

Análisis de la Viabilidad de la Población y del Hábitat de la Iguana Cubana *Cyclura nubula nubula*



Jardín Zoológico de la Habana
La Habana, Cuba
20-23 de enero del 2003

Informe Final



"CBSG, SSC y UICN, promueven talleres y otros foros para el análisis y consideración de problemas relativos a la conservación, y considera que los informes de estas reuniones son de gran utilidad cuando son distribuidos extensamente.

Las opiniones y recomendaciones expresadas en este informe reflejan los asuntos discutidos y las ideas expresadas por los participantes del taller y no necesariamente refleja la opinión o la posición de CBSG, SSC o UICN".

A contribution of the UICN/SSC Conservation Breeding Specialist Group

Rodríguez, R.; Berovides, V.; González, A.; Pérez, E.; Matamoros Y.; Miller, P. (Editores). 2003. Análisis de la Viabilidad de La Población y del Hábitat de la Iguana Cubana *Cyclura nubila nubila*, Jardín Zoológico de la Habana, La Habana, Cuba.

Copyright © CBSG

Additional copies can be ordered through the UICN/SSC Conservation Breeding Specialist Group, 12101 Johnny Cake Ridge Road, Apple Valley, MN 55124. Tel 1-952-997-9800;
Fax 1-952-4322757.

**Análisis de la Viabilidad de
La Población y del Hábitat
De la Iguana Cubana
*Cyclura nubila nubila***

**Jardín Zoológico de La Habana
La Habana, Cuba
20-23 de enero del 2003**

**Sección I
Resumen Ejecutivo**

Resumen Ejecutivo

Con el fin de analizar la situación de la población y del hábitat de la iguana cubana (*Cyclura nubila nubila*), se reunieron 29 especialistas en el tema en el Jardín Zoológico de La Habana, Cuba del 20 al 23 de enero del año 2003 y tres representantes del Grupo de Especialistas en Conservación y Reproducción de la SCE/UICN. Los participantes eran representantes de las siguientes instituciones: Centro Nacional de Áreas Protegidas, Facultad de Biología de la universidad de La Habana, Empresa Nacional de Protección de Flora y Fauna, Instituto de Ecología y Sistemática, Jardín Zoológico de La Habana, Centro de Inspección y Control Ambiental, Parque Nacional Ciénega de Zapata, Museo Nacional de Historia Natural, Zoológico De San Diego, Zoológico de Praga, Fundación pro Zoológicos y Universidad de Costa Rica.

El primer día la Dra. Elsie Pérez, directora del Jardín Zoológico de la Habana, da el recibimiento a los participantes. Posteriormente la Licda. Yolanda Matamoros de CBSG Mesoamérica hace una presentación del Grupo de Especialistas en Conservación y Reproducción (CBSG), su misión y objetivos, su posición en la Comisión de Sobrevivencia de Especies y en la UICN. Explica qué es el CAMP y el PHVA y cuál es la metodología a seguir en el último.

Tras una breve presentación de los participantes, se les entregan copias del libro de resúmenes y del libro de trabajo. Después de distribuir una encuesta de entrada a los participantes, se realizó una discusión en la que se establecieron los principales problemas que tiene la especie en Cuba, decidiéndose que se trabajaría de ahí en adelante en dos grupos, uno que analizaría los problemas referentes al hábitat y otro que trabajaría en los problemas de la población de la especie.

Cada uno de estos grupos define los principales problemas que tiene la iguana referentes a estos aspectos, para proceder a presentarlos en una plenaria al final del día.

El segundo día, el grupo de hábitat definió cuáles eran los lugares en la isla en que habita la especie, el número de poblaciones existentes, el tamaño de cada una de esas poblaciones, su área de distribución, las principales amenazas, si el área donde habitaban se encontraba bajo algún sistema de protección y la proximidad de poblaciones humanas.

El grupo de población procedió a establecer los parámetros biológicos de la especie que eran necesarios para trabajar en el VORTEX, un modelo para la iguana en Cuba.

Una vez realizada esa tarea, durante los días 3 y 4 se procedió a establecer objetivos para solucionar los problemas de la especie en Cuba y a proponer acciones para alcanzar esos objetivos.

Los principales problemas establecidos por el grupo que analizó la población son:

1. Falta de información demográfica.

2. Conocimiento insuficiente de la dinámica reproductiva.
3. Desconocimiento de la estructura genética y del intercambio entre poblaciones.
4. Insuficiencia de educación ambiental con relación a la especie.
5. Dificultades con las acciones de manejo dentro y fuera de las áreas protegidas.
6. Falta de metodología para la cría en cautiverio.
7. Efecto de las especies exóticas sobre las poblaciones.
8. Desconocimiento acerca de la metodología de la traslocación , reintroducción e introducción.
9. Incidencia de las enfermedades sobre las poblaciones.

Para resolverlos, se propusieron 13 acciones a desarrollar.

El grupo que analizó el hábitat enlistó los siguientes problemas:

1. Fragmentación y reducción del hábitat asociada a intervención antrópica, sobre todo urbanización, desarrollo turístico, viales, etc.
2. Restricción de las principales poblaciones a los cayos, con el consiguiente factor de fragilidad, por tratarse hábitat naturalmente fragmentado, confinado, remoto (a los efectos de la implementación de la protección) y expuesto a transformaciones naturales y antrópicas a corto y largo plazo (huracanes, elevación del nivel del mar, etc).
3. Insuficiente conocimiento sobre la distribución actual de la especie y tipos de hábitat que utiliza;
4. Presencia de exóticos (predadores ferales –gatos, perros, ratas- y plantas que alteran la composición de la vegetación natural y el suelo –p. Ej. Casuarina).
5. Amenaza de efectos de cambios globales sobre los hábitat, particularmente en los cayos.
6. Insuficiente conocimiento por parte de decisores y población respecto a normas de utilización del hábitat de la iguana, asociado a problemas mencionados en el punto

Para resolverlos se propusieron 10 acciones a desarrollar.

Con el fin de analizar los problemas poblacionales de la especie, se utilizó el programa de simulación VORTEX. Debido a que existe poca información detallada sobre la demografía de las poblaciones de iguanas cubanas silvestres se utilizaron otras fuentes para establecer el modelo de dinámica poblacional, así como la siguiente información:

La especie se distribuye en 2573 m² en toda la isla de Cuba, de la cuales el 76.5% se encuentra protegido. Constituyen 34 poblaciones, con un número determinado de especímenes en total.

La endogamia, según se ha demostrado, no afecta las poblaciones naturales en *Cyclura*.

La madurez sexual está determinada por la talla, sobre todo en los machos. Está influenciada directamente por el clima, ya una menor precipitación, retarda el crecimiento.

Son poliginios, un macho dominante delimita un territorio con varias hembras. La hembra entra a la madurez sexual a los 4-5 años de edad. La edad máxima de reproducción de las hembras es de 35-40 años.

Los diferentes modelos corridos permitieron llegar a las siguientes conclusiones:

- Un aumento en la mortalidad de adultos y juveniles da como resultado una disminución en la tasa de crecimiento poblacional.
- El riesgo de extinción de la población puede ser bastante alto en las poblaciones más pequeñas estudiadas.
- En las poblaciones menores de 80-100 individuos el efecto nocivo del entrecruzamiento puede aumentar el riesgo de extinción aunque el riesgo en general por esta causa es relativamente bajo.
- La adición de un evento de huracán significativo tiene un mayor efecto sobre la población, sobre todo en las más pequeñas.
- EL riesgo de extinción en la metapoblación se puede eliminar aumentando la tasa de migración a 0.005 (1 a 20 animales que se trasladen de una subpoblación a otra cada año).

Al finalizar el taller se pasó a los participantes la encuesta de salida. Ellos mostraron su satisfacción con el trabajo realizado, lo que, les permitió conocer la situación de la Iguana cubana en la isla, identificar vacíos de información sobre los cuales trabajar en el futuro, y establecer una estrategia integral de trabajo.

La Dra. Elsie Pérez clausuró el evento, agradeciendo la presencia de los participantes y comprometiéndose a organizar otro taller similar para el año 2004.

**Análisis de la Viabilidad de
La Población y del Hábitat
De la Iguana Cubana
*Cyclura nubila nubila***

**Jardín Zoológico de a Habana
La Habana, Cuba
20-23 de enero del 2003**

**Sección II
Principales problemas de la especie**

Principales problemas de la Iguana Cubana

- Recursos para realizar estudios.
- Investigación de las poblaciones.
- Profundizar los estudios biológicos y ecológicos.
- Conservación del hábitat-investigación.
- Integración ecosistema y hábitat a los planes de desarrollo del país.
- Efectiva conservación del hábitat, recuperar poblaciones y hábitat. Estrategia.
- Lograr el hábitat necesario para evitar la extinción de la especie en los lugares donde existe.
- Mantenimiento poblaciones frente al desarrollo evitando la pérdida de hábitat.
- Conservación del hábitat.
- Manejo efectivo.
- Aumentar niveles poblacionales en donde hay iguanas y repoblar áreas donde antes existieron.
- Base de datos. Darle a conocer a la población la importancia de la especie.
- Conocer situación real y actual de la población global en el país-Conservación del hábitat.
- Conservación hábitat. Rescate hábitat originales. Eliminación o reducción caza furtiva.
- Declinación 1% por año. Protección del hábitat. Control de competidores y depredadores, cría y reproducción en cautiverio.
- Balance con el turismo y otros desarrollos antrópicos.
- Protección del hábitat y de animales ferales.

**Análisis de la Viabilidad de
La Población y del Hábitat
De la Iguana Cubana
*Cyclura nubila nubila***

**Jardín Zoológico de La Habana
La Habana, Cuba
20-23 de enero del 2003**

**Sección III
Informe Grupo Poblaciones**

Grupo de Trabajo de Poblaciones de Iguana Cubana (*Cyclura nubila nubila*)

Participantes:

Lic. Aida M. Sanabria Rodríguez. Bióloga. Zoológico de La Habana
Boris V. Planell González. Instituto de Investigaciones Forestales
Dr. Vicente Berovides Alvarez. Biólogo. Facultad de Biología, Universidad de La Habana
Eddy García Alfonso. Veterinario. Empresa de Flora y Fauna, Villa Clara
Dr. Ivan Reháč. Herpetólogo y Biólogo Conservacionista. Jardín Zoológico de Praga
Javier Vitores Castillo
Jorge A. Hernández Blanco. Veterinario. Zoológico de La Habana
Jorge Rodríguez Matamoros. Universidad de Costa Rica
José Luis Collazo López. Biólogo. Empresa de Flora y Fauna, Villa Clara
Juan Castillo Pérez. Director de la Estación Biológica Flamenco Rosado. Carahata, Villa Clara Empresa de Flora y Fauna, Villa Clara
Lic. Ada Chamizo Lara. Bióloga. Instituto de Ecología y Sistemática
Lic. Ada R. Vidal Segura. Bióloga. Zoológico de La Habana
Lic. Ledif Grisell Díaz Ramírez. Bióloga. Facultad de Biología, Universidad de La Habana
Mario Morales Díaz. Biólogo. Empresa de Flora y Fauna, Villa Clara
Oscar Ortiz Cedeño. Técnico en áreas protegidas de Loma de Cunagua, Ciego de Ávila
Raúl Campos Talavera. Veterinario. Zoológico de La Habana
Tandora Grant. Sociedad Zoológica de San Diego
Dr. Philip Miller, Conservation Breeding Specialist Group

Introducción

El análisis de viabilidad de la población y hábitat (PHVA) puede ser una herramienta extremadamente útil para la investigación del riesgo de declinación o extinción de una población actual o futura. Además, la necesidad de estrategias de manejo alternativas o sus consecuencias, pueden ser modeladas para sugerir cuáles prácticas pueden ser las más efectivas en el manejo de las poblaciones de la iguana cubana (*Cyclura nubila nubila*) en su hábitat natural. *Vortex*, es un paquete de simulación de software escrito para el análisis de viabilidad de la población, es utilizado como un mecanismo para estudiar la interacción de un número de parámetros de la historia de vida y la población tratados estocásticamente, para explorar cuáles parámetros demográficos podrían ser los más sensitivos a prácticas de manejo alternativas, y para probar los efectos de escenarios de manejo seleccionados.

El paquete *Vortex* es una simulación Monte Carlo de los efectos de fuerzas determinísticas y demográficas, ambientales, y eventos genéticos estocásticos sobre las poblaciones silvestres. *Vortex* modela la dinámica poblacional como una secuencia discreta de eventos (p.e. nacimientos, muertes, porcentaje de sexos en los recién nacidos, catástrofes, etc.) que ocurren de acuerdo a probabilidades definidas. La probabilidad de los eventos se modela como constantes o como variables al azar, que siguen distribuciones especificadas. El paquete simula una población dando pasos a

través de una serie de eventos que describen el ciclo de vida típico de organismos diploides con reproducción sexual.

Vortex no intenta dar respuestas absolutas, dado que está proyectando la interacción de muchos parámetros estocásticamente utilizados para alimentar el modelo, debido al proceso al azar que se da en la naturaleza. La interpretación de los resultados depende de nuestro conocimiento de la biología de la iguana cubana y los taxones relacionados, las condiciones ambientales que afectan la especie, y los posibles cambios a futuro en esas condiciones. Para una explicación más detallada de *Vortex* y su utilización en los análisis de viabilidad de poblaciones, se pueden referir a Miller y Lacy (1999) y a Lacy (2000).

Existe poca información detallada sobre la demografía de la población de las iguanas cubanas silvestres. Como resultado, nos vimos forzados a utilizar información demográfica de otras fuentes para poder establecer nuestro modelo de la dinámica poblacional de la iguana cubana. Las fuentes serán discutidas en el texto siguiente.

En Cuba existen varias poblaciones de iguana, algunas numerosas como las de Guanahacabibes, cayería Sabana- Camagüey, y desembocadura del río Cauto. Otras poseen un escaso tamaño poblacional debido al pequeño tamaño de los cayos donde viven, o a que son poblaciones remanentes de otras más grandes como es el caso de la población de la Península de Hicacos.

Caracterización de algunas poblaciones de Iguana Cubana (*Cyclura nubila nubila*)

Depresión por endogamia: *VORTEX* incluye la habilidad de modelar los efectos negativos del entrecruzamiento, más directamente a través de la reducción de la supervivencia de las crías durante el primer año.

Hemos incluido la depresión de entrecruzamiento en una serie de modelos, principalmente en aquellos que tienen un tamaño poblacional pequeño (menos de 400 individuos, por ejemplo). No se ha demostrado que la endogamia en el género *Cyclura* afecte a las poblaciones naturales, aunque sí a otros reptiles, tales como serpientes. En algunas poblaciones en cautiverio formadas a partir de pequeñas poblaciones naturales, no se han determinado problemas por endogamia. En las poblaciones naturales, como tienden a expandirse fácilmente tampoco se ha detectado este fenómeno, pero en general no existe mucha información en la literatura al respecto.

¿Considera los efectos de la variación ambiental en la reproducción equivalentes a la supervivencia asociada a la variación ambiental?: Sí. En la zona de Guantánamo cuando llueve menos los individuos crecen menos y alcanzan la madurez sexual tardíamente. En esta especie la madurez sexual está más influenciada por la talla que por la edad, sobre todo en los machos, ya que si estos no tienen la talla adecuada aunque estén maduros sexualmente, no tienen acceso a las hembras.

Estrategia reproductiva: Poliginia secuencial con defensa de recursos. Cada macho dominante delimita un territorio donde tiene varias hembras, toma una hembra para la copula durante varios días, luego la libera pero sin permitir que otros machos se acerquen. Después toma otra hembra y así continúa hasta llegar a fecundar un promedio de 3 a 4 hembras y un máximo de 7. Las hembras posiblemente seleccionan las áreas de los machos en base a los recursos de alimento y refugio. Algunos autores señalan la conducta de secuestro de la hembra por el macho, pero esta parece ser poco frecuente.

Edad de reclutamiento de las hembras como reproductoras: *VORTEX* considera la edad de la primera reproducción como la edad a la que se ponen huevos por primera vez, no simplemente la llegada a la madurez sexual.

En la naturaleza, la edad de la primera reproducción es de 4-5 años, esto depende en mayor grado de las condiciones de alimentación donde viven las hembras. En cautiverio tanto machos como hembras se reproducen más temprano (2-3 años); aquí se pierde la jerarquía social y el alimento está asegurado.

Edad de reclutamiento de los machos como reproductores: Se estima como mínimo de 6-9 años, aunque depende de su talla y de la abundancia de individuos machos en la población; en pequeñas poblaciones, esta edad puede ser mayor porque los machos más jóvenes tienen mayor oportunidad de apareamiento.

Edad máxima de reproducción: En la forma más simple, *Vortex* asume que los animales pueden reproducirse (a una tasa normal) a través de toda su vida adulta. No hay información precisa, pero se estima que está entre 35-40 años en las hembras. Los machos terminan su edad reproductiva más tardíamente (55 años en cautiverio para *Cyclura nubila lewisi*).

Proporción de sexos en la eclosión: En cautiverio y en vida libre la proporción es 1:1. Se plantea que la determinación sexual es cromosómica.

Tamaño máximo de la nidada: Este se estima en 16 huevos. En cautiverio puede ser mayor y la hembra dominante pone más huevos.

En el año promedio, qué proporción de hembras adultas producen una nidada: Según los estudios en el área de Guantánamo y Delta del Cauto, es de un 94%. Se piensa que en poblaciones mayores dicho porcentaje sea menor por causa de la jerarquía social.

Desviación estándar del porcentaje que se reproduce anualmente: La variación ambiental anual en la reproducción de la hembra se modela en *VORTEX*, especificando una desviación estándar (SD) para la proporción de hembras adultas que ponen una nidada de huevos con éxito en un año dado. Se estima en 0,42%.

Composición porcentual de tamaños de nidadas de las hembras que se reproducen: Según estudios en el área de Guantánamo durante 2 años:

- 1 cría: 6%.
- 2 crías: 3%.

- 3 crías: 0%.
- 4 crías: 3%.
- 5 crías: 19%.
- 6 crías: 12%.
- 7 crías: 12%.
- 8 crías: 6,9%.
- 9 crías: 9%.
- 10 crías: 9%.
- 11 crías: 9%.
- 12 crías: 3%.
- 13 crías: 0%.
- 14 crías: 3%.
- 15 crías: 3%.
- 16 crías: 3%.

Según se ha estimado todos los huevos son fértiles, excepto en condiciones de sequía extrema o de lluvias intensas. Se plantea que en un buen sustrato (buena permeabilidad y humedad) eclosionan todos los huevos.

Reproducción dependiente de la densidad: *VORTEX* puede modelar la dependencia de la densidad con una ecuación que especifica la proporción de hembras adultas, que se reproducen como una función del tamaño de la población total. Adicionalmente, para incluir una reducción en la reproducción más típica en poblaciones de alta densidad, el usuario puede modelar un efecto alelo: una disminución en la proporción de hembras que se reproducen a bajas densidades poblacionales debido, por ejemplo, a dificultades para encontrar machos para copular ya que se encuentran sumamente dispersos en el área.

En este momento, no hay información para apoyar la dependencia de la densidad en la reproducción de las poblaciones de la iguana cubana en toda su distribución, por lo tanto esta opción no fue incluida en los modelos que se presentan en este informe.

Porcentaje de hembras que sobreviven: Para *Cyclura carinata carinata* en islas Turcas y Caicos.

- Del nacimiento al año: 21%.
- De 1 a 2 años: 45%.
- De 2-3años: 45%.
- De x años a x+1 años, en adultos: 67%.

Porcentaje de machos que sobreviven: Para *Cyclura carinata carinata* en islas Turcas y Caicos.

- Del nacimiento al año: 21%.
- De 1 a 2 años: 45%.
- De 2-3años: 45%.
- De x años a x+1 años, en adultos: 67%.

Es posible que estos valores tanto para machos como hembras sean mayores.

Para cada una de las tasas de supervivencia listadas arriba, la variación a lo largo de los años como desviación estándar tanto para hembras como para machos, se escogió el 25% de los datos anteriores como desviación estándar.

Del nacimiento al año: 0,84.

De 1-2 años: 1,8.

De 2-3 años: 1,8.

De x a x+1 años, en adultos: 2,68.

Tipos de catástrofes que pueden ser incluidas en el modelo: Las catástrofes son eventos ambientales singulares que están fuera de los límites de las variaciones ambientales normales y que afectan la reproducción y/o la supervivencia. Las catástrofes naturales pueden ser tornados, inundaciones, sequías, enfermedades o eventos similares. Estos eventos son modelados en VORTEX asignándoles una probabilidad anual de que sucedan, un par de factores de severidad que describen su impacto en la mortalidad (a través de todas las clases de edades y sexos) y la proporción de hembras que se reproducen con éxito en un año dado. Estos factores varían de 0.0 (efecto máximo o absoluto) a 1.0 (sin efecto), y son asignados únicamente al año de la catástrofe, después de lo cual las tasas demográficas vuelven a sus valores básicos.

Nosotros asumimos que los huracanes pueden afectar severamente las poblaciones de las iguanas cubanas en toda la isla y en los cayos circundantes.

Para cada tipo de catástrofe considerada:

Probabilidad de que ocurra en 100 años: 12,5 (huracanes fuertes).

Tasa reproductiva en un año de catástrofe comparada con la reproducción en años normales: 0,25 (75% de reducción). Este número se estimó teniendo en cuenta la cifra que se reporta para Jamaica en *Cyclura collei* y el hecho de que en Cuba los huracanes afectan más fuertemente.

Tasa de supervivencia en un año de catástrofe comparada a la supervivencia en años normales: 0,67. Admitimos que no hay reducción apreciable de la tasa de supervivencia de adultos, por lo que se utiliza el mismo valor de cuando no existe el efecto de los huracanes.

Presencia de los machos adultos en el “pool” de reproductores potenciales por año:

En muchas especies, algunos machos adultos pueden estar socialmente restringidos para reproducirse aunque fisiológicamente sean capaces de hacerlo. Esto puede modelarse en *Vortex*, especificando una porción del “pool” total de machos adultos que se pueden considerar “disponibles” para la reproducción cada año.

No están todos, pues los machos más pequeños no tienen acceso a las hembras.

Porcentaje de machos adultos que están disponibles para reproducirse cada año:

Se estima aproximadamente un 30% en un estudio del área de Guantánamo, que representa los machos dominantes.

Tamaño actual de la población: Para Cayo del Obispo 160 individuos. Para el área de Guantánamo 2250 individuos en el 2002. VORTEX distribuye la población inicial especificada entre clases de edad y sexo, de acuerdo a una distribución estable de

edad que es característica de los esquemas de mortalidad y reproducción descritos previamente.

Capacidad de carga del hábitat: La capacidad de carga, K, para un parche de hábitat, define el límite superior del tamaño de la población, sobre el que la mortalidad adicional es impuesta al azar sobre todas las clases de edad, de manera que la población retorne al valor establecido para K.

Para Cayo del Obispo 160 individuos, ya que se asume que la especie es estratega K y por consiguiente la población ha alcanzado su capacidad de carga. Para el área de Guantánamo se estima 8000-10000 individuos, porque en 1993 se estimó la población de 6000 individuos.

¿Se perderá o se ganará hábitat con el tiempo?: Se perderá hábitat sobre todo en las cayerías por el desarrollo turístico y los cambios climáticos y en la isla de Cuba por la urbanización costera.

¿A lo largo de cuantos años se perderán hábitat?: 50 años.

Porcentaje de hábitat que se perderá cada año: 1%.

¿Serán los animales removidos de la población silvestre?: No.

¿Serán adicionados animales a la población?: No.

Iteraciones y años de proyección: Todas las proyecciones de la población (escenarios) fueron simulados 500 veces. Cada proyección se extiende por 100 años, con información demográfica obtenida a intervalos de diez años. Todas las simulaciones fueron conducidas utilizando VORTEX versión 8.41 (Junio 2000).

Resultados del Modelo de Simulación

Comportamiento del modelo básico

Utilizando nuestros mejores estimados de todos los parámetros demográficos disponibles para una población de iguanas cubanas que habitan el área de Guantánamo, nuestro modelo de VORTEX da una tasa de crecimiento poblacional anual de aproximadamente -30% . Bajo este grupo de condiciones biológicas particulares, esperaríamos que la población declinara en tamaño muy rápidamente y esté extinta localmente en 20 años. Aún eliminando el evento de huracanes del modelo de simulación, la población va a declinar hasta la extinción en una tasa muy similar (Cuadro 1 y Figura 1). Pareciera que la rápida declinación de la población es causada por la alta tasa de mortalidad de adultos de 33% , significando que el adulto promedio es activo reproductivamente hasta unos pocos años antes de morir. Esto puede ser cierto para poblaciones de *Cyclura carinata carinata* en las islas Turcas y Caicos, pero no parece reflejar la verdadera dinámica de las poblaciones de *Cyclura nubila nubila* en Guantánamo. Por lo tanto, debemos ajustar nuestros estimados de mortalidad para desarrollar un modelo que describa más precisamente esta población.

Nosotros revisamos nuestros datos de mortalidad para subadultos y adultos, y los establecimos en 30% y 13% (supervivencia de 70% y 87%), respectivamente, y

repetimos este modelo de simulación básico. Los resultados se muestran en el Cuadro 1 y en el Gráfico 1. Es claro que esta revisión produce una diferencia significativa en el comportamiento de la población. En el escenario de baja mortalidad, la población simulada puede aumentar en una tasa de alrededor del 4% anual en la presencia de huracanes, y de más de 6% si los huracanes no se incluyen en las simulaciones. Pensamos que este resultado es más realista para muchas poblaciones de iguana en Cuba, de manera que basamos todos los modelos siguientes en esta nueva información de la mortalidad.

Cuadro 1. Resultados de los modelos de simulación inicial de VORTEX de la dinámica poblacional de la iguana cubana. Las tasas de mortalidad utilizadas (expresadas en términos de juveniles / subadultos / adultos) utilizadas fueron 0.79 / 0.55 / 0.33 para los modelos de “alta mortalidad” y 0.79 / 0.30 / 0.13 para “modelos de baja mortalidad”. Vea el texto siguiente para información adicional.

Condiciones del modelo	r_s (SD) [†]	P(E)	$N_{ext,100}$ (SD)	Het ₁₀₀	T(E)
Alta mortalidad, huracán	-0.303 (0.433)	1.000	--	--	21 / 21.4
Alta mortalidad	-0.286 (0.408)	1.000	--	--	22 / 22.3
Baja mortalidad, huracán	0.037 (0.322)	0.000	5705 (2023)	0.973	--
Baja mortalidad	0.065 (0.216)	0.000	7030 (1142)	0.994	--

r_s (SD), significa tasa de crecimiento de la población estocástica con desviación estándar; P(E), probabilidad de extinción de la población por 100 años de simulación; $N_{ext,100}$ (SD), significa tamaño de la población extinta después de 100 años con desviación estándar; Het₁₀₀, heterogozidad de la población promedio después de 100 años; T(E), tiempo medio / promedio para la extinción de la población.

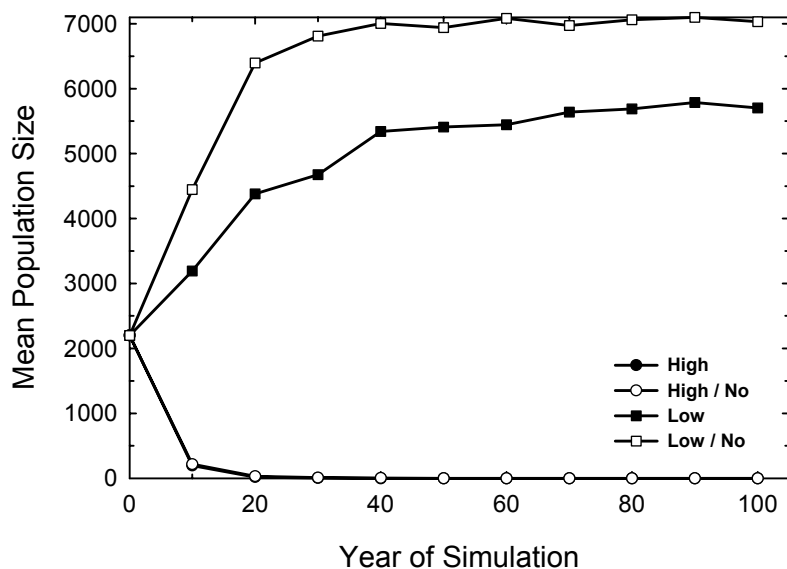


Figure 1. Plot of mean size of extant populations of Cuban iguana (*Cyclura nubila nubila*) under alternative conditions of “high” and “low” mortality (see text for specific values). Black symbols indicate results for models including the impact of severe hurricanes, while white symbols indicate results where hurricanes are absent.

Es importante recordar, sin embargo, que la información demográfica específica utilizada como ingreso para un modelo de análisis de viabilidad poblacional, no describe exactamente la dinámica poblacional actual de las iguanas cubanas en Guantánamo. Desafortunadamente, carecemos de conocimientos suficientes sobre las tasas de reproducción y supervivencia verdaderas de las iguanas silvestres en esta área para poder desarrollar un modelo exacto. Por lo tanto, no podemos utilizar el modelo para hacer predicciones precisas y absolutas sobre el futuro de la población.

Sin embargo, podemos utilizar el modelo para estudiar la respuesta relativa de una población de iguanas a cambios demográficos. Estos cambios demográficos pueden reflejar nuestra propia desconfianza de los valores de parámetros que se miden en el campo, o pueden representar los resultados de actividades humanas como la cacería, modificación del hábitat, o manejo. Podemos utilizar un método de modelado denominado análisis sensitivo para investigar el impacto de esta inseguridad en el comportamiento del modelo. Con esta información, se pueden establecer prioridades para investigación y manejo.

Análisis de sensibilidad I: Incertidumbre en la medidas demográficas

Durante el desarrollo del set de información de los parámetros básicos ingreso presentado anteriormente, rápidamente, fue evidente que un número de parámetros de la demografía de las poblaciones de la iguana cubana en el campo, son estimados con varios niveles de confianza. En este tipo de mediciones de campo, la incertidumbre puede ser producida por los pequeños tamaños de la muestra y por los cortos períodos de tiempo en que se han realizado las observaciones de campo. Como resultado de esta incertidumbre, no pudimos generar predicciones precisas de la dinámica poblacional futura de la iguana, con algún grado de confianza. Sin embargo, un análisis de sensibilidad de nuestros modelos a esta medida de inseguridad, puede ser una ayuda muy valiosa para identificar prioridades para investigaciones detalladas y/o proyectos de manejo, enfocados a elementos específicos de la biología y ecología de la población de la especie.

Para realizar este análisis de sensibilidad, seleccionamos un grupo de seis parámetros, cada uno de los cuales podría variarse por una cantidad específica. Variando cada parámetro a través de un rango de valores, somos capaces de comparar el impacto de este cambio en cada parámetro individual, en una medida de comportamiento de la población, como puede ser la tasa de crecimiento estocástico de la población. El rango de valores se da en el cuadro que sigue.

Cuadro 2. Análisis de viabilidad de la población de la iguana cubana. Valores utilizados en los análisis de sensibilidad demográfica. Vea el texto adjunto para información adicional.

Parámetro del Modelo	Base	Mínimo	Máximo
Edad de la primera reproducción en hembras	4 años	3 años	5 años
Edad máxima de reproducción en hembras	35 años	30 años	40 años
% de hembras adultas que se reproducen por año	94%	90%	100%
% machos adultos disponibles para reproducción	33%	20%	50%
Frecuencia de huracanes como	0.125	0.05	0.20

catástrofes			
Severidad de los huracanes para la reproducción	0.25	0.50°	0.05

Los valores en la columna de la izquierda son los que se incluyeron en el modelo básico que se discutió arriba. Para realizar este análisis de sensibilidad, un total de 13 modelos fueron corridos con el valor específico de un parámetro seleccionado. El crecimiento poblacional promedio fue utilizado como una medida del comportamiento total de la población.

Los resultados de este análisis se muestran en el Cuadro 3 y en la Figura 2. Se desprende de estos resultados que nuestro modelo es extremadamente sensible a lo desconocido en nuestro estimado de la primera reproducción en las iguanas cubanas: un cambio de solamente un año en este parámetro produce un gran cambio en la tasa de crecimiento de la población. Por otra parte, la incertidumbre en la edad máxima de reproducción no afecta el modelo de ninguna manera. Esto se debe al hecho de que, en nuestro modelo de edad específica de mortalidad, pocas hembras adultas llegan a la edad máxima de reproducción de 35-40 años.

Cuadro 3. Análisis de viabilidad de población de la iguana cubana. Resultado del análisis de sensibilidad demográfica, expresada como tasa promedio de crecimiento poblacional estocástico y la desviación estándar.

Parámetro Modelo	Base	Mínimo	Máximo
Edad de la primera reproducción en hembras	0.065 (0.216)	0.129 (0.236)	0.021 (0.202)
Edad máxima de reproducción en hembras	0.065 (0.216)	0.066 (0.217)	0.066 (0.216)
% de hembras adultas que se reproducen anualmente	0.065 (0.216)	0.060 (0.215)	0.073 (0.219)
% de machos adultos disponibles para reproducción	0.065 (0.216)	0.064 (0.218)	0.067 (0.216)
Frecuencia de catástrofes por huracán	0.065 (0.216)	0.057 (0.273)	0.008 (0.362)
Severidad con que el huracán afecta la reproducción	0.065 (0.216)	0.032 (0.326)	0.033 (0.317)

Observe también que el modelo no es sensible al tamaño del grupo de machos adultos reproductores. Esto es esperado bajo nuestro modelo de reproducción polígina, donde en el extremo únicamente unos pocos machos son necesarios para que todas las hembras disponibles tengan una reproducción exitosa. Es importante señalar que nuestro modelo es muy sensible a la inclusión de una catástrofe por huracán. Este es un factor importante en los siguientes modelos.

Análisis de sensibilidad II: Análisis de mortalidad

Además del análisis de sensibilidad presentado arriba, estábamos interesados en

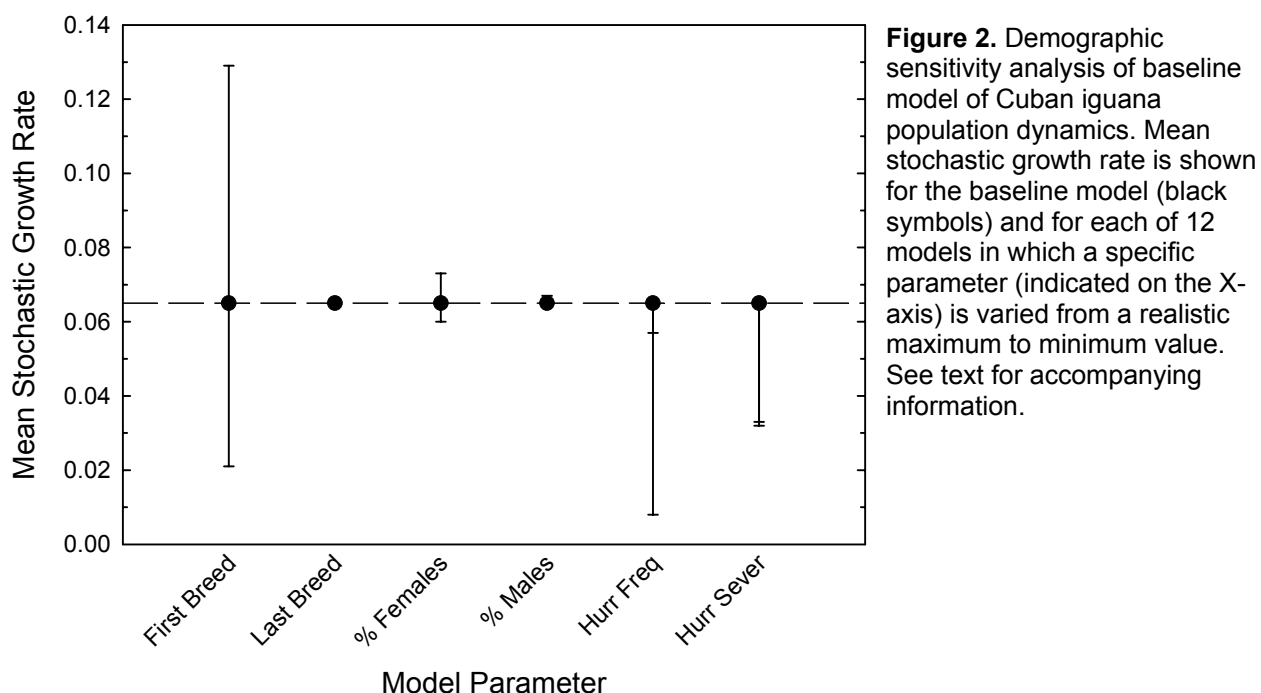


Figure 2. Demographic sensitivity analysis of baseline model of Cuban iguana population dynamics. Mean stochastic growth rate is shown for the baseline model (black symbols) and for each of 12 models in which a specific parameter (indicated on the X-axis) is varied from a realistic maximum to minimum value. See text for accompanying information.

realizar una investigación detallada de la sensibilidad de nuestro modelo a los cambios en las tasas de mortalidad en edades específicas. Particularmente, variamos la mortalidad de los juveniles de 70% a 90% en incrementos del 4%, y la mortalidad en los adultos de 5% a 20% en incrementos del 3%. Esto dio como resultado un total de 36 modelos con diferentes combinaciones de mortalidad en adultos y juveniles. Este grupo de modelos se repitió, con el valor de la mortalidad subadulta cambiada de 30% a 40%.

Los resultados de estos 72 modelos se presentan en la figura 3. Podemos llegar a las siguientes conclusiones observando estos gráficos:

- Como se esperaba, un aumento en la mortalidad de los adultos y de los juveniles da como resultado una disminución en el promedio de la tasa de crecimiento poblacional. Un subgrupo de combinaciones de mortalidad da como resultado una tasa de crecimiento poblacional negativa (declinación de la población). Por ejemplo, cuando la mortalidad de los subadultos es de 30% (panel izquierdo de la Figura 3) y se asume que la mortalidad de los juveniles es 82% (línea media), el crecimiento poblacional será negativo si la mortalidad de los adultos es mayor a 18%.

- Un aumento en la mortalidad de subadultos de 30% a 40% produce un considerable cambio en la tasa de crecimiento poblacional; en general la tasa de crecimiento poblacional declina y un grupo mayor de combinaciones de mortalidad da como resultado una tasa de crecimiento poblacional negativa.
- La variación en la mortalidad de los adultos a través del rango mostrado aquí, conduce a un mayor cambio en la tasa de crecimiento poblacional, que la variación establecida en la mortalidad juvenil. En otras palabras, este análisis sugiere que nuestro modelo para la iguana cubana es más sensible a cambios en la mortalidad de los adultos.

Análisis de riesgo I: Tamaño poblacional, Depresión de entrecruzamiento y huracanes.

Habiendo completado un análisis de sensibilidad demográfico general, nos interesamos en estudiar las relaciones entre el tamaño poblacional de la iguana cubana y los impactos nocivos del entrecruzamiento, particularmente en el contexto de eventos de huracanes catastróficos. Escogimos el evento de huracanes debido a que fue identificado en el análisis de sensibilidad como uno de los parámetros

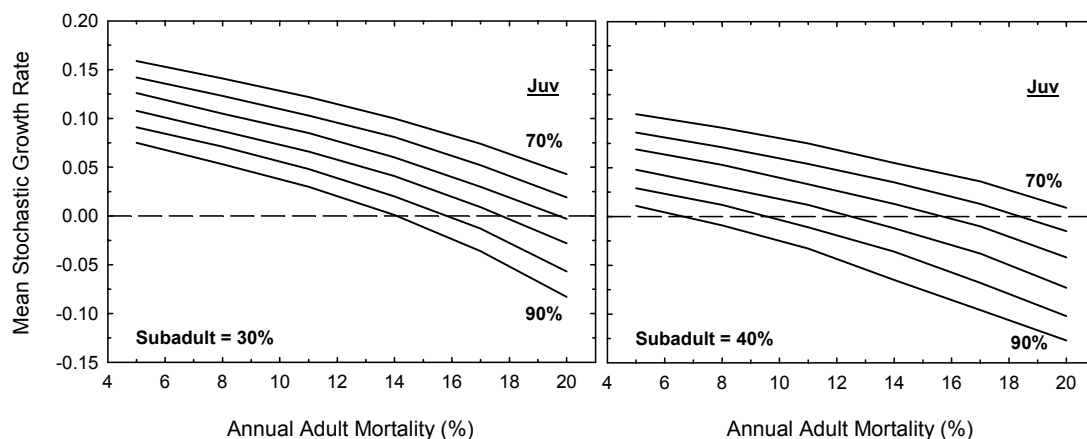


Figure 3. Mortality sensitivity análisis for simulated populations of Cuban iguana. Plots give mean stochastic population growth rate for a series of models combining different values for mortality of adults and juveniles. The left panel includes 30% annual mortality of subadults, while the right panel includes 40% annual mortality of subadults.

demográficos más importantes que influyen en dinámica poblacional.

Desarrollamos una serie de modelos que buscaban variabilidad a través de un amplio rango de tamaños poblacionales, con y sin la inclusión de la depresión de entrecruzamiento y los huracanes. Existe alguna preocupación sobre los efectos del entrecruzamiento y de cómo éste impactaría la salud de pequeñas poblaciones de iguanas cubanas silvestres. En general, estudios científicos muestran que el entrecruzamiento puede impactar negativamente algunos componentes adecuados en muchas especies de flora y fauna. Consecuentemente, pensamos que debería estudiarse este fenómeno en nuestra población silvestre simulada de la iguana cubana. Todos los modelos incluyen el modelo de esquema de baja mortalidad discutido previamente.

Cuadro 4. Análisis de viabilidad de la población de la iguana cubana. Resultados de los modelos designados para investigar las interacciones entre tamaño poblacional, presencia de depresión de entrecruzamiento, e inclusión de huracán como catástrofe. Note que la capacidad de carga K se estableció igual a $4N_0$ para todos los escenarios. Refiérase al Cuadro 1 para results notation, y al texto acompañante para información adicional.

Model conditions	r_s (SD)	P(E)	$N_{ext,100}$ (SD)	Het₁₀ 0	T(E)
<u>Inbreeding depression, hurricane</u>					
$N_0 = 25$	-0.031 (0.339)	0.896	33 (28)	0.497	40 / 42.1
$N_0 = 50$	-0.016 (0.324)	0.588	64 (55)	0.654	84 / 54.7
$N_0 = 75$	-0.006 (0.319)	0.356	109 (86)	0.735	0 / 59.8
$N_0 = 100$	-0.003 (0.314)	0.276	161 (121)	0.787	0 / 69.0
$N_0 = 150$	0.003 (0.312)	0.140	254 (176)	0.844	0 / 71.2
$N_0 = 200$	0.006 (0.309)	0.064	333 (241)	0.870	0 / 66.9
$N_0 = 400$	0.012 (0.311)	0.020	766 (480)	0.936	0 / 68
$N_0 = 700$	0.031 (0.322)	0.004	1891 (753)	0.955	0 / 91
$N_0 = 1000$	0.033 (0.323)	0.000	2777 (1050)	0.965	--
$N_0 = 2000$	0.037 (0.322)	0.000	5738 (2085)	0.973	--
<u>Inbreeding depression only</u>					
$N_0 = 25$	0.028 (0.239)	0.216	72 (25)	0.624	0 / 36.4
$N_0 = 50$	0.045 (0.224)	0.032	160 (42)	0.772	0 / 29.6
$N_0 = 75$	0.052 (0.220)	0.008	244 (54)	0.844	0 / 35.0
$N_0 = 100$	0.054 (0.218)	0.000	337 (73)	0.879	--
$N_0 = 150$	0.057 (0.216)	0.000	500 (100)	0.920	--
$N_0 = 200$	0.059 (0.218)	0.000	681 (133)	0.942	--
$N_0 = 400$	0.063 (0.215)	0.000	1398 (238)	0.970	--
$N_0 = 700$	0.065 (0.216)	0.000	2483 (380)	0.983	--
$N_0 = 1000$	0.066 (0.216)	0.000	3571 (569)	0.988	--
$N_0 = 2000$	0.065 (0.216)	0.000	6931 (1264)	0.994	--
<u>Hurricane only</u>					
$N_0 = 25$	0.002	0.624	59 (28)	0.511	66 /

	(0.352)				40.6
$N_0 = 50$	0.016	0.232	121 (55)	0.677	0 / 45.7
	(0.334)				
$N_0 = 75$	0.018	0.144	172 (85)	0.733	0 / 51.6
	(0.329)				
$N_0 = 100$	0.019	0.092	240 (111)	0.793	0 / 57.0
	(0.326)				
$N_0 = 150$	0.021	0.036	348 (174)	0.841	0 / 67.2
	(0.323)				
$N_0 = 200$	0.024	0.020	489 (238)	0.875	0 / 65.4
	(0.322)				
$N_0 = 400$	0.026	0.004	1019 (460)	0.934	0 / 90.0
	(0.323)				
<u>No inbreeding or hurricane</u>					
$N_0 = 25$	0.056	0.148	85 (18)	0.588	0 / 23.8
	(0.248)				
$N_0 = 50$	0.063	0.012	175 (32)	0.755	0 / 34.3
	(0.231)				
$N_0 = 75$	0.065	0.000	261 (49)	0.840	--
	(0.223)				
$N_0 = 100$	0.063	0.000	340 (66)	0.871	--
	(0.223)				
$N_0 = 150$	0.063	0.000	527 (87)	0.921	--
	(0.224)				
$N_0 = 200$	0.066	0.000	691 (133)	0.940	--
	(0.218)				
$N_0 = 400$	0.065	0.000	1411 (225)	0.971	--
	(0.219)				

Los resultados de estos análisis se resumen en el Cuadro 4 y en la Figura 4. De estos resultados podemos realizar las siguientes conclusiones:

- En muchos escenarios de modelado, la tasa promedio de crecimiento poblacional es positiva, aunque existe riesgo de extinción de la población que puede ser bastante alta en las poblaciones más pequeñas estudiadas. Este es un dramático ejemplo del impacto de procesos demográficos al azar en la dinámica poblacional. Una variación impredecible en el promedio de las tasas de natalidad y mortalidad puede causar que una población se vuelva inestable y decline en tamaño en el tiempo- aún si se espera que la población crezca en tamaño durante largos períodos de tiempo. La mala suerte puede tener una influencia significativa sobre la viabilidad futura de una pequeña población de vida silvestre.
- El efecto nocivo del entrecruzamiento puede aumentar el riesgo de extinción en poblaciones pequeñas de iguanas- generalmente, aquellas menores de 80-100 individuos- pero el riesgo general adicional es relativamente bajo. Esto puede deberse a la alta tasa reproductiva de las hembras y a la relativa larga duración de la generación en esta especie.
- En contraste al limitado efecto del entrecruzamiento, la adición de un evento de huracán significativo, tiene un mayor impacto en la persistencia de la

población de la iguana cubana. Por ejemplo, una población de 25 individuos que viven en ausencia de la depresión de entrecruzamiento y severos huracanes puede aumentar de tamaño a una tasa de más de 5% al año, con un riesgo de extinción de un poco menos de 15% en 100 años. Sin embargo, la adición del factor huracán a este mismo modelo, disminuye la tasa de crecimiento promedio en 0.002 y aumenta dramáticamente el riesgo de extinción de la población a más de 60%. Nótese que también, como se prevé, las poblaciones más pequeñas son afectadas de una manera más severa por el evento simulado de huracán en relación a poblaciones de 500 o más individuos. Una vez más, esta es una clara demostración de los riesgos que encaran por pequeñas poblaciones de vida silvestre en un ambiente variable e incierto

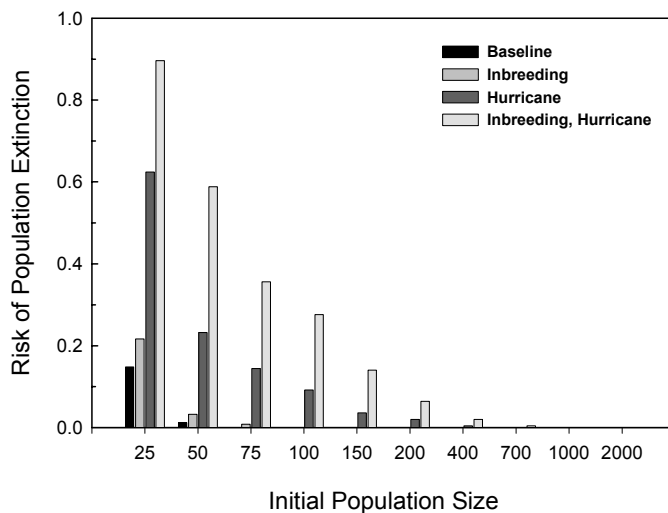


Figure 4. Probability (risk) of extinction among populations of Cuban iguana of different initial size. Within each category of initial population size, bars indicate risk for models excluding inbreeding depression and catastrophic hurricane (left bar) through those that include both inbreeding and catastrophe (right bar). Carrying capacity is set at $4N_0$ in all models. See text for details.

Es importante establecer una vez más que, debido a una falta de conocimiento detallado de la estructura genética y demográfica de las poblaciones de las iguanas cubanas, no podemos concluir que los riesgos calculados por nuestros modelos son predicciones precisas para las poblaciones reales de iguanas distribuidas por toda la isla. Sin embargo, estos modelos son extremadamente valiosos para establecer los riesgos relativos que encaran las poblaciones pequeñas, y el significativo impacto que podrían tener huracanes severos en estas mismas poblaciones. A través de este análisis, se pueden realizar recomendaciones detalladas sobre la obtención de información específica, sobre la ecología de poblaciones y la demografía de las poblaciones de iguanas a través de Cuba. Esta información específica, puede ser importante para desarrollar un mejor conocimiento de las poblaciones de iguana; con este mejoramiento del conocimiento del sistema biológico, se obtendrá un mejor manejo para la conservación

Análisis de Riesgo II: Análisis de la Metapoblación

Los análisis previos demostraron que las poblaciones más pequeñas de iguanas cubanas se encuentran en un mayor riesgo de extinción por la acción de una variabilidad no predecible en la dinámica de crecimiento y en el ambiente que las rodea. Estas poblaciones simuladas estaban aisladas, sin adición de individuos de

afuera. Podría ser posible “salvar” poblaciones pequeñas con alto riesgo de extinción uniéndolas con poblaciones cercanas, tal vez con el desarrollo de corredores o translocando individuos periódicamente. Queríamos probar la utilidad de esta técnica uniendo dos poblaciones de iguanas de 50 o 150 individuos y permitiendo que los individuos se muevan al azar entre ellas en una tasa promedio específica. Asumimos que tanto las hembras como los machos se podían mover entre las poblaciones, y que ellas podían moverse a través de todas sus vidas. Adicionalmente, asumimos que este movimiento entre hábitats adecuados ocupados por las iguanas podría tener algún costo; específicamente, asumimos que cada individuo que se movía tenía una probabilidad del 25% de morir.

Posteriormente establecimos una serie de modelos con diferentes tasas de migración, definidas aquí como la probabilidad de un individuo de moverse de una población a otra cada año. Los modelos se corrieron con y sin el impacto del entrecruzamiento y los huracanes.

Los resultados de estos análisis se muestran en el cuadro 5 y en la figura 5. Podemos llegar a las siguientes conclusiones a partir de los resultados obtenidos:

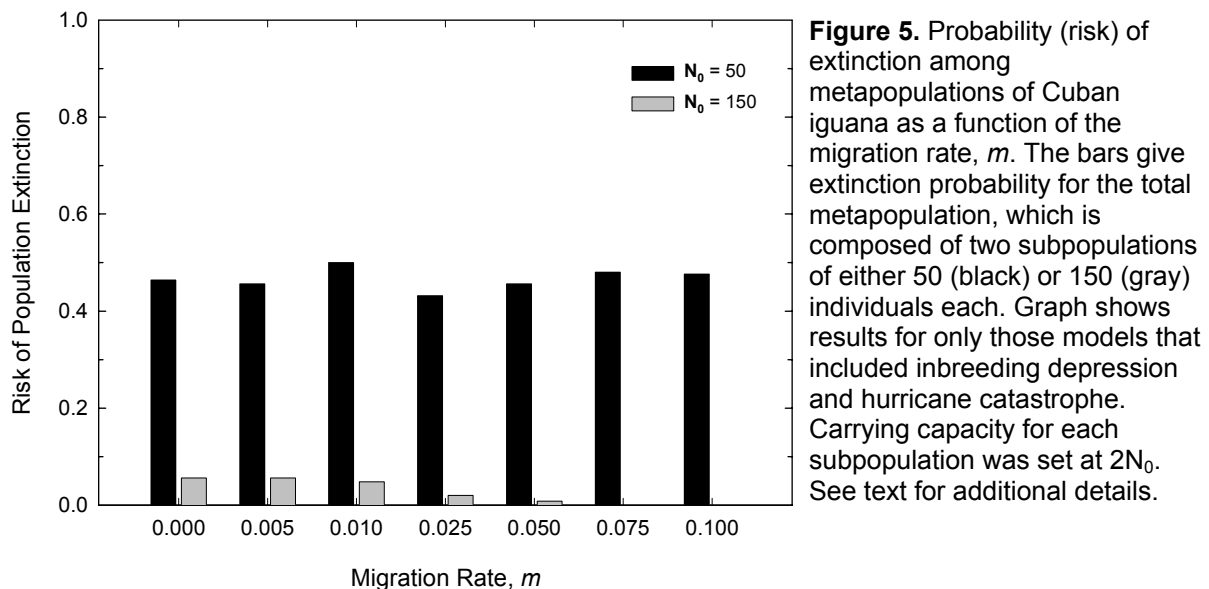


Figure 5. Probability (risk) of extinction among metapopulations of Cuban iguana as a function of the migration rate, m . The bars give extinction probability for the total metapopulation, which is composed of two subpopulations of either 50 (black) or 150 (gray) individuals each. Graph shows results for only those models that included inbreeding depression and hurricane catastrophe. Carrying capacity for each subpopulation was set at $2N_0$. See text for additional details.

- Las metapoblaciones compuestas de pequeñas subpoblaciones están en un mayor riesgo of de extinción de la población. La metapoblación constituida de dos poblaciones de 50 individuos, muestra una probabilidad de extinción que es consistentemente 10 veces mayor que aquella de la metapoblación constituida por dos subpoblaciones de 150 individuos.
- El riesgo de extinción en la metapoblación mayor se puede eliminar eficientemente aumentando la tasa de migración a cerca de 0.005 (en otras palabras, entre 1 a 20 animales que se trasladen de una subpoblación a otra cada año). Sin embargo, la metapoblación mas pequeña mantiene un nivel de riesgo consistente a través de un ancho rango de tasas de migración- hasta una que es 100% mayor que la “tasa critica “ necesaria para eliminar el riesgo en la población más grande. Es necesario un análisis adicional para determinar cuanto movimiento entre subpoblaciones es necesario para reducir o remover este riesgo de la población mas pequeña.

Cuadro 5. Análisis de viabilidad de la población de la iguana cubana. Análisis de la metapoblación cuando se permite la migración entre dos poblaciones similares aisladas según la tasa específica m . Se presentan modelos separados con la presencia o ausencia de la depresión de entrecruzamiento y eventos de huracán, con poblaciones iniciadas en 50 o 150 individuos. Referirse a los resultados en el Cuadro 1 y al texto que lo acompaña para información adicional.

Model conditions	r_s (SD)[†]	P(E)	$N_{ext,100}$ (SD)	Het₁₀₀	T(E)
<u>No inbreeding, hurricane;</u>					
<u>$N_0 = 50$</u>					
m = 0.000	0.067 (0.194)	0.000	167 (33)	0.801	--
m = 0.005	0.068 (0.192)	0.000	169 (32)	0.800	--
m = 0.010	0.069 (0.193)	0.000	161 (34)	0.799	--
m = 0.025	0.068 (0.192)	0.000	162 (33)	0.800	--
m = 0.050	0.066 (0.195)	0.000	163 (33)	0.795	--
<u>Inbreeding, hurricane; $N_0 = 50$</u>					
m = 0.000	-0.013 (0.296)	0.464	46 (37)	0.645	0 / 69.6
m = 0.005	-0.012 (0.294)	0.456	48 (41)	0.638	0 / 71.7
m = 0.010	-0.015 (0.298)	0.500	46 (35)	0.634	0 / 70.7
m = 0.025	-0.012 (0.294)	0.432	46 (39)	0.624	0 / 72.3
m = 0.050	-0.012 (0.293)	0.456	48 (38)	0.622	0 / 68.2
m = 0.075	-0.015 (0.299)	0.480	43 (37)	0.622	0 / 69.7
m = 0.100	-0.013 (0.295)	0.476	46 (38)	0.626	0 / 71.5
<u>No inbreeding, hurricane;</u>					
<u>$N_0 = 150$</u>					
m = 0.000	0.070 (0.181)	0.000	525 (69)	0.929	--
m = 0.005	0.069 (0.181)	0.000	508 (74)	0.931	--
m = 0.010	0.070 (0.182)	0.000	521 (78)	0.931	--
m = 0.025	0.070 (0.180)	0.000	512 (83)	0.931	--
m = 0.050	0.069 (0.182)	0.000	519 (73)	0.930	--
<u>Inbreeding, hurricane; $N_0 = 150$</u>					
m = 0.000	0.007	0.056	243 (154)	0.869	0 / 78.4

m = 0.005	(0.282) 0.006	0.056	236 (150)	0.873	0 / 81.9
m = 0.010	(0.283) 0.006	0.048	240 (158)	0.858	0 / 84.3
m = 0.025	(0.286) 0.009	0.020	243 (143)	0.870	0 / 89.0
m = 0.050	(0.283) 0.010	0.008	245 (149)	0.870	0 / 85.5
	(0.283)				

Conclusiones

Es la esperanza de este grupo de trabajo que los modelos descritos estimulen la realización de investigaciones adicionales sobre la dinámica de crecimiento y la biología de las poblaciones de iguanas cubanas dispersas en todo su rango de distribución. Este es el primer esfuerzo para desarrollar un modelo detallado de la dinámica poblacional de la iguana cubana, consecuentemente hemos hecho una serie de suposiciones y simplificaciones porque no hay información de campo disponible. Sin embargo nuestros modelos ayudan a identificar los aspectos críticos de la historia de vida de la iguana. Más aun, nuestros modelos pueden servir como una poderosa herramienta para entender las complejas interacciones entre muchos parámetros biológicos diferentes que pueden trabajar juntos para poner en riesgo de extinción pequeñas poblaciones de fauna silvestre.

Estrategia Grupo de Poblaciones de la Iguana Cubana

Problema 1

Falta de información demográfica.

Objetivo 1.1

Estimar de forma precisa el tamaño de la población.

Acción 1.1.1

Seleccionar las poblaciones para trabajar y delimitar el área exacta donde se va a hacer la estima de la población, teniendo en cuenta que cada área posea un hábitat homogéneo. Emplear de forma comparativa al menos dos de los siguientes métodos: conteo directo de iguanas en bandas transectos (transecto clásico), en líneas transecto con distancias variables (muestreo por distancia); maracaje y recaptura o métodos indirectos calculando la densidad de refugios en playas de arena. Cómo método de maracaje recomendamos: corte de dedos, marcas con pintura o cuentas de cristal y radiotelemetría.

- Responsable: Mario Morales Díaz y Vicente Berovides Álvarez.
- Tiempo de ejecución: 3 años.
- Medición de los resultados: se aplicarán estas técnicas a las tres áreas fundamentales donde habitan poblaciones y se obtendrán estimas poblaciones como mínimo una vez al mes.
- Costo: 5000 pesos por año.

- Colaboradores: Dr. Ivan Rehák, Grisell Díaz Ramírez, Jose L. Collazo López, Juan Castillo Pérez, Oscar Ortiz Cedeño, Raúl Inguanzo y Boris Vicente Planell.
- Limitaciones: clima desfavorable, transportación y equipamiento.

Consecuencias: estimas más exactas y estandarizadas de las densidades y tamaños totales de las poblaciones de iguana, así como también del área y los hábitats que ocupan.

Objetivo 1.2

Desarrollar técnicas adecuadas para determinar la edad de los individuos y la estructura etaria de la población.

Acción 1.2.1

Realizar una revisión bibliográfica acerca de los posibles métodos de determinación de edad en los reptiles en general y en los iguánidos en particular. Utilizar el método que parezca más idóneo a un grupo de iguanas de edad conocida, criadas previamente.

- Responsable: Grisell Díaz Ramírez y Vicente Berovides Álvarez.
- Tiempo de ejecución: 3 años.
- Medición de los resultados: se determinará la edad por el método seleccionado, como mínimo a 5 individuos por cada una de las dos poblaciones seleccionadas.
- Costo: 1000 pesos.
- Colaboradores: Allison Alberts, Tandora Grant, Mario Morales, Juan Castillo y Jose L. Collazo.
- Limitaciones: Condiciones de mantenimiento de los animales.

Consecuencia: Obtención de una técnica rápida y barata para la determinación de la edad de los individuos y la estructura de edad de las poblaciones.

Acción 1.2.2

Se tomará una población de los cayos y se marcarán con chips electrónicos todos los juveniles que se puedan capturar, los cuales se seguirán para medir su tasa de dispersión dentro y fuera de los cayos.

- Responsables: Mario Morales y Jose L. Collazo.
- Tiempo de ejecución: 1 año.
- Medición de los resultados: Se obtendrá una medida de la dispersión de los juveniles de 0-1 año.
- Costo: 2000 pesos.
- Colaboradores: Allison Alberts, Tandora Grant, Dr. Ivan Rehák, Vicente Berovides y Grisell Díaz.
- Limitaciones: Equipamiento.

Consecuencias: Conocer el grado de dispersión de los juveniles para un posible control de este proceso.

Objetivo 1.3

Determinar la tasa de supervivencia por sexo y por edad.

Acción 1.3,5.1

Objetivo 1.4

Realizar sexado de juveniles.

Acción 1.4.1

Aprender y aplicar la técnica de la probeta sugerida para sexar juveniles y subadultos en las áreas donde se realicen estudios poblaciones específicas.

- Responsable: Vicente Berovides y Grisell Díaz.
- Tiempo de ejecución: 1 año.
- Medición de los resultados: se logrará el sexado de los individuos juveniles y subadultos de las poblaciones de Iguana de los cayos del norte de Villa Clara.
- Costo: 1000 pesos.
- Colaboradores: Dr. Ivan Rehak y Mario Morales.
- Limitaciones: transportación.

Consecuencias: Lograr una técnica efectiva para el sexado de juveniles y subadultos y determinación del cociente sexual en estos grupos.

Objetivo 1.5

Iniciar estudios de historia de vida en algunas poblaciones.

Acción para los objetivos 1.3, 1.5

Seleccionar las poblaciones de Guanahacabibes y Monte Cabaniguán para hacer estimas de los principales variables de historia de vida como son: edad o talla, madurez sexual y máxima reproducción, nidadas por año, huevos por nidadas, proporción de hembras y machos en reproducción, número de machos por hembra, supervivencia de juveniles de 0-1 año y de individuos mayores de 1 año. Estas medidas se determinarán tomando muestras de individuos de las poblaciones mencionadas de las poblaciones estudiadas y siguiendo individuos marcados por técnicas aún por decidir. Se recomienda extender este estudio en las poblaciones de la cayería de Cuba.

- Responsables: Manuel Alonso Tabet y Vicente Berovides Álvarez.
- Tiempo de ejecución: 5 años.
- Medición de los resultados: se tendrá la evaluación de los variables de historia de vida en dos poblaciones de Iguana que viven en hábitats totalmente diferente: manglar y vegetación de costa rocosa.
- Costo: 40 000 pesos.
- Colaboradores: Allison Alberts, Tandora Grant, Dr. Ivan Rehak, Lic. Roberto Soberón, Roberto Ramos, Boris Planell, Grisell Díaz, Richard Olano, Mario Morales, Julio A. Ramos y Raúl Inguanzo.
- Limitaciones: Transportación, equipamiento y condiciones climáticas.

Consecuencias: Conocimiento de las variables de historia de vida en dos poblaciones de iguana.

Problema 2

Conocimiento insuficiente de la dinámica reproductiva.

Objetivo 2.1

Realizar investigaciones acerca de la relación entre variables ambientales y parámetros reproductivos.

Acción para los objetivos 2.1, 2.3, 2.4, 2.5

Se seleccionará la población de iguana de Monte Cabaniguán para el estudio de la relación entre las variables ambientales y el hábitat con los parámetros reproductivos dada la relativa facilidad de localizar los sitios de ovoposición de las hembras en esta localidad. Se detectarán todos los sitios de nidificación posible durante la etapa reproductiva y se medirán el tipo de sustrato, la cobertura vegetal, la temperatura y humedad de la cámara de incubación y exterior, el número y las dimensiones de los huevos, la profundidad de la cámara y la distancia entre nidos. La nidada se llevará entonces a condiciones de incubación lo más natural posible, para determinar el porcentaje de eclosión y la talla, peso, coloración y anomalías de los recién eclosionados. Para cada sitio de ovoposición se hará una evaluación detallada de la estructura y composición de la vegetación circundante y se asociará esta con la cantidad de nidos en cada área de vegetación. Algunas hembras serán capturadas en sus sitios de indicación y se le determinará la talla para correlacionar esta con la fertilidad.

- Responsable: Manuel Alonso Tabet y Vicente Berovides Alvarez.
- Tiempo de ejecución: 3 años.
- Medición de los resultados: se tendrán evaluado una cantidad significativa de sitios de nidificación de la Iguana Cubana y las posibles influencias que las variables ambientales y del hábitat ejercen sobre el número de huevos, porcentaje de eclosionados y la talla y peso de los eclosionados, así como la selección de los sitios de ovoposición. Se compararán estos datos con los obtenidos en la zona de Guantánamo.
- Costo: 10 000 pesos.
- Colaboradores: Allison Alberts, tandora Grant, Dr. Ivan Rehák, Roberto Soberón, Grisell Díaz Ramírez y Boris Planell.
- Limitaciones: Transportación, equipamiento y condiciones climáticas.

Consecuencias: Posibilidades de manejo eficiente de los sitios de ovoposición.

Objetivo 2.2

Realizar estudios del comportamiento reproductivo en diferentes densidades poblacionales.

Acción 2.2.1

Se seleccionará 5 cayos con alta densidad y 5 cayos con baja densidad en la cayería del norte de Villa Clara. Durante la etapa reproductiva se capturarán hembras grávidas las cuales se marcarán, pesarán y se les medirá su tamaño. En la etapa post-reproductiva se hará una recaptura y las hembras marcadas se volverán a pesar. La diferencia entre los dos pesos se tomará como medida del efecto de la densidad. En las localidades de estudio también se determinará la abundancia de los machos dominantes y subordinados y su territorio.

- Responsables: Juan Castillo Pérez y Mario Morales Díaz
- Tiempo de ejecución: 2 años.

- Medición de los resultados: Se tendrá la diferencia en cambio de peso como efecto de la densidad y se compararán los resultados con los obtenidos para la zona de Guantánamo.
- Costo: 10 000 pesos.
- Colaboradores: Allison Alberts, Tandora Grant, Dr. Ivan Reháč, Vicente Berovides y Grisell Díaz.
- Limitaciones: Transportación, equipamiento y condiciones climáticas.

Consecuencias: Tener cuantificado el efecto de la densidad sobre la fertilidad de las hembras de la Iguana Cubana.

Objetivo 2.3

Comparar parámetros reproductivos en diferentes hábitats.

Objetivo 2.4

Determinar relación entre edad y fertilidad.

Objetivo 2.5

Determinar selección de hábitat en relación a los sitios de ovoposición.

Problema 3

Desconocimiento de la estructura genética y del intercambio entre poblaciones.

Objetivo 3.1

Utilizar marcadores moleculares para determinar el grado de variabilidad genética de las poblaciones.

Objetivo 3.2

Estimar el grado de intercambio genético entre poblaciones.

Objetivo 3.3

Determinar el grado de estructuración genética de las metapoblaciones en cayerías.

Acción para los objetivos 3.1, 3.2, 3.3

Se seleccionará la cayería del norte de Villa Clara y se harán muestreos de iguanas a cuatro niveles diferentes de estructuración poblacional en esta localidad: playas de cada cayo, cayos, grupos de cayos y la cayería entera. En cada uno de estos niveles se tomarán entre 20 y 30 animales y se le extraerá sangre de la base de la cola. La sangre será procesada en laboratorios de genética-bioquímica de la Facultad de Biología para la detección de polimorfismo en al menos 10 loci microsatélites de DNA. Se recomienda extender la toma de muestras a otras áreas del país, para compararlas con los datos del género *Cyclura* y determinar diferenciación entre áreas geográficas.

- Responsables: Grisell Díaz y Vicente Berovides.
- Tiempo de ejecución: 2 años.
- Medición de resultados: Se obtendrán los valores para la población muestreada del grado de heterocigocidad (H) dentro y entre los niveles de la metapoblación, el número de migrantes por generaciones (Nm) y el grado de diferenciación genética entre poblaciones (Fst).
- Costo: 50 000 pesos.

- Colaboradores: Allison Alberts, Tandora Grant, Dr. Ivan Rehák, Catherine Malone, Juan Castillo, Mario Morales y Jose L. Collazo.
- Limitaciones: Reactivos, equipamiento y transportación.

Consecuencias: Conocimiento de la estructura genética jerarquizada de la población de los cayos y la consecuente determinación de la unidad básica de conservación y potencial translocación.

Problema 4

Insuficiencia de educación ambiental con relación a la especie.

Objetivo 4.1

Desarrollar programas de educación ambiental en localidades cercanas donde existan poblaciones de iguana dirigidos a: niños, escolares, adultos relacionados y no relacionados con las poblaciones de iguana, decisores y turistas.

Objetivo 4.2

Utilización de medios de difusión masiva para hacer más efectivo el manejo conservacionistas.

Objetivo 4.3

Estimular la realización de festivales, talleres, conteos y encuestas que destaquen los valores ecológico, económico, cultural e intrínseco de la iguana.

Acción para los objetivos 4.1, 4.2, 4.3

Ver el mismo acápite en hábitat.

Problema 5

Dificultades con las acciones de manejo dentro y fuera de las áreas protegidas.

Objetivo 5.1

Incluir en los planes de manejo de las áreas protegidas el manejo adaptativo de la especie.

Objetivo 5.2

Extender los planes de manejo de la especie hacia zonas adyacentes al área protegida.

Acción para los objetivos 5.1, 5.2

Revisar los planes de manejo de las áreas protegidas que contengan poblaciones de iguana, evaluar la información que se tiene hasta la fecha y tomar esto para la elaboración de un plan de manejo adaptativo con aplicaciones dentro y fuera de dichas áreas protegidas.

- Responsable: Vicente Berovides y Grisell Díaz Ramírez.
- Tiempo de ejecución: 2 años.
- Medición de los resultados: Planes de manejo evaluados en las áreas protegidas donde existen iguanas.
- Costo: 2000 pesos.

- Colaboradores: Jefes técnicos de las áreas protegidas.
- Limitaciones: Transportación.

Consecuencias: Manejo efectivo de las poblaciones de iguana dentro y fuera de las áreas protegidas.

Problema 6

Falta de metodología para la cría en cautiverio.

Objetivo 6.1

Falta de metodología para la cría en cautiverio.

Objetivo 6.2

Desarrollar una metodología única para la cría en cautiverio de la Iguana Cubana.

Objetivo 6.3

Establecer relaciones con zoológicos Europeos y de América del Norte que hayan tenido éxito en la reproducción en cautiverio de esta especie.

Acción para los objetivos 6.1, 6.2, 6.3

Recopilar bibliografía, establecer relaciones con las instituciones adecuadas y escribir una metodología única para el mantenimiento y cría en cautiverio de la Iguana Cubana. Hacer llegar esta metodología a todas las instituciones que posean instalaciones para el mantenimiento y cría de la iguana. Dar facilidades para que instituciones como el Zoológico de la Habana permitan realizar estudios similares a los que aquí se plantean.

- Responsable: Roberto Ramos.
- Tiempo de ejecución: 1 año.
- Medición de los resultados: Elaboración de un documento que contiene la metodología básica para el mantenimiento y cría de la Iguana Cubana en cautiverio.
- Costo: 500 pesos.
- Colaboradores: Elssie Pérez, Allison Alberts, Tandora Grant, Dr Ivan Rehák, Jeffrey Lemm, Vicente Berovides y Boris Planell.
- Limitaciones: Material de impresión.

Consecuencias: Obtención de un documento que unifica la metodología para el mantenimiento y cría de iguanas en cautiverio.

Problema 7

Efecto de las especies exóticas sobre las poblaciones.

Objetivo 7.1

Implementar campañas de eliminación de especies ferales, principalmente gatos y perros en las áreas donde están presentes junto a poblaciones de iguana.

Acción 7.1.1

Estudiar la dinámica poblacional de las especies ferales como perros y gatos, en cada área con iguana y sobre la base de los resultados obtenidos, implementar campañas de eliminación de dichas especies. Brindar información a la

población sobre los problemas que puede traer la liberación de especies domésticas al campo y establecer una estrecha relación con la sociedad protectora de animales de Cuba.

- Responsable: Juan Castillo, Jose L. Collazo y Mario Morales.
- Tiempo de ejecución: 3 años.
- Medición de los resultados: Eliminación o disminución de los daños causados por las especies ferales a las poblaciones de iguanas.
- Costo: 2000 pesos.
- Colaboradores: Vicente Berovides.
- Limitaciones: Transportación, equipamiento y condiciones climáticas.

Consecuencias: Liberación de las poblaciones de iguana de los efectos negativos de las especies ferales.

Problema 8

Desconocimiento acerca de la metodología de la translocación , reintroducción e introducción.

Objetivo 8.1

Impartir cursos acerca de la metodología de la translocación de la iguana

Acción 8.1.1

Primero es necesario encontrar una justificación razonable antes de llevar a cabo este proceso, además es importante determinar la estructura genética de las poblaciones que van a ser translocadas. También es necesario estudiar si estas poblaciones están siendo afectadas por enfermedades. Se recomienda que se revisen previamente artículos relacionados con el tema que faciliten el conocimiento de esta práctica y se impartan cursos sobre la metodología de translocación.

- Responsable: Grisell Díaz y Vicente Berovides.
- Tiempo de ejecución: no es determinable.
- Medición de los resultados: Mejor conocimiento acerca de la problemática de la translocación.
- Costo: 1000 pesos.
- Colaboradores: Allison Alberts y Dr. Ivan Reháč.
- Limitaciones: Materiales de impresión.
- Consecuencias: Tener un personal preparado para llevar a cabo acciones de translocación.

Problema 9

Incidencia de las enfermedades sobre las poblaciones.

Objetivo 9.1

- Realizar estudios acerca de esta problemática.

Sample VORTEX Input File

```
CUIG206.OUT      ***Output Filename***
Y      ***Graphing Files?***
N      ***Details each Iteration?***
250    ***Simulations***
100    ***Years***
10     ***Reporting Interval***
0      ***Definition of Extinction***
1      ***Populations***
Y      ***Inbreeding Depression?***
3.140000    ***Lethal equivalents***
50.000000    ***Percent of genetic load as lethals***
Y      ***EV concordance between repro and surv?***
0      ***Types Of Catastrophes***
P      ***Monogamous, Polygynous, or Hermaphroditic***
4      ***Female Breeding Age***
7      ***Male Breeding Age***
35     ***Maximum Breeding Age***
50.000000    ***Sex Ratio (percent males)***
16     ***Maximum Litter Size (0 = normal distribution) *****
N      ***Density Dependent Breeding?***
Pop1
94.00-(70.5*(SRAND(Y+(R*100))<0.125))    **breeding
0.42  **EV-breeding
6.000000    ***Pop1: Percent Litter Size 1***
3.000000    ***Pop1: Percent Litter Size 2***
0.000000    ***Pop1: Percent Litter Size 3***
3.000000    ***Pop1: Percent Litter Size 4***
19.000000    ***Pop1: Percent Litter Size 5***
12.000000    ***Pop1: Percent Litter Size 6***
12.000000    ***Pop1: Percent Litter Size 7***
6.000000    ***Pop1: Percent Litter Size 8***
9.000000    ***Pop1: Percent Litter Size 9***
9.000000    ***Pop1: Percent Litter Size 10***
9.000000    ***Pop1: Percent Litter Size 11***
3.000000    ***Pop1: Percent Litter Size 12***
0.000000    ***Pop1: Percent Litter Size 13***
3.000000    ***Pop1: Percent Litter Size 14***
3.000000    ***Pop1: Percent Litter Size 15***
79.00+(16.8*(SRAND(Y+(R*100))<0.125))    *FMort age 0
10.000000    ***EV
30.00+(23.1*(SRAND(Y+(R*100))<0.125))    *FMort age 1
8.000000    ***EV
30.00+(23.1*(SRAND(Y+(R*100))<0.125))    *FMort age 2
8.000000    ***EV
30.00+(23.1*(SRAND(Y+(R*100))<0.125))    *FMort age 3
8.000000    ***EV
13.00+(2.60*(SRAND(Y+(R*100))<0.125))    *Adult FMort
7.000000    ***EV
79.00+(16.8*(SRAND(Y+(R*100))<0.125))    *MMort age 0
10.000000    ***EV
30.00+(23.1*(SRAND(Y+(R*100))<0.125))    *MMort age 1
8.000000    ***EV
30.00+(23.1*(SRAND(Y+(R*100))<0.125))    *MMort age 2
8.000000    ***EV
30.00+(23.1*(SRAND(Y+(R*100))<0.125))    *MMort age 3
8.000000    ***EV
30.00+(23.1*(SRAND(Y+(R*100))<0.125))    *MMort age 4
8.000000    ***EV
30.00+(23.1*(SRAND(Y+(R*100))<0.125))    *MMort age 5
```

Sample VORTEX Input File (Continued)

```
8.000000 ***EV
30.00+(23.1*(SRAND(Y+(R*100))<0.125)) *MMort age 6
8.000000 ***EV
13.00+(2.60*(SRAND(Y+(R*100))<0.125)) *Adult MMort
7.000000 ***EV
N ***All Males Breeders?***
N ***Answer--A--Known?***
Y ***Answer--B--Known?***
33.000000 ***Percent Males Successful***
N ***Answer--C--Known?***
Y ***Start At Stable Age Distribution?***
200 ***Initial Population Size***
800 ***K***
0.000000 ***EV--K***
N ***Trend In K?***
N ***Harvest?***
N ***Supplement?***
Y ***AnotherSimulation?***
```

Sample VORTEX Output File

VORTEX 8.41 -- simulation of genetic and demographic stochasticity

CUIG206.OUT

Tue Apr 15 22:18:07 2003

1 population(s) simulated for 100 years, 250 iterations
Extinction is defined as no animals of one or both sexes.
Inbreeding depression modeled with 3.14000 lethal equivalents per individual,
comprised of 1.57000 recessive lethal alleles,
and 1.57000 lethal equivalents not subject to removal by selection.

First age of reproduction for females: 4 for males: 7
Maximum breeding age (senescence): 35
Sex ratio at birth (percent males): 50.000000

Population: Pop1

Polygynous mating;
33.00 percent of adult males are successful breeders
Therefore, 33.00 percent of adult males are in the breeding pool.
(Male mating success is assumed to follow a Poisson distribution.)

% adult females breeding = $94.00 - (70.5 * (\text{SRAND}(Y + (R * 100)) < 0.125))$
EV in % adult females breeding = 0.42 SD

Of those females producing litters, ...

6.00 percent of females produce litters of size 1
3.00 percent of females produce litters of size 2
0.00 percent of females produce litters of size 3
3.00 percent of females produce litters of size 4
19.00 percent of females produce litters of size 5
12.00 percent of females produce litters of size 6
12.00 percent of females produce litters of size 7
6.00 percent of females produce litters of size 8
9.00 percent of females produce litters of size 9
9.00 percent of females produce litters of size 10
9.00 percent of females produce litters of size 11
3.00 percent of females produce litters of size 12
0.00 percent of females produce litters of size 13
3.00 percent of females produce litters of size 14

3.00 percent of females produce litters of size 15
3.00 percent of females produce litters of size 16

% mortality of females between ages 0 and 1 =
 $79.00 + (16.8 * (\text{SRAND}(Y + (R * 100)) < 0.125))$
EV in % mortality = 10.000000 SD
% mortality of females between ages 1 and 2 =
 $30.00 + (23.1 * (\text{SRAND}(Y + (R * 100)) < 0.125))$
EV in % mortality = 8.000000 SD
% mortality of females between ages 2 and 3 =
 $30.00 + (23.1 * (\text{SRAND}(Y + (R * 100)) < 0.125))$
EV in % mortality = 8.000000 SD
% mortality of females between ages 3 and 4 =
 $30.00 + (23.1 * (\text{SRAND}(Y + (R * 100)) < 0.125))$
EV in % mortality = 8.000000 SD

Sample VORTEX Output File (Continued)

```

% mortality of adult females (4<=age<=35) =
13.00+(2.60*(SRAND(Y+(R*100))<0.125))
EV in % mortality = 7.000000 SD
% mortality of males between ages 0 and 1 =
79.00+(16.8*(SRAND(Y+(R*100))<0.125))
EV in % mortality = 10.000000 SD
% mortality of males between ages 1 and 2 =
30.00+(23.1*(SRAND(Y+(R*100))<0.125))
EV in % mortality = 8.000000 SD
% mortality of males between ages 2 and 3 =
30.00+(23.1*(SRAND(Y+(R*100))<0.125))
EV in % mortality = 8.000000 SD
% mortality of males between ages 3 and 4 =
30.00+(23.1*(SRAND(Y+(R*100))<0.125))
EV in % mortality = 8.000000 SD
% mortality of males between ages 4 and 5 =
30.00+(23.1*(SRAND(Y+(R*100))<0.125))
EV in % mortality = 8.000000 SD
% mortality of males between ages 5 and 6 =
30.00+(23.1*(SRAND(Y+(R*100))<0.125))
EV in % mortality = 8.000000 SD
% mortality of males between ages 6 and 7 =
30.00+(23.1*(SRAND(Y+(R*100))<0.125))
EV in % mortality = 8.000000 SD
% mortality of adult males (7<=age<=35) =
13.00+(2.60*(SRAND(Y+(R*100))<0.125))
EV in % mortality = 7.000000 SD

```

EVs may be adjusted to closest values possible for binomial distribution.

EV in reproduction and mortality will be concordant.

```

Initial size of Pop1:      200
(set to reflect stable age distribution)
Age 1   2   3   4   5   6   7   8   9   10  11  12
13   14  15  16  17  18  19  20  21  22  23  24  25
26   27  28  29  30  31  32  33  34  35  Total
      31  20  12   9   5   4   2   2   2   1   1   1
0     1   0   0   1   0   0   0   0   0   1   0   0
0     0   0   0   0   0   0   0   0   0   93  Males
      31  20  12   9   7   5   5   3   3   2   2   2
1     1   1   0   1   0   1   0   0   0   1   0   0
0     0   0   0   0   0   0   0   0   0  107  Females

```

Carrying capacity = 800

EV in Carrying capacity = 0.00 SD

Deterministic population growth rate

(based on females, with assumptions of no limitation of mates, no density dependence, no functional dependencies, and no inbreeding depression)

```

r = 0.074      lambda = 1.077      R0 = 1.966
Generation time for: females = 9.13      males = 12.06

```

Sample VORTEX Output File (Continued)

Stable age distribution:	Age class	females	males
	0	0.305	0.305
	1	0.060	0.060
	2	0.039	0.039
	3	0.025	0.025
	4	0.016	0.016
	5	0.013	0.011
	6	0.011	0.007
	7	0.009	0.004
	8	0.007	0.004
	9	0.006	0.003
	10	0.005	0.002
	11	0.004	0.002
	12	0.003	0.002
	13	0.002	0.001
	14	0.002	0.001
	15	0.002	0.001
	16	0.001	0.001
	17	0.001	0.001
	18	0.001	0.000
	19	0.001	0.000
	20	0.001	0.000
	21	0.000	0.000
	22	0.000	0.000
	23	0.000	0.000
	24	0.000	0.000
	25	0.000	0.000
	26	0.000	0.000
	27	0.000	0.000
	28	0.000	0.000
	29	0.000	0.000
	30	0.000	0.000
	31	0.000	0.000
	32	0.000	0.000
	33	0.000	0.000
	34	0.000	0.000
	35	0.000	0.000

Ratio of adult (≥ 7) males to adult (≥ 4) females: 0.274

Population 1: Pop1

Year 10

N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000

N[Surviving] = 250, P[S] = 1.000

Mean size (all populations) = 263.89 (9.33 SE, 147.45 SD)

Means across extant populations only:

Population size = 263.89 (9.33 SE, 147.45 SD)

Expected heterozygosity = 0.978 (0.001 SE, 0.009 SD)

Observed heterozygosity = 0.997 (0.000 SE, 0.004 SD)

Number of extant alleles = 105.44 (2.03 SE, 32.08 SD)

Lethal alleles / diploid = 1.55 (0.02 SE, 0.24 SD)

Sample VORTEX Output File (Continued)

Year 20

N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000
N[Surviving] = 250, P[S] = 1.000
Mean size (all populations) = 327.04 (13.11 SE, 207.26 SD)
Means across extant populations only:
Population size = 327.04 (13.11 SE, 207.26 SD)
Expected heterozygosity = 0.965 (0.001 SE, 0.019 SD)
Observed heterozygosity = 0.986 (0.001 SE, 0.010 SD)
Number of extant alleles = 70.22 (1.66 SE, 26.30 SD)
Lethal alleles / diploid = 1.56 (0.02 SE, 0.30 SD)

Year 30

N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000
N[Surviving] = 250, P[S] = 1.000
Mean size (all populations) = 346.74 (14.77 SE, 233.58 SD)
Means across extant populations only:
Population size = 346.74 (14.77 SE, 233.58 SD)
Expected heterozygosity = 0.953 (0.002 SE, 0.027 SD)
Observed heterozygosity = 0.974 (0.001 SE, 0.018 SD)
Number of extant alleles = 52.95 (1.35 SE, 21.41 SD)
Lethal alleles / diploid = 1.53 (0.02 SE, 0.33 SD)

Year 40

N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000
N[Surviving] = 250, P[S] = 1.000
Mean size (all populations) = 354.13 (15.02 SE, 237.48 SD)
Means across extant populations only:
Population size = 354.13 (15.02 SE, 237.48 SD)
Expected heterozygosity = 0.940 (0.002 SE, 0.038 SD)
Observed heterozygosity = 0.962 (0.002 SE, 0.028 SD)
Number of extant alleles = 42.14 (1.13 SE, 17.84 SD)
Lethal alleles / diploid = 1.49 (0.02 SE, 0.36 SD)

Year 50

N[Extinct] = 4, P[E] = 0.016
N[Surviving] = 246, P[S] = 0.984
Mean size (all populations) = 350.56 (14.60 SE, 230.87 SD)
Means across extant populations only:
Population size = 356.23 (14.56 SE, 228.37 SD)
Expected heterozygosity = 0.927 (0.003 SE, 0.050 SD)
Observed heterozygosity = 0.946 (0.002 SE, 0.039 SD)
Number of extant alleles = 35.63 (0.98 SE, 15.43 SD)
Lethal alleles / diploid = 1.48 (0.03 SE, 0.39 SD)

Year 60

N[Extinct] = 7, P[E] = 0.028
N[Surviving] = 243, P[S] = 0.972
Mean size (all populations) = 343.66 (14.80 SE, 234.07 SD)
Means across extant populations only:
Population size = 353.52 (14.75 SE, 229.97 SD)
Expected heterozygosity = 0.917 (0.003 SE, 0.053 SD)
Observed heterozygosity = 0.935 (0.003 SE, 0.049 SD)
Number of extant alleles = 30.64 (0.84 SE, 13.16 SD)
Lethal alleles / diploid = 1.43 (0.03 SE, 0.42 SD)

Sample VORTEX Output File (Continued)

Year 70

N[Extinct] = 7, P[E] = 0.028
N[Surviving] = 243, P[S] = 0.972
Mean size (all populations) = 348.50 (15.81 SE, 249.90 SD)
Means across extant populations only:
Population size = 358.53 (15.80 SE, 246.26 SD)
Expected heterozygosity = 0.904 (0.004 SE, 0.069 SD)
Observed heterozygosity = 0.924 (0.004 SE, 0.062 SD)
Number of extant alleles = 26.84 (0.76 SE, 11.88 SD)
Lethal alleles / diploid = 1.37 (0.03 SE, 0.44 SD)

Year 80

N[Extinct] = 11, P[E] = 0.044
N[Surviving] = 239, P[S] = 0.956
Mean size (all populations) = 319.22 (14.69 SE, 232.27 SD)
Means across extant populations only:
Population size = 333.90 (14.68 SE, 226.99 SD)
Expected heterozygosity = 0.892 (0.005 SE, 0.083 SD)
Observed heterozygosity = 0.913 (0.005 SE, 0.073 SD)
Number of extant alleles = 23.82 (0.68 SE, 10.48 SD)
Lethal alleles / diploid = 1.31 (0.03 SE, 0.44 SD)

Year 90

N[Extinct] = 14, P[E] = 0.056
N[Surviving] = 236, P[S] = 0.944
Mean size (all populations) = 310.05 (15.35 SE, 242.74 SD)
Means across extant populations only:
Population size = 328.43 (15.46 SE, 237.43 SD)
Expected heterozygosity = 0.880 (0.006 SE, 0.097 SD)
Observed heterozygosity = 0.900 (0.006 SE, 0.092 SD)
Number of extant alleles = 21.39 (0.62 SE, 9.46 SD)
Lethal alleles / diploid = 1.27 (0.03 SE, 0.46 SD)

Year 100

N[Extinct] = 16, P[E] = 0.064
N[Surviving] = 234, P[S] = 0.936
Mean size (all populations) = 311.47 (15.60 SE, 246.69 SD)
Means across extant populations only:
Population size = 332.74 (15.73 SE, 240.70 SD)
Expected heterozygosity = 0.870 (0.006 SE, 0.098 SD)
Observed heterozygosity = 0.895 (0.006 SE, 0.089 SD)
Number of extant alleles = 19.39 (0.58 SE, 8.89 SD)
Lethal alleles / diploid = 1.20 (0.03 SE, 0.50 SD)

In 250 simulations of Pop1 for 100 years:
16 went extinct and 234 survived.

This gives a probability of extinction of 0.0640 (0.0155 SE),
or a probability of success of 0.9360 (0.0155 SE).

16 simulations went extinct at least once.
Of those going extinct,
mean time to first extinction was 66.88 years (4.75 SE, 19.00 SD).

Sample VORTEX Output File (Continued)

Means across all populations (extant and extinct) ...
 Mean final population was 311.47 (15.60 SE, 246.69 SD)

Age 1	2	3	4	5	6	Adults	Total	
45.75	28.47	20.87	12.34	8.29	5.64	22.36	143.71	Males
43.52	26.94	20.40				76.91	167.76	Females

Means across extant populations only ...
 Mean final population for successful cases was 332.74 (15.73 SE, 240.70 SD)

Age 1	2	3	4	5	6	Adults	Total	
48.00	30.00	22.00	13.00	8.00	6.00	23.89	153.53	Males
46.00	28.00	21.00				82.17	179.24	Females

Across all years, prior to carrying capacity truncation,
 mean growth rate (r) was 0.0062 (0.0020 SE, 0.3090 SD)

Final expected heterozygosity was 0.8697 (0.0064 SE, 0.0982 SD)
 Final observed heterozygosity was 0.8947 (0.0058 SE, 0.0885 SD)
 Final number of alleles was 19.39 (0.58 SE, 8.89 SD)
 Number of lethal alleles per diploid 1.20 (0.03 SE, 0.50 SD)

Simulation Modeling and Population Viability Analysis

Jon Ballou – Smithsonian Institution / National Zoological Park

Bob Lacy – Chicago Zoological Society

Phil Miller – Conservation Breeding Specialist Group (IUCN / SSC)

A model is any simplified representation of a real system. We use models in all aspects of our lives, in order to: (1) extract the important trends from complex processes, (2) permit comparison among systems, (3) facilitate analysis of causes of processes acting on the system, and (4) make predictions about the future. A complete description of a natural system, if it were possible, would often decrease our understanding relative to that provided by a good model, because there is "noise" in the system that is extraneous to the processes we wish to understand. For example, the typical representation of the growth of a wildlife population by an annual percent growth rate is a simplified mathematical model of the much more complex changes in population size. Representing population growth as an annual percent change assumes constant exponential growth, ignoring the irregular fluctuations as individuals are born or immigrate, and die or emigrate. For many purposes, such a simplified model of population growth is very useful, because it captures the essential information we might need regarding the average change in population size, and it allows us to make predictions about the future size of the population. A detailed description of the exact changes in numbers of individuals, while a true description of the population, would often be of much less value because the essential pattern would be obscured, and it would be difficult or impossible to make predictions about the future population size.

In considerations of the vulnerability of a population to extinction, as is so often required for conservation planning and management, the simple model of population growth as a constant annual rate of change is inadequate for our needs. The fluctuations in population size that are omitted from the standard ecological models of population change can cause population extinction, and therefore are often the primary focus of concern. In order to understand and predict the vulnerability of a wildlife population to extinction, we need to use a model which incorporates the processes which cause fluctuations in the population, as well as those which control the long-term trends in population size (Shaffer 1981). Many processes can cause fluctuations in population size: variation in the environment (such as weather, food supplies, and predation), genetic changes in the population (such as genetic drift, inbreeding, and response to natural selection), catastrophic effects (such as disease epidemics, floods, and droughts), decimation of the population or its habitats by humans, the chance results of the probabilistic events in the lives of individuals (sex determination, location of mates, breeding success, survival), and interactions among these factors (Gilpin and Soulé 1986).

Models of population dynamics which incorporate causes of fluctuations in population size in order to predict probabilities of extinction, and to help identify the processes which contribute to a population's vulnerability, are used in "Population Viability Analysis" (PVA) (Lacy 1993/4). For the purpose of predicting vulnerability to extinction, any and all population processes that impact population dynamics can be important. Much analysis of conservation issues is conducted by largely intuitive

assessments by biologists with experience with the system. Assessments by experts can be quite valuable, and are often contrasted with "models" used to evaluate population vulnerability to extinction. Such a contrast is not valid, however, as *any* synthesis of facts and understanding of processes constitutes a model, even if it is a mental model within the mind of the expert and perhaps only vaguely specified to others (or even to the expert himself or herself).

A number of properties of the problem of assessing vulnerability of a population to extinction make it difficult to rely on mental or intuitive models. Numerous processes impact population dynamics, and many of the factors interact in complex ways. For example, increased fragmentation of habitat can make it more difficult to locate mates, can lead to greater mortality as individuals disperse greater distances across unsuitable habitat, and can lead to increased inbreeding which in turn can further reduce ability to attract mates and to survive. In addition, many of the processes impacting population dynamics are intrinsically probabilistic, with a random component. Sex determination, disease, predation, mate acquisition -- indeed, almost all events in the life of an individual -- are stochastic events, occurring with certain probabilities rather than with absolute certainty at any given time. The consequences of factors influencing population dynamics are often delayed for years or even generations. With a long-lived species, a population might persist for 20 to 40 years beyond the emergence of factors that ultimately cause extinction. Humans can synthesize mentally only a few factors at a time, most people have difficulty assessing probabilities intuitively, and it is difficult to consider delayed effects. Moreover, the data needed for models of population dynamics are often very uncertain. Optimal decision-making when data are uncertain is difficult, as it involves correct assessment of probabilities that the true values fall within certain ranges, adding yet another probabilistic or chance component to the evaluation of the situation.

The difficulty of incorporating multiple, interacting, probabilistic processes into a model that can utilize uncertain data has prevented (to date) development of analytical models (mathematical equations developed from theory) which encompass more than a small subset of the processes known to affect wildlife population dynamics. It is possible that the mental models of some biologists are sufficiently complex to predict accurately population vulnerabilities to extinction under a range of conditions, but it is not possible to assess objectively the precision of such intuitive assessments, and it is difficult to transfer that knowledge to others who need also to evaluate the situation. Computer simulation models have increasingly been used to assist in PVA. Although rarely as elegant as models framed in analytical equations, computer simulation models can be well suited for the complex task of evaluating risks of extinction. Simulation models can include as many factors that influence population dynamics as the modeler and the user of the model want to assess. Interactions between processes can be modeled, if the nature of those interactions can be specified. Probabilistic events can be easily simulated by computer programs, providing output that gives both the mean expected result and the range or distribution of possible outcomes. In theory, simulation programs can be used to build models of population dynamics that include all the knowledge of the system which is available to experts. In practice, the models will be simpler, because some factors are judged unlikely to be important, and because the persons who developed the model did not have access to the full array of expert knowledge.

Although computer simulation models can be complex and confusing, they are precisely defined and all the assumptions and algorithms can be examined. Therefore, the models are objective, testable, and open to challenge and improvement. PVA models allow use of all available data on the biology of the taxon, facilitate testing of the effects of unknown or uncertain data, and expedite the comparison of the likely results of various possible management options.

PVA models also have weaknesses and limitations. A model of the population dynamics does not define the goals for conservation planning. Goals, in terms of population growth, probability of persistence, number of extant populations, genetic diversity, or other measures of population performance must be defined by the management authorities before the results of population modeling can be used. Because the models incorporate many factors, the number of possibilities to test can seem endless, and it can be difficult to determine which of the factors that were analyzed are most important to the population dynamics. PVA models are necessarily incomplete. We can model only those factors which we understand and for which we can specify the parameters. Therefore, it is important to realize that the models probably underestimate the threats facing the population. Finally, the models are used to predict the long-term effects of the processes presently acting on the population. Many aspects of the situation could change radically within the time span that is modeled. Therefore, it is important to reassess the data and model results periodically, with changes made to the conservation programs as needed (see Lacy and Miller (2002), Nyhus et al. (2002) and Westley and Miller (in press) for more details).

The *VORTEX* Population Viability Analysis Model

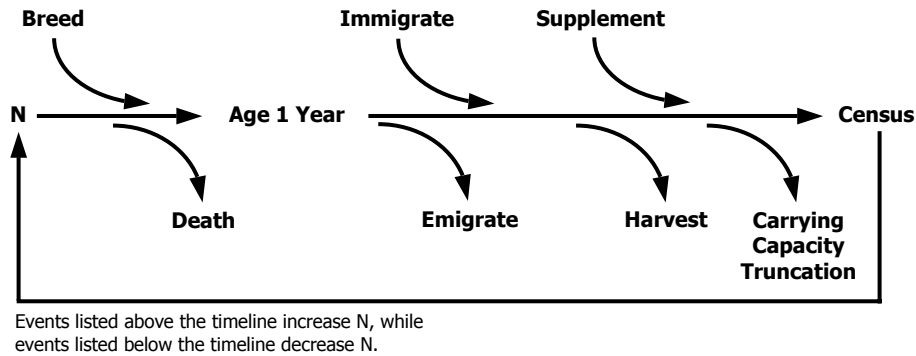
For the analyses presented here, the *VORTEX* computer software (Lacy 1993a) for population viability analysis was used. *VORTEX* models demographic stochasticity (the randomness of reproduction and deaths among individuals in a population), environmental variation in the annual birth and death rates, the impacts of sporadic catastrophes, and the effects of inbreeding in small populations. *VORTEX* also allows analysis of the effects of losses or gains in habitat, harvest or supplementation of populations, and movement of individuals among local populations.

Density dependence in mortality is modeled by specifying a carrying capacity of the habitat. When the population size exceeds the carrying capacity, additional mortality is imposed across all age classes to bring the population back down to the carrying capacity. The carrying capacity can be specified to change linearly over time, to model losses or gains in the amount or quality of habitat. Density dependence in reproduction is modeled by specifying the proportion of adult females breeding each year as a function of the population size.

VORTEX models loss of genetic variation in populations, by simulating the transmission of alleles from parents to offspring at a hypothetical genetic locus. Each animal at the start of the simulation is assigned two unique alleles at the locus. During the simulation, *VORTEX* monitors how many of the original alleles remain within the population, and the average heterozygosity and gene diversity (or "expected heterozygosity") relative to the starting levels. *VORTEX* also monitors the

inbreeding coefficients of each animal, and can reduce the juvenile survival of inbred animals to model the effects of inbreeding depression.

VORTEX Simulation Model Timeline



VORTEX is an *individual-based* model. That is, *VORTEX* creates a representation of each animal in its memory and follows the fate of the animal through each year of its lifetime. *VORTEX* keeps track of the sex, age, and parentage of each animal. Demographic events (birth, sex determination, mating, dispersal, and death) are modeled by determining for each animal in each year of the simulation whether any of the events occur. (See figure below.) Events occur according to the specified age and sex-specific probabilities. Demographic stochasticity is therefore a consequence of the uncertainty regarding whether each demographic event occurs for any given animal.

VORTEX requires a lot of population-specific data. For example, the user must specify the amount of annual variation in each demographic rate caused by fluctuations in the environment. In addition, the frequency of each type of catastrophe (drought, flood, epidemic disease) and the effects of the catastrophes on survival and reproduction must be specified. Rates of migration (dispersal) between each pair of local populations must be specified. Because *VORTEX* requires specification of many biological parameters, it is not necessarily a good model for the examination of population dynamics that would result from some generalized life history. It is most usefully applied to the analysis of a specific population in a specific environment.

Further information on *VORTEX* is available in Miller and Lacy (1999) and Lacy (2000).

Dealing with Uncertainty

It is important to recognize that uncertainty regarding the biological parameters of a population and its consequent fate occurs at several levels and for independent reasons. Uncertainty can occur because the parameters have never been measured on the population. Uncertainty can occur because limited field data have yielded estimates with potentially large sampling error. Uncertainty can occur because independent studies have generated discordant estimates. Uncertainty can occur because environmental conditions or population status have been changing over

time, and field surveys were conducted during periods which may not be representative of long-term averages. Uncertainty can occur because the environment will change in the future, so that measurements made in the past may not accurately predict future conditions.

Sensitivity testing is necessary to determine the extent to which uncertainty in input parameters results in uncertainty regarding the future fate of the pronghorn population. If alternative plausible parameter values result in divergent predictions for the population, then it is important to try to resolve the uncertainty with better data. Sensitivity of population dynamics to certain parameters also indicates that those parameters describe factors that could be critical determinants of population viability. Such factors are therefore good candidates for efficient management actions designed to ensure the persistence of the population.

The above kinds of uncertainty should be distinguished from several more sources of uncertainty about the future of the population. Even if long-term average demographic rates are known with precision, variation over time caused by fluctuating environmental conditions will cause uncertainty in the fate of the population at any given time in the future. Such environmental variation should be incorporated into the model used to assess population dynamics, and will generate a range of possible outcomes (perhaps represented as a mean and standard deviation) from the model. In addition, most biological processes are inherently stochastic, having a random component. The stochastic or probabilistic nature of survival, sex determination, transmission of genes, acquisition of mates, reproduction, and other processes preclude exact determination of the future state of a population. Such demographic stochasticity should also be incorporated into a population model, because such variability both increases our uncertainty about the future and can also change the expected or mean outcome relative to that which would result if there were no such variation. Finally, there is “uncertainty” which represents the alternative actions or interventions which might be pursued as a management strategy. The likely effectiveness of such management options can be explored by testing alternative scenarios in the model of population dynamics, in much the same way that sensitivity testing is used to explore the effects of uncertain biological parameters.

Results

Results reported for each scenario include:

Deterministic r -- The deterministic population growth rate, a projection of the mean rate of growth of the population expected from the average birth and death rates. Impacts of harvest, inbreeding, and density dependence are not considered in the calculation. When $r = 0$, a population with no growth is expected; $r < 0$ indicates population decline; $r > 0$ indicates long-term population growth. The value of r is approximately the rate of growth or decline per year.

The deterministic growth rate is the average population growth expected if the population is so large as to be unaffected by stochastic, random processes. The deterministic growth rate will correctly predict future population growth if: the population is presently at a stable age distribution; birth and death rates remain

constant over time and space (i.e., not only do the probabilities remain constant, but the actual number of births and deaths each year match the expected values); there is no inbreeding depression; there is never a limitation of mates preventing some females from breeding; and there is no density dependence in birth or death rates, such as a Allee effects or a habitat “carrying capacity” limiting population growth. Because some or all of these assumptions are usually violated, the average population growth of real populations (and stochastically simulated ones) will usually be less than the deterministic growth rate.

Stochastic r -- The mean rate of stochastic population growth or decline demonstrated by the simulated populations, averaged across years and iterations, for all those simulated populations that are not extinct. This population growth rate is calculated each year of the simulation, prior to any truncation of the population size due to the population exceeding the carrying capacity. Usually, this stochastic r will be less than the deterministic r predicted from birth and death rates. The stochastic r from the simulations will be close to the deterministic r if the population growth is steady and robust. The stochastic r will be notably less than the deterministic r if the population is subjected to large fluctuations due to environmental variation, catastrophes, or the genetic and demographic instabilities inherent in small populations.

P(E) -- the probability of population extinction, determined by the proportion of, for example, 500 iterations within that given scenario that have gone extinct in the simulations. “Extinction” is defined in the VORTEX model as the lack of either sex.

N -- mean population size, averaged across those simulated populations which are not extinct.

SD(N) -- variation across simulated populations (expressed as the standard deviation) in the size of the population at each time interval. SDs greater than about half the size of mean N often indicate highly unstable population sizes, with some simulated populations very near extinction. When SD(N) is large relative to N, and especially when SD(N) increases over the years of the simulation, then the population is vulnerable to large random fluctuations and may go extinct even if the mean population growth rate is positive. SD(N) will be small and often declining relative to N when the population is either growing steadily toward the carrying capacity or declining rapidly (and deterministically) toward extinction. SD(N) will also decline considerably when the population size approaches and is limited by the carrying capacity.

H -- the gene diversity or expected heterozygosity of the extant populations, expressed as a percent of the initial gene diversity of the population. Fitness of individuals usually declines proportionately with gene diversity (Lacy 1993b), with a 10% decline in gene diversity typically causing about 15% decline in survival of captive mammals (Ralls et al. 1988). Impacts of inbreeding on wild populations are less well known, but may be more severe than those observed in captive populations (Jiménez et al. 1994). Adaptive response to natural selection is also expected to be proportional to gene diversity. Long-term conservation programs often set a goal of retaining 90% of initial gene diversity (Soulé et al. 1986). Reduction to 75% of gene

diversity would be equivalent to one generation of full-sibling or parent-offspring inbreeding.

LITERATURE CITED

- Gilpin, M.E., and M.E. Soulé. 1986. Minimum viable populations: processes of species extinction. Pages 19 – 34 in: Soulé, M.E. (ed.). *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*. Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Jiménez, J.A., K.A. Hughes, G. Alaks, L. Graham, and R.C. Lacy. 1994. An experimental study of inbreeding depression in a natural habitat. *Science* 266:271-273.
- Lacy, R.C. 2000. Structure of the *VORTEX* simulation model for population viability analysis. *Ecological Bulletins* 48:191-203.
- Lacy, R.C. 1993b. Impacts of inbreeding in natural and captive populations of vertebrates: implications for conservation. *Perspectives in Biology and Medicine* 36:480-496.
- Lacy, R.C. 1993/1994. What is Population (and Habitat) Viability Analysis? *Primate Conservation* 14/15:27-33.
- Lacy, R.C., and P.S. Miller. 2002. Incorporating human activities and economics into PVA. Pages 490 – 510 in: Beissinger, S. and D. McCullough (eds.), *Population Viability Analysis*. University of Chicago Press, Chicago.
- Miller, P.S., and R.C. Lacy. 1999. *VORTEX: A Stochastic Simulation of the Extinction Process. Version 8 User's Manual*. Apple Valley, MN: Conservation Breeding Specialist Group (SSC/IUCN).
- Nyhus, P.J., F.R. Westley, R.C. Lacy, and P.S. Miller. 2002. A role for natural resource social science in biodiversity risk assessment. *Society and Natural Resources* 15:923-932.
- Ralls, K., J.D. Ballou, and A. Templeton. 1988. Estimates of lethal equivalents and the cost of inbreeding in mammals. *Conservation Biology* 2:185-193.
- Shaffer, M.L. 1981. Minimum population sizes for species conservation. *BioScience* 1:131-134.
- Soulé, M., M. Gilpin, W. Conway, and T. Foose. 1986. The millennium ark: How long a voyage, how many staterooms, how many passengers? *Zoo Biology* 5:101-113.
- Westley, F.W., and P.S. Miller (eds.). In press. *Experiments in Consilience: Integrating Scientific and Social Responses to Biodiversity and Conservation*. Washington, DC: Island Press.

**Análisis de la Viabilidad de
La Población y del Hábitat
De la Iguana Cubana
*Cyclura nubila nubila***

**Jardín Zoológico de La Habana
La Habana, Cuba
20-23 de enero del 2003**

**Sección IV
Informe Grupo Hábitat**

TALLER PHVA PARA LA IGUANA CUBANA

GRUPO DE ANÁLISIS DE HABITAT. 20 de Enero de 2003

Participantes:

- ❑ Roberto Rodríguez Soberón
- ❑ Rolando Fernández de Arcila Fernández
- ❑ Manuel Alonso Tabet
- ❑ Raúl Inguanzo González
- ❑ Amnerys González Rossell
- ❑ Lourdes Rodríguez Schettino
- ❑ Luis Manuel Díaz Beltrán
- ❑ José Alberto Álvarez Lemus
- ❑ Juan Pedro Soy
- ❑ Roberto Ramos Targarona

TAREA 1: Identificar y definir los problemas. Ordenarlos según prioridad.

1. Lourdes Chettino: Hay fragmentación del hábitat como característica común para todo el archipiélago. Basado en la distribución histórica, donde se reportaron iguanas incluso en áreas de montaña hacia el interior, a finales del S. XIX.
2. Lourdes Chettino: Causas de fragmentación: actividad socio-económica: urbanismo, turismo, viales. Ejemplos: Cayo Coco, Cayo Largo del Sur, Ciénaga de Zapata.
3. Toby Ramos: No existe una caracterización exhaustiva para hábitat utilizados por la iguana: ocurre en diferentes tipos de hábitat. La diversidad de hábitat complica la formulación del manejo.
4. Mayito: En la parte Norte de Villa Clara las principales poblaciones están en playas arenosas de Cayo Lanzasillo. Son iguanas de pequeña talla. Cayo Piedra del Obispo es un hábitat bien conservado y equilibrado, con una población saludable. Cayo Esquivel es muy importante; tuvo impacto turístico pero ya la población se recuperó de ese impacto. Cayo Verde (el más al Norte del Mpio. Quemado de Güines). Pasó el huracán Michelle destruyó todo y ya se observa una rápida recuperación de la población de iguanas.
5. Mayito: En su área los pescadores respetan a la Iguana. Una limitante en los cayos del Norte de Villa Clara, el factor refugios es importante, porque la arena es muy suelta y los refugios se derrumban; hay tres cayos con áreas rocosas, los otros son arenosos. Punto a estudiar sobre diferencias entre hábitat arenoso y rocoso. Según Mayito, donde hay vegetación tupida los refugios son más estables, pero el tránsito de personas por la duna agudiza el problema, pues derrumban los refugios a su paso. En los cayos de piedra las iguanas están más saludables, tienen más protección.
6. Lourdes: Reducción histórica del hábitat de la iguana.
7. Raúl Inguanzo: Bahía de Los Perros, Cayería Norte de Ciego de Avila. En una encuesta de 12 cayos que tenían poblaciones significativas de iguanas hace 20 años, actualmente sólo tienen poblaciones significativas, 4 cayos (C. Alto, Punta de Judas, Los Griegos y Cayo Palma). En los otros 8 cayos hubo iguanas y actualmente las poblaciones son mínimas o han desaparecido. Se atribuya a transformaciones en el hábitat (fundamentalmente transformaciones en la

vegetación; eran cayos anchos y ahora son estrechos, como resultado de los movimientos del mar. El suelo es de arena fangosa, pero no son inundados; son cayos dentro de la bahía; no son cayos de mangle rojo; la vegetación es yana, son altos).

8. Las principales poblaciones de iguanas están restringidas a los cayos; la isla de Cuba ha sufrido una drástica reducción de sus poblaciones en componente numérico y espacial.
9. Toby: Se mantienen poblaciones importantes en el sector oriental de la ciénaga de Zapata, aunque con impactos del turismo fundamentalmente y del aumento de la población residente y viales (Cayo Ramona, Guasasa, Playa Girón, Cocodrilo) provenientes de la propia ciénaga y de Cienfuegos. También hay poblaciones importantes en Monte Cabaniguan, la península de Guanahacabibes, Guantánamo (Costa Sur y Base Naval). En Zapata no existe un estudio poblacional y de distribución.
10. Toby: Hay zonas, como la propia ciénaga de Zapata, donde ha habido alteraciones notables del hábitat, pero no se ha estudiado el posible impacto sobre las poblaciones.
11. Para poder definir los problemas hay que estudiar a profundidad la caracterización de las formaciones vegetales. P. Ejemplo: la presencia de vegetación introducida exótica como la Casuarina, provoca alteraciones en la composición y propiedades de las dunas de arena. También presencia de especies animales exóticas y ferales, como los gatos, ratas, etc. Se reportan casos de predación de iguanas por gatos.
12. Lourdes Chettino: Cambios globales, calentamiento y elevación del nivel del mar asociado a él, que puede a largo plazo perjudicar drásticamente a las poblaciones importantes de iguanas que habitan en los cayos. Otro caso son las sequías, que afectan al potencial alimentario del hábitat, así como las inundaciones asociadas a fuertes lluvias y huracanes.

Resumen de problemas, por orden de importancia

7. Fragmentación y reducción del hábitat asociada a intervención antrópica, sobre todo urbanización, desarrollo turístico, viales, etc.
8. Restricción de las principales poblaciones a los cayos, con el consiguiente factor de fragilidad, por tratarse hábitat naturalmente fragmentado, confinado, remoto (a los efectos de la implementación de la protección) y expuesto a transformaciones naturales y antrópicas a corto y largo plazo (huracanes, elevación del nivel del mar, etc).
9. Insuficiente conocimiento sobre la distribución actual de la especie y tipos de hábitat que utiliza;
10. Insuficiente conocimiento por parte de decisores y población respecto a normas de utilización del hábitat de la iguana, asociado a problemas mencionados en el punto
11. Amenaza de efectos de cambios globales sobre los hábitat, particularmente en los cayos.
12. Presencia de exóticos (predadores ferales –gatos, perros, ratas- y plantas que alteran la composición de la vegetación natural y el suelo –p. Ej. Casuarina).

21 de Enero de 2003. Distribución histórica y actual de las poblaciones.

Distribución actual

Provincia Pinar del Río

Península de Guanahacabibes

Cayos de San Felipe

Sierra de San Carlos, Grupo orográfico Guaniguanico (Los Organos), Municipio Guane.

Distribución actual	
Localidad	Autor
Provincia Pinar del Río	
Península de Guanahacabibes	1
Cayos de San Felipe (Real, Sijú, Diego Pérez, Majá, El Coco)	2
Sierra de San Carlos, Grupo orográfico Guaniguanico (Los Organos), Municipio Guane	3
Isla de la Juventud	
Sur de la Isla de la Juventud (Pta. Del Este, Cayo Potrero, Pta. Francés, Rincón del Guanal)	4
Sierra de Las Casas, Nueva Gerona	5
Archipiélago de Los Canarreos	
Cayo Campos	6
Cayo Cantiles	7
Cayo Rosario	8
Cayo Piedras (Anexo a C. Largo del Sur)	9
C. Estopa	10
Avalos	11
Matías	12
Provincias Habana y Ciudad Habana	
Desembocadura Río Bacunayagua	13 (relicto)
Boca de Jaruco	13 (relicto)
Puerto Escondido	13 (relicto)
Escaleras de Jaruco	14
Provincia Matanzas	
Península de Hicacos (Varadero y Punta Hicacos)	14
Cayos del Norte de Matanzas (Parte occidental de Sabana-Camagüey) Cayo Cruz del Padre, Cayo Cinco Leguas, Galindo	15
Refugio de Fauna La Salina	16
Cayos Ciénaga de Zapata: Andrade, Blanco del Sur, Bonito, Diego Pérez, Ernest Thaelmann, Pta. Larga, etc.	16
Sector Oriental de la Ciénaga de Zapata: Playa Girón, Guasasa, Jibarita, Cocodrilo.	17
Provincia Cienfuegos	

Distribución actual	
Localidad	Autor
Provincia Villa Clara	
Archipiélago Sabana-Camagüey:	
Piedra del Obispo	18
Esquivel	
Sotavento	
Verde	
La Yana	
Las Felipinas	
Cayo Bahía de Cádiz	
Blanquikal	
Mosquito	
Ingenito	
Estero Negro	
Las Cuabas	
Cristo	
Lanzanillo	19
Fragoso	
Santa María	
Los Ensenachos	
Las Brujas	
Pajonal	
Francés	
Caimán del Faro, Caimán de la Sardina y Caimán de la Mata de Coco (Grupo Caimán Grande)	20
Provincia Sancti Spiritus	
Cayo Caguanes y Cayos de Piedra	21
Cayo Macho de Afuera (Al Sur, cerca de Casilda)	22
Provincia Ciego de Avila	
Cayos del Archipiélago Sabana – Camagüey:	
Coco	23
Anton Grande	
Antón Chico Guillermo.	
Cayos de Bahía de San Juan de los Perros (parte interior de Jardines del Rey)	
Alto	24
Judas	
Palma	
Los Griegos	
Iguana	
Boca Tiburón	
Guinea Ganado Hilario	
Aguada	
Puto.	
Jardines de la Reina al Sur de Ciego de Avila	25
Cayos de Ana María	26
Provincia Camagüey	
Cayos del Archipiélago Sabana Camagüey: Cruz, Sabinal,	27
Playa Santa Lucía, Municipio Nuevitas	28
Cayos Ballenatos, en la bahía de Nuevitas	29
Manglares de la Costa Sur del Mcpio. Santa Cruz del Sur	30
Cayos del Archipiélago Jardines de la Reina	31
Provincia Las Tunas	
Ref. de Fauna Monte Cabaniguan, Mcpio. Jobabo (al Sur)	30
Manglares de la Costa Sur de los municipios Jobabo, Colombia y Amancio Rodríguez.	30

Distribución actual	
Localidad	Autor
Cayos de Sevilla (al Sur, Mcpio. Jobabo)	31
Cayo Rabihorcado (al Sur, Mcpio. Amancio Rodríguez)	32
Provincia Granma	
Ref. de Fauna "Delta del Cauto", Mcpios. Río Cauto, Yara y Manzanillo, hasta Manzanillo (Golfo de Guacanayabo).	30
Cabo Cruz y costa Sur del P. N. Desembarco del Granma, hasta Marea del Portillo, en el Mcpio. Pílon.	33
Costa sur de la Sierra Maestra entre los ríos Macío y Palma Mocha (Distribución fragmentada).	33
Provincia Santiago de Cuba	
Costa Sur: Parque Gran Piedra – Baconao, Siboney, Jutisí.	34
Provincia Holguín	
Cayos de la Bahía de Sagua	35
Cayos de la Bahía de Naranjo	36
Provincia Guantánamo	
Bahía de Guantánamo	34
Costa Sur entre Bahía de Guantánamo y Pta. De Maisí	34

22 de enero de 2003

Tarea 2. Análisis y solución de problemas

Problema 1: Fragmentación y reducción del hábitat asociada a intervención antrópica, sobre todo urbanización, desarrollo turístico, viales, etc.

Soluciones (objetivos) propuestos:

Cuba cuenta con una legislación ambiental exhaustiva y detallada, incluidas las legislaciones específicas para diferentes recursos naturales y actividades asociadas (Ley forestal, de pesca, de costas, áreas protegidas, caza, etc.). También existen las entidades y herramientas para la implementación, tales como la licencia ambiental, cuerpo de guardabosques, evaluación del impacto ambiental, etc. Los principales núcleos poblacionales de iguanas están dentro del Sistema Nacional de Areas Protegidas. La solución del problema propuesto atañe fundamentalmente a la implementación e información sobre esta legislación.

1. Adecuada implementación de la legislación ambiental vigente, en el área de distribución nacional de la especie.
2. Lograr la aprobación de un mayor número de áreas protegidas propuestas, que incluyen hábitat y poblaciones importantes de iguanas.
3. Garantizar la presencia de programas específicos para la iguana, dentro de los planes de manejo de las áreas protegidas donde la especie está presente.

Problema 2: Restricción de las principales poblaciones a los cayos, con el consiguiente factor de fragilidad, por tratarse hábitat naturalmente fragmentado, confinado, remoto (a los efectos de la implementación de la protección) y expuesto a transformaciones naturales y antrópicas a corto y largo plazo (huracanes, elevación del nivel del mar, turismo, etc).

Comentario: La casi totalidad de los cayos del Archipiélago Cubano forman parte del SNAP.

1. Partiendo del análisis de la distribución histórica de la especie, establecer proyectos de recuperación de hábitat en la tierra firme y los cayos donde proceda. Incluir esta tarea en los correspondientes planes de manejo.
2. Disponer de la capacidad tecnológica y cognoscitiva para restaurar hábitat degradados o destruidos.

Problema 3: Insuficiente conocimiento sobre la distribución actual de la especie y tipos de hábitat que utiliza.

1. **Contar con una estrategia nacional de investigación sobre iguanas, basada en prioridades.**
2. **Lograr un alto grado de intercambio entre especialistas.**

Problema 4: Insuficiente conocimiento respecto a normas de utilización del hábitat de la iguana por parte de decisores y población, asociado a problemas mencionados en el punto.

1. Informar a los organismos e instituciones con un papel importante en la toma de decisiones, a nivel nacional y provincial, sobre la problemática de conservación del hábitat para la Iguana y los resultados del Taller PHVA.

2. Lograr un sistema integrado de educación ambiental a nivel de base, con alcance a la población infantil y adulta y los decisores locales y provinciales, que incluya la participación activa de la comunidad en los planes de manejo y otras tareas de conservación.

Problema 5: Amenaza de efectos de cambios globales sobre los hábitats, particularmente en los cayos.

1. Lograr un sistema de monitoreo sistemático de los hábitat particularmente sensibles

Problema 6: Presencia de exóticos (predadores ferales –gatos, perros, ratas, puercos jíbaros- y plantas que alteran la composición de la vegetación natural y el suelo – Ej. Casuarina).

1. Integrar a los planes prospectivos de los organismos implicados en el manejo de los recursos naturales, el control de especies exóticas. Presencia de esta temática en los planes de manejo de las A.P. y programas de educación ambiental.

**Análisis de la Viabilidad de
La Población y del Hábitat
De la Iguana Cubana
*Cyclura nubila nubila***

**Jardín Zoológico de La Habana
La Habana, Cuba
20-23 de enero del 2003**

**Sección V
Estrategia**

23 de Enero de 2003.

Tarea 3. Acciones

Se consideran las siguientes acciones para el logro de los objetivos propuestos:

Problema 1: Fragmentación y reducción del hábitat asociada a intervención antrópica, sobre todo urbanización, desarrollo turístico, viales, etc.

Declaración del Objetivo 1.1. Adecuada implementación de la legislación ambiental vigente, en el área de distribución nacional de la especie.

Descripción de paso de acción 1.1.1.

Circular copias del reporte del Taller PHVA sobre Iguana cubana, acompañadas de un documento de presentación a las autoridades competentes a nivel nacional y provincial (Consejo de Estado y de Ministros, Asamblea Nacional, Ministerios, Asambleas provinciales). Proponer la realización de consultas e intercambios sobre este tema a las autoridades señaladas.

Requisitos para la acción:

Responsable:	Zoológico Habana
Tiempo de ejecución:	Junio – septiembre 2003
Medición de los	Acuso de recibo de todos los destinatarios listados.
Recursos:	<input type="checkbox"/> 80 copias reporte PHVA <input type="checkbox"/> Franqueo
Costo:	\$800.00 USD
Colaboradores:	CBSG, Agencia de Medio Ambiente, Flora y Fauna, Zoológico Habana
Limitaciones:	Costo de las copias y flete
Consecuencias:	Aumento del nivel de información de los decisores respecto a los problemas de conservación de la iguana y su hábitat. Reporte.

Problema 2:

Restricción de las principales poblaciones a los cayos, con el consiguiente factor de fragilidad, por tratarse hábitat naturalmente fragmentado, confinado, remoto (a los efectos de la implementación de la protección) y expuesto a transformaciones naturales y antrópicas a corto y largo plazo (huracanes, elevación del nivel del mar, turismo, etc).

Declaración de objetivo 2.1.

Partiendo de los resultados de la acción 3.1.1. y otros estudios, confeccionar y ejecutar proyectos de recuperación de hábitat en la tierra firme y los cayos, conforme a prioridades. Incluir esta tarea en los correspondientes planes de manejo y planes operativos de áreas protegidas.

Descripción de paso de acción 2.1.1.

Responsable:	CITMA, MINAGRI (Flora y Fauna)
Tiempo de ejecución:	Comienzo: marzo 2007
Medición de los	Cantidad de proyectos ejecutándose por año y el porcentaje de hábitat en proceso de recuperación; Indicadores del establecimiento de poblaciones (permanencia, reproducción, supervivencia, etc.).
Recursos:	Dependen de la cantidad y características de los proyectos.
Costo	Id.
Colaboradores	Administraciones de áreas protegidas, Gobiernos provinciales y municipales, Servicio Forestal Estatal, Comunidades locales, ONG.
Limitaciones	
Consecuencias	Habitat y poblaciones recuperadas o establecidas, en áreas no sometidas a los factores de riesgo existentes en los cayos; Id. en cayos donde han sido fuertemente afectados.

Declaración de objetivo 2.2.

Disponer de la capacidad tecnológica y cognoscitiva para restaurar hábitat degradados o destruidos.

Descripción de paso de acción 2.2.1.

Captación de colaboración nacional e internacional para la implementación de proyectos para el establecimiento o restablecimiento de hábitat y poblaciones de iguanas en la isla de Cuba y restaurarlos en cayos donde han sido fuertemente afectados; Cursos de capacitación.

Requisitos para la acción:

Responsable:	CITMA, MINAGRI (Flora y Fauna)
Tiempo de ejecución:	Comienzo:
Medición de los	Reportes de evaluación de los proyectos de colaboración; informes parciales y finales de proyecto.

Recursos:

Costo

Colaboradores	Ministerio de la Inversión Extranjera y la Colaboración; Servicio Estatal Forestal, Fondo del Medio Ambiente, O.N.G. nacionales e internacionales.
Limitaciones	Dificultades en la transferencia de fondos
Consecuencias	Obtención de los recursos necesarios para garantizar la logística de los trabajos de restauración. Capacitación de técnicos y especialistas involucrados en esta tarea. Publicaciones científicas e informes

Problema 3: Insuficiente conocimiento sobre la distribución actual de la especie, tipos de hábitat que utiliza y su situación de conservación.

Declaración del Objetivo 3.1.

1. **Contar con una estrategia nacional de investigación sobre iguanas, basada en prioridades.**

Descripción del paso de acción 3.1.1.:

Realizar un inventario y confeccionar una base de datos (Sistema de Información Geográfica) de hábitat histórico y actual de iguanas en el Archipiélago Cubano para identificar prioridades de conservación.

Requisitos para la acción:

Responsable:	CITMA, MINAGRI (Flora y Fauna)
Tiempo de ejecución:	Comienzo: enero 2004 Final: diciembre 2006
Medición de los	Contar con una Base de Datos (encuestas, tablas, información cartográfica, etc.) con la información de las localidades, en orden de prioridades y la formulación de un plan de acción para la restauración de hábitat y poblaciones claves en la isla principal de Cuba.
Recursos:	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Combustible<input type="checkbox"/> Alimentación<input type="checkbox"/> Ropa de trabajo<input type="checkbox"/> Equipamiento de campaña<input type="checkbox"/> Hardware (1 ordenador c/ impresora color)<input type="checkbox"/> Software<input type="checkbox"/> Material de oficina<input type="checkbox"/> Material cartográfico<input type="checkbox"/> Capacitación en SIG
Costo	
Colaboradores	Universidades (alumnos y profesores de Centros universitarios provinciales apoyando las tareas); Geocuba (Capacitación)
Limitaciones	Medios de transporte y combustible para acceder a sitios remotos, dispersos por todo el país;
Consecuencias	Disponer de un Plan de Acción para la recuperación de hábitat histórico y actual de iguanas en la Isla de Cuba, con el propósito de restauración de poblaciones desaparecidas o en estado crítico. Artículo científico

Descripción del paso de acción 3.1.2.:

Una vez concluida la confección de la base de datos (paso de acción 3.1.1.), y otras acciones previas (estandarización de métodos de estudio, cría en cautiverio, etc.), realizar un Taller Nacional para coordinar una estrategia de manejo para la iguana.

Requisitos para la acción:

Responsable:	MINAGRI (Flora y Fauna)
Tiempo de ejecución:	Febrero 2007

Medición de los	Obtención de una estrategia nacional de manejo
-----------------	--

Recursos:	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Local<input type="checkbox"/> Alojamiento y alimentación de participantes<input type="checkbox"/> Transportación<input type="checkbox"/> Materiales de oficina<input type="checkbox"/> Material cartográfico<input type="checkbox"/> Materiales y medios audiovisuales
-----------	--

Costo

Colaboradores	CBSG, ISG, Zoológico Habana, Universidad Habana, participantes.
---------------	---

Limitaciones

Consecuencias	Estrategia y plan de acción nacional para la investigación y manejo de la iguana. Reporte del Taller.
---------------	--

Declaración de objetivo 3.2.

Lograr un alto grado de intercambio entre especialistas.

Descripción del paso de acción 3.2.1.

Lanzar (y mantener actualizada) una Página Web interactiva sobre Iguanas y aspectos de su conservación.

Requisitos para la acción:

Responsable:	Flora y Fauna
---------------------	----------------------

Tiempo de ejecución:	Comienzo: agosto 2003
----------------------	-----------------------

Medición de los	Se medirán por la cantidad de consultas y participación en las propuestas interactivas
-----------------	--

Recursos:	<ul style="list-style-type: none"> □ Confección de la página web □ Pago de la cuenta de Internet
Costo:	
Colaboradores:	CBSG, Grupo Especialistas Iguanas,
Limitaciones:	
Consecuencias:	Mantener un vínculo de intercambio y actualización entre los especialistas y entre éstos y el público.

Descripción de paso de acción 3.2.2.

Promoción de especialistas cubanos como miembros del ISG y el CBSG

Requisitos para la acción:

Responsable:	CITMA, MINAGRI, MES
Tiempo de ejecución:	Inmediato
Medición de los	Número de especialistas miembros de ambos grupos

Recursos:	<ul style="list-style-type: none"> □ Participación de especialistas cubanos en las Reuniones de Trabajo y otras actividades científicas organizadas por los grupos <ul style="list-style-type: none"> ○ Pasajes ○ Dieta
Costo:	
Colaboradores:	CBSG, Grupo Especialistas Iguanas,
Limitaciones:	
Consecuencias:	Mayor información, actualización y participación de especialistas cubanos en el quehacer internacional de conservación de la iguana; mayor intercambio con colegas de otros países, publicación de resultados de investigación en proceedings y otros medios.

Problema 4: Insuficiente conocimiento respecto a normas de utilización del hábitat de la iguana por parte de decisores y población, asociado a problemas mencionados en el punto.

Declaración del Objetivo 4.1

Informar sobre los resultados del Taller PHVA a los organismos e instituciones a nivel nacional y provincial con un papel importante en la toma de decisiones, sobre la problemática de conservación del hábitat para la Iguana.

Descripción del paso de acción 4.1.1.:

Circular copias del reporte del Taller PHVA sobre Iguana cubana, acompañadas de un documento de presentación a las autoridades competentes a nivel nacional y provincial (Consejo de Estado y de Ministros, Asamblea Nacional, Ministerios, Asambleas provinciales). Proponer la realización de consultas e intercambios sobre este tema a las autoridades señaladas.

Requisitos para la acción:

Responsable:	Zoológico Habana
Tiempo de ejecución:	Junio – septiembre 2003
Medición de los	Acuso de recibo de todos los destinatarios listados.
Recursos:	<input type="checkbox"/> 80 copias reporte PHVA <input type="checkbox"/> Franqueo
Costo:	\$800.00 USD
Colaboradores:	CBSG, Agencia de Medio Ambiente, Flora y Fauna, Zoológico Habana
Limitaciones:	Costo de las copias y flete
Consecuencias:	Aumento del nivel de información de los decisores respecto a los problemas de conservación de la iguana y su hábitat. Reporte.

Declaración de Objetivo 4.2

Lograr un sistema integrado de educación ambiental a nivel de base, con alcance a la población infantil y adulta y los decisores locales y provinciales, que incluya la

participación activa de la comunidad en los planes de manejo y otras tareas de conservación.

Descripción del paso de acción 4.2.1.:

Lanzar (y mantener actualizada) una Página Web interactiva sobre Iguanas y aspectos de su conservación.

Requisitos para la acción:

Responsable:	Flora y Fauna
Tiempo de ejecución:	Comienzo: agosto 2003
Medición de los	Se medirán por la cantidad de consultas y participación en las propuestas interactivas
Recursos:	<input type="checkbox"/> Confección de la página web <input type="checkbox"/> Pago de la cuenta de Internet
Costo:	
Colaboradores:	CBSG, Grupo Especialistas Iguanas,
Limitaciones:	
Consecuencias:	Disponer de un medio de información específico de alcance nacional e internacional para propiciar el conocimiento e intercambio para los especialistas y el público.

Descripción del paso de acción 4.2.2.

Incluir en los programas de uso público de los planes operativos y de manejo de las áreas protegidas, actividades educativas y de participación dirigidas a las poblaciones locales (niños y adultos): visitas guiadas a las áreas, creación y atención a círculos de interés y grupos de activistas de la naturaleza, conferencias, exposiciones, proyecciones, talleres comunitarios, concursos y festivales.

Requisitos para la acción:

Responsable:	Administración de las áreas protegidas
Tiempo de ejecución:	Comienzo: 5 de junio de 2003
Medición de los	A través de monitoreo, por encuestas periódicas, del conocimiento - actitud, de la población

Recursos:	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Material escolar <input type="checkbox"/> Material y medios audiovisuales <input type="checkbox"/> Material de oficina <input type="checkbox"/> Elementos de montaje para exposiciones <input type="checkbox"/> Combustible <input type="checkbox"/> Premios para concursos <input type="checkbox"/> Otros
Costo	
Colaboradores	Ministerio de educación (nivel provincial y local), CITMA, Consejos Populares, Gobiernos municipales y provinciales.
Limitaciones	No todas las áreas protegidas tienen una infraestructura logística y administración. Transportación de grupos de participantes.
Consecuencias	Concientización de todos los sectores de las poblaciones locales en contacto con el hábitat de la iguana.

Descripción del paso de acción 4.2.3.

Lanzar una serie de spots de televisión (2 por año) para divulgar la conservación de la iguana y su hábitat.

Requisitos para la acción:

Responsable:	Agencia de Medio Ambiente
Tiempo de ejecución:	Comienzo: 5 de junio de 2004
Medición de los	Realización de encuesta entre la población

Recursos:	□ Imágenes de video y fotográficas
Costo	
Colaboradores	Mundo Latino, ICRT, Flora y Fauna
Limitaciones	
Consecuencias	Concientización de todos los sectores de las poblaciones locales en contacto con el hábitat de la iguana.

Problema 6: Presencia de exóticos (predadores ferales –gatos, perros, ratas, puercos jíbaros- y plantas que alteran la composición de la vegetación natural y el suelo – Ej. Casuarina).

2. Integrar a los planes prospectivos de los organismos implicados en el manejo de los recursos naturales, el control de especies exóticas. Presencia de esta temática en los planes de manejo de las A.P. y programas de educación ambiental.

Aspecto tratado por el grupo de población.

TALLER PHVA PARA LA IGUANA CUBANA

GRUPO DE ANÁLISIS DE HABITAT

Distribución actual de la iguana cubana (*Cyclura nubila nubila*)

A través del análisis desarrollado durante el taller por este grupo de trabajo, se identificaron los problemas y las posibles soluciones, las amenazas sobre los hábitat y las poblaciones y la distribución actual de la especie.

La distribución actual fue obtenida a partir de las localidades identificadas para cada provincia, por los miembros del equipo de trabajo presentes en el taller. No obstante quedan zonas de distribución sobre las que no se tiene información en algunas provincias como: al norte de Pinar del Río y Cienfuegos.

Para tener una idea del grado de protección, se analizó el nivel de cobertura que le brinda el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) de Cuba, a las poblaciones de iguanas y sus hábitat. El SNAP está conformado por 80 Áreas Protegidas de Significación Nacional (APSN) y 183 Áreas Protegidas de Significación Local (APSL), que suman 263 áreas bajo diferentes categorías de manejo. Se reconocen en el país 8 categorías de manejo: Reserva Natural, Parque Nacional, Reserva Ecológica, Elemento Natural Destacado, Reserva Florística Manejada, Refugio de Fauna, Paisaje Natural Protegido y Área Protegida de Recursos Manejados. Las dos últimas categorías son las menos restrictivas en cuanto a intervención humana se refiere.

Utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG), MapInfo 6.5 se digitalizaron todas las localidades de la distribución actual, y como resultado del análisis realizado se obtuvo lo siguiente:

- La especie se distribuye en 2 573 km² de todo el territorio nacional (**Figura 1**).
- Cuando se analiza la cobertura que brindan las Áreas Protegidas de Significación Nacional con categorías de conservación más restrictivas (excluyendo los Paisajes Naturales Protegidos y las Áreas Protegidas de Recursos Manejados), se observa que 1 679 km² (65 % de la distribución de la iguana) quedan protegidos (**Figura 2**). Al incluir todas categorías de manejo, de las Áreas Protegidas de Significación Nacional, estas cifras aumentan, quedando cubiertos 1 797 km² de la distribución de la especie (69.8 %) (**Figura 3**).
- Al realizar el análisis de cobertura de la distribución de la iguana en todo el SNAP (APSN y APSL), vemos que 1 969 km² (76.5 %) de la distribución de la especie quedan protegidos por el sistema (**Figura 4**).

Figura 1. Distribución actual de la iguana (*Cyclura nubila nubila*) en el archipiélago cubano.

DISTRIBUCION ACTUAL DE LA IGUANA CUBANA
(*Cyclura nubila nubila*)



Figura 2. Cobertura que brindan las Áreas Protegidas de Significación Nacional con categorías de conservación restrictivas (excluyendo los Paisajes Naturales Protegidos y las Áreas Protegidas de Recursos Manejados) sobre la distribución actual de la iguana (*Cyclura nubila nubila*).

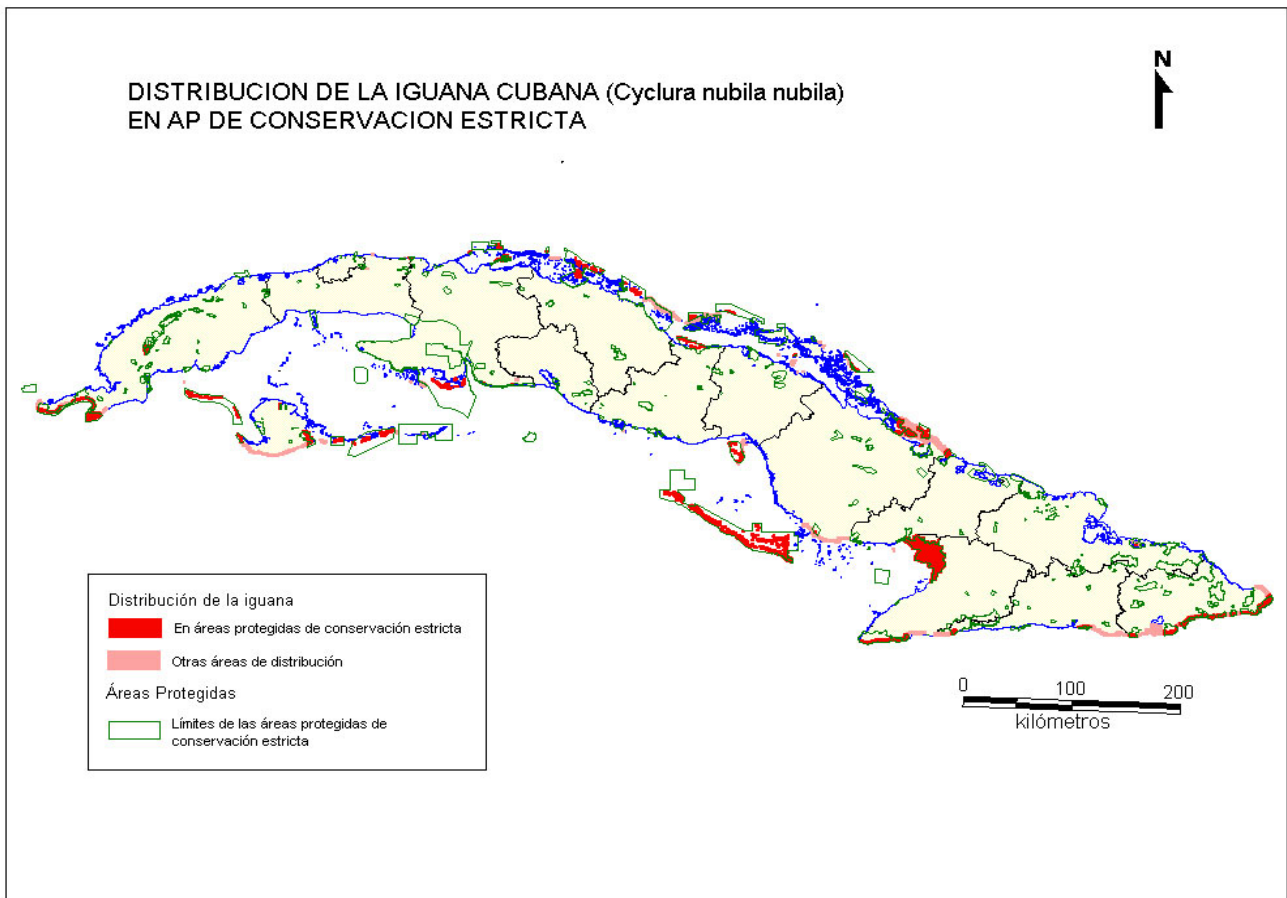


Figura 3. Cobertura que brindan las Áreas Protegidas de Significación Nacional, incluyendo todas las categorías de manejo sobre la distribución actual de la iguana (*Cyclura nubila nubila*).

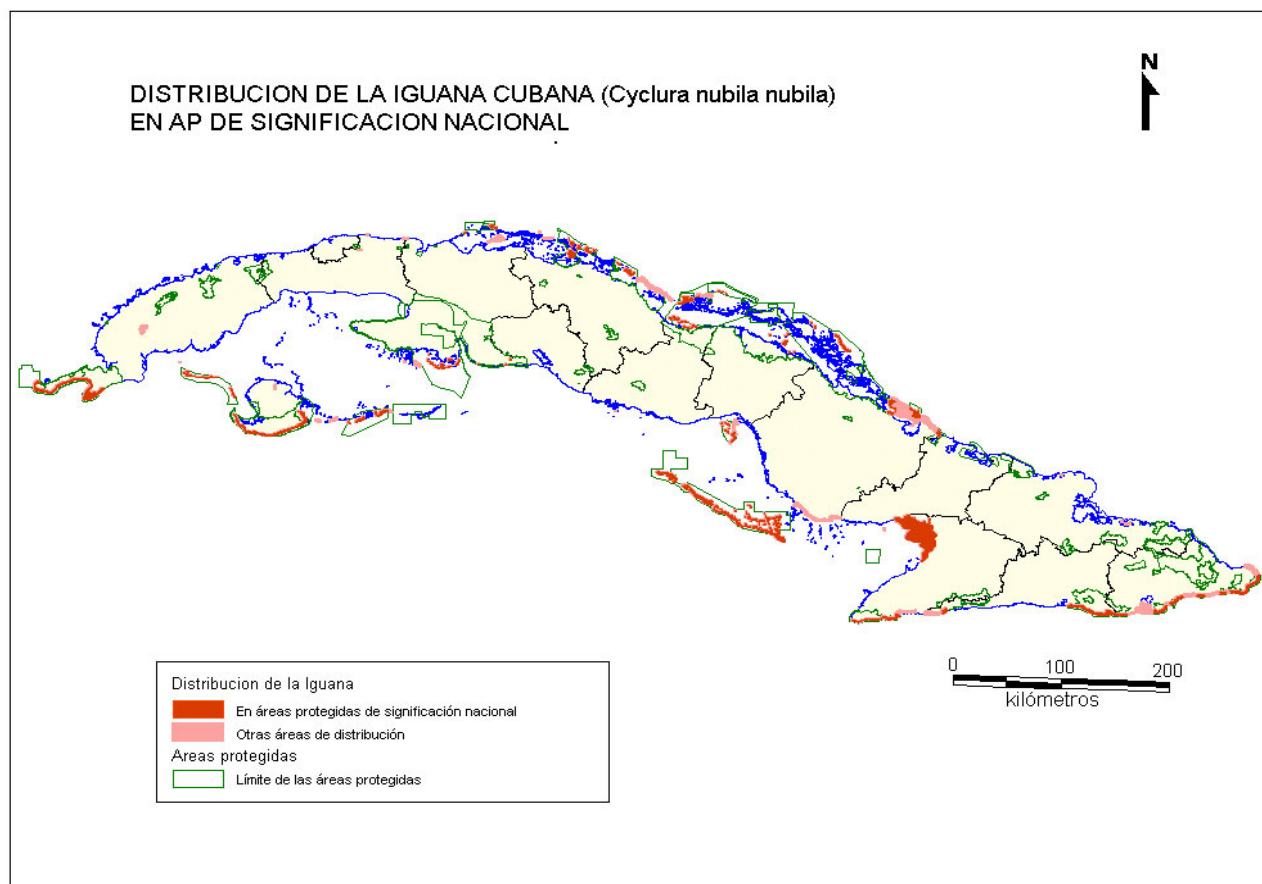
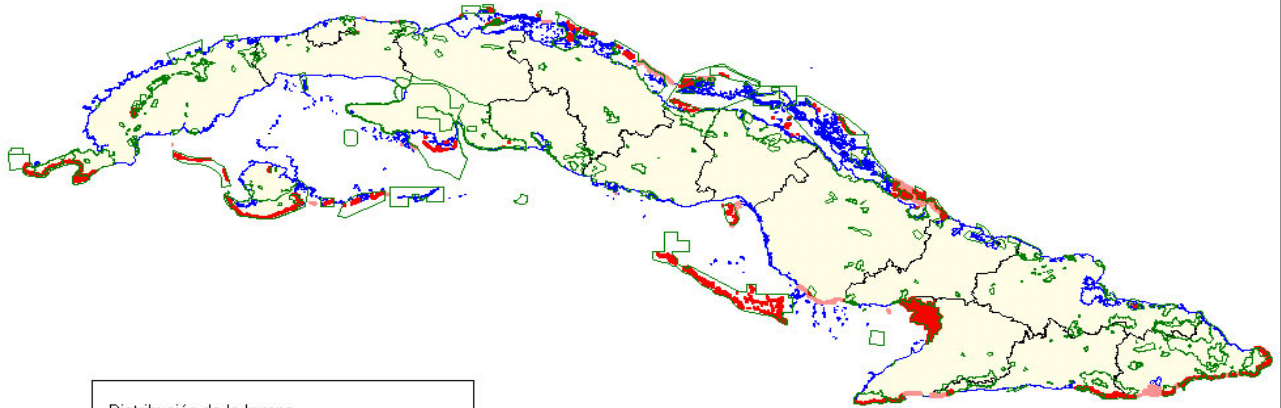


Figura 4. Cobertura de todo el SNAP (263 áreas protegidas de significación nacional y local) sobre la distribución actual de la iguana.

DISTRIBUCION DE LA IGUANA CUBANA (*Cyclura nubila nubila*)
EN EL SISTEMA NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS



Distribución de la Iguana

- En el Sistema Nacional de Areas Protegidas
- En otras áreas de distribución

Areas Protegidas

- Límite de las Areas Protegidas

0 100 200
kilómetros