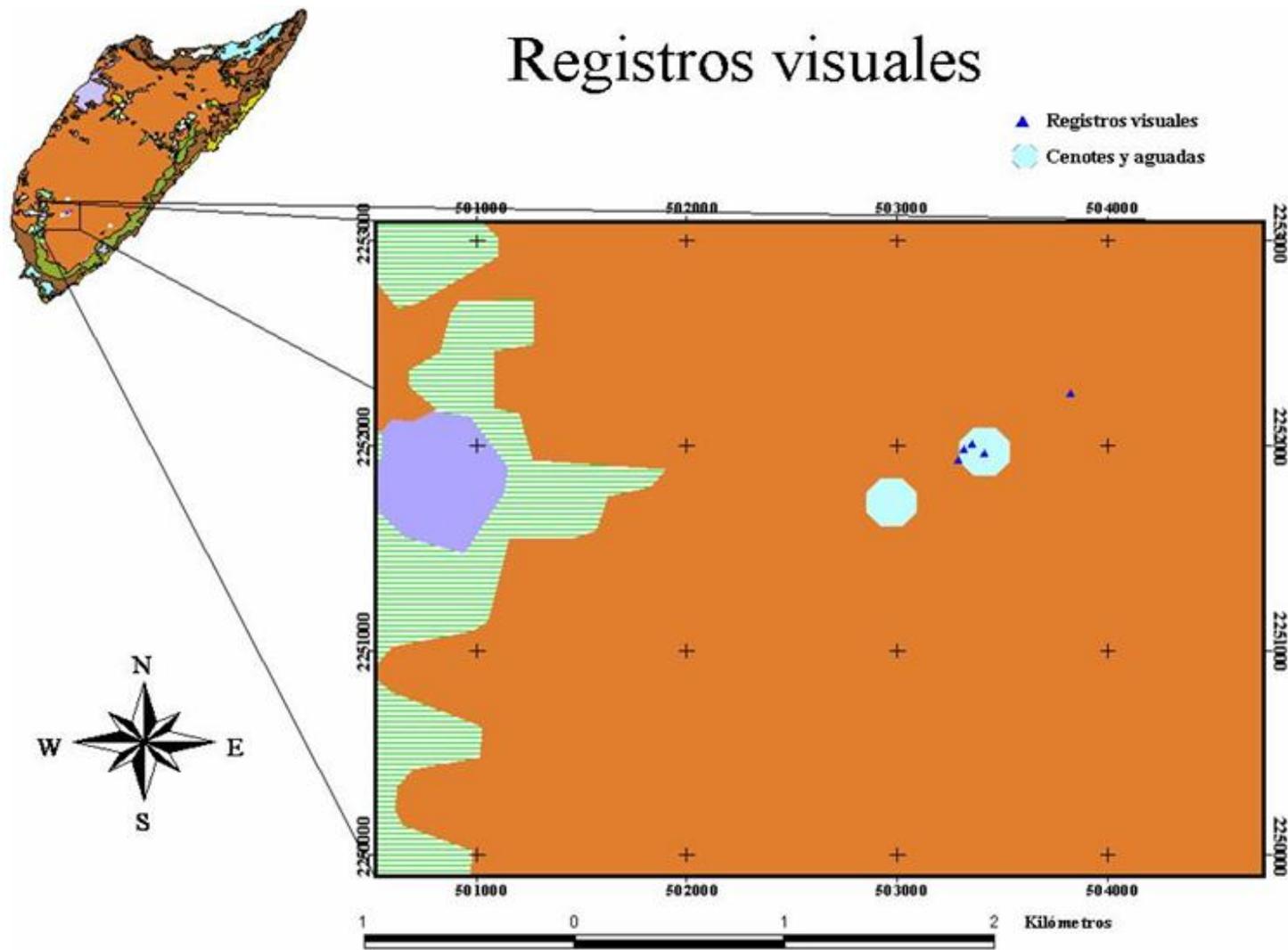


Figura 6. Mapa que muestra la ubicación de la zona donde se registraron los avistamientos de *C. r. griscomi*.

## Viabilidad poblacional

El análisis de viabilidad poblacional indicó un 100 % de probabilidad de que la población de *C. r. griscomi* se extinga, con base en los parámetros expuestos en el Anexo III. Se estima un tiempo promedio de 7.14 años (EE= 0.74) para que la población pierda toda posibilidad de recuperación, así como un tiempo estimado de aproximadamente de 40 años para la extinción de la población (Figura 7).

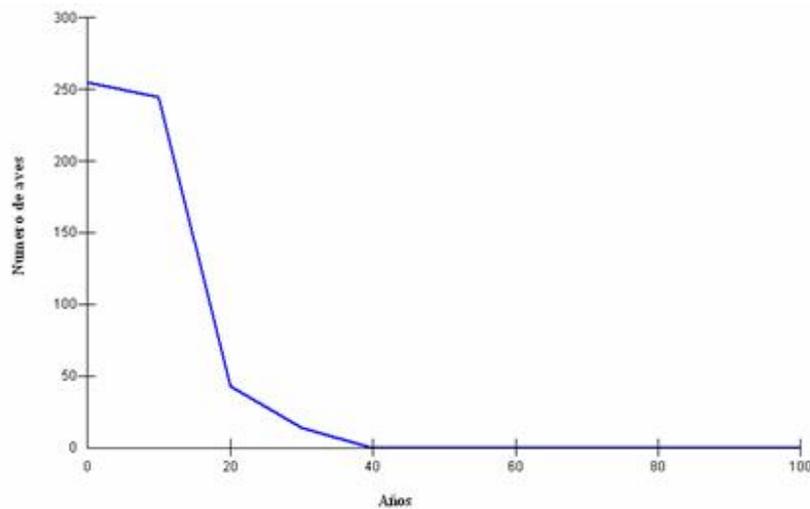


Figura 7. Tendencia poblacional de *C. r. griscomi* al término de 100 años, de acuerdo al simulador Vortex 9.61, con base en los supuestos expuestos previamente. Mostrando el tiempo de extinción para la población de la subespecie

Los escenarios donde se manipuló la variable de la progenie anual, indican que el tiempo de extinción no presenta cambios considerando los casos de dos y cuatro crías por hembra por año; sin embargo, en el caso de una cría por año el tiempo para la extinción se reduce en aproximadamente 10 años (Figura 8).

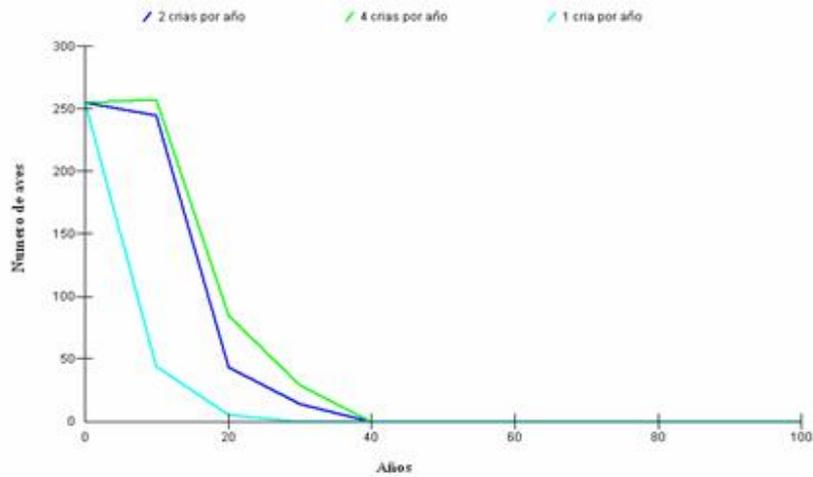


Figura 8. Tendencia poblacional de *C. r. griscomi* al término de 100 años, de acuerdo al simulador Vortex 9.61, al modificar los valores para la variable de progenie anual. Mostrando el efecto negativo de la disminución en el número de crías por año, en la viabilidad poblacional de la subespecie.

Los escenarios correspondientes a la tasa de mortalidad indican claramente una variación en el tiempo de extinción, donde podría existir una relación inversa entre la tasa de mortalidad y el tiempo de extinción, lo que significa que entre mayor sea la tasa de mortalidad menor será el periodo de tiempo que transcurrirá antes de que se extinga la población de *C. r. griscomi* (Figura 9).

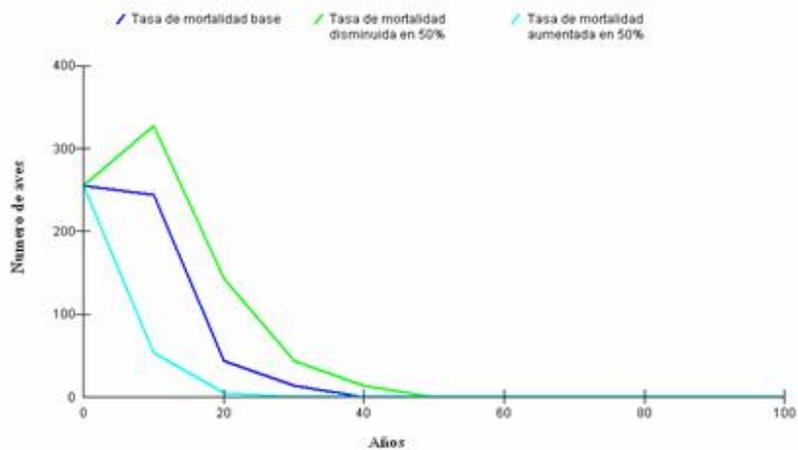


Figura 9. Tendencia poblacional de *C. r. griscomi* al término de 100 años, de acuerdo al simulador Vortex 9.61, al modificar los valores para la variable de tasa de mortalidad. Mostrando el efecto negativo de el aumento en la tasa de mortalidad, en la viabilidad poblacional de la subespecie

Los escenarios donde se evaluó la variable de frecuencia de ocurrencia de huracanes presentan un resultado similar al de la variable anterior, de tal manera que parece existir una relación inversa entre la frecuencia de ocurrencia de huracanes y el tiempo de extinción; es decir, mientras mayor sea la frecuencia con que ocurren huracanes en la isla, menor será el periodo de tiempo que transcurrirá hasta que se extinga la población (Figura 10).

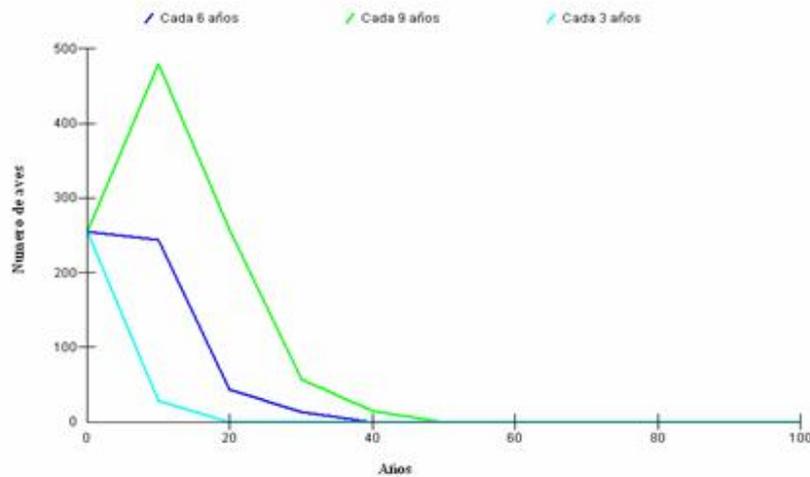


Figura 10. Tendencia poblacional de *C. r. griscomi* al término de 100 años, de acuerdo al simulador Vortex 9.61, al modificar los valores para la variable de frecuencia de ocurrencia de huracanes. Mostrando el efecto negativo de un aumento en la frecuencia de ocurrencia de huracanes, en la viabilidad poblacional de la subespecie.

En los escenarios donde se modifican los valores para la variable de capacidad de carga (K), el tiempo estimado para la extinción de la población disminuye independientemente de si la capacidad de carga del hábitat aumenta o disminuye (Figura 11).

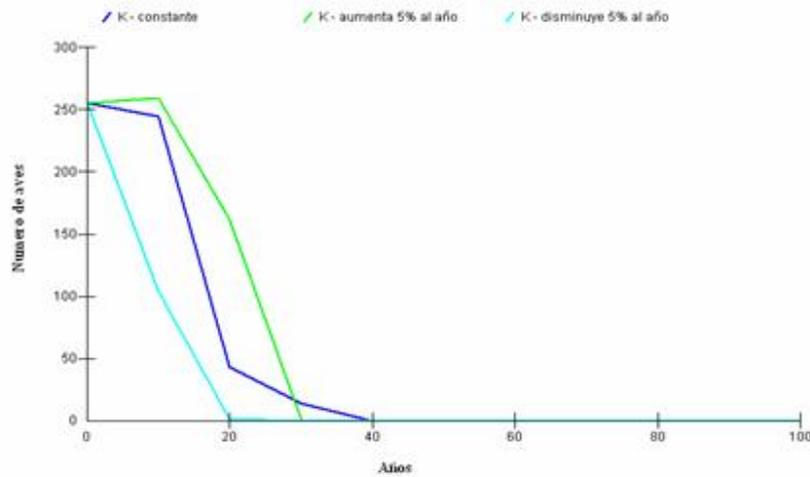


Figura 11. Tendencia poblacional de *C. r. grisea* al término de 100 años, de acuerdo al simulador Vortex 9.61, al modificar los valores para la variable de capacidad de carga (K), definida en este estudio en relación a la cantidad de hábitat disponible. Mostrando una posible independencia de la viabilidad poblacional de la subespecie, con respecto del hábitat disponible.

Finalmente, en los escenarios donde se compara la tendencia poblacional en caso de que se introduzcan individuos nacidos en cautiverio a la población silvestre, y en caso de que no se haga, mostrando que en un periodo de 100 años puede evitarse la extinción si se lleva a cabo la suplementación con individuos, logrando mantener a la población con un tamaño constante aunque muy reducido (Figura 12).

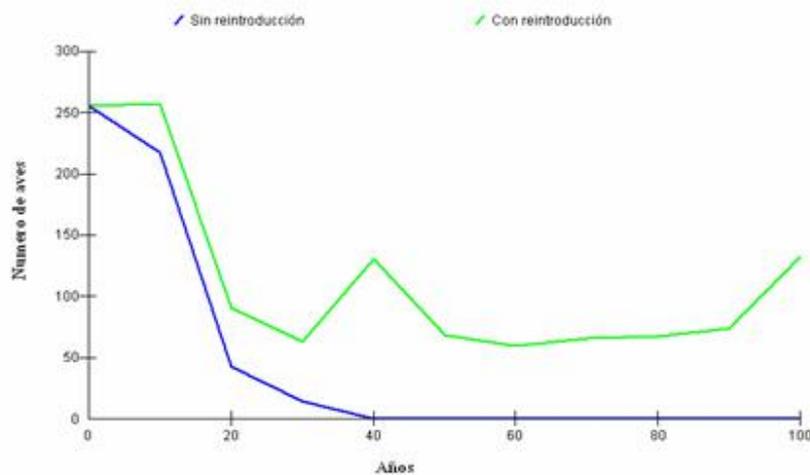


Figura 12. Tendencia poblacional de *C. r. grisea* al término de 100 años, de acuerdo al simulador Vortex 9.61, al llevar a cabo la suplementación con individuos (introducción de individuos a la población silvestre). Mostrando el efecto positivo de la introducción de individuos criados en cautiverio, a la población silvestre, en la viabilidad poblacional de la subespecie.

## DISCUSIÓN

### Abundancia

La densidad poblacional estimada ( $1.02 \pm 0.42$  aves/km<sup>2</sup>) indica que el tamaño poblacional de *C. r. griscomi* probablemente no ha cambiado en la última década, en relación con lo que estimó Martínez-Morales en 1995 ( $0.87 \pm 0.28$  aves/km<sup>2</sup>). Esta densidad poblacional es muy pequeña, esto es, entre el 10 y el 20% en relación con la densidad registrada para *Crax spp.* en otros estudios (Thiollay, 1989, 1994; Terborgh *et al.*, 1990; Silva y Strahl, 1991; Martínez-Morales, 1997, 2001). A su vez, la densidad estimada para *C. r. griscomi* es similar a la densidad estimada para poblaciones de crácidos propensas a extinción local (ej. Ríos *et al.* 2005).

Es importante mencionar que se obtuvieron muy pocos registros, lo que es normal en trabajos con poblaciones depauperadas (ej. Ríos *et al.* 2005 reporta 0.87 aves/km<sup>2</sup> para *Aburria aburri*). Por esta razón, la densidad poblacional estimada en este estudio presenta un error estándar grande y debe considerarse sólo como una aproximación de la densidad poblacional real de *C. r. griscomi*.

Martínez-Morales (1998) describió una relación positiva entre el impacto de huracanes de gran magnitud y la disminución en el tamaño poblacional de *C. r. griscomi*, lo que podría explicar la ausencia de cambios en la abundancia de estas aves en la última década. Meses después de que Martínez-Morales concluyera su trabajo en campo (1995), el huracán Roxanne (categoría 3 en la escala de Saffir Simpson) impactó a la isla, lo que pudo haber ocasionado una disminución de la densidad poblacional de la subespecie (en relación con lo estimado por Martínez-Morales). De esta manera, las estimaciones encontradas en este estudio podrían ser el resultado de una década de recuperación de la población de esta subespecie.

La intensidad y la frecuencia con la que los huracanes Emily y Wilma impactaron la isla durante la realización de este estudio (julio y octubre del 2005 respectivamente), además de la sensibilidad que presentan las especies como *C. r. griscomi* al impacto de este tipo de meteoros (Martínez-Morales, 1996, 1998; Ostertag, 2005; Pavelka y Behie, 2005; habitantes locales, comunicación personal), podrían haber causado que su abundancia poblacional disminuyera (en relación a la abundancia estimada en este estudio).

La tasa de encuentro ha sido utilizada como un índice de abundancia relativa en algunos estudios (ej. Naranjo, 2001; Carvajal *et al.* 2005). En contraste con la densidad poblacional estimada, la tasa de encuentro registrada en este estudio ( $0.03 \pm 0.01$  aves/km) (hasta antes del paso de los huracanes Emily y Wilma) es más baja que la registrada por Martínez-Morales en el año 1995 ( $0.04 \pm 0.01$  aves/km), lo que parecería sugerir *a priori* una disminución en la abundancia relativa actual de la subespecie. Sin embargo, este índice puede verse alterado por factores independientes de las variaciones en el tamaño de la población, tales como la visibilidad en el campo y la percepción del observador durante el muestreo. El hecho de que las condiciones ambientales en las que se realizó este estudio, no fueran las mismas con respecto al estudio previo, hacen que las tasas de encuentro estimadas no sean comparables. Por lo tanto, no debe tomarse como una medida confiable de la variación en la abundancia relativa de *C. r. griscomi*, debido, entre otros factores, a las alteraciones que sufrió la isla como consecuencia del paso del huracán Roxanne en 1995.

Es importante resaltar que durante la realización del trabajo en campo, la probabilidad de detectar a las aves varió grandemente después del impacto de los huracanes Emily y Wilma (julio y octubre del 2005, respectivamente). Luego del paso de los huracanes no se registró la presencia de *C. r. griscomi*, posiblemente debido a la afectación que sufrió la vegetación a lo largo de los trayectos, a la reducción en la intensidad de muestreo por la inaccesibilidad de los trayectos, y sin descartar la posible disminución de su abundancia poblacional.

El número de capturas logradas también es un indicador indirecto de que el tamaño poblacional de *C. r. griscomi* es pequeño. Éste no puede ser atribuido al tipo de trampas usadas, porque su efectividad se corroboró con la captura de una hembra de la subespecie de interés, además de que se capturaron individuos de otras especies (Cuadro 6).

La densidad poblacional estimada en este estudio indica que la subespecie aún se encuentra en peligro crítico de extinción. Así, al conservar un tamaño poblacional pequeño durante mucho tiempo, la subespecie presenta un riesgo adicional por depresión endogámica, especialmente por tratarse de una población aislada y sin flujo génico (Jamienson *et al.* 2006).

## Viabilidad poblacional

Los resultados obtenidos en el análisis de viabilidad poblacional para *C. r. griscomi*, considerando nuestros mejores supuestos basados en la información disponible, predicen un tiempo de aproximadamente siete años, para que la población alcance un punto en el que la probabilidad de extinción sea mayor que la de recuperación.

Esto sugiere que la población aún se encuentra en un estado de conservación en el cual su tendencia poblacional puede ser cambiada positivamente, por lo que la implementación de un plan de manejo bien diseñado podría evitar que la subespecie entre en un vórtice de extinción.

El escenario donde se manipula la variable de progenie anual, sugiere que una disminución en la cantidad de crías producidas por año, puede ser un factor que acelere el tiempo de extinción de la población. Así mismo, el escenario donde se modifica la tasa de mortalidad, muestra cómo el aumento en la tasa de mortalidad, se traduce en una extinción más rápida.

Estos resultados pueden interpretarse como un indicador de que el manejo de la población de *C. r. griscomi*, así como las poblaciones de especies asociadas, facilitaría el aumento en el número de aves y disminuiría el riesgo de extinción. Esto como una medida importante para lograr la conservación de la subespecie. Incluyendo medidas que contemplen ya sea el control directo de las poblaciones, mediante la esterilización de individuos, o la erradicación de las mismas.

Las especies de depredadores naturales de *C. r. griscomi* en incluidos en la fauna nativa de la Isla de Cozumel, entre las que se encuentran *Procyon pygmaeus*, *Nasua nelsoni*, *Potos flavus*, *Urocyon cinereoargenteus* y *Buteo magnirostris gracilis* (Martínez-Morales, 1996); presentan una baja abundancia poblacional. Así, el manejo de las poblaciones de especies exóticas nocivas, entre las que destacan los perros, gatos, boas y ratones (Martínez-Morales, 1996, 1998, 1999; Martínez-Morales y Cuarón, 1999; Cuarón *et al.* 2004; Romero-Nájera *et al.* 2006); podría disminuir grandemente la tasa de mortalidad por depredación, apoyando así la conservación de la subespecie.

En el escenario donde se inducen variaciones en la frecuencia de ocurrencia de huracanes, se encontró una relación inversa entre la frecuencia de ocurrencia de huracanes y el

tiempo de extinción. Lo que resalta la posible necesidad de acciones de manejo, para asegurar la conservación de la subespecie, especialmente por el aparente aumento en la intensidad de los huracanes en las últimas décadas (Anexo I). Esta necesidad se refuerza al considerar el supuesto de Martínez-Morales (1998), acerca de que existe una relación entre el impacto de huracanes de gran intensidad y periodos de disminución en la abundancia de *C. r. griscomi*.

El escenario donde se manipuló la variable de capacidad de carga, la cual se definió en relación con la extensión del hábitat disponible, se encontró una disminución en el tiempo de extinción, independientemente de si la capacidad de carga del hábitat disminuye o aumenta. Este resultado puede ser el reflejo de que la capacidad de carga no está directamente relacionada con el estado poblacional de *C. r. griscomi*. Lo anterior es entendible, por que su densidad poblacional estimada es muy baja, en relación con las 1700 a 3400 aves que podrían vivir en la isla, considerando una densidad poblacional saludable de entre 5 y 8 aves/km<sup>2</sup> (Martínez-Morales, 1996, 1997, 1999, 2001).

Los resultados del escenario de capacidad de carga no significan que la extensión del hábitat no sea importante para la subespecie, pues de acuerdo con trabajos realizados con diversas especies de crácidos (entre ellas *Crax rubra griscomi*), la conservación del hábitat debe ser una prioridad (Sermeño-Martínez, 1986; Silva y Strahl, 1991; Strahl *et al.* 1995; Martínez-Morales, 1996; Arguedas *et al.* 1997; O'Neill, 1997; Brooks y Strahl, 2000; González-García *et al.* 2001; Camacho *et al.* 2003; Fournier, 2006).

Finalmente, los resultados obtenidos con el escenario donde se incorpora la suplementación de individuos a la población silvestre, indican que podría evitarse la extinción de la población a través de esta práctica. Por lo tanto, si los supuestos son correctos, la reproducción de individuos de *C. r. griscomi* en cautiverio (para su posterior introducción al medio silvestre) (siguiendo las recomendaciones de Sánchez-Núñez y Rojas-Carrizales, 2003), podría ser una herramienta que asegure su conservación.

El estudio realizado por Sermeño-Martínez (1986) en El Salvador, muestra que la población local de *C. r. rubra* presentó cierta facilidad para recuperar su tamaño poblacional en poco tiempo. Posiblemente, esto se debió a que el hábitat local fue efectivamente protegido, junto con la población local de la subespecie continental. Como dato adicional, *Crax spp* han

sido los crácidos más frecuentemente reproducidos en cautiverio (Delacour y Amadon, 1973, 2004; del Hoyo, 1994; Sánchez-Núñez y Rojas-Carrizales, 2003; Fournier, 2006). De acuerdo con lo anterior, la población de *C. r. griscomi* puede ser capaz de aumentar su tamaño poblacional mediante la implementación de un plan de manejo integral que contemple la protección y restauración de su hábitat, la reproducción de individuos en cautiverio para su posterior reintroducción al medio silvestre, así como la concientización de la población local. Estas medidas ya han sido propuestas para el favorecimiento de la población de *C. r. griscomi* (Martínez-Morales, 1996, 1997, 2001), así como para algunas otras poblaciones de crácidos (Silva y Strahl, 1991; Strahl *et al.* 1995; Arguedas *et al.* 1997; Brooks y Strahl, 2000).

En resumen, la tendencia poblacional que se mostró en los escenarios modelados, expone la posibilidad de regeneración de la población mediante acciones de manejo que reduzcan el impacto de algunos factores antropogénicos negativos (ej. control y erradicación de especies exóticas nocivas). Estos escenarios también sugieren que las acciones que impulsen y faciliten dicha regeneración, como la integración de aves criadas en cautiverio a la población silvestre, podrían representar un importante apoyo en la conservación de *C. r. griscomi*.

Debido a que la información acerca de los parámetros demográficos de *C. r. griscomi* es muy limitada, la mayor parte de los datos utilizados para realizar el análisis de viabilidad poblacional se tomaron de estudios acerca de otras especies de crácidos (del Hoyo *et al.* 1994; Arguedas *et al.* 1997; Camacho *et al.* 2003; Fournier, 2006). Por esta razón, los resultados obtenidos a partir de estos análisis no deben considerarse como definitivos, más bien son una aproximación valiosa de las posibles tendencias poblacionales de *C. r. griscomi*. Para tener aproximaciones mejores, es necesario realizar más estudios para conocer la dinámica poblacional de esta subespecie y su historia natural.

### **Preferencias de hábitat**

El tipo de hábitat donde se registraron más avistamientos de *C. r. griscomi* correspondió a la selva mediana subcaducifolia, posiblemente debido a que las especies vegetales más abundantes son *Manilkara zapota* y *Mastichodendron foetidissimum*. La presencia de estas aves ha sido relacionada anteriormente con sitios donde estas especies de

árboles son abundantes (Martínez-Morales, 1996; Delacour y Amadon, 2004), tal vez por que ellas representan un importante recurso alimentario para la subespecie.

Todos los registros obtenidos en este estudio se ubicaron en las cercanías de una fuente de agua, con el 80% de ellos ubicados a una distancia menor a 100 m de una aguada y el resto a menos de 600. Esto sugiere que un factor importante en las preferencias de hábitat de *C. r. griscomi* parece ser la presencia de cenotes o aguadas, lo que coincide con lo que se ha reportado anteriormente (Martínez-Morales, 1996; Delacour y Amadon, 2004). Además, algunas aguadas presentan pequeños manchones de manglar, estos lugares ofrecen buenos sitios para anidación, protección, alimentación y descanso para estas aves (según habitantes locales, comentario personal).

Todos los registros obtenidos se ubicaron a una distancia mayor a los 1.95 km de las zonas influencia antrópica, lo que indica cierto rechazo de los individuos de esta subespecie a la presencia de los seres humanos. Este fenómeno también se reportó en el trabajo realizado por Martínez-Morales (1996), quien reportó que el 91% de sus registros se ubicaron a una distancia de 3.2 - 4.4 km de los asentamientos humanos. Aunque las variaciones en las distancias reportadas en ambos trabajos, podrían deberse a diferencias en la ubicación de los trayectos y el esfuerzo de muestreo.

El distanciamiento de las aves a las zonas de influencia antrópica podría representar importantes implicaciones negativas para la población, porque el efecto de borde causado por este comportamiento, se puede traducir en una disminución considerable en la extensión de la superficie insular habitable para *C. r. griscomi*. Es decir, el comportamiento de distanciamiento de estas aves con respecto de las zonas de uso antrópico crea una franja perimetral que rodea al área habitable para *C. r. griscomi*, donde la población de esta subespecie es menos abundante.

El que la densidad estimada de *C. r. griscomi* en la selva baja caducifolia y el manglar fuera estimada en 0.0 aves/km<sup>2</sup> durante este estudio, no significa que los individuos de esta subespecie no habiten en estos tipos de vegetación, sólo indica que son más abundantes en la selva mediana subcaducifolia (1.2 aves/km<sup>2</sup>).

## **Factores que influyen en su estado poblacional**

Existen factores inherentes a las poblaciones (ej. tamaño de puesta) y externos a las mismas (ambientales), los cuales dependiendo de su intensidad y frecuencia, en conjunto, determinan la dinámica demográfica de una población (Mefee *et al.* 1997; Elton, 2001; Ríos *et al.* 2005), en función del estado de la población en el momento en que se presentan. En este estudio se identificaron dos factores principales que afectan la población de *C. r. griscomi*, los antropogénicos y la ocurrencia de huracanes.

### ***Factores antropogénicos***

Algunas de las actividades antrópicas que se realizan sobre la isla pueden estar afectando negativamente a la población de *C. r. griscomi* (ej. Smith *et al.* 1993; Martínez-Morales, 1996, 1997, 1998, 1999, 2001; Cuarón *et al.* 2004; Fortes, 2004; McFadden, 2004), ya sea de manera directa o indirecta, como se ha sugerido para poblaciones de *C. r. rubra* (D'Angieri, 1997). Entre los factores antropogénicos que afectan a la fauna de la Isla de Cozumel se encuentran: la cacería, la reducción y fragmentación de su hábitat, la introducción de especies exóticas y posiblemente la contaminación del hábitat (ya sea del suelo, el agua o el aire).

La caza de *C. r. griscomi* es una actividad que ya no se realiza con regularidad, posiblemente debido a la escasez de estas aves. Sin embargo, existen personas entre las rancherías que aún cazan animales silvestres para consumo personal. Por ello, la cacería sigue siendo un riesgo latente para la población de *C. r. griscomi*, como ya se ha sugerido en otros trabajos acerca de *Crax rubra ssp.* (Martínez-Morales, 1996, 1998 1999; Arguedas *et al.* 1997; Bennett, 2003; Sánchez-Nuñez y Rojas-Carrizales, 2003) y otras especies de crácidos (ej. Gaztañaga, 2006).

La reducción y fragmentación del hábitat se consideran entre los factores más graves que enfrentan la mayoría de las poblaciones de crácidos (Delacour y Amadon, 1973, 2004; Silva y Strahl, 1991; del Hoyo *et al.* 1994; Arguedas *et al.* 1997; Barrio y Begazo, 1998; Olmos, 1998; Brooks y Strahl, 2000; Bennett, 2003; Camacho *et al.* 2003; Fournier, 2006; Sánchez-Nuñez y Rojas-Carrizales, 2003), al igual que para *C. r. griscomi* (Martínez-Morales,

1996, 1998, 1999), por lo que la protección de su hábitat representa una prioridad para lograr la conservación de la subespecie.

La mayor parte de la superficie de la Isla de Cozumel aún esta cubierta por vegetación nativa (Martínez-Morales, 1996; Cuarón *et al.* 2004; Fortes, 2004); sin embargo, el crecimiento demográfico desmedido y el desarrollo de la infraestructura turística sobre la isla promueven el incremento de la superficie insular destinada para los asentamientos humanos (ej. construcción de viviendas y hoteles), la satisfacción de necesidades comunes (ej. servicios, comunicaciones, producción de alimentos), el esparcimiento y los servicios turísticos (ej. parques naturales y senderos ecoturísticos). Los fenómenos antropogénicos antes mencionados pueden alterar la composición vegetal en algunos sitios de la selva, implicando en ocasiones la destrucción completa de la vegetación nativa y en otras crean fragmentos de vegetación natural separados por áreas deforestadas. Adicionalmente, se pueden provocar otras afectaciones para la población de *C. r. griscomi* debido al aumento en la demanda humana de espacio, agua y alimentos, así como por la mayor producción de desechos contaminantes. Esto podría provocar que la extensión y calidad de la superficie habitable por *C. r. griscomi* decrezcan de manera progresiva.

La Isla de Cozumel, al ser un sitio de interés turístico, presenta un flujo constante de viajeros y diversos navíos transportistas, lo cual representa un alto riesgo en cuanto a la introducción de especies exóticas a la isla. Ejemplos de especies introducidas son *Boa constrictor*, *Felis catus* y *Canis familiaris*, entre otras especies de flora y fauna de vida silvestre y asociadas a los asentamientos humanos (Martínez-Morales, 1996, 1999; Martínez-Morales y Cuarón, 1999; Álvarez-Castañeda y Ortega-Rubio, 2003; Cuarón *et al.* 2004; Romero-Nájera *et al.* 2006). La presencia de especies exóticas representa un alto riesgo para el estado poblacional de *C. r. griscomi* (Martínez-Morales, 1996, 1998, 1999; Martínez-Morales y Cuarón, 1999; Whitlow *et al.* 2003; Cuarón *et al.* 2004; Romero-Nájera *et al.* 2006), esto debido a que algunas de ellas pueden ser portadoras de enfermedades o parásitos nocivos para esta subespecie (ej. aves de corral), o porque puede tratarse de depredadores potenciales de estas aves (ej. perros, gatos y boas). Es posible que se lleguen a introducir conespecíficos al medio silvestre de la isla, porque existen individuos de *C. r. rubra* en algunos ranchos y casas de la isla. Estos individuos pueden escapar de los corrales que los contienen, lo que

representaría un riesgo para la integridad genética de la subespecie nativa al existir hibridización con la subespecie continental, como ya lo ha sugerido Martínez-Morales (1997).

Durante la realización del trabajo en campo se registró una gran cantidad de avistamientos de *Dryadophis melanolomus* (Cuadro 5), además de un número considerable de capturas de *Canis familiaris* (Cuadro 6), ambas especies son depredadores potenciales de *C. r. griscomi*. La depredación por estas especies exóticas puede afectar gravemente a la población de *C. r. griscomi* ya que se trata de una subespecie aislada con un tamaño poblacional pequeño (ej. Vázquez-Domínguez *et al.* 2004; Hutton *et al.* 2007).

La gran cantidad de personas que viven en la isla o que la visitan, propicia que el volumen de desechos y contaminantes generados sea grande. Esto, aunado a la dificultad en su manejo por tratarse de una isla, provoca que el nivel de contaminación en el aire, suelo y los mantos freáticos (por los lixiviados) sea importante. Adicionalmente, la presencia de un aeropuerto en la isla ocasiona que exista un paso constante de aviones que junto con el paso de vehículos terrestres, representan altos niveles de contaminación sonora en el interior de la selva, como se comprobó durante el recorrido de los trayectos.

Por todo lo anterior, la reproducción (cortejo y anidación), alimentación, crecimiento y desarrollo de las aves de la población de *C. r. griscomi*, podrían estar siendo afectadas negativamente.

### ***Huracanes***

El paso de huracanes de gran intensidad podría ser uno de los factores importantes que afectan el estado poblacional de *C. r. griscomi* (Martínez-Morales, 1996, 1999), lo cual coincide con la aparente vulnerabilidad de otros crácidos ante este tipo de fenómenos (Arguedas *et al.* 1997; Sánchez-Nuñez y Rojas-Carrizales, 2003).

En particular, para esta subespecie la ocurrencia de huracanes podría representar un problema mayor en los últimos años, ya que la frecuencia de ocurrencia de este tipo de fenómenos, en el océano Atlántico, parece haber aumentado (Shepherd, 2007). Para el caso específico de la Isla de Cozumel, se ha incrementado de uno cada seis años en los últimos 150 años, a uno cada cinco años en los últimos 20 años (Martínez-Morales, 1996; Carabias *et al.* 1998; Proenza, 2006). Aunque en realidad, en los últimos 150 años, la frecuencia de

ocurrencia de huracanes en la isla ha oscilado entre uno cada ocho años y uno cada tres años, mientras que la intensidad de los mismos ha aumentado, como se muestra en el Anexo I. Tan sólo en el año 2005 ocurrieron dos huracanes de gran intensidad, de los cuales el huracán Wilma ha sido uno de los más devastadores que se han registrado en la historia de la isla, con una duración de aproximadamente 63 horas (González, 2006).

## CONCLUSIONES

### Conclusiones generales

- De acuerdo con la densidad poblacional estimada en este estudio, el estado poblacional de *Crax rubra griscomi* no ha presentado cambios importantes en la última década. Sin embargo, esto puede ser el reflejo de una década de recuperación de la población, después del paso del huracán Roxanne en 1995.
- En este momento el tamaño poblacional de *Crax rubra griscomi* podría ser menor al estimado en este estudio (junio del año 2005), pues el paso de los huracanes Emily y Wilma sobre la isla, en los meses de julio y octubre, respectivamente, pudo haber eliminado algunos individuos de la población.
- El tipo de vegetación más importante para *Crax rubra griscomi* corresponde a la selva media subcaducifolia, especialmente sitios cercanos a cenotes o aguadas y alejados de zonas con actividad humana.
- Si los supuestos son ciertos, *Crax rubra griscomi* podría entrar en un vórtice de extinción en tan sólo siete años, para extinguirse en un plazo de unos 40 años.
- Al considerar los resultados arrojados en los distintos escenarios generados en los análisis de viabilidad poblacional, se considera que puede evitarse que *Crax rubra griscomi* entre en un vórtice de extinción, si se implementan acciones de manejo (ver pag. 50).
- De acuerdo con la evidencia empírica y nuestros análisis de viabilidad poblacional, las acciones necesarias para evitar la extinción de *Crax rubra griscomi* deberán contemplar el manejo de su población.
- De acuerdo con la evidencia empírica, apoyada en nuestros análisis de viabilidad poblacional, los principales factores que pueden estar afectando negativamente el estado

poblacional de *Crax rubra griscomi* son la ocurrencia de huracanes, la presencia de especies exóticas y la cacería.

- La mayoría de los estudios realizados con crácidos resaltan la importancia del hábitat para estas aves, por lo que evitar la alteración, fragmentación y destrucción antropogénica de su hábitat debe ser una prioridad en la conservación de *Crax rubra griscomi*.

### **Recomendaciones**

- Realizar más estudios de campo para estimar los parámetros demográficos y biológicos de la población de *Crax rubra griscomi* en vida silvestre.
- Proteger la selva mediana subcaducifolia de la isla para conservar el hábitat de *Crax rubra griscomi*, preferentemente con la creación de un Área Natural Protegida en la isla.
- Promover la protección de *Crax rubra griscomi* y su hábitat entre la población humana local. Esto mediante la implementación de campañas de sensibilización y educación ambiental en todos los sectores de la población, es decir, en escuelas de todos los niveles educativos, en el sector industrial, turístico, de servicios y rural.
- Promover actividades de reconversión productiva con esquemas de desarrollo sustentable, con especial apoyo en actividades de ecoturismo científico para evitar, en la medida de lo posible, el impacto negativo de las actividades económicas sobre las áreas naturales de la isla.
- Realizar más estudios para la identificación de poblaciones de especies exóticas presentes en la isla que puedan ser perjudiciales para la población de *Crax rubra griscomi*. Esto con la intención de determinar las medidas requeridas para evitar cualquier riesgo, ya sea que impliquen el control o remoción de las poblaciones de especies nocivas.
- Estructurar proyectos para reproducir individuos de *Crax rubra griscomi* en cautiverio, con la intención de reintroducir aves al medio silvestre en cuanto sea posible para, de esta manera, apoyar a la subespecie en la recuperación de su población.

## LITERATURA CITADA

- Álvarez-Castañeda ST y A Ortega-Rubio. 2003. Current status of rodents on islands in the Gulf of California. *Biological Conservation*, 109: 157-163.
- Aranda M. 2000. Estimación de la abundancia en poblaciones de mamíferos terrestres. p. 83-90. En: *Conservación y manejo de vertebrados silvestres en El Trópico de México*. Diplomado en conservación, manejo y aprovechamiento de vida silvestre (Sánchez O, M del C Donovarro-Aguilar y SE Sosa-Escalante. Eds.). Instituto Nacional de Ecología. México.
- Arguedas N, P Mayer, D Milligan y L Nordstrom. 1997. Plan de recuperación para *Crax rubra* en Costa Rica. p. 249-261. En: *The Cracidae: their biology and conservation*. (Strahl SD, S Beaujon, DM Brooks, AJ Begazo, G Sedaghatkish y F Olmos. Eds.). Hancock House Publ. China.
- Barrio J y Begazo A. 1998. Notas sobre la Chachalaca de Cabeza Rufa (*Ortalis erythroptera*) en el norte del Perú. *Boletín del CSG*. 7: 19-20.
- Bautista ZF, HD González, P JL Palacio y CMC Delgado. 2004. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Universidad Nacional Autónoma de México. México. p. 287-290.
- Bennett SE. 2003. *Crax globulosa* en la Isla Mocagua, Amazonas, Colombia. *Boletín del CSG*. 16: 7-15.
- BirdLife International. 2006. Data zone: Search species: Cracidae (Guans and curassows). <<http://www.birdlife.org/datazone/species/index.html?action=SpcHTMLFindResults.asp&hdnAction=SEARCH&hdnPageMode=0&cboFamily=8&txtGenus=&txtSpecies=&txtCommonName=&cboRegion=-2&cboCountry=-2>>. Consulta abril 19, 2007.
- Brooks DM y SD Strahl (compiladores). 2000. Curassows, guans and chachalacas: status survey and conservation action plan for cracids 2000 – 2004. IUCN/SSC Cracid Specialist Group. IUCN. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. p. 41-74.
- Bub H. 1995. Bird trapping and bird banding: a hand book for trapping methods all over the world. Cornell Univ. Press. Estados Unidos de América. p. 168-169.
- Buckalnd ST, DR Anderson, KP Burngham y JL Laake. 1994. Distance sampling: estimating abundance of biological populations. Chapman and Hall Publishers. Reino Unido. pp. 446.
- Calmé S. 2007. Manejo y conservación de aves terrestres mayores. Instituto Nacional de Ecología. México. pp. 17. Disponible en <<http://www.ine.gob.mx/dgoece/diplomado/download/calme.pdf>>. Consulta abril 09, 2007.
- Camacho A, P Millar, L Carrillo, I Acevedo y B Pinto (editores). 2003. Reporte final, PHVA *Oreophasis derbianus*. IUCN/SSC Conservation Specialist Group. Minnesota, Estados Unidos de América. pp. 67.

- Carabias LJ, E Provencio, EJ de la Maza, HE Carvajal, DG Alarcón, SG Maldonado, CJJ Domínguez y MR García. 1998. Programa de manejo parque marino de arrecifes de Cozumel, Quintana Roo, México. INE. México. p. 17-58 y 125-144.
- Carvajal RI, Saavedra M y Alava JJ. 2005. Ecología poblacional, distribución y estudio de hábitat de *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1807) en la “Reserva de producción de fauna manglares El Salado” del estuario del Golfo de Guayaquil, Ecuador. Rev. biol. mar. oceanogr. [online]. 40:2 p.133-140. Disponible en: <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-19572005000200007&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-19572005000200007&lng=es&nrm=iso)>. Consulta febrero 20, 2007.
- Cuarón AD, MA Martínez-Morales, KW McFadden, D Valenzuela y ME Gompper. 2004. The status of dwarf carnivores on Cozumel Island, Mexico. Biodiversity and Conservation 13: 317-331.
- Curry RL. 2006. El cuitlacoche de Cozumel: Cozumel birds: Cozumel island. <<http://www.oikos.villanova.edu/cozumel/index.html>>. Consulta Enero 29, 2007.
- D’Angieri. 1997. Cracidae rearing an conservation in Brazil: a general view on their status in the wild and in captivity. p. 154-159. En: The Cracidae: their biology and conservation. (Strahl SD, S Beaujon, DM Brooks, AJ Begazo, G Sedaghatkish y F Olmos. Eds.). Hancock House Publ. China.
- Delacour J y D Amadon. 1973. Curassows and related birds. American Museum of Natural History. Estados Unidos de América. pp. 247.
- Delacour J y D Amadon. 2004. Curassows and related birds. Segunda edición. Lynx editions y The Nacional Museum of Natural History. España y Estados Unidos de América. pp. 476.
- del Hoyo J, A Eliott y J Sargatal (Eds.). 1994. Handbook of the Birds of the World. Vol. 2. Lynx Editions, España. p. 310-359.
- Elton C. 2001. Animal ecology. The University of Chicago Press. Estados Unidos de América. p. 101-145.
- Fortes CIA. 2004. Ecología de roedores endémicos de la Isla Cozumel, Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. México. pp. 49
- Fournier ZR. 2006. Reproducción en cautiverio de *Crax rubra* y su reintroducción en la Península de Nicoya, Costa Rica. Boletín del CSG. 22: 23-28.
- Gastañaga M. 2006. Paujil cornudo peruano (*Pauxi unicornis koepckeae*) redescubierto en las montañas del Sira, Perú. Boletín del CSG. 22: 10-15.
- García E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Copen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 2ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp. 246.
- Gompper ME, AE Petrites y RL Lyman. 2006. Cozumel Island fox (*Urocyon sp.*) dwarfism and possible divergence history based on subfossil bones. Journal of zoology. 270: 72-77.

- González CF. 2006. Unidad de transparencia y acceso a la información pública del poder ejecutivo, Quintana Roo: Secretaría de planeación y desarrollo regional: Acceso a la información: Informes: Primer informe de gobierno 2006. pp. 137. <[http://web.qroo.gob.mx/SIWQROO/Transparencia/Documentos/12\\_5201\\_16.pdf](http://web.qroo.gob.mx/SIWQROO/Transparencia/Documentos/12_5201_16.pdf)>. Consulta Abril 10, 2007.
- González-García F. 2004. Hocofaisan. Guía México Desconocido. Edición especial: Animales en Peligro. Febrero 2004. p. 21.
- González-García F, DM Brooks y SD Strahl. 2001. Historia natural y estado de conservación de los crácidos en México y Centroamérica. p. 1-50. En: Cracid ecology and conservation in the new millenium (Brooks DM y F González-García. Eds.). Miscellaneous Publications of the Houston Museum of the Natural Science Publishers. Estados Unidos de América.
- Hamblin NL. 1984. Animal use by the Cozumel maya. The University of Arizona Press. Estados Unidos de América. pp. 206.
- Hutton I, JP Parkes y ARE Sinclair. 2007. Reassembling island ecosystems: the case of Lord Howe Island. *Animal Conservation* 10: 22-29.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2006a. Sistemas de consulta: Archivo histórico de localidades: Consulta gráfica: Cozumel: Clave geoestadística: 23310001. <<http://mapserver.inegi.gob.mx/dsist/ahl2003/general2.cfm?clavegeo=236867>>. Consulta diciembre 06, 2006.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2006b. Quintana Roo: Información estadística: Estadísticas socio-demográficas: Dinámica de la población: Información para la entidad: Población total por municipio según grandes grupos de edad 2005. <<http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/rutinas/ept.asp?t=mpob93&c=3839&e=23>>. Consulta diciembre 06, 2006.
- IUCN (Unión para la Naturaleza) 2006. 2006 IUCN Red list of threatened species. <<http://www.redlist.org/>>. Consulta enero 25, 2007.
- Jamieson IG, GP Wallis y JV Briskie. 2006. Inbreeding and endangered species management: is New Zealand out of step with the rest of the world? *Conservation Biology*. 20: 38-47.
- Lacy RC, M Borbat, y JP Pollak. 2003. Vortex: A stochastic simulation of the extinction process. Version 9. Brookfield, IL: Chicago Zoological Society. Disponible en <<http://www.vortex9.org/vortex.html>>. Consulta enero 25, 2007.
- Lee JC. 1996. The amphibians and reptiles of the Yucatán Peninsula. Cortell University Press. Estados Unidos de América. pp. 349.
- McFadden KW. 2004. The ecology, evolution and natural history of the endangered carnivores of Cozumel Island, Mexico. Tesis de Doctorado. Columbia University. Estados Unidos de América. pp. 132
- Martínez-Morales MA. 1996. The Cozumel Curassow: abundance, habitat preference and conservation. Tesis de Maestría. University of Cambridge. Reino Unido. pp. 82.

- Martínez-Morales MA. 1997. Estado poblacional del hocofaisán de Cozumel (*Crax rubra griscomi*) y su potencial de conservación. p. 460-466. En: The Cracidae: their biology and conservation. (SD Strahl, S Beaujon, DM Brooks, AJ Begazo, G Sedaghatkish y F Olmos. Eds.). Hancock House Publ. China.
- Martínez-Morales MA. 1998. El hocofaisán de Cozumel (*Crax rubra griscomi*): los posibles factores responsables de su actual situación poblacional. Cuauhtli. 4(1): 1-7.
- Martínez-Morales MA. 1999. Conservation status and habitat preferences of the Cozumel Curassow. The Condor. 101: 14-20.
- Martínez-Morales MA. 2001. Situación poblacional y conservación del Hocofaisán de Cozumel. p. 101-111. En: Cracid ecology and conservation in the new millenium (Brooks DM y F González-García. Eds.). Miscellaneous Publications of the Houston Museum of the Natural Science Publ. Estados Unidos de América.
- Martínez-Morales MA y AD Cuarón. 1999. Boa constrictor, an introduced predator threatening the endemic fauna on Cozumel Island, Mexico. Biodiversity and Conservation. 8: 957-963.
- Mefee GK, CR Carroll y colaboradores. 1997. Principles of conservation biology. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Estados Unidos de América. p. 203-234
- Miller PS y RC Lacy. 2003. Vortex: A stochastic simulation of the extinction process. Version 9.21 User's Manual. Apple Valley, MN: Conservation Breeding Specialist Group (SSC/IUCN). <<http://www.life.uiuc.edu/ib/451/v921manual.pdf>>. Consulta febrero 09, 2007.
- Naranjo PEG. 2001. Informe final del Proyecto R080: Ecología poblacional y conservación del tapir en la Selva Lacandona, Chiapas. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad y El colegio de la frontera sur. <<http://www.cona.bio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfR080.pdf>>. Consulta febrero 20, 2007.
- Nelson, E. W. 1926. Two new birds from Mexico. Proceedings of the Biological Society of Washington. 39: 105-108.
- O'Neill JP. 1997. Los crácidos: una sobrevista. p. 498-400. En: The Cracidae: their biology and conservation. (Strahl SD, S Beaujon, DM Brooks, AJ Begazo, G Sedaghatkish y F Olmos. Eds.). Hancock House Publ. China.
- Olmos F. 1998. The Chestnut-bellied guan (*Penelope ochrogaster*) in the northern pantanal of Poconé, Matto Grosso, Brazil. Boletín del CSG. 6: 7-9.
- Ostertag R, WL Silver y AE Lugo. 2005. Factors affecting mortality and resistance to damage following hurricanes in a rehabilitated subtropical moist forest. Biotropica. 37: 16-24.
- Pavelka MSM y AM Behie. 2005. The effect of hurricane Iris on the food supply of Black Howlers (*Alouatta pigra*) in Southern Belize. Biotropica. 37: 102-108.
- Paynter RAJr. 1955. The ornithogeography of the Yucatán Peninsula. Peabody Museum of Natural History. Bulletin 9. Yale University. New Heaven, Connecticut, Estados Unidos de América. pp. 347.

- Proenza B. 2006. National Hurricane Center: Tropical Prediction Center: Atlantic Ocean: Hurricane path tracking and storm status information. <<http://stormadvisory.org/map/atlantic/>>. Consulta enero 19, 2007.
- Ramírez-Bautista A y CF Moreno. 2006. Análisis comparativo de la herpetofauna de cuatro regiones geográficas de México. p. 74-98. En: Inventarios herpetofaunísticos de México: avances en el conocimiento de la biodiversidad (Ramírez-Bautista A, L Canseco-Márquez y F Mendoza-Quijano. Eds.). Sociedad Herpetológica Mexicana. México.
- Ridgway R. 1885. Catalogue of a collection of birds made on the Island of Cozumel, Yucatán, by the naturalists of the U. S. Fish Commission Steamer Albatross, Capt. Z. L. Tanner, Commander. Proceedings of the United States National Museum. 8(36): 560-583.
- Ríos MM, GA Londoño y MC Muñoz. 2005. Densidad poblacional e historia natural de la pava negra (*Aburria aburri*) en Los Andes Centrales de Colombia. Ornitología Neotropical. 16: 205-217.
- Romero-Nájera I, AD Cuarón y C González-Baca. 2006. Distribution, abundance, and habitat use of introduced *Boa constrictor* threatening the native biota of Cozumel Island, Mexico. Biodiversity and Conservation. Publicado en línea: 27 de octubre, 2006. <<http://springerlink.metapress.com/content/3pn67334h3h25564/fulltext.pdf>>
- Salvin O. 1889. A list of the birds of the islands of the Coast of Yucatán and of the Bay of Honduras. The Ibis. 1(6): 359-379.
- Sánchez-Nuñez E y HA Rojas-Carrizales. 2003. Cría intensiva de Hoco faisán (*Crax rubra*). Manual 1 de la serie de manejo intensivo de la biodiversidad. AMARENA/CONABIO. México. pp. 68.
- Santamaría M y AM Franco. 2000. Frugivory of Salvin's Curassow in a rainforest of the Colombian Amazon. Wilson Bulletin. 112: 473-481.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2001. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001 Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos. pp. 153.
- Sermeño-Martínez A. 1986. Alimentación y reproducción del Pajuil (*Crax rubra*) en el Salvador. Tesis de Licenciatura. Universidad de El Salvador. El Salvador. pp. 66.
- Shepherd JM y T Knutson. 2007. The Current Debate on the Linkage Between Global Warming and Hurricanes. Geography Compass 1: 1-24.
- Silva JM y SD Strahl. 1991. Human impact on populations of chachalacas, guans and curassows (Galliformes: Cracidae) in Venezuela. p. 37-52. En: Neotropical wildlife use and conservation (JG Robinson y KH Redford. Eds.). Chicago University Press. Estados Unidos de América.

- Smith FA, BT Bestelmeyer, J Biardi, M Strong. 1993. Anthropogenic extinction of the endemic woodrat, *Neotoma bunkerii* Burt. *Biodiversity Letters*. 1(5): 149-155.
- Strahl SD, S Ellis, O Byers and C Plasse (eds.). 1995. Conservation assessment and management plan for neotropical guans, curassows and chachalacas. IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group. Estados Unidos de América. pp. 183.
- Téllez-Valdés O y EF Cabrera-Cano. 1987. Listados florísticos de México VI. Florula de la Isla de Cozumel, Q. R. Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp. 27.
- Téllez-Valdés O, CEF Cabrera, ME Linares y R Bye. 1989. Las plantas de Cozumel. Guía botánico-turística de la Isla de Cozumel, Quintana Roo. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México. p. 11-37.
- Terborgh J, SK Robinson, TA Parker III, CA Munn, and N Pierpont. 1990. Structure and organization of an Amazonian forest bird community. *Ecological Monographs*. 60(2): 213-238.
- Thiollay JM. 1989. Area requirements for the conservation of rain forest raptors and game birds in French Guiana. *Conservation Biology*. 3(2): 128-137.
- Thiollay JM. 1994. Structure, density and rarity in an Amazonian rainforest bird community. *Journal of Tropical Ecology*. 10: 449-481.
- Thomas L, JL Laake, S Strindberg, FFC Marques, ST Buckland, DL Borchers, DR Anderson, KP Burnham, SL Hedley, JH Pollard, JRB Bishop y TA Marques. 2005. Distance 5.0. Release BETA 5. Research Unit for Wildlife Population Assessment. University of St. Andrews. UK. <<http://www.ruwpa.stand>>. Consulta enero 25, 2007.
- Vázquez-Domínguez E, G Ceballos y J Cruzado. 2004. Extirpation of an insular subspecies by a single introduced cat: the case of the endemic deer mouse *Peromyscus guardia* on Estanque Island, Mexico. *Oryx*. 38: 348-350.
- Whitlow WL, NA Rice y C Sweeney. 2003. Native species vulnerability to introduced predators: testing an inducible defense and a refuge from predation. *Biological Invasions* 5: 23-31.
- Wilson DE y DM Reeder (editores). 1993. *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference*. 2<sup>a</sup> edición. Smithsonian Institution Press. Estados Unidos de América. pp. 1206.

## Anexo I. Lista detallada de los principales huracanes que han pasado a una distancia no mayor de 50 km de la Isla de Cozumel en los últimos 150 años (1857 - 2006)

En el siguiente cuadro se enlistan los huracanes que han impactado a la Isla de Cozumel y el año en que ocurrieron, indicando algunas características disponibles en la literatura acerca de los mismos, tales como: la categoría del huracán de acuerdo a la escala de Saffir Simpson, la presión atmosférica producida por el huracán, así como la intensidad promedio de los vientos generados (Martínez-Morales, 1996; Carabias *et al.* 1998; Proenza, 2006).

Año	Mes	Nombre del Huracán	Categoría	Presión atmosférica	Intensidad	Ubicación
1857	Septiembre	*	2	*	167 km/h	50km NE de la Isla de Cozumel
1873	Octubre	*	1	*	148 km/h	45km NE de la Isla de Cozumel
1879	Septiembre	*	*	*	*	<10km NE de la Isla de Cozumel
1880	Agosto	*	2	*	167 km/h	20km NE de la Isla de Cozumel
1886	Junio	*	1	*	148 km/h	10km E de la Isla de Cozumel
1886	Junio	*	2	*	157 km/h	50km SO de la Isla de Cozumel
1887	Julio	*	2	*	157 km/h	Isla de Cozumel
1887	Septiembre	*	2	*	157 km/h	40km NE de la Isla de Cozumel
1893	Septiembre	*	2	*	157 km/h	50km NE de la Isla de Cozumel
1903	Agosto	*	2	*	176 km/h	Isla de Cozumel
1912	Octubre	*	1	*	148 km/h	20km N de la Isla de Cozumel
1913	Junio	*	2	*	157 km/h	<30km SO de la Isla de Cozumel
1922	Octubre	*	1	*	130 km/h	<10km NE de la Isla de Cozumel
1933	Septiembre	*	2	*	167 km/h	10km S de la Isla de Cozumel
1938	Agosto	*	2	*	157 km/h	<30km E de la Isla de Cozumel
1938	Agosto	*	2	*	157 km/h	20km SE de la Isla de Cozumel
1942	Agosto	*	2	*	167 km/h	20km N de la Isla de Cozumel
1944	Agosto	*	1	*	148 km/h	Isla de Cozumel
1951	Agosto	Charlie	4	964 mb	213 km/h	Isla de Cozumel
1967	Septiembre	Beulah	2	970 mb	176 km/h	Isla de Cozumel
1988	Septiembre	Gilbert	5	892 mb	268 km/h	Isla de Cozumel
1995	Octubre	Roxanne	3	958 mb	185 km/h	Isla de Cozumel
2005	Julio	Emily	4	955 mb	215 km/h	Isla de Cozumel
2005	Noviembre	Wilma	4	930 mb	222 km/h	Isla de Cozumel

\*Información no disponible.

## **Anexo II. Parámetros aplicados en el análisis de densidad poblacional de *C. r. griscomi***

Parámetros utilizados en la realización del análisis de densidad poblacional, los cuales se tomaron del resumen de los datos de entrada generado por Distance 5.0.

### ***Survey Methods and Data***

-----

Type of survey - Line transect  
Configuration - Single observer  
Measurements - Perpendicular distance  
Observations – Clusters of objects

### ***Parameter Estimation Specification***

-----

Encounter rate for all data combined  
Detection probability for all data combined  
Density for all data combined

### ***Distances:***

-----

Analysis based on exact distances  
Width: use largest measurement/last interval endpoint

### ***Variances:***

-----

Variance of n: Empirical estimate from sample  
Variance of f(0): MLE estimate

### ***Goodness of fit:***

-----

Cut points chosen by program

### ***Estimator:***

-----

Key: Uniform  
Adjustments – Function: Cosines  
- Term selection mode: Sequential  
- Term selection criterion: AICc  
- Distances scaled by: W (right truncation distance)  
Estimator selection: Choose estimator with minimum AICc  
Estimation functions: constrained to be nearly monotone non-increasing

### **Anexo III. Criterios aplicados en el análisis de viabilidad poblacional de *C. r. griscomi*.**

A continuación se presenta un resumen de los parámetros aplicados en el análisis de viabilidad poblacional, el cual se generó a partir del formato que se presenta en el programa Vortex 9.61 para la integración de los datos de entrada de los análisis.

#### **Escenario base**

Simulaciones: 100  
Años: 100  
Intervalo de reportes: 10 años  
Definición de extinción: 0.0 individuos en algún sexo  
Poblaciones: 1  
Depresión por endogamia: No  
¿Concordancia entre reproducción y sobrevivencia?: Sí  
Tipos de catástrofe: 1  
Monógamo, polígamo o hermafrodita: Monógamo  
Edad de primera reproducción en hembras: 2 años  
Edad de primera reproducción en machos: 2 años  
Edad máxima para reproducción: 10 años  
Proporción de sexos (porcentaje de machos): 50.0  
Progenie anual (0= distribución normal): 2  
Reproducción dependiente de densidad: No  
Hembras que se reproducen: 80.0  
EV de hembras reproductoras: 8.0  
Mortalidad en hembras edad 0: 50.0 EV: 10.0  
Mortalidad en hembras edad 1: 10.0 EV: 5.0  
Mortalidad en hembras edad 2: 10.0 EV: 5.0  
Mortalidad en hembras edad adulta: 10.0 EV: 5.0  
Mortalidad en machos edad 0: 50.0 EV: 10.0  
Mortalidad en machos edad 1: 10.0 EV: 5.0  
Mortalidad en machos edad 2: 10.0 EV: 5.0  
Mortalidad en machos edad 3: 10.0 EV: 5.0  
Mortalidad en machos edad adulta: 20.0 EV 5.0  
Probabilidad de catástrofe: 40.0  
Severidad en reproducción: 0.5  
Severidad en sobrevivencia: 0.9  
¿Todos los machos se reproducen?: Sí  
¿Iniciar en una edad de distribución estable?: Sí  
Tamaño poblacional inicial: 255  
Capacidad de carga (K): 1430  
EV (K): 0.0

#### **\* Escenario artificial 1**

Progenie anual: 1

#### **\* Escenario artificial 2**

Progenie anual: 4

#### **\* Escenario artificial 3**

Tasa de mortalidad 50% del escenario base

#### **\* Escenario artificial 4**

Tasa de mortalidad 200% del escenario base

#### **\* Escenario artificial 5**

Probabilidad de catástrofe: 60.0

#### **\* Escenario artificial 6**

Probabilidad de catástrofe: 20.0

#### **\* Escenario artificial 7**

Decremento de la capacidad de carga en 5.0% cada 10 años

#### **\* Escenario artificial 8**

Incremento de la capacidad de carga en un 5.0% cada 10 años

#### **\* Escenario artificial 9**

Suplementación con individuos a la población cada dos años, a partir del segundo año y hasta el año 100: una hembra de un año, una hembra de dos años, un macho de un año y un macho de dos años.

\*Del escenario base sólo se modifican los parámetros indicados en los escenarios artificiales.