



PLAN DE MANEJO ESPECÍFICO PARA EL CONTROL DE ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS DE MAMÍFEROS EN EL PARQUE NACIONAL ISLA DEL COCO

Diseño SINAC pendiente

2017

**PLAN DE MANEJO
ESPECÍFICO PARA
EL CONTROL DE
ESPECIES
EXÓTICAS
INVASORAS DE
MAMÍFEROS EN EL
PARQUE
NACIONAL ISLA
DEL COCO**

Área de Conservación
Marina Cocos (ACMC)

Sistema Nacional de Áreas
de Conservación (SINAC)

Diseño SINAC pendiente

2017

Publicado por: SINAC, Sistema Nacional de Áreas de Conservación

Donado por: Asociación Costa Rica por Siempre.

Elaboración técnica: Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C. México.

Asesoría técnica: Andrea Montero y Fernando Soley, de la Asociación Costa Rica por Siempre; Fernando Quirós, Isaac Chinchilla y Esteban Herrera, del Área de Conservación Marina Cocos.

Copyright: © 2017. Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC).

Esta publicación puede citarse sin previa autorización con la condición que se mencione la fuente.

Citar como: SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). 2017. Plan de Manejo Específico para el Control de Especies Exóticas Invasoras de Mamíferos en el Parque Nacional Isla del Coco. Área de Conservación Marina Cocos. Parque Nacional Isla del Coco-Costa Rica. 129 p.

El proceso de facilitación de este Plan de Manejo Específico para el Control de Especies Exóticas Invasoras de Mamíferos en el Parque Nacional Isla del Coco fue llevado a cabo mediante un contrato por servicios profesionales con el Grupo de Ecología y Conservación de islas, A.C. Fue posible gracias al apoyo financiero del Fideicomiso Privado Costa Rica por Siempre y al apoyo técnico del personal del Área de Conservación Marina Cocos y el Parque Nacional Isla del Coco y de la Asociación Costa Rica por Siempre.

La elaboración de este Plan de Manejo Específico para el Control de Especies Exóticas Invasoras de Mamíferos en el Parque Nacional Isla del Coco, se enmarca dentro de la iniciativa de Gobierno "Costa Rica por Siempre". El Programa Costa Rica Por Siempre es una iniciativa público-privada de conservación, desarrollada con el objetivo de consolidar un sistema de áreas protegidas marinas y terrestres que sea ecológicamente representativo, efectivamente manejado y con una fuente estable de financiamiento, permitiéndole a Costa Rica ser el primer país en desarrollo en cumplir las metas del Programa de Trabajo en Áreas Protegidas ("PTAP") de la Convención sobre Diversidad Biológica ("CDB") de las Naciones Unidas. Este programa es administrado por la Asociación Costa Rica Por Siempre ("ACRXS").

ISBN:



RESUMEN

Una de las principales amenazas que enfrentan las islas a nivel mundial es la presencia de especies exóticas invasoras. El Parque Nacional Isla del Coco, ubicado en el Océano Pacífico, en Costa Rica, no es la excepción, ya que especies de mamíferos exóticos invasores fueron introducidos por el ser humano hace más de 400 años. La presencia de ratas, gatos, cerdos y venados pone en riesgo la permanencia de comunidades de plantas y a las poblaciones de fauna endémica de la isla. Por tal motivo, la erradicación de estas especies exóticas es una necesidad imperante para la conservación de este valioso y único ecosistema insular. Para resolver esta problemática, durante el mes de noviembre de 2016 se llevaron a cabo dos talleres de planeación y una expedición a la Isla del Coco, que tuvieron como propósito el desarrollo de un Plan de Manejo Específico de Especies Exóticas. Durante la visita a la isla se tuvo la oportunidad de conocer de cerca la problemática que representan los mamíferos exóticos debido, principalmente, a la vulnerabilidad de la gran cantidad de especies endémicas de la isla. Los efectos de los cerdos y venados sobre la vegetación son alarmantes; asimismo la depredación causada por gatos y roedores sobre plantas, reptiles y aves. En coordinación con el Área de Conservación Marina Cocos y con el apoyo de la Asociación Costa Rica Por Siempre, el Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C. desarrolló un Plan de Manejo Específico para el Control de Especies Exóticas Invasoras de Mamíferos en el Parque Nacional Isla del Coco. Dicha estrategia contempla tres etapas: la erradicación de cerdo y venado en un principio, con un costo aproximado de 715 mil dólares, lo que aportaría experiencia en técnicas de control; erradicación del gato feral, con un costo de 950 mil dólares, que incluye el uso de técnicas más sofisticadas para esta especie más esquiva; y una última fase de erradicación de roedores exóticos, con un costo superior a los 2.3 millones de dólares, que implica el uso de venenos y una planeación muy precisa. Al término de estas etapas se debe incorporar un periodo de confirmación de ausencia de especies de mamíferos exóticos, así como un plan de bioseguridad para evitar futuras reintroducciones. En el presente reporte se presentan los planes de erradicación para cada uno de los mamíferos exóticos, así como las técnicas de erradicación que pueden ser empleadas en isla del Coco.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL.....	7
Parque Nacional Isla del Coco (PNIC)	7
Diversidad biológica	8
Mamíferos exóticos en isla del Coco	8
Estrategia para la erradicación de mamíferos exóticos en isla del Coco	9
PLAN DE MANEJO ESPECÍFICO PARA EL CONTROL DE VENADO COLA BLANCA Y EL CERDO EN EL PARQUE NACIONAL ISLA DEL COCO	11
Introducción	11
Antecedentes	13
Justificación	13
Objetivos	14
Plan de trabajo.....	15
Factibilidad de erradicación de venados y cerdos.....	28
Mitigación de impactos.....	30
Seguridad	30
Cronograma.....	31
Presupuesto	33
Referencias.....	35
PLAN DE MANEJO ESPECÍFICO PARA EL CONTROL DEL GATO FERAL EN EL PARQUE NACIONAL ISLA DEL COCO	37
Introducción	37
Antecedentes	37
Justificación	38
Objetivos	38
Plan de trabajo.....	38
Factibilidad de erradicación del gato feral.....	49
Manejo de riesgos	50
Bioseguridad	51
Cronograma.....	52
Presupuesto	54
Referencias.....	56

PLAN DE MANEJO ESPECÍFICO PARA EL CONTROL DE ROEDORES EXÓTICOS EN EL PARQUE NACIONAL ISLA DEL COCO	58
Introducción	58
Antecedentes	58
Justificación	60
Objetivos	62
Plan de trabajo.....	63
Bioseguridad	108
Cronograma.....	110
Presupuesto	114
Referencias.....	116
CONCLUSIONES	124
ANEXOS	125

INTRODUCCIÓN GENERAL

Uno de los mayores retos que enfrentamos actualmente es disminuir la tasa de extinción de especies (Myers *et al.* 2000). Alrededor del mundo, las especies exóticas invasoras (EEI) son la mayor amenaza a la conservación de las especies insulares, muchas de éstas endémicas (Baillie *et al.* 2004, Reaser *et al.* 2007). De hecho, las EEI se consideran la causa número uno de pérdida de biodiversidad en islas a nivel mundial (Aguirre-Muñoz *et al.* 2011). Se estima que alrededor del 40% de las islas del mundo sufren de la presencia de EEI.

Parque Nacional Isla del Coco (PNIC)

El Parque Nacional Isla del Coco es una isla oceánica; su extensión marina es de 972 km², y su extensión terrestre es de 24 km². Es una isla de origen volcánico, ubicada en el Pacífico Tropical Oriental, entre los paralelos latitud Norte 5°30' y 5°34' y los meridianos 87°01' y 87°06' longitud Oeste. Se ubica a aproximadamente 500 km de distancia de Puntarenas, Costa Rica. Mide aproximadamente 7.6 km de largo por 4.4 km de ancho y tiene una altitud máxima de 630 m. Su clima es tropical húmedo. La topografía de la isla es muy quebrada y con muchas pendientes, por lo que se presenta la formación de numerosas cascadas. La costa es muy sinuosa, y tiene acantilados de hasta 183 m de altura. La parte septentrional de la isla es una llanura poco ondulada que casi alcanza el nivel del mar. Abundan los ríos, quebradas y cascadas, los valles, los acantilados y los islotes (Quirós-Badilla y Alfaro 2009). Solamente en dos sitios, Bahía Wafer y Bahía Chatham, hay playas y el terreno adecuado para las instalaciones de las pocas personas (personal del APMC, voluntarios e investigadores) que habitan temporalmente el PNIC.

En 1978 fue declarada Parque Nacional. En 1995, según la Ley de Biodiversidad, fue declarada Área de Conservación. En 1997 la UNESCO la declaró Patrimonio Natural de la Humanidad y en 1998 fue nominada como Humedal de Importancia Internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas bajo la Convención de Humedales Ramsar (Trusty *et al.* 2006, Montoya 2008).

Diversidad biológica

Debido a su tamaño, aislamiento y estado de conservación, constituye uno de los sitios naturales privilegiados a nivel mundial con un endemismo importante y una diversidad biológica singular (Quirós-Badilla y Alfaro 2009).

La isla cuenta con 263 especies vegetales, de las cuales 37 son endémicas. Se identifican siete tipos diferentes de vegetación: litoral costera, litoral rupícola, higrófila, bosque húmedo a baja altitud, bosque nublado a gran altitud, derrubios e islotes. 42% de la flora vascular nativa está formada por helechos y el 50% de las especies endémicas pertenecen a este grupo (Trusty *et al.* 2006).

Dentro de las especies de aves endémicas representativas de la isla se encuentran el cuclillo de la Isla del Coco (*Coccyzus ferrugineus*), el mosquerito de la Isla del Coco (*Nesotriccus ridgwayi*), el pinzón de la Isla del Coco (*Pinaroloxias inornata*) y la subespecie endémica *Setophaga petechia aureola* (reinita amarilla). Las aves marinas están representadas por ocho especies residentes, entre las que destacan tres especies de bobos: de patas rojas (*Sula sula*), enmascarados (*S. dactylatra*) y cafés (*S. leucogaster*), las cuales son especies anidantes. La palomita del Espíritu Santo (*Gigas alba*) es residente reproductivo en temporada (Montoya 2009).

La herpetofauna terrestre se compone únicamente de dos especies: la lagartija de la Isla del Coco (*Norops townsendi*) y la salamanguera o gecko de la Isla del Coco (*Sphaerodactylus pacificus*), ambas especies son endémicas. No existe ningún mamífero terrestre nativo, excepto los exóticos.

Mamíferos exóticos en isla del Coco

La información recolectada por Díaz *et al.* (2010) en el componente terrestre del Parque indica que es posible encontrar 5 especies de mamíferos introducidos:

Venados colablanca (*Odocoileus virginianus*): De acuerdo al análisis poblacional para los venados en la Isla del Coco, la abundancia promedio es de 323 individuos (115.8 – 325.1 ind) (Díaz *et al.* 2010). Según información provista por Madriz (2009) los venados dominan en las áreas deforestadas cubiertas por malezas nativas y exóticas. Los venados son herbívoros especialistas en las partes nuevas de las plantas (secciones de crecimiento de textura suave y tierna) semillas y plántulas. La naturaleza heliófita (exposición total a la luz) de las malezas y su constante crecimiento vegetativo y poblacional, hace de los sitios deforestados y del borde bosque-claro el principal hábitat y nicho ecológico para esta especie. Los venados impactan el PNIC indirectamente, pues asisten a plantas exóticas

invasoras para propagarse y también al evitar la reforestación. A largo plazo, su presencia en la isla podría contribuir a que su ambiente natural se degrade de bosque tropical, a cobertura, con muy pocas especies de plantas exóticas invasoras u oportunistas.

Cerdos silvestres (*Sus scrofa*): El estudio de línea base realizado por Díaz *et al.* (2010) indica que en la isla hay 540 (± 78) cerdos. Información previa provista calculaba su cantidad entre los 300 y 500 individuos (Sierra 2002).

Gatos domésticos (*Felis catus*): el mismo estudio señala que en la isla hay 108 gatos (± 23), (Díaz *et al.* 2010). Los gatos llegaron a la Isla del Coco hace 400 años y probablemente han sido reintroducidos varias veces desde entonces (Montoya 2004, en Madriz 2009). La observación de guardaparques y visitantes del PNIC, reportan depredación de estos felinos sobre los pinzones y los cuclillos endémicos de la Isla del Coco (C. Sierra, observaciones personales, en Madriz 2009) y los reptiles endémicos (Montoya 2004) así como también sobre las ratas introducidas. Los gatos son entonces, junto con las ratas, los principales depredadores de aves. El PNIC aún no cuenta con un estudio de densidad de población de gatos. Sin embargo, si se considera el alto riesgo que determina Gómez (2007) para las ratas como depredadores y sumado a la altísima efectividad de captura de presas de los felinos, sobre la población de aves y reptiles de la isla, podemos estimar un impacto significativo de esta especie sobre el ambiente, por pequeña que sea su población.

Roedores: Aunque no hay información mas reciente, estudios anteriores indican que en la isla están presentes la rata negra (*Rattus rattus*) y la rata café (*Rattus norvegicus*). Gómez (2007) calculó una densidad de 87.5 ratas/ha. La población total estimada es de 210 000 individuos, de las cuales 82% corresponde a ratas negras y el 18% a rata café.

Estrategia para la erradicación de mamíferos exóticos en isla del Coco

La erradicación de especies exóticas es una necesidad imperante en Isla del Coco. Aún cuando la recomendación internacional es la erradicación simultánea de todas las especies introducidas en la isla (Tye *et al.* 2004), en la práctica pocas veces se puede llevar a cabo. Las razones varían, desde la oposición social por la defensa de especies domésticas, hasta la más común, presupuestos elevados.

En el caso de Isla del Coco se propone la erradicación en tres etapas:

- 1) Erradicación de venados y cerdos.
- 2) Erradicación de gatos ferales.
- 3) Erradicación de roedores.

Se recomienda comenzar con la erradicación de cerdos y venados, posteriormente la erradicación de gato doméstico, siendo proyectos de una complejidad moderada, donde las condiciones y logística están prácticamente dadas para la isla; para concluir con el proyecto de erradicación de roedores, que requiere una evaluación y ejecución precisas. Con esta secuencia se pretende ganar experiencia en la erradicación de mamíferos invasores, lo cual propicia, con los primeros casos de éxito, la confianza de donantes para continuar con las etapas posteriores. Asimismo, se tomó en cuenta las condiciones e impactos presentes, identificados a través de la visita a la isla y mediante la opinión de investigadores y guardaparques.

PLAN DE MANEJO ESPECÍFICO PARA EL CONTROL DE VENADO COLA BLANCA Y EL CERDO EN EL PARQUE NACIONAL ISLA DEL COCO

Introducción

Importancia de los ecosistemas insulares

Las islas son ecosistemas de gran importancia para la biodiversidad del planeta. A pesar de su pequeño tamaño (cerca del 3% de la superficie terrestre) en comparación con las grandes masas continentales, albergan del 15 al 20% de todas las especies de plantas, reptiles y aves (Whittaker 1998). Se caracterizan por mantener un gran número de especies endémicas y ser importantes áreas de crianza para diversas especies de aves y mamíferos marinos (Tershy y Breese 1997). A pesar de la importancia de las islas, muchas de ellas han sido devastadas en todo el mundo por las actividades humanas, principalmente por la introducción de flora y fauna exótica, a tal grado que las extinciones de especies insulares son 40 veces más probables que las de especies continentales (Johnson y Stattersfield 1990). Aproximadamente el 75% de las extinciones animales han ocurrido en islas y la mayoría de estas han sido causadas por especies introducidas (Diamond 1989, Groombridge 1992).

Impactos de los herbívoros introducidos en las islas

Desde la exploración europea hasta nuestros tiempos, cerdos, cabras (*Capra hircus*) y borregos (*Ovis aries*) han sido introducidos en las islas de todo el mundo por navegantes y pescadores para ser usados como fuente de alimento. Sin embargo, frecuentemente estos animales formaron poblaciones ferales, debido al abandono del hombre y la falta de un control natural en estos ambientes. Esto representa un problema, debido a que en muchos de los casos conocidos la biota de las islas oceánicas ha evolucionado en ausencia de herbívoros, careciendo de adaptaciones que disminuyan la herbivoría (Bowen y Van Vuren 1987). Es claro que los herbívoros introducidos son responsables de una gran cantidad de impactos sobre la flora de las islas, incluyendo alteración de la estructura y composición de las comunidades de plantas, causando erosión del suelo y extinción de plantas (Parkes 1984; en Campbell y Donlan 2005). También son comunes los impactos secundarios causados por los herbívoros introducidos, tales como la degradación del hábitat mediante el sobrepastoreo, extirpando a la fauna nativa (Courchamp *et al.* 2003).

Venados y cerdos introducidos en isla del Coco

Los cerdos fueron introducidos en 1793 por Colnett (Montoya 2004). El interés inicial en el problema de las especies introducidas en la Isla del Coco se centró en los cerdos. Se desarrollaron estudios sobre sus efectos ecológicos, tales como la contaminación de las aguas dulces y la erosión y sobre sus parásitos. Se demostró que los cerdos tienen diversos efectos negativos (Sierra 2002a, 2002b, 2002c). La alteración en los suelos provocada por los cerdos es relevante en la isla. Los deslizamientos de tierra son frecuentes en la estación de las lluvias, y se ha sugerido que los cerdos los empeoran (Sierra 2002a). No se han llevado a cabo estudios en los arrecifes de coral (los que se blanquean con los fenómenos El Niño y se recuperan), pero el efecto de los cerdos sobre aquellos (a través de la erosión y la sedimentación en el mar) es probablemente limitado ya que las fuertes corrientes llevan el sedimento rápidamente hacia fuera de la isla. Los cerdos escarban en busca de bellotas, raíces, lombrices (Diong 1982), bulbos u otro material subterráneo (Kotanen 1995, en Sierra 2001). Esta actividad reduce la biomasa vegetal y disminuye la densidad del suelo, provocando parches que difieren conspicuamente del entorno (Singer *et al.* 1984). Al escarbar también mezclan los horizontes del suelo, reducen la cobertura de hojarasca, eliminan raíces y aceleran el lavado de nutrientes (Singer *et al.* 1984). La actividad de escarbadura de los cerdos y los efectos de las tormentas de alta intensidad dominan el régimen de alteraciones del suelo de la isla (Sierra 2001).

Las cabras fueron introducidas en 1793 por Colnett y el venado cola blanca en 1935. No se han realizado estudios sobre cabras y venados en la isla. No se sabe si estos animales están actualmente eliminando plantas invasoras y potencialmente invasoras. Los venados se concentran en áreas dominadas por helechos y otras áreas abiertas (Montoya 2004).

Los venados dominan en las áreas deforestadas cubiertas por malezas nativas y exóticas (pasto de guinea *Panicum maximum*). Los venados son herbívoros especialistas en las partes nuevas de las plantas, semillas, y plántulas. Por la naturaleza heliófita de las malezas y su constante crecimiento vegetativo y poblacional, hace de los sitios deforestados y del borde bosque-claro el principal hábitat y nicho ecológico para esta especie. Los venados impactan la biodiversidad de PNIC al 1) Dispersar semillas de especies exóticas invasoras o de especies nativas oportunistas a través de su pelaje; y 2) Evitar la regeneración de bosque en las zonas deforestadas por alimentarse de plántulas. En otras palabras, los venados impactan el PNIC indirectamente, al asistir a plantas exóticas invasoras a propagarse y al evitar la reforestación. A largo plazo, su presencia en la isla podría contribuir en que su ambiente natural se degrade: de bosque tropical a cobertura por muy pocas especies de plantas exóticas invasoras u oportunistas.

Antecedentes

Se han hecho algunos esfuerzos por capturar y controlar a la población de cerdos. Tye *et al.* (2004) menciona alguno de los resultados obtenidos: En cuanto a los cerdos en Isla del Coco, se ha considerado la esterilización, pero no se han realizado investigaciones al respecto y la cacería es más barata. La captura de cerdos con redes de pesca disparadas por un observador ha sido exitosamente empleada en la isla, pero el método requiere la presencia permanente de un "trampeador" y el número de cerdos capturados por noche por trampa fue <1 (Sierra 2000). No se han probado otros métodos de captura de cerdos en la Isla del Coco y el sistema actual de senderos no es adecuado para que se realice un control efectivo por medio de trampas. Se probó también cacería usando guardaparques con y sin perros (Sierra 2000). Los perros no fueron entrenados especialmente, por ende perseguían a cualquier mamífero introducido. Sin embargo, incluso con dichos perros no entrenados, la cacería fue cuatro veces más eficiente que sin perros. En general la cacería no fue muy exitosa, los cazadores perdieron interés rápidamente y no se realizó ningún tipo de monitoreo. Se llevó a cabo un estudio de cerdo "Judas", usando un cerdo con radio collar que dirige a los cazadores hacia otros cerdos con los que se asocian, pero se encontraron problemas relacionados con la topografía y la distorsión de las señales de radio por lo que los cerdos no fueron detectables con la precisión necesaria para ser cazados (Sierra 2000). La intensidad de las lluvias dificultó también la escucha de la señal de radio y además los cerdos de la Isla del Coco no se reúnen en grandes grupos, lo que limita la utilidad del método del cerdo "Judas". No obstante, al reforzarse la radio telemetría con un perro de cacería, mejoró la capacidad de localización del cerdo.

Justificación

Una de las principales causas de pérdida de biodiversidad en todo el mundo son las especies invasoras (Naranjo y Dirzo 2009; Vié *et al.* 2009), las cuales alteran los ecosistemas, afectan a las especies nativas, provocan severos daños a los servicios ambientales y a la salud pública, además de pérdidas económicas. De manera particular, el establecimiento de herbívoros, como cabras, cerdos, venados y borregos, ha tenido impactos ecológicos negativos significativos en los ecosistemas insulares (Van Vuren y Coblentz 1987).

La biodiversidad insular es especialmente vulnerable a las especies introducidas debido a que en estos ambientes hay una alta proporción de especies endémicas que carecen de mecanismos de defensa ante las especies exóticas con las cuales no

coevolucionaron. Los efectos observados son la extinción en tiempos muy breves por competencia, depredación o patógenos (Primack 2002). Para la avifauna de las islas en particular, el riesgo de extinción es cuarenta veces más alto que para las especies continentales (Treviño *et al.* 2007). A nivel global, se han extinguido 804 especies, y 65 más se reportan como extintas en estado silvestre (Vié *et al.* 2009). Con base en la proporción de las superficies, la extinción de especies insulares ha sido entre 500 y 700% mayor que en el territorio continental (Baillie *et al.* 2004). Las especies invasoras están consideradas como la primera causa de pérdida de biodiversidad en el territorio insular (Aguirre-Muñoz *et al.* 2009). El 62% de los mamíferos, 88% de las aves, 54% de los anfibios, 86% de los reptiles y 68% de los moluscos reportados como extintos corresponden a especies insulares (Baillie *et al.* 2004). Muchas de las extinciones de aves en islas han sido resultado directo de la introducción de vertebrados exóticos (Butchart *et al.* 2006).

En el caso de las poblaciones introducidas de cerdo silvestre, estas se han establecido en un gran número de islas (Cruz *et al.* 2005, Tep y Gaines 2008), siendo el mamífero exótico más perjudicial para la biota nativa de hábitats continentales como insulares. Estos alteran la estructura del suelo cuando escarban las capas del manto más superficial; se ha comprobado que estas escarbaduras tienden a incrementar los procesos de erosión. Además, estos han sido señalados como depredadores potenciales de invertebrados, reptiles, mamíferos y aves (Sierra 2001, Merino y Carpinetii 2003, Pitman *et al.* 2005, Tep y Gaines 2008). Por su parte, la presencia de poblaciones de venado colablanca ha representado una amenaza para los procesos de regeneración natural del bosque. Al ser una especie herbívora especialista, los venados consumen exclusivamente las plántulas o partes nuevas de las plantas, así como las semillas lo cual disminuye o evita la regeneración del bosque, especialmente en zonas deforestadas. Estos también favorecen la presencia de especies vegetales exóticas dentro del bosque debido a que dispersan más semillas hacia el bosque que desde el bosque.

Objetivos

Objetivo general

Elaborar una estrategia que permita lograr la erradicación del cerdo y el venado en el Parque Nacional Isla del Coco.

Objetivos específicos

- Implementar un programa de educación ambiental y difusión a nivel nacional para dar a conocer y crear conciencia sobre la problemática de las especies introducidas en el PNIC.
- Monitorear el estado actual de la población de cerdos y venados introducidos y sus impactos en el PNIC.
- Socializar el programa de trabajo y sumar esfuerzos con instituciones de los diferentes niveles de gobierno que inciden en el área.
- Erradicar las poblaciones de cerdos y venados en un plazo de dos años (sin considerar monitoreos de confirmación de ausencia).

Plan de trabajo

La metodología de erradicación fue seleccionada por la situación particular de la Isla del Coco, tanto por el poco uso que tiene en su parte terrestre, su categoría de manejo, su posición geográfica (lejanía de Costa Rica) y por provocar el mínimo sufrimiento a los animales. Tomando la experiencia de otras islas en el mundo y en México (7 islas en las cuales Conservación de Islas ha erradicado herbívoros mayores), sabemos que el uso de SIG y tecnología de GPS, la implementación de individuos Judas y el uso de cacería con perros incrementan la eficiencia y reducen la duración de las campañas de erradicación. Con base a lo anterior se propone:

Etapas Pre-erradicación

Desarrollo interinstitucional

Para llevar a cabo la erradicación de cerdo y venado será necesario el desarrollo de un marco de colaboración interinstitucional. Es indispensable la participación de todas las dependencias de gobierno con un mandato vinculado al objetivo. Se deben involucrar en la revisión y adecuación de la estrategia a las instituciones gubernamentales, educativas, organizaciones de la sociedad civil y a los diferentes usuarios del PNIC (prestadores de servicios turísticos), así como una campaña de concientización y difusión a la sociedad civil local a lo largo de todo el periodo de erradicación.

Consenso

Los diferentes sectores llegarán a un consenso en una serie de reuniones sobre la mejor estrategia a seguir para lograr la erradicación de cerdo y venado en la isla

del Coco, atendiendo las opiniones del personal del Área de Conservación Marina Cocos (ACMC), con amplio conocimiento de la isla, donde se indicarán las acciones específicas y los tiempos para llevar a cabo la estrategia. Se deberán coordinar los trabajos con el Gobierno y las Instituciones Académicas que más inciden en el Parque para concretar las acciones previas.

Procuración de fondos

Es necesario asegurar los fondos calculados para la erradicación, así como para la atención de los riesgos. Existen Organizaciones Internacionales con la capacidad e interés de apoyar este tipo de proyectos de conservación. Sin embargo, es necesaria la obtención de fondos complementarios, así como aportaciones en especie por las diferentes asociaciones y empresas vinculadas a la Isla del Coco. El apoyo otorgado por las empresas de prestadores de servicios turísticos será de vital importancia para el desarrollo del proyecto.

Estructuración del organigrama

Se trata de un marco de colaboración interinstitucional, con la participación de asociaciones civiles, dependencias de gobierno y universidades. Este arreglo ha dado un gran dinamismo en la toma de decisiones y en la implementación, sin perder el enfoque precautorio y el marco legal impuesto por la cobertura institucional a través de permisos y convenios de colaboración. A nivel organizacional del proyecto, debe definirse el encargado de cada una de las tareas, desde la obtención de los permisos y la logística, hasta el encargado del funcionamiento de los campamentos. Esto deberá definirse desde la primera etapa de planeación, en función de perfiles profesionales y técnicos predeterminados. En términos generales, el organigrama debe contener un Consejo Administrativo (Gobierno), Director y Coordinador de proyecto, así como un jefe para cada una de las actividades principales (Figura 1).

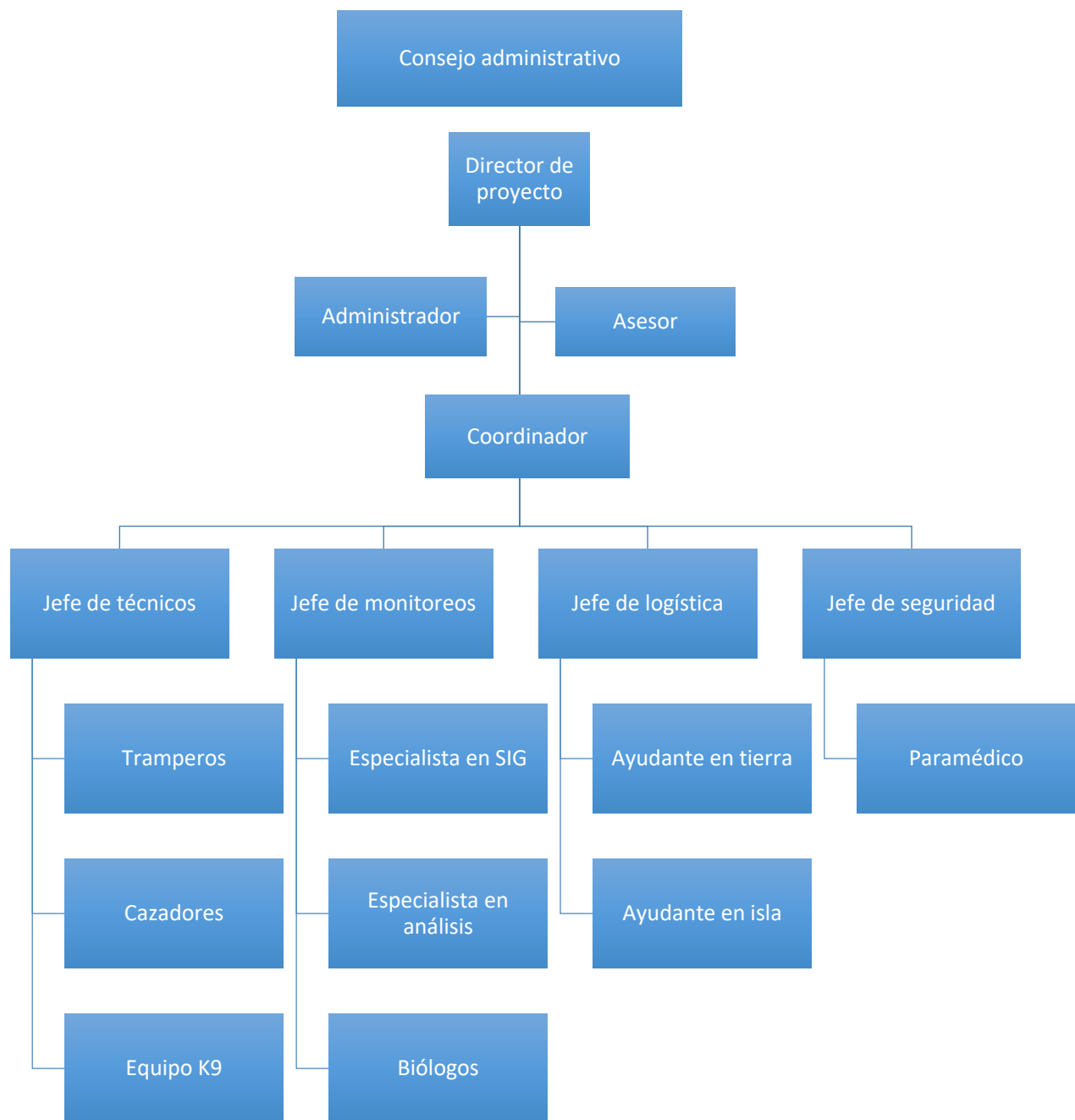


Figura 1. Organigrama base del proyecto de erradicación de venados y cerdos

Obtención de los permisos correspondientes

Una vez que se ha consensuado y aprobado la estrategia para la erradicación de mamíferos herbívoros exóticos, se solicitarán por parte del APMC los permisos requeridos al Gobierno de Costa Rica.

Adquisición de materiales y equipo

De acuerdo a la estrategia aprobada, se realizarán los listados de insumos. Todos estos deberán obtenerse antes del inicio de la erradicación. Entre otras cosas se requieren como equipos especiales:

Cuadro I. Equipos y materiales especiales para el proyecto de erradicación de venados y cerdos.

Equipo	Uso
Collares de telemetría para venados	Detección de manadas
Receptores de telemetría	Detección de manadas
Rifle de dardos tranquilizantes (opcional)	Captura de animales vivos
Trampas de cebo y lazos	Captura de animales vivos
Transmisores de telemetría para trampas	Detección de trampas activas
Redes de caída (opcional)	Captura de animales vivos
Armas de fuego y municiones	Cacería terrestre
Collares GPS para venados y cerdos	Detección de zonas de tránsito
Trampas-cámara	Monitoreos biológicos
Equipo de campamento	Campamentos remotos

En las secciones subsecuentes se explica el uso de cada uno de estos equipos. Asimismo, y debido al tiempo que toma su entrenamiento, desde el inicio del proyecto se deberán adquirir los perros de muestra para cerdos, venados y gatos.

Desarrollo del sistema de información geográfica

Es necesario el desarrollo de un sistema de información geográfica (SIG) que permita la planeación de la operación en campo. Con este SIG se llevará a cabo la zonificación de la isla para las diferentes fases del proyecto.

Desarrollo de método de confirmación de ausencia

Se refiere al desarrollo de un método (Rapid Eradication Assessment, REA) para confirmar la ausencia de venados y cerdos, a través del registros de los esfuerzos de captura y cacería. De esta manera se alimenta una serie de algoritmos que confirman estadísticamente la ausencia de venados y cerdos por zonas durante la etapa de erradicación o en toda la isla post-erradicación.

Conservación de germoplasma

De ser requerido por el gobierno o centros académicos, se puede conservar el mayor número de ejemplares zootécnicamente efectivos; dado a que presuntamente los cerdos llevan más de 400 años en la isla y que los venados pueden ser empleados como pie de cría en otras áreas protegidas de Costa Rica. Para ello, primeramente, se debe de comprobar la salud de la población de cerdos y venados de la isla. Los venados y cerdos pueden ser capturados y sometidos mediante redes de caída, rifles lanza-redes, rifles de dardos tranquilizantes o trampas (de cebo y jaula, Figura 2).



Figura 2. Equipo para la captura de fauna: sup. izq. jaulas; sup. der. red de caída; inf. izq. rifle de dardos; inf. der. rifle lanza redes.

Campaña de educación ambiental

La educación ambiental con los usuarios de la isla (voluntarios, investigadores y turistas) y la población de las zonas de influencia será vital para el éxito del proyecto. Una vez que los usuarios estén conscientes del problema que representan las especies exóticas y reconozcan la necesidad de la erradicación de venados y cerdos en la isla, aun así es necesario el programa educativo para darles a conocer los detalles del proyecto.

Actividades de difusión que se proponen llevar a cabo:

- Reuniones informativas y de concientización para explicar a la población y a los grupos sociales la necesidad de la erradicación de mamíferos exóticos. Para ello se impartirán pláticas al público en general, así como a los principales usuarios del PNIC (prestadores de servicios turísticos), sobre la importancia de la Isla del Coco y los impactos ocasionados por las especies exóticas.
- Colocación de carteles en los principales sitios de embarque a la isla, sobre medidas de bioseguridad al visitar la isla.
- Pláticas en escuelas, de manera oficial en el plan de estudios, sobre la importancia de los ecosistemas insulares y los problemas ocasionados por las especies exóticas.
- Spot de radio y entrevistas en televisión donde se explique el impacto de estas especies exóticas en la isla.
- Notas de prensa sobre la necesidad de erradicación de especies exóticas en Isla del Coco.
- Elaboración de materiales de difusión: trípticos y carteles.
- Actividades recreativas en pro de la isla.

Las pláticas y talleres deberán responder a los siguientes temas:

- Explicar por qué son dañinos los cerdos y venados en la isla; no son especies nativas de la isla.
- Demostrar que no se desperdiciará el potencial genético; prever el aprovechamiento de animales vivos.
- Área protegida, patrimonio, etc.

NOTA: De resultar conveniente y por decisión del gobierno, el proyecto puede ser aprobado y ejecutarse sin necesidad de una campaña de divulgación. De esta manera, se tendría un ahorro en costos y tiempos, además de evitar desacuerdos con las técnicas de erradicación a emplear.

Monitoreo de especies nativas y exóticas

Desde hace más de una década se han realizado monitoreos para estimar el tamaño de las poblaciones de cerdos y venados. El equipo de guardaparques del APMC mantiene un sistema de monitoreos mediante el uso de trampas-cámara. Otros investigadores también han llevado a cabo durante años monitoreos de especies nativas y exóticas (Díaz et al. 2010). Sin embargo, al iniciar formalmente con la erradicación será necesario actualizar dicha información para dirigir los esfuerzos de cacería y trampeo. El uso de trampas-cámara resulta una herramienta eficiente para el monitoreo de fauna. Mediante este método, se puede determinar la abundancia de venados y cerdos en diferentes zonas de la isla, de esta manera se enfoca el esfuerzo de captura hacia los sitios con mayor abundancia. De igual manera, la información que producen las cámaras sirve para alimentar el algoritmo de confirmación de ausencia (RAE). Una opción para la isla, considerando su tamaño y topografía, así como el desplazamiento de los mamíferos exóticos, sería instalar una serie de 25 trampas-cámara (5 en cada subzona), las cuales se deberán dejar activas durante 5 noches consecutivas, y repetir el monitoreo cada 3 meses (Figura 3). De esta manera, se tendrá un esfuerzo de monitoreo de 125 trampas-noche por trimestre, 500 trampas-noche al año.

Asimismo, aún cuando se cuenta con varios estudios sobre la vegetación de la isla, es necesario realizar un monitoreo pre-erradicación que contemple la documentación y análisis de los impactos de estos herbívoros sobre la vegetación nativa, para lo cual se analizará la información satelital y se continuará con el monitoreo de transectos establecidos en la isla por los funcionarios del PNIC.

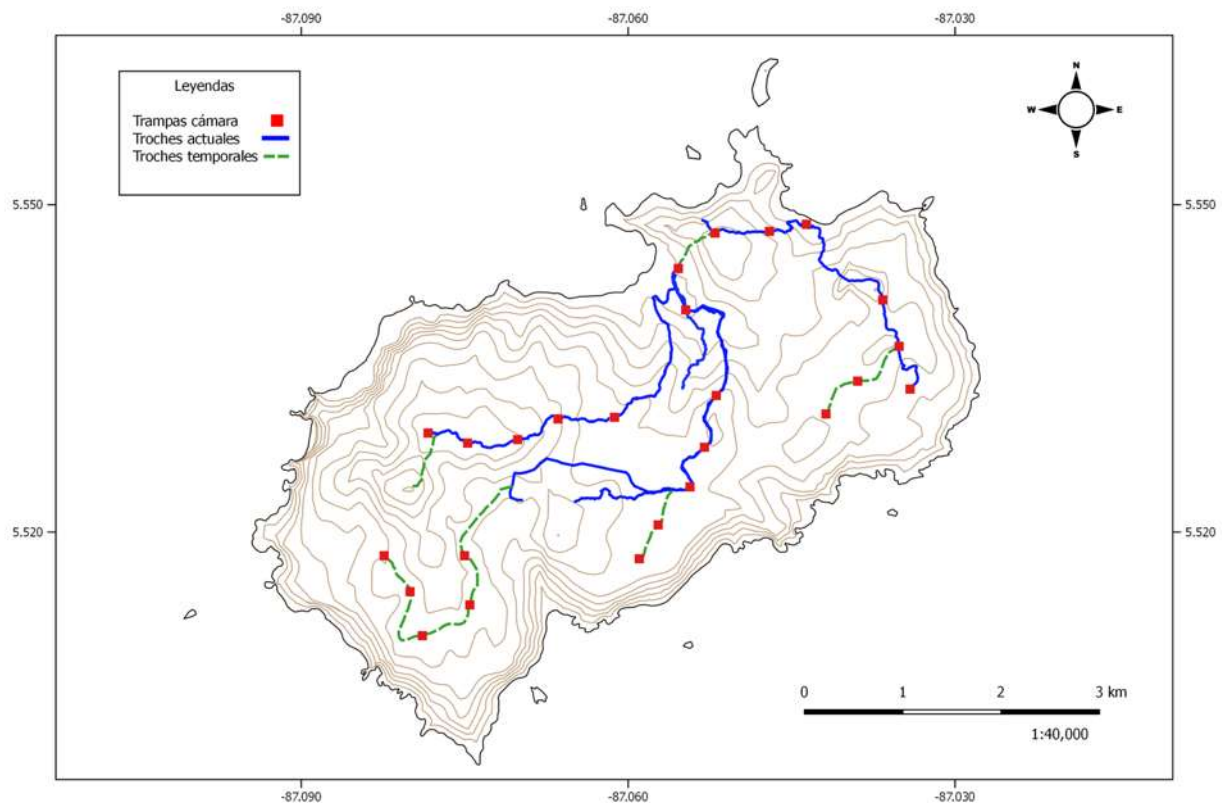


Figura 3. Transectos de trampas-cámara propuestos para el monitoreo trimestral de venados y cerdos en isla del Coco.

Captura de venados para individuos "Judas".

Debido a que los cerdos no forman grandes manadas, sino que la familia normalmente se compone de una madre y sus crías, no conviene el uso de collares de telemetría. En el caso del venado colablanca, al ser una especie semi gregaria (grupos entre 2 y 15 animales), los collares de telemetría servirán para identificar manadas remanentes o para determinar zonas de forrajeo. Mediante el uso de redes o rifles de dardos tranquilizantes y trampas de cebo, se capturarán 6 ejemplares vivos. Se les colocarán radio-collares, serán liberados en los mismos sitios de captura y deberán ser monitoreados mediante sistemas de telemetría cada dos meses. Es recomendable que se trabaje con hembras, las cuales podrán ser inducidas al estro para atraer a los machos.

Una alternativa que contribuye a la identificación de las zonas de distribución de venados y cerdos es equipar a varios ejemplares con collares GPS durante algunos

meses previos a la erradicación. La información de los collares se puede descargar mediante “tabletas” equipadas con una antena Bluetooth de largo alcance, por lo que no se requiere la recaptura del animal. De esta forma se pueden identificar las zonas de actividad (alimentación, descanso) y las veredas empleadas para desplazarse entre las diferentes áreas del PNIC (sitios donde se pueden colocar cebaderos o trampas).

Etapas de erradicación

Extracción de animales vivos (de considerarse necesaria con fines de conservación e investigación)

Al principio del proyecto algunos cerdos y venados se encontrarán agregados en manadas de entre 4 y 16 individuos, sobre todo en la zona del “helipuerto”, por lo que es posible capturarlos empleando redes. Es factible que la extracción viva se lleve a cabo por el mismo personal de APMC, capacitados en el uso de redes, dardos y trampas. El traslado a la ciudad de Puntarenas y su disposición en criaderos u otras áreas de conservación tendrá que ser coordinado por el gobierno. Para ello es indispensable, desde la etapa Pre-erradicación (estructura del organigrama) determinar las asociaciones participantes, número de personas y tipo de apoyo que brindarán al proyecto.

- Se deberá contar con un campamento principal que deberá contar con la infraestructura para albergar de 8 a 12 personas. De ser posible, dicho campamento puede ser o estar en la Estación de trabajo del PNIC en la Bahía Wafer. Además, de ser requeridos, se instalarán campamentos secundarios para 3-4 personas, dependiendo de los sitios de captura.
 - Los campamentos deberán cumplir con lo estipulado en la declaratoria del ASP, su Plan de Manejo y demás leyes aplicables en la materia.
- Se deberá contar con suficientes embarcaciones para el transporte de personal, equipo y provisiones. Esas mismas embarcaciones podrán ser empleadas como apoyo para sacar animales si se considera necesario.
 - Las embarcaciones empleadas pueden ser proporcionadas por los prestadores de servicios turísticos. En el caso de la extracción de animales, se deberá rentar una embarcación adecuada para el propósito, adaptada con cercos o corrales de contención.
- La captura de cerdos y venados se llevará a cabo mediante redes de caída y cebos, redes en las veredas transitadas, trampas de corral y abrevaderos, acarreo con personas y perros, rifles de dardos tranquilizantes, lazos y uso de trampas cebo.

- Se acarrearán animales vivos a través de los arroyos y laderas hasta la costa. En la costa se armarán uno o dos corrales temporales para su contención, en alguna playa de fácil acceso: ej. Bahía Wafer o Bahía Chatham.
 - Los corrales temporales serán armados con postes de acero galvanizado y malla ciclónica. No es recomendable llevar a la isla comida para los animales, ya que se pudieran estar introduciendo semillas de plantas exóticas e insectos. Los animales permanecerán no más de 1 semana en la isla antes de su extracción a la ciudad de Puntarenas.
- La disposición de cerdos y venados será dispuesta por el gobierno de Costa Rica. Es recomendable la facilitación de animales a alguna facultad de veterinaria de las universidades de Costa Rica.
- Una muestra representativa de los animales será examinada antes de ser sacados de la isla, el estudio se llevará a cabo por un veterinario autorizado.

Serán pocos los animales que se puedan extraer con este método. Posterior a las primeras capturas, cuando los animales se encuentran agregados, se vuelve poco rentable la actividad, debido a que se dispersan y se desplazan a los sitios de difícil acceso., lo que dificulta la extracción de los ejemplares. Esta etapa tendrá una duración aproximada de 3-6 meses.

Cacería terrestre

Tras la extracción viva, los animales se dispersan y reconocen los sitios de acecho, haciendo más difícil su captura. Por ello se propone la cacería terrestre como el método principal para lograr la erradicación de cerdos y venados. Esta actividad deberá ser realizada por personas con experiencia en el manejo de armas y cacería, bajo la coordinación de personal especializado.

- La isla se dividirá en ocho zonas de trabajo, con un área de cebadero/cacería cada una (Figura 4). Se contará al menos con 2 equipos en la isla, cada uno estará conformado por 2-3 cazadores y 2 ayudantes. En los sitios donde se esté trabajando, los animales serán cebados durante una semana con fruta, sales atrayentes con aroma (venados), mazorcas y alfalfa triturada (para la destrucción de las semillas). Durante los siguientes días los cazadores acecharán a los animales en ciegos artificiales o sillas en árboles (Figura 5).
- La cacería se llevará a cabo con escopetas cal. 12, con cartuchos 0B o 00, de preferencia semiautomáticas y provistas con mirilla. De ser requeridos tiros de larga distancia se podrán emplear rifles de calibre igual o superior al .243, preferentemente semiautomáticos y provistos de mira telescópica.

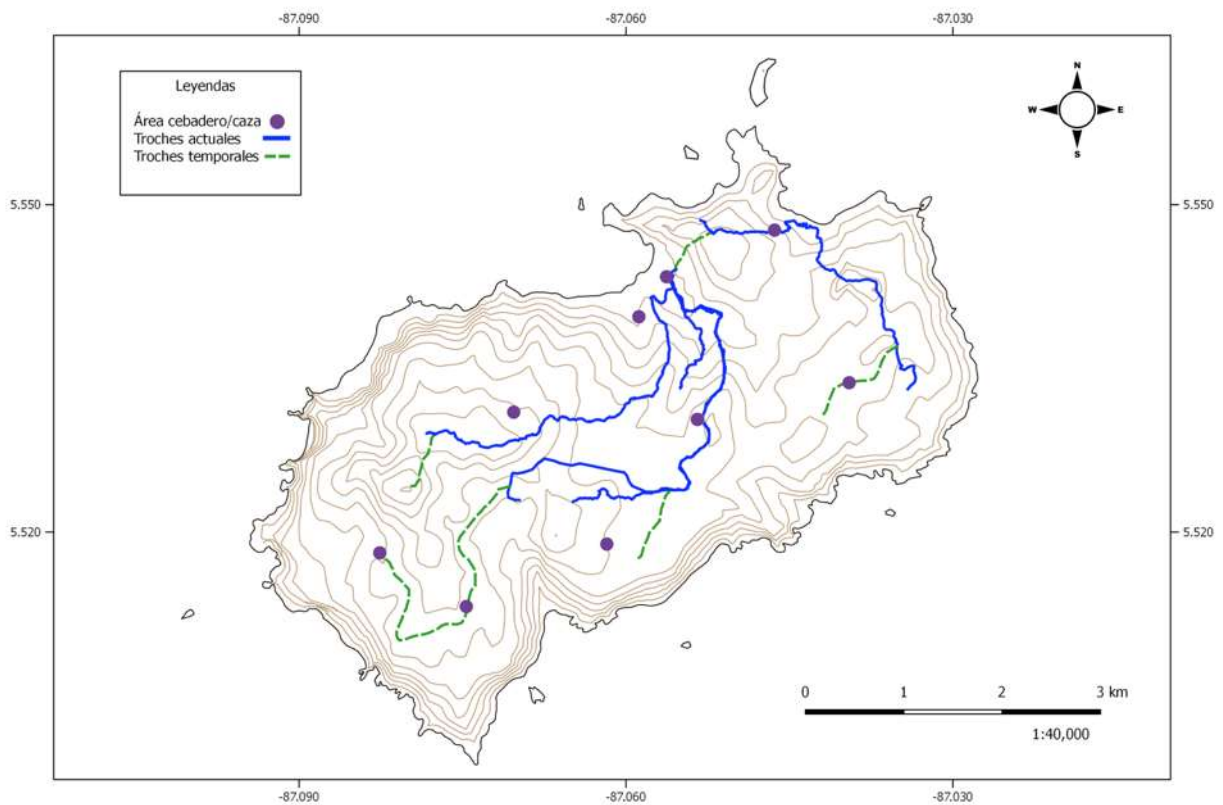


Figura 4. Áreas de cebadero/cacería para el sacrificio de venados y cerdos.



Figura 5. Izq. "Ciego" en forma de tienda; Der. Silla o estante para arbol.

- Una vez que los venados y cerdos ya no se acerquen a las áreas de cebado, se usarán perros de muestra (Figura 6) para la localización de sus rastros. La cacería con perros ha demostrado ser más efectiva que aquella donde no se emplean. A menudo, los cazadores en Costa Rica cuentan con perros de los cuales se ayudan para localizar venados. De otra manera, se tendrán que adquirir entrenados para ese propósito.



Figura 6. Perros empleados para la localización de fauna nativa y exótica en islas mexicanas (raza Braco alemán).

- La cacería terrestre, además, estará apoyada por la localización de los venados Judas mediante los equipos de telemetría, quienes se habrán agregado en manadas durante la temporada de reproducción y crianza.
- En la mayoría de los casos, cuando la topografía lo permita, los animales sacrificados serán enterrados.
 - Los ayudantes, preferentemente con conocimiento de la isla, se encargarán de enterrar los cadáveres.
 - El ACMC y organizaciones de la sociedad civil pueden buscar programas para apoyar con remuneración económica al personal que esté trabajando en esta etapa del proyecto. Dependiendo de las actividades, pueden participar voluntarios.

Esta etapa tendrá una duración aproximada de 18-21 meses.

**Confirmación aérea (de ser requerida)*

Tras la cacería terrestre es probable que algunos venados aislados se dispersen a las partes altas y escarpadas de la isla, de muy difícil acceso. El riesgo para las personas es mayor en estos sitios. Para ello, de ser necesario, se requerirá el uso de un helicóptero para la búsqueda de los individuos remanentes y la confirmación de ausencia en las distintas zonas de trabajo, principalmente cantiles. En el caso de encontrar animales en zonas inaccesibles, serán sacrificados desde el aire por personal altamente capacitado. El uso de un helicóptero también resulta conveniente para alcanzar aquellas zonas del PNIC que no pueden ser visitadas desde tierra, ya sea por lo denso de la vegetación o por los cañones profundos.

- El período ideal para comenzar la confirmación aérea es en abril, cuando se presentan las condiciones logísticas y climáticas favorables para el uso de helicóptero. Se utilizará un helicóptero, preferentemente de turbina (tipo MD 500, Bell 206 o equivalente) o de pistón (tipo Robinson o equivalente) para la búsqueda de animales y/o como plataforma de cacería.
- En el caso de ser requerido el sacrificio desde el aire, se emplearán escopetas semiautomáticas calibre 12 con cartuchos 0B.
 - Debido a las condiciones topográficas de la isla, los animales sacrificados desde el aire difícilmente podrán ser recuperados o enterrados. Cuando la topografía lo permita y sin poner en riesgo al personal, podrán recuperarse algunos individuos o llegar hasta ellos para enterrarlos o encalarlos. En la mayoría de los casos los pocos cuerpos se desecarán rápidamente en sitios alejados de las playas, y no representaría un foco de infección.

Se calcula un tiempo aproximado de 10-15 horas de helicóptero para sobrevolar toda la isla.

Etapas Post-erradicación

Confirmación de la erradicación

Una vez erradicada la población de cerdos y venados, se harán visitas trimestrales durante el siguiente año. Se localizarán los animales Judas, desde entonces apodados Centinelas, para confirmar la ausencia de venados remanentes.

Se continuará con el monitoreo de los transectos de trampas-cámara, ahora de manera semestral, para confirmar que no se detecten venados o cerdos en las cámaras. El modelo de confirmación de ausencia RAE será capaz de sugerir, con un

90% de confianza, que la isla está libre de estos herbívoros durante los primeros 6 meses después de haber iniciado la etapa de confirmación.

Monitoreo de flora post-erradicación

Servirá para documentar la recuperación de las comunidades vegetales en la isla del Coco. Se repetirá el protocolo empleado por los investigadores expertos de Costa Rica y la línea base que se desarrollará previa al inicio de la erradicación.

Educación ambiental para los usuarios de las islas y zonas de influencia

La campaña de educación ambiental acompañará todas las etapas del proyecto, pero se hará énfasis al principio y al final con el fin de prevenir reintroducciones. De igual manera, será muy importante la educación ambiental hacia la culminación del proyecto, para convencer a la población, gobierno y donantes, la importancia de tener una isla libre de especies exóticas y facilitar el convencimiento para llevar a cabo las otras campañas de erradicación (gatos y roedores).

Factibilidad de erradicación de venados y cerdos

A partir de la experiencia obtenida a lo largo 20 años de erradicaciones de herbívoros en México, se puede concluir que la erradicación de venados y cerdos ferales en la Isla del Coco es factible, de acuerdo a las siguientes consideraciones:

- Se conoce la distribución aproximada de cerdos y venados, a través de los estudios que han realizado investigadores y guardaparques.
- Se ha comprobado que la cacería terrestre es un método muy efectivo para la erradicación de cerdos y venados. El uso de perros de caza será de vital importancia para localizar a los animales en las zonas elevadas y de difícil acceso. Así también, se sabe que los organismos "Judas" han funcionado en estos casos agregándose a las manadas remanentes.
- Se cuenta con apoyo e interés del gobierno de Costa Rica, así como de organizaciones como Costa Rica Por Siempre y Fundación Amigos de la isla del Coco, y otras instituciones de educación y no gubernamentales para realizar los trabajos de monitoreo y restauración del PNIC y concienciación de la sociedad.
- El personal de ACMC está familiarizado con la isla y algunas de las técnicas propuestas en este documento. Además, se plantea la participación de expertos y especialistas, quienes abonarán a la obtención de los resultados.

- La colaboración del personal de Conservación de Islas resulta conveniente en la realización del proyecto. El equipo de trabajo ha tenido la experiencia en 58 proyectos de erradicación en 36 islas de México, de los cuales 10 han sido erradicaciones de herbívoros ferales.

Limitaciones

Clima. Para evitar las dificultades inherentes al clima, las campañas de erradicación debieran de realizarse en la temporada de menor precipitación. Sin embargo, en Isla del Coco llueve prácticamente todo el año, por lo que se tendrá que trabajar bajo estas condiciones. Es importante que el personal técnico cuente con el equipo apropiado para el trabajo en este tipo de ambiente; deberá usar calzado y ropa apropiados para la lluvia. El uso de trampas tipo cebo estará limitado por la lluvia. De no ser posible pueden emplearse otras trampas, como lazos y jaulas, para la captura de animales.

Tamaño y topografía. La erradicación de herbívoros en islas de mayor tamaño confirma que la erradicación de cerdos y venados es posible empleando los métodos propuestos. Cuando se dificulte la extracción y cacería terrestre en las zonas elevadas y de difícil acceso (acantilados), se propone el empleo de helicóptero para buscar a los últimos animales. Sin embargo, el costo del uso de ésta técnica es alto y requiere un preciso nivel de planeación y organización, además del apoyo de diversas instituciones en lo referente a permisos, logística para llevar la aeronave a la isla y facilidades para hacer el trabajo eficientemente.

Especies nativas. En lo que refiere a la erradicación, no existe riesgo alguno para las especies nativas o endémicas. El método es muy selectivo y no hay especies nativas que puedan confundirse con las especies objetivo.

Permisos y apoyo logístico. Se requerirán permisos generales por parte del Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica. Es importante contar con el apoyo en el más alto nivel de gobierno. Los proyectos de restauración que implican la erradicación de especies exóticas son costosos y el hecho de no contar con el apoyo total del gobierno puede resultar en un fracaso y pérdida de donantes potenciales.

Mitigación de impactos

Para evitar una perturbación significativa en el ecosistema al llevar a cabo las acciones propuestas, además de las consideradas en la declaratoria y el Plan de Manejo del ACMC, se deberán seguir las siguientes recomendaciones, previamente acordadas con la Dirección del Área:

- Establecer un campamento principal, en una zona que permita el desarrollo y continuación de las actividades de turismo e investigación en la isla.
- Establecer campamentos de bajo impacto cerca de los arroyos o mesetas más alejadas, solo para pernoctar.
- Determinar las veredas que se emplearán para el paso del personal y el acarreo de animales a las playas. Se emplearán caminos tipo “trochas” para evitar un impacto a la vegetación.
- Seleccionar sitios abiertos para la instalación de corrales temporales, y evitar cualquier disturbio a la vegetación.
- Contar con las instalaciones adecuadas para cubrir las necesidades del personal en la isla. Definir el número de participantes que podrán participar durante cada temporada.

Seguridad

Se deben de tomar medidas de seguridad sobre todo en las etapas donde se empleen armas de fuego:

- Debe de haber una coordinación con proyectos de investigación u otros trabajos de conservación que se realicen al interior de la isla, trabajando en diferentes zonas, garantizando que no haya traslape con las actividades de erradicación. De ser posible, limitar el acceso a 500 metros de la línea de costa mientras se realiza la cacería terrestre.
- Se debe de contar con un plan de emergencia para la isla. Es indispensable determinar y contratar un servicio de extracción rápida del PNIC en el caso de algún accidente.
- Se debe de contar con un paramédico tiempo completo.

Cronograma

De contar con los permisos y fondos necesarios, la ejecución del proyecto tendrá una duración aproximada de dos años, considerando línea base, extracción viva y cacería terrestre. Adicionalmente, se deben de considerar dos años más para realizar monitoreos de confirmación de ausencia. Sin embargo, la confirmación de ausencia se puede traslapar con la primera etapa de un siguiente proyecto (ej. erradicación de gato feral).

A continuación, se muestra la propuesta de actividades considerando la duración de las mismas:

[illegible]

Captura de venados para "Judas"										
Etapa de erradicación										
Extracción de animales vivos										
Cacería terrestre										
Confirmación aérea										
Etapa post-erradicación										
Confirmación de ausencia										
Monitoreo de flora										
Educación ambiental										

Presupuesto

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo por unidad	Total USD
Etapa de preparativos y adquisiciones (6 meses)				
Personal				
Director de Proyecto	Meses	2	3,000.00	6,000.00
Lider de cazadores	Meses	2	2,200.00	4,400.00
Viaje (viáticos + comidas en isla)	Viajes	1	8,000.00	8,000.00
Equipo para cazadores	Set	8	500.00	4,000.00
Escopetas semiautomáticas cal. 12	Armas	8	1,200.00	9,600.00
Rifle semiautomático (cal. 308)	Armas	2	1,400.00	2,800.00
Municiones	Cajas	4	500.00	2,000.00
Treestands	Equipo	4	400.00	1,600.00
Ciegos de cacería	Equipo	6	250.00	1,500.00
Redes de caída	Equipo	1	5,000.00	5,000.00
Rifle lanza redes	Equipo	1	2,400.00	2,400.00
Rifles de dardos + 36 dardos	Equipo	1	3,500.00	3,500.00
Perros de caza (2 aromas)	Perros	4	4,000.00	16,000.00
Equipos de campamentos	Set	2	2,500.00	5,000.00
Equipos GPS y de comunicación	Equipo	9	400.00	3,600.00
Atrayentes	Cajas	10	100.00	1,000.00
Trampas-cámara	Equipo	25	200.00	5,000.00
Trampas de cebo y lazos	Equipo	24	50.00	1,200.00
Transmisores para trampas	Equipo	20	120.00	2,400.00
Collares telemetría venados	Equipo	6	300.00	1,800.00
Collares GPS	Equipo	5	1,200.00	6,000.00
Receptores de telemetría	Equipo	2	800.00	1,600.00
Equipo de primeros auxilios	Set	3	700.00	2,100.00
Equipo de campamento	Set	2	5,000.00	10,000.00
Equipo para el traslado de materiales	Set	1	3,000.00	3,000.00
Gestión de permisos	Varios	1	1,000.00	1,000.00
Material de sensibilización	Lote	1	2,500.00	2,500.00
Estrategia de difusión	Consultor	1	1,800.00	1,800.00
Subtotal etapa				\$114,800.00
Etapa de implementación (2 años)				
Personal				
Director de proyecto	Meses	12	3,000.00	36,000.00
Coordinador de proyecto	Meses	12	2,400.00	28,800.00

Líder de cazadores	Meses	18	2,200.00	39,600.00
Cazadores (4)	Meses	18	6,000.00	108,000.00
Cazadores/manejadores perros (3)	Meses	18	6,000.00	108,000.00
Viajes (viáticos + comidas en isla)	Meses	18	8,000.00	144,000.00
Embarcación para traslado de personal	Viajes	2	25,000.00	50,000.00
Materiales trampas para cerdos	Set	6	500.00	3,000.00
Atrayentes	Cajas	20	100.00	2,000.00
Servicio de extracción rápida (2 años)	Servicio	1	4,000.00	4,000.00
Subtotal etapa				\$523,400.00
Etapa de confirmación de ausencia (1 año)				
Personal				
Director de Proyecto	Meses	4	3,000.00	12,000.00
Líder de cazadores	Meses	4	2,200.00	8,800.00
Cazadores/manejadores perros (3)	Meses	4	6,000.00	24,000.00
Viajes (viáticos + comidas en isla)	Viajes	4	8,000.00	32,000.00
Subtotal etapa				76,800.00
			TOTAL	\$715,000.00

Referencias

- Aguirre-Muñoz, A., R.E. Mendoza-Alfaro, H. Arredondo, *et al.* 2009. Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. En: R. Dirzo, R. González e I.J. March (comp.). Capital natural de México. Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 277-318.
- Baillie, J.E.M., C. Hilton-Taylor y G.M. Mace. 2004. IUCN Red list of threatened species. A global species assessment. International Union for Conservation of Nature. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido.
- Bowen, L. y D. Van Vuren, 1997. Insular endemic plants lack defenses against herbivores. *Conservation Biology* 11:1249-1254.
- Butchart, S.H.M., A.J. Stattersfield y T. Brooks. 2006. Going or gone: defining "Possibly extinct" species to give a truer picture of recent extinctions. *Bulletin of the British Ornithologists Club* 126 (A): 7-24.
- Campbell, K. y J. Donlan. 2005. A Review of Feral Goat Eradication on Islands. *Conservation Biology* 19 (5): 1362-1374.
- Courchamp, E., L. Pascal y J.L. Chapuis, 2003. Mammals invaders on islands, impact, control and control impact. *Biological Reviews* 78:347-383.
- Diamond, J.M. 1989. Overview of recent extinctions. Pages 37-41 in: D. Western and M.C. Pearl (eds.). *Conservation for the twenty-first century*. Oxford University Press, New York.
- Díaz, G., E. Carrillo y F. Bermúdez. 2010. Levantamiento de información de línea base para el monitoreo de especies endémicas y especies exóticas en la Isla del Coco. Informe Técnico. Onca Natural. 117 p.
- Diong, C. H. 1982. Population biology and management of the feral pig (*Sus scrofa*) in Kipahulu Valley, Maui. Ph.D. Dissertation. University of Hawaii.
- Groombridge, B.E. 1992. *Global Diversity - Status of the Earth's Living Resources*. Compiled by the World Conservation Monitoring Center. Chapman & Hall, London, UK.
- Johnson, T.H. y A.J. Stattersfield. 1990. *A Global Review of Island Endemic Birds*.
- Naranjo, E.J. y R. Dirzo. 2009. Impacto de los factores antropogénicos de afectación directa a las poblaciones silvestres de flora y fauna. En R.

- Dirzo, R. González y I.J. March (comps.). Capital natural de México. Vol II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 247-276.
- Nogales, M., A. Martín, B.R. Tershy, et al. 2004. A review of feral cat eradication on islands. *Conservation Biology* 18 (2): 310-319.
- Parkes, J., R. Henzell y G. Pickles. 1996. Managing Vertebrate Pests: Feral Goats. Australian Government Publishing Service. Canberra.
- Primack, R.B. 2002. Essentials of conservation biology. Sinauer Associates Inc. Sunderland, EUA.
- Sierra, C. 2000. Ecología, impactos y métodos de erradicación del cerdo cimarrón (*Sus scrofa*) en la isla del Coco, Costa Rica. Informe Final to ACMIC and Programa Regional en Manejo de Vida silvestre, Universidad Nacional, Costa Rica.
- Sierra, C. 2001. El cerdo cimarrón (*Sus scrofa*, Suidae) en la Isla del Coco, Costa Rica: composición de su dieta, estado reproductivo y genética. *Revista de Biología Tropical* 49: 1147-1157.
- Singer, F. J., W. T. Swank, y E. E. C. Clebsch. 1984. Effects of wild pig rooting in a deciduous forest. *Journal of Wildlife Management* 45: 343-353.
- Tershy, B. y D. Breese 1997. Human perturbations and conservation strategies on San Pedro Mártir Island, Gulf of California, Mexico. *Environmental Conservation*, 24: 161-170.
- Trevino, H.S., A.L. Skibiell, T.J. Karels y F.S. Dobson. 2007. Threats to avifauna on Oceanic islands. *Conservation Biology* 21 (1): 125-132.
- Tye, A., B. Cooke, N. MacDonld, M. Pascal y C. Sierra. 2004. Una estrategia para el manejo de especies introducidas en la Isla del Coco, Costa Rica; incluyendo un plan para la erradicación de sis especies de mamíferos. Informe de la Misión a Costa Rica e Isla del Coco. 8-19 marzo de 2004.
- Whittaker, R. J. 1998. Island Biogeography: Ecology, Evolution and Conservation. Oxford University Press. New York.
- Van-Vuren, D. y B. Coblentz. 1987. Some ecological effects of feral sheep on Santa Cruz Island, California. *Biological Conservation* 41: 253-268.
- Vié, J.C., C. Hilton-Taylor y S.N. Stuart. 2009. Wildlife in a changing world - An analysis of the 2008 IUCN red list of threatened species. IUCN. Gland, Suiza.

PLAN DE MANEJO ESPECÍFICO PARA EL CONTROL DEL GATO FERAL EN EL PARQUE NACIONAL ISLA DEL COCO

Introducción

Impactos de los gatos ferales en las islas

La depredación por gatos de especies nativas y endémicas insulares es una de las mayores amenazas para la biodiversidad del planeta y ha causado ya numerosas extinciones de especies de fauna insular (Iverson 1978, Jehl y Parks 1983, Mellink 1992, Veitch 2001, Tershy *et al.* 2002). Particularmente las aves son el grupo que mayores alteraciones ha experimentado, entre estas, las poblaciones de aves marinas han sufrido drásticas disminuciones en su abundancia debido a un efecto depredador (Fitzgerald *et al.* 1991, Keitt *et al.* 2002, Frenot *et al.* 2005). La literatura también menciona que algunas especies pequeñas de passeriformes y otras aves terrestres han sido afectadas negativamente por este depredador (McLennan *et al.* 1996, Veitch 2001).

Introducción de gatos en Isla del Coco

Los gatos llegaron a la Isla del Coco hace 400 años y probablemente han sido reintroducidos varias veces desde entonces (Montoya 2004, en Madriz 2009). La observación de guardaparques y visitantes del PNIC, reportan depredación de estos felinos sobre los pinzones y los cuclillos endémicos de la Isla del Coco (C. Sierra, observaciones personales, en Madriz 2009) y los reptiles endémicos (Montoya 2004) así como también sobre las ratas introducidas.

Antecedentes

Durante evaluaciones previas de la población de gatos ferales se han realizado algunas pruebas de trapeo. Tye *et al.* (2004) comentan al respecto: Se intentó el trapeo de gatos por medio de trampas-vivas-jaula, y podría ser usado en algunas zonas, aunque sería difícil movilizar una cantidad suficiente de trampas hacia zonas remotas de la isla. En la Isla del Coco no se han probado las trampas pequeñas mullidas que sujetan las patas (leg-hold soft) (Vg. Victor Soft-catch), pero han probado ser muy efectivas en Galápagos. Dichas trampas pequeñas pueden ser fácilmente transportadas y son tan humanitarias como las trampas jaula.

Justificación

Los gatos parecen ser entonces, junto con las ratas, los principales depredadores de aves en el PNIC (Orias 2012). El PNIC aún no cuenta con un estudio de densidad de población de gatos. Sin embargo, si se considera el alto riesgo que determina Gómez (2007) para las ratas como depredadores y sumado a la altísima efectividad de captura de presas de los felinos, sobre la población de aves y reptiles de la Isla, podemos estimar un impacto significativo de esta especie sobre el ambiente, por pequeña que sea su población.

Los gatos han sido erradicados de 49 islas en el mundo (Nogales *et al.* 2004, Aguirre *et al.* 2005). Sin embargo, las erradicaciones de gatos poseen un grado alto de dificultad (Veitch 1985, Veitch 2001), cuando se trata de islas de gran tamaño (Nogales *et al.* 2004), o de topografía y hábitat complejos.

Objetivos

Objetivo General

Conservar la fauna nativa a través de la erradicación del gato feral en la Isla del Coco.

Objetivos específicos

- Restaurar y proteger las poblaciones de aves nativas
- Desarrollar experiencia en el país para la erradicación de gatos y otras especies de mamíferos exóticos.

Plan de trabajo

Fase pre-erradicación

Desarrollo interinstitucional

Para llevar a cabo la erradicación de gato feral será necesario el desarrollo de un marco de colaboración interinstitucional. Es indispensable la participación

de todas las dependencias de gobierno con un mandato vinculado al objetivo. También es fundamental contar con un panel de expertos en el tema, mismo que puede ser internacional, por la experiencia desarrollada por otros países en la erradicación de especies de mamíferos invasores, en particular de Nueva Zelanda, Australia, Estados Unidos, Ecuador y México.

Procuración de los fondos para el proyecto

Esta tarea debe comenzar desde al menos un año antes de que se considere llevar a cabo la erradicación en Isla del Coco. Es necesario asegurar los fondos calculados para la erradicación, así como para la atención a riesgos.

Desarrollo y estructuración del organigrama

Para la ejecución de la erradicación debe definirse desde un inicio las responsabilidades de la organización ejecutante, identificarse al Director del Proyecto y al personal técnico de campo. A nivel organizacional del proyecto, debe definirse el encargado de cada uno de los rubros, desde la obtención de los permisos y la logística, hasta el encargado del funcionamiento de los campamentos remotos. Esto deberá definirse desde la primera etapa de planeación, en función de perfiles profesionales y técnicos predeterminados.

Director de proyecto. Responsable de la dirección general del proyecto. El enlace con el campo es a través del coordinador y el biólogo analista.

Coordinador de proyecto. Enlace entre la dirección de proyecto y personal de campo. Integración de la información proveniente de cada una de las zonas de trabajo.

Coordinador de logística. Encargado de resolver la logística para las expediciones incluyendo contratación de personal, avisos a autoridades, adquisición de insumos, etc.

Tramperos/Cazadores. 6 cazadores o técnicos de campo con experiencia en cacería de mamíferos y colocación de trampas.

Analista científico. El analista será el responsable de coadyuvar para la obtención de los datos de campo para su análisis. Con relación a datos es el enlace entre los tramperos, cazadores y manejadores de perros y el coordinador. Los resultados del análisis permitirán evaluar en tiempo real el avance en la erradicación y tomar decisiones en manejo adaptativo.

Manejador de caninos. Habrá 4 manejadores de perros que trabajarán en colaboración con los cazadores, a) indicándoles las zonas de mayor actividad

de los gatos para la colocación de trampas y, b) localizando animales para su sacrificio mediante cacería nocturna.



Figura 7. Organigrama proyecto de erradicación de gatos en Isla del Coco.

Obtención de permisos

Para llevar a cabo la erradicación en la isla se requiere el permiso por parte del Ministerio de Ambiente y Energía, mismo que contendrá la metodología aplicable en la isla, asegurando evitar impactos negativos en las especies no-objetivo.

Adquisición de equipo especializado

Todos los insumos para la erradicación deberán obtenerse antes del inicio de la erradicación. Los perros deberán tener un entrenamiento previo que será completado con sus manejadores en la isla. Parte del equipo es reutilizado de otros proyectos de erradicación (ej. cerdos y venados). Entre otros equipos, aquellos que se requiere adquirir con anticipación son:

Cuadro II. Equipos y materiales especiales para el proyecto de erradicación de gatos ferales.

Equipo	Uso
Receptores de telemetría	Detección de trampas activas
Trampas de cebo	Captura de animales
Trampas de jaula (Tomahawk)	Captura de animales
Trampas letales	Sacrificio de animales
Transmisores de telemetría para trampas	Detección de trampas activas
Atrayentes sonoros	Atrayentes
Armas de fuego y municiones	Cacería terrestre
Collares GPS para gatos	Detección de zonas de tránsito
Tableta con antena Bluetooth	Recuperación de datos de collares
Trampas-cámara	Monitoreos biológicos
Equipo de campamento	Campamentos remotos

Para alguno de los equipos lleva un tiempo su fabricación; por ejemplo, los collares tienen un tiempo aproximado de entrega de 2 meses. En otros casos, la importación deberá ser un factor a considerar; los equipos de atrayentes sonoros exclusivos para gatos (Figura 8) se envían desde Australia. En el caso de los perros de muestra, se lleva entre 2 y 3 meses su entrenamiento y entrega.



Figura 8. Sup. izq. Transmisor telemetría para trampas; sup. der. Sistemas de atrayentes sonoros para gatos (FAP); abajo trampa Conibear.

Desarrollo del sistema de información geográfica

Es necesario desarrollar un sistema integral de información geográfica que permitirá la planeación de la operación en campo. En este sistema de información geográfica se llevará a cabo la zonificación del PNIC en cuatro secciones para las fases de cacería y trampeo. En el caso de contar con un SIG de un proyecto anterior (erradicación de cerdos y venados), este podrá ser empleado.

Modelo de confirmación de ausencia

Determinar qué información debe colectarse durante la operación en campo para alimentar el modelo de ausencia de individuos o confirmación de la

erradicación desarrollado por Landcare Research, Nueva Zelanda (Luna Mendoza *et al.* 2008).

Campaña de educación ambiental

La educación ambiental con los usuarios de la isla (investigadores y prestadores de servicios turísticos) será vital para el éxito del proyecto. Una vez que los usuarios estén de acuerdo con la erradicación de gatos en la isla aun así es necesario el programa educativo para darles a conocer los detalles del proyecto y las implicaciones para sus actividades.

Monitoreo de gatos ferales

El equipo de guardaparques del ACMC mantiene un sistema de monitoreos mediante el uso de trampas-cámara, con éstos se detecta la presencia de gatos y otras especies exóticas. Se propone ampliar la cantidad de trampas-cámara colocando un sistema de 25 equipos (cámaras sencillas) separados cada 500 m aproximadamente (Figura 9) y dejarlas activas durante 5 noches. De esta manera, se tendrá un esfuerzo de monitoreo de 125 trampas-noche, 500 trampas-noche al año. Estos monitoreos se deberán realizar al principio de la campaña de cacería y trampeo, para determinar la línea base y las zonas de mayor abundancia de gatos. Asimismo, se repetirán cada 3 meses durante la etapa de erradicación para actualizar la información y dirigir los esfuerzos a las áreas con presencia de gatos. De igual manera, la información que produzcan las cámaras sirve para alimentar el algoritmo de confirmación de ausencia (RAE).

Captura de gatos y colocación de collares GPS

Se capturarán individuos ferales a los cuales se les colocarán radiocollares con GPS. Los radiocollares estarán provistos con una batería que durará 12 meses. Estos individuos se capturarán en diversas zonas del PNIC y serán de ambos sexos y edades, ya que existen variaciones significativas obedeciendo a estas características. Los individuos serán rastreados previo a la erradicación para ubicar su ámbito hogareño. Esta información ayudará a calibrar y ajustar la distribución propuesta de las trampas en la isla.

Monitoreo de fauna nativa

Previo a la erradicación de gatos ferales, deberán llevarse a cabo estudios que evalúen de manera cuantitativa los impactos de los gatos ferales en las poblaciones de reptiles y aves nativas. Esto puede ser por medio de la cuantificación sistemática de cadáveres, análisis de contenido estomacal, evaluación del éxito reproductivo de aves, etc. Diversos investigadores de Costa Rica ya cuentan con una línea base de las poblaciones de vertebrados nativos de la isla (Díaz y Carrillo 2010).

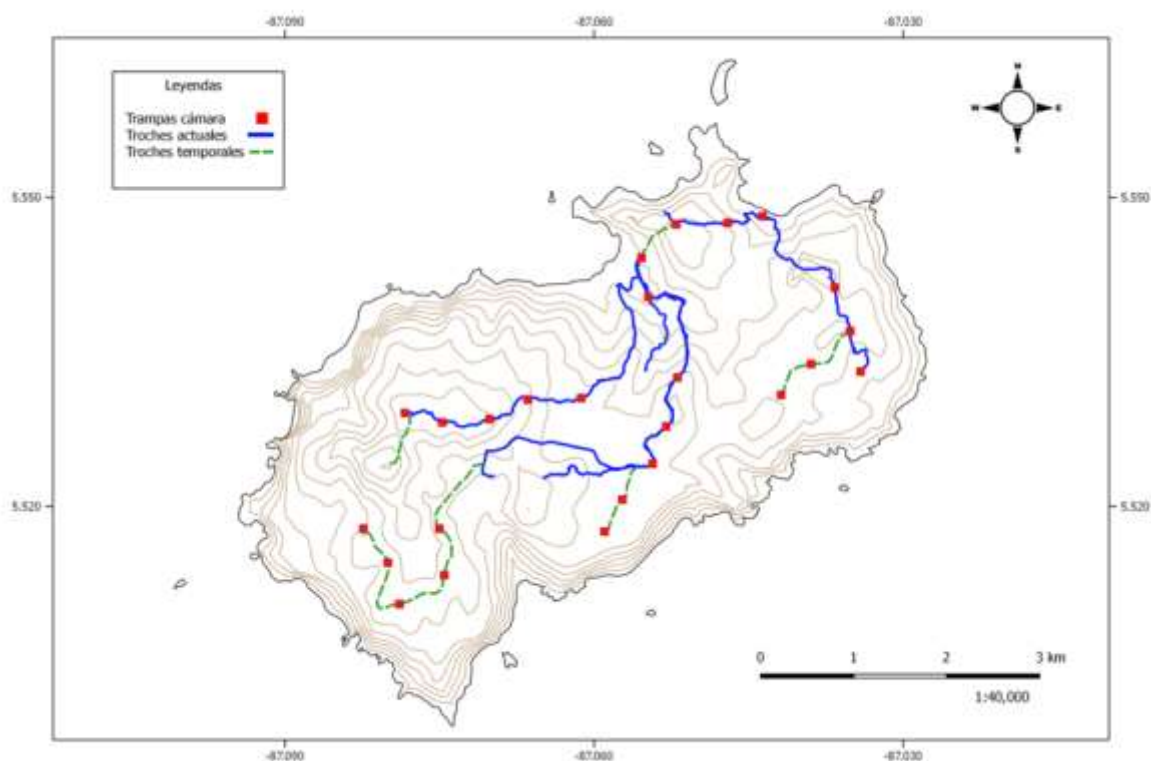


Figura 9. Transectos de trampas-cámara propuestos para el monitoreo trimestral de gatos ferales en Isla del Coco.

Transporte de personal, provisiones y consumibles.

Todos los consumibles y equipo para la erradicación deberán ser transportados a la isla en la etapa previa a la erradicación. El medio de transporte puede ser las embarcaciones de los prestadores de servicios turísticos que visitan regularmente la isla.

Fase de Erradicación

Entrenamiento de personal.

Los cazadores/tramperos deberán tener un entrenamiento en campo, conocer del sitio de trabajo, ser instruidos en el manejo de la tecnología necesaria para la erradicación: mapas, geoposicionador, telemetría, primeros auxilios, comunicación, etc. Por otro lado, el entrenamiento en las técnicas de cacería y trampeo dirigidas a gatos será un tema importante del entrenamiento. Esto incluirá la puesta de trampas, uso de atrayentes para las mismas y cacería nocturna con spotlights. Asimismo, se capacitará al personal en la toma de datos para alimentar el modelo de confirmación de ausencia.

Instalación de campamentos.

La isla deberá dividirse en al menos tres zonas (este, centro y oeste), sobre todo para la fase de cacería y trampeo y el uso de perros indicadores. Cada campamento deberá contar con la infraestructura para albergar a cinco personas. Deberá contar con dos albergues temporales, prefabricados con al menos un sistema de panel solar. Asimismo deberá contar con su propio sistema de comunicación (radio).

Entrenamiento de perros.

Toda vez que los perros recibirán un entrenamiento previo, es importante que se acostumbren al manejo con una persona, estos pueden ser los cazadores más experimentados. Por otro lado, los perros deben tener un entrenamiento en el sitio, para que aprendan a distinguir los rastros y diferenciar a la especie objetivo de las no objetivo. Deben de ser especialistas en la búsqueda de rastros de gatos ya que serán la clave para localizar a los últimos individuos. Las razas Pointer inglés y Braco alemán, resultan buenas opciones en climas cálidos.

Trampeo y cacería

El trampeo y la cacería serán herramientas clave para la erradicación de gatos. El personal constará de un jefe de cazadores, dos cazadores/tramperos y dos cazadores con perros indicadores por equipo. Trabajarán dos equipos simultáneamente en la isla (10 personas en total). El énfasis de esta estrategia es tratar toda la isla de manera simultánea para la captura de todos los

individuos, esto durante los 21 meses de cacería y trampeo, dentro de periodo de 3 años que llevará la fase de erradicación (considerando meses de descanso). La cacería se llevará a cabo con rifles de alto poder (calibre .22 magnum o .222) provistos de mira telescópica. La cacería podrá ser diurna o nocturna. El trampeo se llevará a cabo con trampas Victor Oneida de cojinete de hule (#1 ½), así como trampas letales (Conibear). Como carnada para las trampas se utilizarán atrayentes comerciales, en particular aquel que haya mostrado ser más efectivo.

Los métodos de trabajo seleccionados han sido probados y considerados como altamente efectivos en ecosistemas insulares (Courchamp y Cornell 2000; Wood *et al.* 2002; Campbell *et al.* 2011). A continuación, se describen los detalles:

1. Captura con trampas de cebo o resorte (Oneida Victor Soft Catch No. 1 y 1 ½), cebadas con atrayentes olfativos (Selfish bait for cats y molienda de mariscos) y auditivos (Felid-Attracting Phonic FAP by Westcare Electronics).
2. Captura con trampas de jaula o caja (Tomahawk Mod. 207, medidas 32x10x12”), usando el mismo tipo de atrayente que para las trampas de cebo.
3. Captura y sacrificio con trampas letales (Conibear), usando atrayentes comestibles y olfativos.
4. En la medida de lo posible, equipar las trampas con transmisores de telemetría (ej. M4010, Mammal Trap Monitor, de Advanced Telemetry Systems), que facilitan y agilizan la labor de revisión de trampas diariamente.

Las trampas cebo sencillas serán ubicadas en las inmediaciones de los campamentos y en las zonas de trampeo propuestas (Figura 10); las trampas serán revisadas diariamente a primera hora de la mañana (7-10 am). Las trampas cebo adaptadas con transmisores de telemetría serán ubicadas en las zonas con topografía accidentada; serán revisadas con el receptor de telemetría diariamente y procesadas cuando se detecte su activación. Las trampas letales serán ubicadas en las zonas de difícil acceso, cerca de los cantiles y cañones. Tanto las trampas con transmisores como las letales tendrán que ser cebadas al menos una vez por semana.

4. El sacrificio de los animales capturados será por medio de inyección letal (anestésico de uso veterinario) o arma de fuego calibre .22 o .222.

a) Inyección letal. Se someten los animales mediante una red o lazo, se inyecta una dosis de anestesia (Ej. Zoletil) vía intramuscular. Una vez que se inmoviliza el animal se inyecta una dosis de Cloruro de Potasio o Pentobarbital en el corazón para producir un paro cardíaco.

- b) Pistola de fuego o aire. Disparo a 30 cm del animal entre las zonas parietal y temporal del craneo.
5. Cacería nocturna con rifles utilizando luces brillantes (faros o spotlight) para localizar a los gatos. Los rifles deberán ser calibre .22 magnum o .222 provistos de mira telescópica o escopeta calibre 12.
6. Perros indicadores entrenados para localizar gatos ferales para posteriormente ser eliminados con trampas o cacería.
7. Una vez que los individuos son capturados se les toman las medidas morfométricas estándares, colecta de endo y ectoparásitos, así como el contenido estomacal para su posterior análisis.

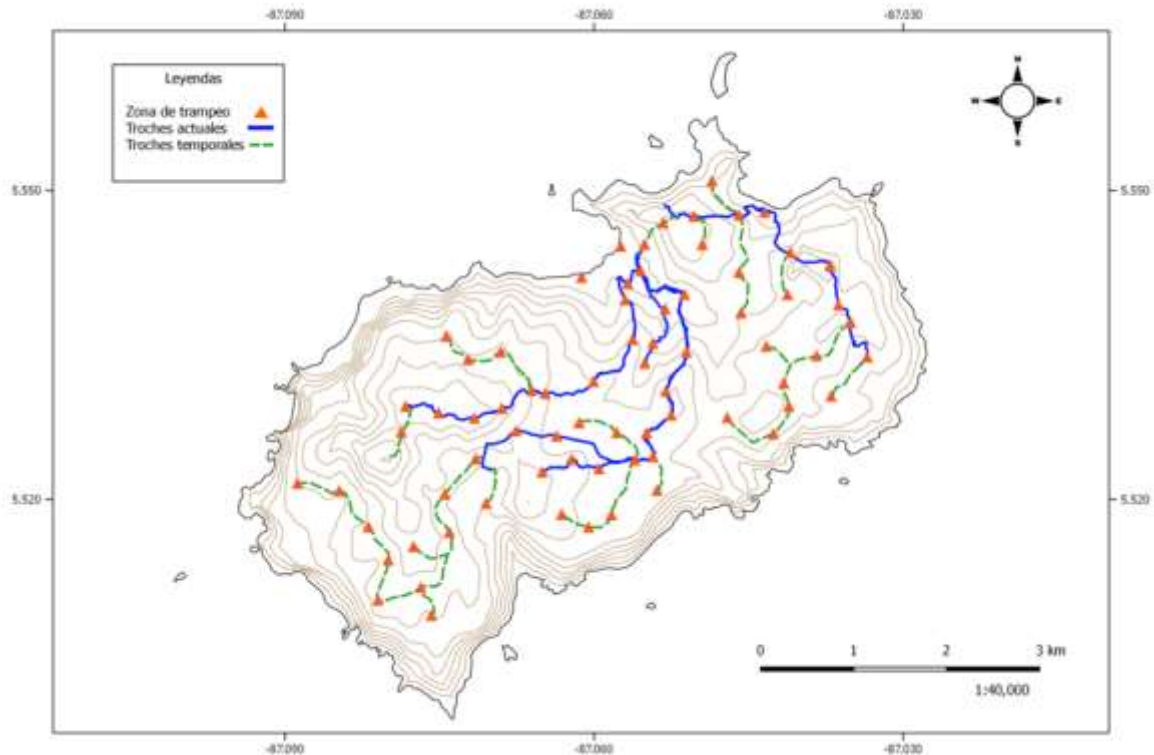


Figura 10. Zonas de trampeo de gatos ferales en Isla del Coco.

Disposición de cadáveres

Siempre que sea posible, debido a las condiciones del terreno, los cadáveres deberán ser cubiertos con cal y enterrados. En las zonas con roca expuesta, deberán ser transportados a las fosas identificadas más cercanas. Es muy importante que los animales no queden expuestos, pues podría interferir con el trabajo de búsqueda de los perros de muestra.

Análisis

Densidad. Se utilizarán el arreglo de trampas-cámara para determinar la distribución espacial y la densidad de gatos en la isla sin identificación individual. Este análisis se realizará una vez antes del inicio de la erradicación y una vez cada estación del año durante la etapa de erradicación.

Esfuerzo de trampeo y cacería. Se colectarán datos sobre las trampas instaladas para calcular esfuerzo de trampeo y éxito de captura. Los resultados se calcularán diariamente para ayudar a dirigir el esfuerzo de trampeo.

Los resultados esperados a partir de los datos sobre las trampas son: a) mapas de esfuerzo de trampeo (distribución de trampas) y éxito de captura, y b) modelo de captura por unidad de esfuerzo por zona.

Biología/ ecología de gatos. Se colectarán datos de algunos de los individuos capturados, entre ellos: morfometría, dieta, sexo, edad y condición corporal.

Implementación del método de confirmación de ausencia (REA)

Se implementará el método Rapid Eradication Assessment (REA) modificado durante la etapa de pre-erradicación para confirmar la ausencia de gatos por zonas durante la erradicación.

Fase Post-erradicación

Confirmación de la erradicación

Una vez que haya terminado el periodo de 21 meses y que en los últimos meses no se hayan detectado gatos ni con trampeo, cacería o perros detectores, inicia la etapa de confirmación de ausencia. Esta etapa tendrá una duración de dos años. Los primeros 6 meses, el personal seguirá laborando, aunque ya no con la misma intensidad, en las mismas tres zonas de trabajo. A

lo largo de los siguientes 18 meses se continuará con la búsqueda de huellas o rastros que indiquen la presencia de individuos remanentes; sin embargo, ya con mucho menos esfuerzo, con menos personal y menos tiempo.

Monitoreo de fauna nativa

Los mismos estudios de línea base realizados en la etapa pre-erradicación deberán repetirse una vez que concluya la etapa de erradicación. Lo anterior para evaluar la respuesta de las poblaciones de reptiles y aves a la ausencia del depredador introducido.

Factibilidad de erradicación del gato feral

De acuerdo a Parkes (1990) y Bomford y O'Brian (1995), para llevar a cabo una erradicación deben cumplirse cinco criterios:

- a) Todos los individuos deben ser puestos en riesgo.
- b) La tasa de mortandad excede la tasa de reclutamiento.
- c) La probabilidad del restablecimiento de la especie es cercana a cero.
- d) El proyecto es socialmente aceptado por la comunidad involucrada.
- e) Los beneficios del proyecto sobrepasan los costos.

En el caso concreto de Isla del Coco, en la actualidad es posible cumplir con los cinco criterios para la erradicación de gatos ferales. La erradicación de gatos es urgente por los efectos que esta especie está causando en la avifauna nativa. A la fecha, en el mundo se han llevado a cabo erradicaciones de gatos ferales en más de 100 islas; 18 de ellas en México. No obstante, para llevar a cabo la erradicación debe cumplirse con algunos supuestos:

1. Contar con los estudios y pruebas necesarios para llevar a cabo el proyecto;
2. Contar con los recursos financieros necesarios para asegurar la finalización del proyecto, incluyendo la etapa de confirmación (2 años) y el monitoreo de mediano plazo;
3. Personal capacitado para la implementación;
4. Que exista un marco favorable para la erradicación en el ámbito social y gubernamental;
5. Que los actores locales apoyen y usuarios apoyen el proyecto en su totalidad y se comprometan para lograr su éxito.

Manejo de riesgos

Políticos

Los riesgos de que el clima político cambie durante los dos años de la eventual campaña de erradicación siempre existen. Este riesgo se minimiza con una buena planeación con relación a todos los permisos necesarios durante la operación. El diálogo entre las autoridades y con los ejecutantes del proyecto es fundamental. Es vital también que existan el compromiso y respaldo por parte de todas las dependencias gubernamentales involucradas en la operación, en particular aquellas cuyo mandato sea el de conservación y salud ambiental.

Personal

Deberá contarse en todo momento con planes de contingencia y personal capacitado para atender las emergencias médicas. El riesgo de una contingencia médica será alto, dado la alta complejidad de la operación y el uso de armas de fuego. Todo el personal contará con un seguro médico de evacuación y seguro médico, que en caso de emergencia permitirá la salida expedita del PNIC hacia un centro médico. Otros riesgos que pudieran presentarse durante la ejecución del proyecto se presentan en el Cuadro III.

Cuadro III. Riesgos del proyecto de erradicación de gatos y su manejo.

Riesgo	Manejo	Efecto	Probabilidad
Permisos no concedidos	Los permisos tendrán que ser obtenidos por adelantado. Para ello es importante lograr el consenso con otras autoridades.	Fracaso	Baja
Fondos insuficientes	El financiamiento debe asegurarse inmediatamente.	Fracaso	Media
Falta de competencia del personal	La escala y complejidad de esta operación requiere de un grupo de personal altamente calificado y entrenado. El personal con menos experiencia será siempre agrupado con personal más experimentado.	Retraso	Baja
Especies no-blanco trampeadas/ Mala imagen del proyecto	Asegurarse de que todos los participantes estén conscientes de los riesgos y que las medidas de mitigación sean estrictamente aplicadas.	Fracaso	Bajo

Interés público adverso	Se ejecutará un plan de trabajo con la comunidad científica y con los prestadores de servicios turísticos.	Fracaso	Media
Reinvasión de gatos	Se continuará con programas de monitoreo y bioseguridad para impedir nuevas introducciones o detectar inmediatamente cualquier especie exótica.	Retraso	Baja

Bioseguridad

Inspección y vigilancia

Una vez que se identifiquen los principales vectores o vías de introducción a la Isla deberá desarrollarse una estrategia para establecer sistemas eficientes de revisión y cuarentena. Los usuarios permanentes deberán participar idealmente en el proceso de inspección y vigilancia, siendo ellos los primeros en evitar la introducción de especies exóticas a la isla. Un punto importante, es que la regulación en material de conservación y restauración ambiental deberá ser clara en este sentido y de ser necesario imponer sanciones a los infractores, con el fin de proteger a la isla de una reintroducción del gato.

Cronograma

	Año 1	Año 2				Año 3				Año 4				Año 5
Actividades		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
Etapa pre-erradicación														
Desarrollo interinstitucional														
Procuración de fondos														
Estructuración del organigrama														
Obtención de permisos														
Adquisición de materiales y equipo														
Desarrollo de SIG														
Modelo de confirmación de ausencia														
Campaña de educación ambiental														
Monitoreo de gatos														
Colocación de collares GPS														
Monitoreo de fauna nativa														
Transporte de personal y provisiones														
Etapa de erradicación														

Entrenamiento de personal														
Instalación de campamentos														
Entrenamiento de perros en campo														
Trampeo y cacería														
Análisis														
Método de confirmación de ausencia														
Etapa post-erradicación														
Confirmación de la erradicación														
Monitoreo de fauna nativa														

Presupuesto

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo por unidad	Total USD
Etapa de preparativos y adquisiciones (6 meses)				
Personal				
Director de Proyecto	Meses	2	3,000.00	6,000.00
Lider de cazadores	Meses	2	2,200.00	4,400.00
Viaje (viáticos + comidas en isla)	Viajes	2	8,000.00	16,000.00
Equipo para cazadores/tramperos	Set	10	500.00	5,000.00
Escopetas semiautomáticas cal. 12	Armas	10	1,200.00	12,000.00
Rifle semiautomático (cal. 222)	Armas	2	1,400.00	2,800.00
Mira de visión nocturna	Equipo	2	2,000.00	4,000.00
Municiones	Cajas	4	500.00	2,000.00
Perros de caza	Perros	4	3,000.00	12,000.00
Trampas cepo	Equipo	150	20.00	3,000.00
Trampas letales	Equipo	100	20.00	2,000.00
Trampas de jaula	Equipo	30	80.00	2,400.00
Lámparas de cabeza (cacería)	Equipo	10	100.00	1,000.00
Equipos GPS y de comunicación	Equipo	12	400.00	4,800.00
Atrayentes olfativos	Cajas	10	100.00	1,000.00
Atrayentes sonoros	Equipo	30	70.00	2,100.00
Trampas-cámara	Equipo	25	200.00	5,000.00
Collares GPS	Equipo	5	1,200.00	6,000.00
Receptores de telemetría	Equipo	2	800.00	1,600.00
Equipo de primeros auxilios	Set	3	700.00	2,100.00
Equipo de campamento	Set	2	5,000.00	10,000.00
Equipo para el traslado de materiales	Set	1	3,000.00	3,000.00
Gestión de permisos	Varios	1	1,000.00	1,000.00
Material de sensibilización	Lote	1	2,200.00	2,200.00
Subtotal etapa				\$111,400.00
Etapa de implementación (3 años)				
Personal				
Director de proyecto	Meses	18	3,000.00	54,000.00
Coordinador de proyecto	Meses	18	2,400.00	43,200.00
Líder de cazadores	Meses	21	2,200.00	46,200.00
Cazadores (6)	Meses	21	9,000.00	189,000.00
Cazadores/manejadores perros	Meses	21	6,000.00	126,000.00
(3)	Meses	21	6,000.00	126,000.00
Viajes (viáticos + comidas en isla)	Meses	21	8,000.00	168,000.00

Embarcación para traslado de personal	Viajes	3	25,000.00	75,000.00
Atrayentes	Cajas	30	100.00	3,000.00
Servicio de extracción rápida (2 años)	Servicio	1	4,000.00	4,000.00
Subtotal etapa				\$708,400.00
Etapa de confirmación de ausencia (1 año)				
Personal				
Director de Proyecto	Meses	3	3,000.00	9,000.00
Líder de cazadores	Meses	6	2,200.00	13,200.00
Tramperos/cazadores (4)	Meses	6	6,000.00	36,000.00
(2) Cazadores/manejadores perros	Meses	6	4,000.00	24,000.00
Viajes (viáticos + comidas en isla)	Viajes	6	8,000.00	48,000.00
Subtotal etapa				130,200.00
TOTAL				\$950,000.00

Referencias

- Aguirre-Muñoz, A., A. Samaniego-Herrera, C. García-Gutiérrez, L. Luna-Mendoza, M. Rodríguez-Malagón and F. Casillas-Figueroa. 2005. El control y la erradicación de fauna introducida como instrumento de restauración ambiental: historia, retos y avances en México. En Sanchez O., E. Peters, R. Márquez-Huitzil, E. Vega, G. Portales, M. Valdez y D. Azuara (Eds). Temas sobre restauración ecológica.
- Algar D, Burbidge A.A, Angus G.J. 2002. Cat eradication on the Montebello Islands. In Turning the Tide: the eradication of invasive species. (eds. C.R. Veitch y M.N. Clout), pp. 14-18. Invasive Species Specialist Group of the World Conservation Union (IUCN) Auckland.
- Algar, D., Angus, G.J., Brazell, R.I., Gilbert, C. and Withnell, G.B. (2001). Farewell Felines of Faure. Report to Australian Wildlife Conservancy. Department of Conservation and Land Management, Western Australia.
- Amarasekare P. 1994. Ecology of introduced small mammals on western Mauna Kea, Hawaii. Journal of Mammalogy 75, 24-38.
- Atkinson, I. A. E. 1989. Introduced animals and extinctions. In Conservation for the Twenty-first Century (Eds. D. Western and M. C. Pearl), pp. 54-75. Oxford University Press, Oxford, England.
- Bomford M. y P. O'Brien. 1995. Eradication or control for vertebrate pests? Wildlife Society Bulletin, 23:249-255.
- Díaz, G., E. Carrillo y F. Bermúdez. 2010. Levantamiento de información de línea base para el monitoreo de especies endémicas y especies exóticas en la Isla del Coco. Informe Técnico. Onca Natural. 117 p.
- IUCN. 2008. <http://www.redlist.org>.
- Iverson, J. B. 1978. The impact of feral cats and dogs on populations of the west Indian rock iguana, *Cyclura carinata*. Biological Conservation 14, 63-73.
- Jehl, J.R. Jr y Parkes, K.C. 1983. 'Replacements' of landbird species on Socorro Island, Mexico. The Auk, 100, 551-559.
- Keitt B., R. W. Henry, A. Aguirre-Muñoz, C. García, L. Luna-Mendoza, M. A. Hermosillo, B. Tershy and D. Croll. 2005. Impacto de los gatos introducidos (*Felis catus*) en el ecosistema de la isla Guadalupe. In: E. Peters and K. Santos (Eds.). Restauración y Conservación de la Isla Guadalupe. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F. pp. 219-229.
- Lowe, S., M. Browne, S. Boudjelas y M. De Poorter. 2004. 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Global Invasive Species Database UICN, 12pp.
- Madriz, J.P. 2009. El Parque Nacional Isla del Coco (PNIC): Una Isla Oceánica Invasada. Revista Biocenosis 22 (1-2): 61-72.

- McLennan, J.A., M.A. Potter, H.A. Robertson, G.C. Wake, R. Colbourne, L. Dew, L. Joyce, A.J. McCann, J. Miles, P.J. Miller y J. Reid. 1996. Role of predation in the decline of kiwi, *Apteryx* spp., in New Zealand. *New Zealand Journal Ecology* 20:27-35.
- Nogales, M., A. Martín, B.R. Tershy, C.J. Donlan, D. Veitch, N. Puerta, B. Wood, y J. Alonso. 2004. A review of feral cat eradication on islands. *Conservation Biology* 18:310-319.
- Orias, N. 2012. Análisis de la dieta de ratas (*Rattus rattus* y *R. Norvegicus*) y gatos (*Felis catus*) introducidos y estimación poblacional de tres especies de aves endémicas en el Parque Nacional Isla del Coco y su relación con las aves endémicas. Tesis de Posgrado. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 142 pp.
- Tershy, B.R., C.J. Donlan, B.S. Keitt, D.A. Croll, J.A. Sánchez, B. Wood, M.A. Hermosillo, G.R. Howald y N. Biavaschi. 2002. Island conservation in north-west Mexico: a conservation model integrating research, education and exotic mammal eradication. Pages 293-300 in C.R. Veitch and M.N. Clout, editors. *Turning the tide: the eradication of invasive species*. World Conservation Union, Gland, Switzerland.
- Tye, A., B. Cooke, N. MacDonld, M. Pascal y C. Sierra. 2004. Una estrategia para el manejo de especies introducidas en la isla del Coco, Costa Rica; incluyendo un plan para la erradicación de sis especies de mamíferos. Informe de la Misión a Costa Rica e Isla del Coco. 8-19 marzo de 2004.
- Veitch, C. R. 2001. The eradication of feral cats (*Felis catus*) from Little Barrier Island, New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology* 28:1-12.
- Veitch, C.R. 1985. Methods of eradicating feral cats from offshore islands in New Zealand. Pp.125.141, en Moors, P.J. (Ed.): *Conservation of Island Birds*. International Council of Bird Preservation Technical Publication 3.

PLAN DE MANEJO ESPECÍFICO PARA EL CONTROL DE ROEDORES EXÓTICOS EN EL PARQUE NACIONAL ISLA DEL COCO

Introducción

Entre las Especies Exóticas Invasoras (EEI) que invaden las islas, los roedores exóticos (*Rattus* spp y *Mus musculus*) se cuentan dentro de las especies causantes de mayor deterioro y desequilibrio ecológico ya que sus efectos, directos o indirectos, pueden alcanzar niveles catastróficos (Lowe *et al.* 2004). Estos efectos incluyen extinciones y extirpaciones de especies y poblaciones de distintos grupos de vertebrados y plantas, así como una serie de alteraciones ecológicas (Howald *et al.* 2007, Harris 2009, Meyer y Butaud 2009, Towns *et al.* 2009).

A nivel mundial, las ratas negras (*Rattus rattus*) se consideran la especie responsable de la mayoría de los impactos en pequeños mamíferos insulares (Harris 2009) y otras especies (Harper y Bunbury 2015). Mientras que la rata café (*Rattus norvegicus*) igualmente es responsable de grandes impactos en la fauna insular de muchas islas alrededor del mundo (Taylor *et al.* 2000, Pascal *et al.* 2005, Harper y Bunbury 2015).

Antecedentes

Especies blanco

Rattus rattus. Las ratas negras o ratas caseras son roedores oportunistas, de hábitos nocturnos, principalmente, aunque también llegan a presentar actividad diurna. Es una especie omnívora, con una dieta variada en respuesta a la disponibilidad de alimento. Aunque se considera que su dieta está dominada por materia vegetal, el contenido estomacal revela que se alimenta también de distintas especies animales (vertebrados e invertebrados), entre otras cosas. Estas ratas son altamente adaptables a diferentes ambientes por lo que pueden construir sus madrigueras tanto a nivel del suelo como en la copa de los árboles ya que también tiene hábitos trepadores. Además, son expertas nadadoras. Presentan una coloración uniforme en el dorso y a los costados, generalmente negra a café tostado. Las partes inferiores, por lo general, son más claras. La cola es más larga que la cabeza y el cuerpo (longitud total entre 160 y 220 mm, longitud de cola 190 mm o más) y está

prácticamente desnuda. Los machos son más grandes y pesados que las hembras (entre 70 y 300 g). Estas maduran sexualmente de los tres a cinco meses. Se reproducen a lo largo de todo el año, teniendo de una a once crías por camada; hasta cinco o más camadas por año. De una hembra preñada que arribe a una isla, en un año puede haber una población de 5000 ratas. Su periodo de vida es de un año en vida silvestre y hasta cuatro en cautiverio (Gillespie 2004, Howald *et al.* 2004, Álvarez-Romero y Medellín 2005, Orias-Hidalgo 2012, GECI 2015, Harper y Bunbury 2015).

Rattus norvegicus. Las ratas cafés o ratas noruegas son la especie más grande. Presentan hábitos principalmente nocturnos y coloniales. Generalmente habitan el suelo, por lo que se consideran terrestres y excavadoras; no tienen hábito trepador. Su principal limitante es la presencia de agua suficiente, pues prefieren hábitats más húmedos. Son excelentes nadadoras. En general pueden guarecerse en sitios como hoyos, debajo de rocas, en troncos o en pilas de basura y desperdicios. Es omnívora, comiendo materia vegetal (en particular semillas, granos, nueces, vegetales y frutas) y animal (vertebrados e invertebrados), aunque también comen papel, cera de abejas, jabón, etc. Presentan un pelaje áspero y grueso con prominentes orejas desnudas y cola prácticamente desnuda (longitud de la cola de 153 - 218 mm, 187 mm en promedio), que generalmente es más corta que el cuerpo y cabeza (longitud total de 80 a 480 mm). El color, en general, es café o gris oscuro en las partes superiores, con pelos negros alternados y un color más claro grisáceo en el vientre. Los machos son más grandes que las hembras (peso: 200 a 500 g). Pueden tener entre una y 12 camadas al año. El tamaño promedio de una camada es de nueve crías. La madurez sexual la alcanzan a los dos o tres meses. Su periodo de vida es de dos años en vida silvestre y hasta cuatro en cautiverio (Armitage 2004, Álvarez-Romero y Medellín 2005).

La principal distinción visual entre estas dos especies es la diferencia en tamaño y algunas características físicas como la longitud de la cola y el tamaño de las orejas. *R. norvegicus* presenta territorios más grandes que *R. rattus* y es más agresiva.

Estudios y planes de manejo relacionados a los roedores exóticos del Parque Nacional Isla del Coco

Se han realizado algunos estudios académicos que tratan sobre la dieta, parámetros poblacionales y otros aspectos biológicos y ecológicos de las dos especies de roedores presentes en la Isla del Coco. Los estudios de dieta revelaron que las dos especies de ratas presentes se alimentan de aves nativas

y endémicas, como el cuclillo de la Isla del Coco (*Coccyzus ferrugineus*), el pinzón de la Isla del Coco (*Pinaroloxias inornata*), y el mosquerito de la Isla del Coco (*Nesotriccus ridgwayi*), así como del charrán blanco (*Gygis alba*) cuando llega a anidar (Gómez-Serrano 2007, Orias-Hidalgo 2012).

Otros estudios y monitoreos enfocados al manejo de las EEI han sido realizados por el equipo de ONCA Natural (Díaz *et al.* 2009, Díaz *et al.* 2010) quienes muestrearon y recabaron datos poblacionales y de dieta de *R. rattus* y *R. norvegicus*. Igualmente, personal de FAICO (2012) compiló la información referente a las EEI y la información generada hasta el momento.

Particularmente, Tye *et al.* (2004), en su estrategia para el manejo de EEI proponen un plan para erradicar seis especies de mamíferos introducidos, incluyendo los detalles para la erradicación de las dos especies de ratas. Anterior a esto, Sierra (2003, en FAICO 2012) propone una estrategia de erradicación de cuatro vertebrados introducidos.

Justificación

Impactos de los roedores exóticos en el PNIC

A nivel mundial, los roedores exóticos introducidos en islas son causantes de graves impactos hacia las especies nativas. Las ratas (*Rattus* spp.), en particular las ratas negras, están consideradas dentro de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo (Lowe *et al.* 2004). En los ecosistemas insulares, esta especie ha sido la causa de la extinción y/o extirpación de numerosas poblaciones de diversos grupos de vertebrados. Harris (2008) documentó casos donde los roedores introducidos han sido la causa de extinciones de roedores nativos de islas alrededor de todo el mundo, siendo *R. rattus* la principal causa de extinción en el 15.9% de los casos. Por su parte, las ratas cafés también están catalogadas como especies responsables de extinciones de múltiples vertebrados en islas (Towns *et al.* 2006).

Debido a que su dieta es omnívora, oportunista y de gran adaptabilidad, éstas se alimentan de cualquier especie disponible. En islas que sirven de sitio de anidación para aves marinas se ha encontrado que gran parte de la dieta de estos roedores puede consistir en las especies que ahí se encuentran anidando, depredando tanto a los huevos, pollos y adultos; mientras que en las islas donde hay una gran disponibilidad de recursos, un mayor número de especies forman parte de la dieta de estos individuos (Rodríguez-Malagón 2009, Aguirre-Muñoz *et al.* 2011).

Como ejemplos de daños en islas tropicales causados por las ratas negras, tenemos a México y las Galápagos (Harris 2009), donde han sido causantes de extinciones de mamíferos y aves. En el PNIC, con la intención de evidenciar el daño que están provocando al ecosistema y a sus especies nativas, se han llevado a cabo estudios referentes a la dieta de los roedores introducidos, los cuales han mostrado que depredan diferentes especies de aves. También se encontró evidencia de depredación de los reptiles endémicos y de varias especies de artrópodos, así como de peces, moluscos, lombrices, restos vegetales y hongos (Gómez-Serrano 2007, Orias-Hidalgo 2012). Como parte de los resultados, se encontró que existen pequeñas diferencias entre las preferencias de dieta de la rata negra con respecto a las que tiene la rata café ya que ésta depreda más sobre especies animales (Gómez-Serrano 2007). Entre las observaciones realizadas en la visita del personal de GECI a la isla, se puede mencionar el daño que provocan los roedores específicamente sobre las semillas de árboles nativos, puesto que, como mencionó personal del Parque, las ratas roen semillas y las acumulan en huecos de troncos, impidiéndoles germinar y por lo tanto, afectando el reclutamiento de distintas especies. Por otro lado, aunque con un sesgo elevado, el estudio de dieta realizado por Díaz y Carrillo (2010) mostró que la materia vegetal es un componente integral de los hábitos alimenticios en las ratas del PNIC (100% presencia de restos vegetales en la totalidad de estómagos analizados).

Además del daño ecológico producido tanto por *R. rattus* como por *R. norvegicus*, un componente a considerar es lo referente al riesgo de transmisión de enfermedades que implica la presencia de este tipo de especies en las inmediaciones de la estación biológica y otros sitios de uso humano dentro de la isla. Las ratas son portadoras de diversos agentes causales de enfermedades infecciosas que afectan a los humanos, entre las que se cuentan la leptospirosis, el tifus murino, el hantavirus o la enfermedad de Chagas (Pérez Carbajal y Fagerstrom 2017, Quintero Vélez *et al.* 2012, Chinchilla *et al.* 2006). Si bien en Costa Rica algunas de estas enfermedades no presentan a los miembros del género *Rattus* como causantes de enfermedad, como es el caso del hantavirus (Puerta *et al.* 2006), existe un riesgo para otro tipo de enfermedades infecciosas como la salmonelosis y la fiebre por mordedura de rata (Calderón 2003).

Pudiera considerarse que, debido al aislamiento, la población de ratas actual de Isla del Coco no es muy probable que sea transmisora de algunas de estas enfermedades, sin embargo, el riesgo de una eventual reintroducción ha estado y continua latente y, con ésta, la posibilidad de que organismos portadores de enfermedades entren a la isla; por lo tanto, y debido a la naturaleza de este tipo de especies, es necesario y recomendable mantener en

mente que la exposición a la orina y heces fecales es un riesgo constante para el personal y visitantes de la isla.

Objetivos

Objetivo general

Erradicar dos especies de roedores exóticos invasores: rata negra (*Rattus rattus*) y rata café (*Rattus norvegicus*) del Parque Nacional Isla del Coco.

Objetivos específicos

- Conservar y proteger las especies endémicas y nativas del PNIC.
- Iniciar la restauración de este Patrimonio Natural de la Humanidad eliminando las EEI.

Plan de trabajo

Preparativos y consideraciones preliminares

Para enfrentar la problemática de las EEI en islas existen dos estrategias de manejo: el control y la erradicación. El control de una especie, para que sea efectivo, debe mantenerse constante en el tiempo puesto que esta práctica como tal no acaba con el problema, sólo lo contiene en un umbral tolerable. Por otro lado, la erradicación de la población termina definitivamente con el problema puesto que es una eliminación total. En el caso de los roedores, dada su alta tasa de reproducción y efectos devastadores en los ecosistemas y sus especies, la mejor opción, siempre que sea posible, es la erradicación.

Existen diversas estrategias de erradicación de roedores. Una de ellas es la dispersión manual del cebo, la cual se usa en islas pequeñas y sencillas, donde la logística que implica este método es posible. Otra es la utilización de estaciones de cebado, la cual conlleva mucho trabajo y personal por un largo periodo de tiempo y, en islas grandes y de topografía complicada, no es factible llevarla a cabo como único método de erradicación. Una opción más vanguardista es la dispersión aérea de rodenticida, esto es, que se distribuya cebo desde el aire en cantidad suficiente para que toda la población de roedores consuma una dosis letal en corto tiempo. En islas de mayor tamaño y con topografía complicada, ésta es la mejor opción. En algunos proyectos es necesario hacer una mezcla de las mismas.

Una erradicación por medio de dispersión aérea de cebo en un área con las características físicas y ecológicas que presenta el PNIC sería un hito a nivel mundial. Para el PNIC, aún la opción de dispersión aérea representaría un reto, por lo que cualquier plan se debe analizar debidamente. Para actuar de manera segura, es necesario hacer experimentos muy específicos para saber si el cebo estaría disponible para todos los roedores invasores o, en todo caso, trabajar en nuevos diseños del cebo o de su distribución, con el fin de asegurar la efectividad de la erradicación.

Es necesario considerar que emprender este tipo de proyectos implica mucho trabajo previo que respalde la toma de decisiones críticas: (1) cantidad de cebo a utilizar, que depende del conocimiento de la especie objetivo y las especies nativas; (2) momento ideal para la aplicación del rodenticida, lo cual está en relación a variables climatológicas, biológicas y logísticas; (3) necesidades de mitigación o cuidados que se deben tener para asegurar que las especies nativas no serán afectadas. Entre otros aspectos de gran

importancia como la solvencia del proyecto de principio a fin; esto es, asegurar los fondos suficientes para llevar a cabo la operación desde los monitoreos pre-erradicación; la implementación de la erradicación como tal; los monitoreos post-erradicación; así como las campañas de concientización, aprendizaje ambiental y medidas de bioseguridad.

En la experiencia de GECI, las actividades pre-erradicación de roedores se deben llevar a cabo como mínimo, con dos años de anticipación a la dispersión del cebo. Sin embargo, en proyectos más complejos como la Isla Cayo Centro, de la Reserva de la Biosfera Banco Chichorro, en el Caribe mexicano (GECI 2015) los estudios pre-erradicación comenzaron cinco años antes. Los datos obtenidos de esas actividades previas sirvieron para conocer el estado del ecosistema, sentar las bases de las medidas necesarias de prevención y mitigación, y a su vez sirvieron como línea base para documentar la recuperación del ecosistema una vez que fue realizada la erradicación. Posteriormente, en las islas donde se han implementado este tipo de acciones, se siguen realizando monitoreos por al menos los dos años siguientes a la erradicación con la finalidad de verificar la ausencia de la EEI; así como, registrar los cambios que ocurren en el hábitat y sus especies a partir de la eliminación de la EEI.

Los monitoreos biológicos, pre-erradicación de roedores, más importantes son:

	Grupo focal	Parámetros y/o estimaciones
Fauna nativa	Cangrejos terrestres	DP, TE, PH
	Lacertilios	DP, TE, PH
	Geckos	IA
	Iguanas	EP
	Aves	LE, TE
Fauna exótica	Rattus spp, M. musculus	DP, TE, PH, IA, AH, D, P, SR, I
Experimentos seguridad	Degradación de cebo en zonas no inundables	TD
	Degradación de cebo en zonas inundables	TD
	Estimación del consumo general de cebo	TC
	Palatabilidad de cebo en especies nativas	P
	Pláticas y talleres informativos	PI
Educación Ambiental		

Acrónimos: DP= Densidad poblacional; TE= Tendencias estacionales; PH= Preferencia de hábitat; IA= Índice de abundancia; EP= Estimación poblacional; LE= Listado de especies; AH= Ámbito hogareño; D= Dieta; P= Palatabilidad del cebo; SR= Susceptibilidad al roenticida; I= Impactos a especies nativas; TD= Tiempo de degradación; TC= Tasa de consumo; PI= Personas informadas.

Elección del Cebo

Para que una erradicación sea exitosa, el cebo utilizado debe: (1) contener un ingrediente activo que sea reconocido por su alta efectividad; (2) ser palatable a roedores y demostradamente aceptado; (3) estar accesible en cada uno de los territorios de las ratas de la isla; y (4) estar disponible en cantidad suficiente para que todos los individuos reciban una dosis letal.

Existen dos tipos de rodenticidas: no anticoagulantes y anticoagulantes. Los no anticoagulantes pertenecen a tres diferentes clases químicas y difieren en su modo de acción, *i.e.* neurotóxicos. Generalmente estos son bioacumulables, por lo tanto no se recomiendan para proyectos de restauración (Fishel 2015). Los anticoagulantes provocan la muerte en los roedores al interrumpir los mecanismos normales de coagulación de la sangre, lo que causa la muerte por hemorragias internas masivas (Taylor 1993) y ocurre entre tres y diez días después de la primera ingesta. Como los roedores tardan en morir no asocian su debilidad con el consumo del cebo y no desarrollan rechazo, lo que a su vez permite un consumo continuo. Los anticoagulantes modernos se clasifican en anticoagulantes de primera y de segunda generación. Los de segunda generación provocan la muerte con una sola dosis, incrementando notablemente la probabilidad de que cada roedor consuma una dosis letal. Los más comercializados son el brodifacoum y la bromadiolona. La mayoría de las erradicaciones de roedores en todo el mundo han utilizado pellets con brodifacoum como cebo (Parkes *et al.* 2001, Howald *et al.* 2007), por lo que es altamente recomendado con propósitos de conservación ecológica. Otro rodenticida al que también se ha recurrido en distintas erradicaciones de roedores en el mundo es la difacinona (anticoagulante de primera generación). Éste tiene la característica de ser considerablemente menos tóxico para las aves que el brodifacoum; sin embargo, se considera que la difacinona no es el tóxico ideal para islas tropicales que presentan lluvias todo el año, ya que en éstas hay alimento disponible todo el tiempo, y una condicionante para el uso de este rodenticida es que, debido a que su tasa de toxicidad es más baja, los roedores deben comer el cebo cada día por al menos una semana para obtener la dosis letal (Parkes *et al.* 2011). Por ende, la probabilidad de fallo es muy alta si en el medio hay otras fuentes de alimento y los roedores no consumen la cantidad suficiente antes de que el cebo desaparezca del ambiente.

En ambientes tropicales, particularmente en los ecosistemas perennes, es esencial que el producto resista las condiciones cálidas y húmedas que los caracterizan. El cebo resistente a la humedad, llamado Brodifacoum 25-W en los EE.UU. y CI-25 en México, se ha utilizado con éxito tanto en México como en otros países (Howald *et al.* 2007, Wegmann *et al.* 2012, GECI 2015). El CI-25 es fabricado por Laboratorios Bell, Inc. (EE.UU.) y consta de pellets de

grano comprimido de 2 g, verdes, no parafinados, con 25 ppm de brodifacoum. Este cebo se puede fabricar agregando un biomarcador soluble en agua y no tóxico (base piranina) con el fin de identificar y monitorear las rutas de consumo y su integración en el ecosistema, ya que éste pone en evidencia a los organismos que lo consumen, mostrándolos de color verde al ser observados bajo luz ultravioleta. Esta mezcla se ha usado en ocho de las 14 erradicaciones de roedores en México. La adición de éste facilita los monitoreos post-erradicación (GECI 2015).

Es posible utilizar otra presentación del CI-25 para tratar los perímetros y zonas habitadas. En México se han utilizado bloques parafinados de cebo de 30 g (25 ppm brodifacoum, también fabricados por Bell y resistentes a la humedad), o bien, una presentación de bloque más casera, que sería formar una "galleta" hecha de los pellets de 2 g unidos con parafina dentro de un molde de aluminio. Deberá discutirse cuál será la presentación más indicada para tratar las zonas perimetrales del PNIC, pero para las zonas habitadas, los bloques parafinados serán la opción seleccionada puesto que son los que acompañan al diseño de los cebaderos a utilizar.

El clima de las islas mexicanas consideradas tropicales donde se han realizado los proyectos de erradicación en los últimos años es bastante húmedo (precipitación de 1,450 mm media anual); sin embargo, las características especiales de fabricación de los pellets fueron pensadas para su uso en este tipo de ambientes y han probado ser altamente funcionales. La Isla del Coco se caracteriza por presentar niveles de humedad y precipitación mucho más altos (de 3,600 hasta 6,000 mm promedio anuales; Quirós-Badilla y Alfaro 2009), comparables a los de Palmyra Atoll, Estados Unidos (localizado en el mismo paralelo terrestre; 4,400 mm promedio anuales), donde hace pocos años (2011) se erradicaron las ratas negras utilizando el mismo producto y constatando que dichos pellets se mantienen bien en los ambientes húmedos, incluso si se encuentran sumergidos por fuertes lluvias (Wegmann *et al.* 2012). Sabiendo esto, se puede esperar que este mismo cebo resulte ideal para su aplicación.

Resulta necesario considerar que el brodifacoum es un rodenticida catalogado como tóxico para aves, mamíferos y organismos acuáticos. Sin embargo, como se explicó arriba, éste es el rodenticida más ampliamente utilizado en proyectos de erradicación de especies exóticas en islas a nivel mundial. En todos los casos donde se ha utilizado se ha llegado a la misma conclusión: si acaso existen muertes de individuos no-blanco, estas son una fracción, haciendo que aun así valga la pena su utilización, considerando que en todo caso el costo-beneficio de la erradicación de los roedores invasores es mucho mayor.

En Isla del Coco, los únicos mamíferos terrestres son las ratas exóticas, las especies blanco. En el caso de los mamíferos marinos, si acaso algunos pellets alcanzaran el agua, difícilmente este tipo de mamíferos se verían atraídos por ellos debido a sus hábitos alimenticios y tipo de dieta; en caso de que sucediera, la cantidad de rodenticida es ínfima y no le causaría daño. Ningún programa de erradicación realizado ha tenido como consecuencia la muerte de mamíferos marinos.

Para los humanos el envenenamiento es posible sólo si se ingiere. La dosis letal de brodifacoum es probablemente de 25 a 0.28 mg/kg. Ya que los cebos usados para erradicaciones generalmente contienen brodifacoum al 0.002%, un individuo de 70 kg tendría que ingerir de 98 a 8,750 g de cebo para obtener una dosis letal, en todo caso, sus efectos son fácilmente reversibles usando vitamina K1 como antídoto.

En lo que respecta a la toxicidad hacia las aves, ésta varía ampliamente entre especies. Las aves marinas, al tener alimentación piscívora, no se ven atraídas por el cebo. En el caso particular de las aves costeras, las cuales se alimentan de detritos en el suelo, el riesgo puede estar presente, como fue registrado en el Palmyra Atoll (Wegmann *et al.* 2012). En el caso de las aves terrestres, las que presentan hábitos de forrajeo en el suelo pudieran quedar expuestas. Tal es el caso de los pinzones, ya que por sus hábitos granívoros son susceptibles por consumo directo de los restos de pellets. Sin embargo, Sierra (2003, en FAICO 2012) encontró que, para estas aves en cuestión, sólo en ciertos casos se vieron atraídas hacia los cebos probados, pero muchas de éstas que fueron puestas a prueba no se acercaron a los pellets. Tye *et al.* (2004) consideran que es muy poco probable que haya un elevado consumo de cebos por parte de pinzones, y que a menos que se usen comederos (lo cual no es parte de la estrategia), no es necesario tomar ningún otro tipo de precaución. Los endémicos, mosquerito y cuculillo, se alimentan de insectos, frutos y reptiles, por lo que no se encuentran en riesgo aún y que consuman invertebrados (los cuales sí pueden consumir el cebo) ya que éstos no acumulan residuos y por lo tanto no se transfieren de una especie a otra. Otras aves como la reinita, compartida con las Galápagos, se alimentan de artrópodos en el follaje y en vuelo, y sucede lo mismo que con las otras especies de aves mencionadas. Como mención particular, en algunos proyectos de erradicación de roedores se ha preferido construir aviarios como medida de mitigación de riesgo (Merton *et al.* 2002, Ramos-Rendón *et al.* 2015).

En el caso de los reptiles, los estudios en campo en diferentes especies no han registrado efectos negativos en las poblaciones por el uso de brodifacoum (Eason y Spurr 1995, García *et al.* 2002). De la misma manera, en las pruebas realizadas por GECI en distintas islas, no se encontró atracción hacia los pellets

de rodenticida por parte de las especies estudiadas (*Anolis allisoni*, *Ctenosaura pectinata*, *Sceloporus clarkii*, entre otras; GECI 2015, Samaniego-Herrera *et al.* 2009a, Samaniego-Herrera *et al.* 2009c). Para el PNIC, Tye *et al.* (2004) mencionan que "Sierra (2003, en FAICO 2012) encontró que la lagartija de la Isla del Coco (*Norops townsendii*) no fue atraída por el cebo disperso y, en pruebas con cebo acumulado, sólo un individuo lamió el cebo una vez y no regresó.". Los autores consideraron muy poco probable que esta especie se vea afectada por el rodenticida, y que de la misma manera, es muy poco probable que se vea afectada la salamanesca endémica de la Isla del Coco (*Sphaerodactylus pacificus*).

Con respecto a los peces, estudios en Nueva Zelanda y Estados Unidos han documentado que éstos no son atraídos por cebos con brodifacoum (ICEG 2000). Por su parte, GECI también realizó pruebas de atracción por parte de la vida marina, encontrando que ninguna de las especies se interesó en los pellets, al contrario, éstos los rechazaron. Igualmente, se observó que los pellets que llegaron a caer al mar se desintegraron en cuestión de minutos por efecto del oleaje (Samaniego-Herrera *et al.* 2009a, Samaniego Herrera *et al.* 2009b). En el caso de los peces dulceacuícolas, las pruebas que se realizaron en su momento mostraron que no todos los individuos expuestos se vieron atraídos y que, debido a la constitución de los pellets, éstos se desintegran relativamente rápido (Sierra 2003, en FAICO 2012). Sin embargo, dado que en el PNIC se encuentran presentes cinco especies de peces dulceacuícolas, tres de ellas endémicas, pueden realizarse observaciones utilizando placebo para verificar que no se vean atraídos.

En cuanto a los invertebrados, los rodenticidas anticoagulantes no los afectan porque sus sistemas de coagulación son diferentes (Shirer 1992), no hay ningún daño en los invertebrados terrestres y marinos que se ven expuestos al tóxico. En Isla del Coco se distribuyen cinco especies de camarones. Numerosos trabajos de campo y laboratorio han mostrado que cangrejos (Pain *et al.* 2000, Samaniego-Herrera *et al.* 2009), caracoles (Howald 1997), ortópteros, cucarachas, hormigas y escarabajos (Booth *et al.* 2001) no son susceptibles al brodifacoum. Además, los invertebrados no acumulan residuos por lo que no hay transporte de brodifacoum al ecosistema.

Además, brodifacoum no es soluble en agua y no es lixiviado del suelo a los mantos freáticos. Debido a que el brodifacoum queda absorbido en el suelo, sólo por erosión podría llegar a un cuerpo de agua. Sin embargo, éste permanecería adherido al material orgánico y se sedimentaría sin riesgo alguno. En cuanto a la absorción y degradación en el suelo, la vida media del brodifacoum en el suelo es de 84 a 170 días y es menos estable en suelos alcalinos. La degradación del brodifacoum por los microorganismos del suelo

resulta en metabolitos no tóxicos, y eventualmente en la producción de sus componentes básicos de CO_2 y H_2O .

Las pruebas en plantas, por su parte, han mostrado que no hay una transferencia significativa de brodifacoum de suelo a herbáceas, aún en aplicaciones hasta 15 veces mayores de la tasa normal de aplicación en diversos terrenos.

Temporada de aplicación del cebo

La operación de erradicación como tal es fundamental llevarla a cabo en los momentos más propicios ecológica y logísticamente hablando, de manera tal que la especie blanco sea "atacada" en su momento de mayor vulnerabilidad biológica, al tiempo que se reúnan las condiciones ideales para asegurar el éxito de la operación, sin afectar dentro de lo posible a las especies no-blanco. Para poder decidir la temporada ideal de la aplicación de cebo, en todos los proyectos de erradicación se deben seguir las siguientes recomendaciones (Broome *et al.* 2014):

- a) Conocer las fluctuaciones de la población blanco. Es necesario llevar a cabo monitoreos "estacionales" que nos muestren las variaciones a las que las ratas se ven sometidas debido a las condiciones climáticas y ecológicas particulares de cada temporada del año. En el PNIC idealmente debería planearse un monitoreo que incluya los meses de menor precipitación (enero a marzo, Quirós-Badilla y Alfaro 2009) para determinar si existe una disminución poblacional en las dos especies de ratas. En las islas tropicales mexicanas donde se llevó a cabo la erradicación de ratas negras se encontró que todo el año las ratas se encuentran reproductivas – por condiciones ambientales favorables y disponibilidad de alimento permanente – a diferencia de las islas templadas o desérticas. Si fuera el caso, los periodos de mínima reproducción son una clave a considerar para llevar a cabo la dispersión pues son momentos de gran vulnerabilidad de la población. Si en el PNIC se identifica que las ratas están reproductivas todo el año, otros factores deberán tener el mayor peso para decidir cuál es el momento ideal para aplicar el cebo. Los datos poblacionales obtenidos ayudarán al momento de hacer los cálculos necesarios para determinar la cantidad de cebo a aplicar. Entre más conocimiento de las especies a erradicar, mejor, pues permitirá que se tomen decisiones con confianza.
- b) Conocer las fluctuaciones de las poblaciones no-blanco. Conocer si existen fluctuaciones (temporadas de migración – ausencia de algunas especies –, no anidación) en las poblaciones de algunas especies

particulares, especialmente de las categorizadas como terrestres o costeras (ya que algunas tienen hábitos de forrajeo en el piso y pudieran verse afectadas por el rodenticida) es información muy importante para evitar al máximo la exposición de éstas al rodenticida. Otros organismos clave al momento de tomar la decisión de cuándo aplicar el cebo son los cangrejos terrestres ya que son fuertes competidores por los pellets de rodenticida. En islas donde existe una marcada temporada de secas vs. lluvias se ha aprovechado la disminución en la abundancia de los mismos en los periodos más secos (Samaniego-Herrera *et al.* 2015b) ya que son momentos de bajo nivel de actividad (o incluso, inactividad), y aprovechar estas ventanas de oportunidad puede incluso llegar a ser determinante para el éxito de un proyecto.

- c) Buscar las condiciones climáticas ideales. La Isla del Coco se caracteriza por sus altos niveles de precipitación, en gran medida de forma continua durante todo el año (Quirós-Badilla y Alfaro 2009); sin embargo, conocer el periodo en que dicha precipitación es más baja ayudará para reconocer un elemento más a considerar al momento de evaluar el momento más propicio para la aplicación del cebo. Si bien los pellets son resistentes a la humedad, invariablemente debe considerarse el aspecto climático para tener las condiciones más aptas, ya que la lluvia constante afecta la logística del trabajo tanto para el personal de tierra como para los vuelos de dispersión. Además de las precipitaciones, los vientos son también elementos a considerar. Para la dispersión del cebo desde el helicóptero es indispensable que éstos sean calmos, más aún porque la dispersión aérea puede empatarse con dispersión a mano en la periferia de la isla y en los islotes, para lo cual es necesario que las condiciones de oleaje (debidas a influencia del viento) sean calmas. En la isla se registra una mayor intensidad de viento de superficie en los meses de mayo a diciembre (principalmente septiembre, octubre y noviembre; Quirós-Badilla y Alfaro 2009). Una situación más que pudiera presentarse es la diferencia en el comportamiento de los roedores debido a la influencia de la humedad en el ambiente. Por ejemplo, en Cayo Centro, se considera que al parecer las ratas son más arbóreas durante los meses húmedos, probablemente debido a la mayor actividad de cangrejos azules en el suelo. Por lo tanto, dicho comportamiento de las ratas (mayor uso del suelo en secas) se agregó a la lista de razones para erradicar durante los meses secos (GECI 2015).
- d) Es necesario evaluar y considerar cualquier situación logística que facilite o dificulte el desarrollo de las operaciones. Algunas de estas situaciones pudieran ser la presencia de turistas o pescadores en el área, cuestiones políticas con influencia en la implementación de la operación, aceptación del público general, entre otras.

En las islas tropicales mexicanas donde se han implementado este tipo de proyectos se han seguido los anteriores criterios. Por ejemplo, en Cayo Centro, el conocimiento de las condiciones climáticas del sitio particular y el trabajo de campo durante 5 años previos a la erradicación de las ratas dio como resultado constatar que la temporada más propicia para la dispersión del rodenticida era en la temporada seca, que corresponde al mes de marzo, ya que las precipitaciones son las más bajas y no es época de huracanes, a la vez que coincide con otros factores tales como menor densidad de cangrejos terrestres presentes, temporada baja en aves migratorias y pocos pescadores y buzos en la isla. Por lo que en ese mes fue cuando se presentó el momento ideal para la implementación de la erradicación. La Figura 11 lo ejemplifica. En Palmyra Atoll, con características más similares a Isla del Coco, el proyecto se desarrolló en el mes de junio. En algunas islas del archipiélago de las Seychelles, la dispersión del rodenticida estuvo más bien condicionada por la temporada baja en turismo, más que por factores biológicos (Merton *et al.* 2002). Ya que las condiciones cambian de isla en isla, el conocimiento local es muy útil para decidir el momento preciso en que conviene dar marcha con las acciones de erradicación (Keitt *et al.* 2015). Raramente todos los factores se alinean para definir una ventana de oportunidad única, así que se requiere una evaluación cuidadosa para cada proyecto para así definir la mejor solución (GECI 2015).

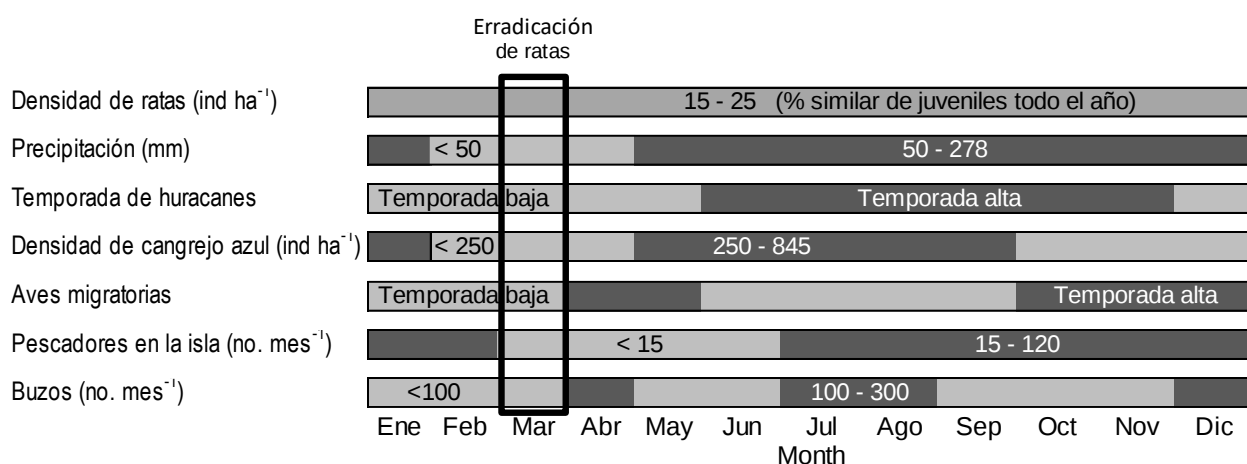


Figura 11. Factores que inciden en la decisión de cuando es más conveniente aplicar el rodenticida.

Tasa de aplicación de cebo

La tasa de aplicación de cebo que se defina como necesaria permitirá el cálculo de la cantidad de cebo a utilizarse en la totalidad del proyecto, y ésta a su vez dependerá de factores tales como la densidad de los roedores presentes, la densidad de las especies-no blanco que compiten por el cebo (ej. cangrejos terrestres) y las condiciones de dosel y cobertura vegetal.

Las especificaciones del producto (cebo) proporcionan una tasa de aplicación recomendada. Sin embargo, las tasas reales dispersadas varían de isla en isla, dependiendo de las características que se mencionan arriba. La tasa de aplicación deberá asegurar que el rodenticida esté disponible por al menos cinco días después de cada aplicación. Esto se deberá verificar previamente realizando experimentos de disponibilidad de cebo en el ambiente. Esto se realiza por medio de la instalación de parcelas circulares donde se “dispersarán” o colocarán al azar pellets de placebo (idénticas características de los pellets con rodenticida pero sin el compuesto tóxico) que serán pesados y monitoreados para saber su duración en el medio (considerando el consumo que éstos tienen por parte de las diferentes especies de fauna). Estas pruebas deberán realizarse en diferentes hábitats de la isla o sitios característicos (incluyendo aquéllos donde se espera un mayor consumo por parte de las especies que compiten por el cebo), pues este consumo debe ser medido y considerado a la hora de determinar la cantidad de cebo total requerida para la erradicación (Wegmann *et al.* 2008, Samaniego-Herrera *et al.* 2009c, GECI 2015).

Para ejemplificar las tasas de aplicación aéreas utilizadas en islas tropicales tenemos que en Cayo Centro se aplicó una tasa de 60 kg/ha (30 kg/ha en la primera dispersión y 30 kg/ha en la segunda dispersión). Esta decisión fue tomada en base a las tasas utilizadas para la erradicación de ratas negras realizadas en dos cayos menores del mismo grupo de islas (Cayo Norte Mayor y Cayo Norte Menor) tres años atrás; dicha erradicación fue exitosa con las tasas aplicadas (GECI 2015). En el caso de Palmyra Atoll, en las pruebas piloto llevadas a cabo años antes de la erradicación se consideró que sería necesario aplicar tasas de 60 – 95 kg/ha para asegurar que, aún con la competencia por cebo por parte de los cangrejos (los cuales llegan a alcanzar densidades de 460 cangrejos/hectárea), todas las ratas tuvieran acceso a la cantidad letal (Wegmann *et al.* 2008). Sin embargo, la tasa de aplicación real utilizada en la erradicación (2011) fue de 84 kg/ha en la primera aplicación y de 79 kg/ha en la segunda aplicación (Wegmann *et al.* 2012). Estos valores muestran que dependiendo de las particularidades de cada isla, la tasa a aplicar variará.

Las tasas arriba mencionadas pueden servir como guía para determinar una tasa de aplicación base de la cual partir para hacer los correspondientes

experimentos de consumo (ver sección correspondiente). De los ejemplos anteriores, Palmyra Atoll, debido a que también se encuentra en la Zona de Convergencia Intertropical, parece tener características algo parecidas al PNIC (con niveles de precipitación similares), por lo que se sugiere probar con, al menos, una tasa de dispersión correspondiente a 60 kg/ha y de ahí ir incrementándola en caso necesario. Es sumamente importante realizar pruebas de evaluación de tasa de consumo puesto que la Isla del Coco es un ecosistema mucho más complejo ecológicamente hablando, además de presentar “elementos” como lo son los huecos en el suelo, huecos en la base de los árboles, y demás aspectos que pueden llevar a la necesidad de dispersar una mayor cantidad de cebo en el ambiente.

Esa misma tasa fue sugerida en el Estudio de Factibilidad hecho para Half Moon Caye (HMC), Belice (Samaniego *et al.* 2015b), donde la densidad de ratas estimada fue de 56.03 ind/ha (39.4 - 79.6 95% CI) para la temporada de secas de abril del 2015. HMC es el hábitat de cuatro especies de cangrejos terrestres, y presenta una vegetación de tipo bosque litoral (nativo) en cerca de la mitad de su superficie, el resto se encuentra ocupada por palmas cocoteras sembradas años atrás para su cultivo. La densidad de roedores en HMC coincide con las densidades encontradas para el PNIC en uno de los estudios poblacionales realizados en el 2011 (Orias-Hidalgo 2012).

Un detalle a considerar deberá ser que en las áreas costeras (debido a la acción de gran consumo por parte de los cangrejos), áreas habitadas y/o en áreas con cobertura más densa se deberá dispersar mayor cantidad de cebo, tal y como lo reportan algunos autores (Merton *et al.* 2002, Broome *et al.* 2014, GECI 2015).

Se deberá tener en mente que, para llevar a cabo una erradicación de roedores utilizando métodos de dispersión, la búsqueda de la tasa de aplicación específica para cada proyecto está estrechamente vinculada al entendimiento del potencial de consumo de cebo, tanto de ratas como de cangrejos terrestres (Wegmann 2008), los cuales se consideran los “principales actores” en islas tropicales. Existe poca información disponible que sirva para calibrar y determinar la cantidad apropiada en islas tropicales, y donde esta información existe, la cantidad y tasa de consumo de cebo por cangrejos varía por reporte y por el género del cangrejo. Para cada proyecto, la tasa se encuentra ligada a la densidad de consumo de cebo dada por los cangrejos terrestres (Wegmann 2008).

Cantidad de cebo requerida

La cantidad de cebo requerida dependerá de los resultados de la tasa de aplicación que se usará y esto a su vez estará relacionado al área total de la isla (y sus islotes). Como ejemplo, con las tasas de cebo específicas para las islas arriba mencionadas, en Cayo Centro se utilizó un total de 34 toneladas y en Palmyra Atoll un total de 38 toneladas (Wegmann *et al.* 2012, GECI 2015).

En el caso del PNIC será necesario tener en consideración que, a diferencia de Cayo Centro y Palmyra Atoll, la isla no es plana sino que presenta una topografía accidentada; que la vegetación es aún más compleja estructuralmente hablando, ya que en las dos primeras la vegetación es mangle, principalmente, mientras que en Isla del Coco la vegetación principal es bosque tropical pluvial perennifolio, lo que significa que la cobertura vegetal es mucho más compleja (mayor riqueza de especies, y muchas de éstas epífitas, creciendo a distintos estratos altitudinales en un mismo punto). Esto implica que los pellets pueden quedar atrapados entre las plantas sin llegar nunca al suelo. Además, se presentan algunas especies como el helecho (*Dicranopteris* sp.) y el bejuco (*Entada gigas*), los cuales forman “carpetas” o capas que suman complejidad al ecosistema, ya que esto implica que existe la posibilidad de que no sea fácil la penetración de los pellets hasta el suelo, y por lo tanto que no exista una buena y homogénea distribución ni disponibilidad de los pellets de cebo. Adicionalmente, el terreno presenta grietas y/o depresiones en la superficie, muchas de éstas “escondidas” bajo los matorrales de helechos, lo que incrementa aún más la posibilidad de que no todos los roedores tengan igual acceso al rodenticida. Por lo tanto, se deberá tratar de compensar esta situación utilizando mayores cantidades de cebo en general.

Aplicaciones del cebo

Las dispersiones del cebo deberán hacerse en dos momentos, con un periodo de 10 días entre la primera y la segunda aplicación. Esto debido a que en las islas tropicales no hay un cese anual en la reproducción de las ratas, es decir, se reproducen continuamente durante todo el año (GECI 2015). Seguir esta recomendación puede reducir el riesgo asociado al comportamiento de crianza de las ratas (las crías podrían salir en busca de alimento después de este periodo de tiempo). Extender el intervalo de tiempo entre aplicaciones en islas tropicales puede incrementar la tasa de éxito de las erradicaciones en islas con poblaciones de ratas que se encuentran continuamente en crianza. Incluso se plantean escenarios donde se sugiere un periodo de tres semanas entre la primera y segunda aplicación, pero estas recomendaciones generan mucho

debate por costos y perspectivas de eficacia. Keitt *et al.* (2015) mencionan que para decidir el mejor periodo entre aplicaciones de cebo en islas tropicales vale la pena realizar investigación adicional. En Palmyra Atoll las dispersiones se separaron de 6 a 10 días, dependiendo de la isla (Wegmann *et al.* 2012), de igual manera, todos los proyectos de GECI han tenido éxito dejando un intervalo de seis a diez días entre aplicaciones (GECI 2015). En las islas Seychelles se usaron periodos similares entre dispersiones (Merton *et al.* 2002).

Métodos de aplicación del cebo

Dispersión aérea

Dadas las características del PNIC (dimensión, relieve, vegetación), el método de dispersión principal deberá ser aéreo para la isla principal e islotes. De ser necesario, los islotes que presenten alturas y topografías abruptas serán tratados de forma manual pero usando el helicóptero como plataforma de dispersión, tal y como se hizo en Isla Isabel, México (Samaniego-Herrera *et al.* 2009c).

La dispersión aérea deberá hacerse con ayuda de un helicóptero equipado con una cubeta de dispersión especialmente fabricada para este tipo de trabajos. Esta usa un deflector que ayuda a evitar la caída de los pellets de cebo al mar mientras se cubre el perímetro de la isla (ver sección referente a la logística).

Antes de su uso, la cubeta deberá ser calibrada – con placebo de CI-25 – por pilotos expertos y por el encargado de la parte técnica del proyecto. La calibración deberá corresponder a la tasa de aplicación que específicamente se determinó para erradicar los roedores exóticos en el PNIC (ver sección referente a “Tasa de aplicación del cebo”). Calibrar la cubeta de dispersión garantizará su funcionalidad general, el ancho de franja determinado para la dispersión del cebo y las tasas de aplicación deseadas. Cálculos que incluyen velocidad de vuelo, ancho de franja y diámetro de apertura ayudarán a garantizar que la tasa de aplicación sea la correcta (GECI 2015).

El helicóptero debe contar con un GPS diferencial (DGPS) que servirá para registrar y verificar la dispersión y cobertura del cebo. Dicha dispersión se lleva a cabo por medio de franjas paralelas de vuelo con un 50% de traslape hasta cubrir toda la isla, comenzando tan cerca de la costa como sea posible. El traslape en las franjas de vuelo minimiza el riesgo de huecos en el suelo (definidos como áreas con cero o baja densidad de cebo). La orientación de las líneas de vuelo puede variar, pero se recomienda seguir el eje largo de la isla en la primera dispersión para maximizar la eficiencia de la aplicación. En la

segunda dispersión la orientación puede ser ligeramente diferente, cambiando el patrón para evitar huecos, pero manteniendo la eficiencia. Después de cada aplicación, el análisis de los datos registrados en el DGPS debe confirmar que toda la isla fue cubierta. De lo contrario, los huecos deberán ser tratados inmediatamente (Broome *et al.* 2014, GECI 2015). La recarga del cebo en la cubeta será de forma manual y a cargo de personal con experiencia.

Se debe dar un seguimiento de la correcta aplicación del cebo en tiempo real apoyándose con el DGPS. La descarga frecuente de datos desde el DGPS a un Sistema de Información Geográfica (SIG) asegurará que la aplicación de cebo se lleve a cabo como estaba previsto. De no ser así, deberá realizarse la correspondiente corrección de cualquier posible error en las líneas de vuelo, registro de GPS o las tasas de aplicación de cebo. El monitoreo de la aplicación del cebo será hecho visualmente mediante la identificación de los huecos en las líneas de vuelo o traslapes imprevistos en la cobertura. Cualquier hueco biológicamente significativo ($\geq 50 \text{ m}^2$) identificado durante la aplicación del cebo será inmediatamente cubierto, ya sea manualmente o con el helicóptero.

En cuanto a la tasa de aplicación de cebo, se hará una estimación exacta y rápida durante la operación. Para esto, GECI desarrolló un modelo usando el software MatLab® (MathWorks) (Rojas-Mayoral *et al.* *En revisión*). Este modelo analiza los datos del DGPS y hace una estimación detallada de la densidad de cebo en el suelo, integrando diversos factores. Con éste, en menos de 30 min se obtiene una estimación detallada del cebo en el suelo para toda la isla. Al mismo tiempo, la aplicación será confirmada mediante el monitoreo de parcelas pre-establecidas en el suelo (ver sección referente a "Evaluación general de consumo de cebo/placebo").

Las recargas de la cubeta dispersora se harán con personal entrenado, bajo la supervisión de alguien con la debida experiencia. Dichas recargas se harán en un punto seleccionado en la isla (al que se llamará "helipuerto") que facilite las maniobras y asegure la seguridad del personal y equipo. Solo por hacer mención, puede tratar de conseguirse una embarcación lo suficientemente grande y que dentro de su diseño tenga contemplada un área de helipuerto-hangar (en México, la Secretaría de Marina Armada de México posee y facilita este tipo de embarcaciones de gran capacidad como parte de la colaboración interinstitucional).

La estimación del tiempo de vuelo (útil para sacar costos y permisos) necesario para llevar a cabo la dispersión total del cebo se hará con ayuda del responsable técnico de la operación y del piloto experto en este tipo de proyectos. Deberá adicionarse un tiempo de contingencia para considerar retrasos debido a condiciones climáticas, problemas con los equipos u otras circunstancias imprevistas que puedan impedir que la operación aérea de

cebado sea llevada a cabo en un tiempo ideal. Igualmente se recomienda que la operación de dispersión aérea sea llevada a cabo en el menor tiempo posible para evitar movimientos de individuos de áreas sin cebar a posibles áreas ya cebadas, o tratadas, pero que por alguna razón el cebo no se encuentre disponible o lo esté en cantidades no adecuadas (Broome *et al.* 2014).

Dispersión manual

En el caso de la periferia de la isla y de los islotes, la dispersión será de forma manual. Incluso se considerará hacer dispersión manual (usando el helicóptero como plataforma, Samaniego-Herrera 2009c) en los islotes que, por su topografía, no se facilite la dispersión de cebo con helicóptero.

Para el caso de la dispersión alrededor de la isla e islotes, se formarán equipos de trabajo que arrojarán los pellets de cebo desde las lanchas en una cantidad tal que corresponda a una tasa ligeramente mayor a la tasa de aplicación determinada previamente. Esta dispersión está planeada sólo para ciertas zonas específicas donde se considere que la dispersión aérea no podrá tener lugar por presentar características de relieve muy particulares, así como en zonas donde, por su conformación física se considere que es necesario reforzar con una aplicación extra de cebo. Para estos sitios se deberá intentar llegar de alguna manera. Además, en las playas que aunque siendo pequeñas puedan cubrirse de pellets desde el aire, no será forzoso desembarcar, pero sí se deberá considerar que, dependiendo de los resultados de abundancias de cangrejos, será o no conveniente reforzar de alguna manera estas zonas con una mayor cantidad de cebo (Merton *et al.* 2002). Por el contrario, en zonas donde, por su conformación física se considere que es necesario reforzar con una aplicación extra de cebo, se deberá encontrar la manera de alcanzar estos sitios. Habrá otros donde difícilmente se podrá hacer una dispersión manual, como lo son los acantilados o sitios con paredes completamente verticales y relativamente lisas. Es por estas razones que será indispensable e invaluable conjuntar las opiniones del personal del Parque así como de los expertos para decidir de qué manera deberá tratarse cada zona de la isla y de qué manera se podrá acceder a ellas. Para esto, como parte de la planificación detallada se deberá recorrer toda la periferia de la isla, tomando notas, coordenadas y cualquier tipo de información que sirva a la hora de explicar el plan a los miembros que conformarán los equipos de dispersión manual.

En algunas islas, la dispersión manual implica, invariablemente, desembarcar en periferia e islotes, por lo cual es importantísimo reconocer bien el terreno y hacer los recorridos en días de mar calmo, de manera que las embarcaciones utilizadas se puedan acercar lo suficiente para hacer las debidas observaciones

y tomar las correspondientes notas que ayuden a decidir de qué manera será la aproximación. Como las embarcaciones deben acercarse a la isla lo suficiente para que todo el cebo caiga en tierra (donde por alguna razón el helicóptero no pueda cubrir), buscar el momento indicado para que el mar esté calmo es todavía más importante cuando se estén llevando a cabo las dispersiones a mano ya que la seguridad del personal es lo más importante.

Dado que es común que las islas presenten diferentes tipos de relieves en la periferia, así como corrientes y rompientes, es probable que sea necesario usar distintos tipos de embarcaciones para poder tener acceso a cada zona particular. Es por esta razón que se deberá discutir con personal conocedor del Parque y de su circunnavegación, la logística exacta para este tipo de dispersión (por ejemplo, decidir si es mejor usar dingys o embarcaciones inflables, o bien, lanchas ligeras de casco duro).

Otra cosa que se deberá discutir entre el personal técnico experto, y el personal conocedor del PNIC, es el momento de inicio de la dispersión manual, la cual podrá ser al mismo tiempo que la dispersión aérea. No es recomendable hacerla con diferencia de días por el motivo mencionado arriba. Sin embargo, ya que las dimensiones de la isla son relativamente grandes y no solamente se tratará manualmente la periferia de la misma sino también cada uno de los islotes, es muy probable que todo esto tenga una duración de más de un día de trabajo; si es el caso, todo deberá estar perfectamente coordinado, asegurando, en la medida de lo posible, que varios días consecutivos habrá buen clima para poder trabajar sin hacer ninguna pausa en las dispersiones. Una opción que deberá considerarse es utilizar dos helicópteros a la vez.

Dispersión manual + dispositivos

Para las instalaciones del ACMC en la isla se utilizará el método manual de dispersión, además de la colocación de cebaderos con bloques de rodenticida. Esto en conjunto hará que existan más altas concentraciones de cebo en estos sitios particulares, lo cual es una medida necesaria debido a que en esos lugares generalmente se presentan mayores densidades de roedores asociados a las actividades humanas.

Dispersión manual. Debido a que los sitios con construcciones no pueden ser bien tratados con la dispersión aérea, todas las zonas habitadas y algunas otras no habitadas pero con construcciones de algún tipo deberán ser tratadas a mano. Para esto, deberán formarse "cuadrillas" de trabajo que distribuyan el cebo manualmente.

Ya que en las áreas habitadas de la isla (en particular Bahía Wafer) está la presencia de sitios particulares que proveen un excelente refugio para las ratas (bodegas con redes de pesca decomisadas, montículos de boyas recogidas del mar, taller de trabajo), es necesario enfocarse en esos sitios específicos. Además de esto, las construcciones de la isla tienen la particularidad de estar elevadas del suelo por medio de pilotes, por lo tanto, el cebo dispersado desde el aire no cubrirá esas zonas. Igualmente existen ciertos lugares muy atractivos para las ratas, como pueden ser la bodega de comida y cocina, y en particular el lugar donde se manejan los desperdicios de la cocina (compostera).

Para los alrededores de los asentamientos humanos se dispersarán manualmente pellets de CI-25 después de cada aplicación aérea. Esto implica traslapar los métodos para asegurar que no haya huecos en la cobertura del mismo. Sin embargo, el enfoque será cebar las áreas debajo de las infraestructuras humanas y los alrededores inmediatos, generalmente no bien cubiertos por el helicóptero, ya que pueden ser áreas suficientemente grandes como para mantener agregaciones tanto de ratas como de cangrejos terrestres, o bien, áreas muy frecuentadas por las ratas debido a la alta disponibilidad de alimento. El cebo se deberá aplicar a una tasa ligeramente superior a la tasa de toda la isla para compensar, de ser el caso, la alta abundancia de ratas.

Cebaderos. En los espacios de ocupación humana deberán utilizarse además, cebaderos, con la intención de evitar el contacto humano directo con el cebo, mientras que la dispersión manual será usada en el resto de las áreas circundantes.

Los cebaderos pueden ser los comerciales, marca Protecta® (Figura 12). Éstos serán etiquetados individualmente, georeferenciados, y colocados (vacíos) al menos una semana antes de la operación para superar la neofobia de las ratas. Incluso es posible dejar algo de alimento (mezcla de coco con vainilla) dentro de éstos para "invitar" a las ratas a entrar y así se familiaricen con el dispositivo; esto solamente podrá ser los primeros tres a cuatro días previos a la primera dispersión, pero se deberá dejar de hacer para que no exista ningún otro tipo de alimento en ellos al momento de dispersar pellets de cebo (se deberán revisar con anticipación, y se deberá retirar todo rastro de alimento diferente al cebo). Si por la cercanía entre los cebaderos no es necesario georeferenciarlos todos, al menos se deberá llevar un estricto control de cuántos se colocarán en cada área. Dentro de éstos se colocarán 2 bloques de 30 g (25 ppm de brodifacoum) que serán reemplazados en caso de ser necesario (el consumo será monitoreado diariamente y, para la segunda

dispersión se procederá igual, pero dependiendo del patrón registrado, dicho monitoreo se podrá espaciar semanalmente como máximo).

En cuanto a la cantidad y lugares exactos donde se colocarán los cebaderos se sugiere que sean de la siguiente manera:

- “Ranchito”: 1.
- Gimnasio: 1.
- Edificio de las oficinas de ACMIC en la isla: 8 a 10 colocados de manera estratégica en los dos pisos de la construcción, adentro y afuera.
- Albergue C.O.V.I.: 8, distribuidos adentro y afuera.
- Área de dormitorios del personal del PNIC: 22 (1/dormitorio, 4/bajo dormitorios, 2 extras).
- Área de “convivencia” entre cocina y dormitorios del edificio del comedor: 2.
- Área de comedor y cocina: 8 a 10.
- Taller de trabajo de guardaparques: 8 a 10.
- Complejo habitacional de guardaparques: 4 a 6 por construcción.
- Compostera: 1 a 2.
- Vivero: 3 a 4.
- Casa de máquinas de hidroeléctrica: 5.
- Edificación nueva en zona alta de Bahía Chatham: 10 a 12.
- Construcción de guardaparques en Bahía Chatham: 4 a 6.
- Antena de comunicaciones y cuarto de control en zona alta del sendero entre bahías: 4.
- Puente hacia Albergue C.O.V.I.: 1.
- Puente colgante hacia el interior de la isla: 3 a 4.



Figura 12. Cebadero con bloques del rodenticida CI-25.

Algunos de estos cebaderos, dependiendo del sitio particular, se deberán colocar de manera tal que queden fuera del alcance de los cangrejos, para lo cual se verá la manera de situarlos unos centímetros arriba del suelo, siempre a una altura que permita el acceso de las ratas (Merton *et al.* 2002, Samaniego-Herrera *et al.* 2015b); una opción es situarlos a una altura de 30 cm sobre el piso (Wegmann 2008); sin embargo, lo recomendable es hacer pruebas previas (utilizando placebo en lugar de cebo) a la implementación de éstos.

Este método manual se hará junto con la dispersión aérea del cebo y se dejará el mismo número de días entre la primera y segunda aplicación. La mayoría de los cebaderos se podrán quitar después de cuatro semanas (deberá haber mapas de posición y formatos explícitos para su monitoreo), pero habrá sitios que serán la excepción porque serán parte de un plan de bioseguridad para prevenir la incursión y reestablecimiento de roedores en la isla.

En todos estos sitios la disponibilidad de cebo deberá ser evaluada visualmente todos los días y se mantendrá a un nivel similar a la tasa promedio registrada diariamente (durante 10 días) en el resto de la isla. En otras palabras, se

aplicará cebo adicional en estas áreas si la disponibilidad disminuye significativamente más rápido en comparación que con el resto de la isla.

Etapas Pre-erradicación

Como parte de las actividades previas a la implementación de la erradicación se deben realizar monitoreos, tanto de la fauna exótica como de la nativa, al igual que del medio mismo. Algunos de éstos, a los que llamamos “monitoreos de seguridad”, fortalecerán la confianza sobre el uso del rodenticida propuesto y su acción específica en la población de ratas del PNIC así como en el ecosistema mismo y sus especies nativas, lo cual es una razón importante para evitar ideas opositoras al proyecto (Broome *et al.* 2014). Algunas de las acciones previas a las dispersiones de rodenticida, así como los monitoreos arriba mencionados se describen a continuación.

Manejo de desechos y acumulaciones de materiales diversos

Como parte de las medidas a llevar a cabo antes de las dispersiones de cebo será asegurarse que todos los desechos humanos (residuos de cocina y cualquier otro elemento que sirva de alimento a las ratas) serán tratados de tal manera que los roedores no tengan acceso a ellos. Los restos de comida de la estación biológica que se viertan en la composta deberán estar completamente fuera del alcance de las ratas; sin ninguna excepción. Esto implica que, si es necesario, la actual área de compostaje deberá modificarse de manera tal que las ratas no tengan acceso a lo que se vacía ahí. Se deberá tomar cualquier medida necesaria para evitar que las ratas tengan otro tipo de fuente de alimento (como pudieran ser hortalizas o alguna otra planta crecida en el vivero) distinto a los pellets o bloques de cebo. Ya que habrá un número mayor de personas durante la implementación del proyecto, las actividades de cocina-alimentación serán mayores, por lo que cada persona en la isla deberá ser totalmente consciente y estricta al momento de consumir alimentos evitando dejar restos en lugares inapropiados. Una consideración extra que se puede realizar es rodear las áreas de almacenaje de alimentos con trampas para ratas.

Además de las medidas arriba mencionadas, parte de las acciones previas a la dispersión del rodenticida será realizar una limpieza especial de materiales que provean refugio y sitios de anidación a las ratas. Esto es principalmente en el área habitada o donde hay construcciones de algún tipo. Un ejemplo de este tipo de acumulaciones son los conjuntos de boyas marinas que se encuentran

apiladas en los alrededores de las construcciones de Bahía Wafer (principalmente cerca del taller de trabajo y/u oficinas del APMC). Igualmente deberá planificarse con tiempo el trasladar fuera de la isla todo material que sea de desecho y que no vaya a ser usado (redes de pesca confiscadas, etc.) puesto que el objetivo es que exista la menor cantidad posible de cosas que provean recursos de cualquier tipo para los roedores. Si no es posible sacar esto de la isla, todo este material y/o estructuras requerirán un tratamiento especial durante la operación, adicionando tiempo, cebo y personal para realizar este trabajo en particular. Además, en las campañas de limpieza que se formen con este objetivo deberá considerarse sacar o eliminar de alguna manera las acumulaciones de desechos vegetales (como pudiera ser el caso de los frutos y hojas apiladas de palmeras). Los frutos de las palmas cocoteras son de especial interés ya que éstos son fuente de vitamina K1, la cual es el “antídoto” para contrarrestar el efecto del ingrediente activo del rodenticida (brodifacoum). El manejo de las palmas y sus frutos deberá ser planeado detenidamente, considerando las acciones necesarias a tomar (como sería el cese del consumo de estos frutos), así como el tiempo que llevará eliminar esta fuente de alimento tan atractiva para las ratas.

En Cayo Centro se realizó un manejo especial de estas especies y sus frutos (GECI 2015). Para esto, semanas antes de las dispersiones se empezaron a sacar todos los cocos posibles de la isla con el apoyo de pescadores, personal de la Reserva, técnicos y biólogos de campo. Se usaron embarcaciones para llevar todos estos desechos al puerto más cercano. La idea era que no estuvieran estos frutos en la isla, con la intención de asegurar, en la medida de lo posible, que la única y/o principal fuente de alimento fueran los pellets de cebo. Para la erradicación de ratas negras en Isla Isabel (México), también fue necesario eliminar las pocas palmas cocoteras que había en los alrededores del campamento de pescadores (además de hacer una campaña de erradicación de todas las otras plantas frutales introducidas a la isla: piñas, plátanos, palmas de aceite y cañas de azúcar, principalmente; GECI 2008). En Isla Isabel el trabajo de eliminación de las palmas cocoteras fue relativamente fácil (el principal reto fue convencer del motivo y hacer conciencia entre los pescadores), pero en Cayo Centro la remoción de este material llevó tiempo y mucho esfuerzo humano. En el PNIC, como se mencionó arriba, será necesario que se planifique lo mejor posible ya que el éxito de la erradicación está relacionado a que básicamente no exista ninguna otra fuente de alimento más atractiva para los roedores, en particular los cocos, por la razón arriba mencionada. En el caso de que la anona silvestre (*Annona glabra*) sea parte de la dieta de las ratas, igualmente se recomienda que sus frutos se mantengan fuera del alcance de las ratas y que esta fuente de alimentación se reduzca al mínimo cuando se realicen las dispersiones. Las palmas cocoteras de las

inmediaciones de las Bahías Wafer y Chatham serán relativamente fáciles de tratar, pero existen agrupaciones de éstas en otras partes de la isla cercanas a la costa. Es altamente recomendable que los guardaparques, junto con el especialista, planifiquen la manera de llegar a éstas, considerando todo lo necesario para alcanzar estas zonas (embarcación, condiciones climáticas favorables, materiales necesarios, etc.) y hacer el manejo correspondiente de los cocos. En el caso de que existan plantas cocoteras en otras zonas interiores de la isla se deberá igualmente idear un plan para tratar de trasladar este material fuera de la isla. Si no es posible, todo eso se deberá discutir con el asesor experto para tomar las consideraciones necesarias a la hora de hacer los cálculos de la tasa de dispersión y cualquier otra consideración o decisión que se pueda desprender debido a esta situación.

Monitoreo de especies no-objetivo

La evaluación y registro del estado poblacional de ciertas especies consideradas como especies indicadoras y bandera (Isasi 2011) será un aspecto clave para respaldar en su momento, el beneficio de la erradicación de los roedores exóticos invasores. Con este fin, será necesario iniciar, o retomar, los monitoreos de las especies que sean designadas dentro de esta categoría, además de algunas otras que nos proporcionen igualmente información clave para la toma de decisiones (ej. cangrejos terrestres).

En el PNIC, el pinzón (*Pinaroloxias inornata*), el mosquerito (*Nesotriccus ridgwayi*) y el cuclillo (*Coccyzus ferrugineus*) son las especies claramente identificadas como prioridades de conservación por las autoridades del Parque y estudiosos del mismo. Debido a esta razón, tiempo atrás se iniciaron los monitoreos de las mismas, con la intención de recabar información clave sobre su estado poblacional en presencia de especies exóticas invasoras.

Díaz *et al.* (2010) detallaron la metodología a seguir para la realización de los monitoreos de estas tres especies de aves, lo que significa que actualmente ya existe información previa generada en la etapa pre-erradicación. En base a esto, se sugiere retomar estos monitoreos siguiendo la metodología aplicada tiempo atrás con la intención de seguir robusteciendo la línea base de información. Estos datos nos permitirán en su momento realizar comparaciones que faciliten identificar y demostrar el beneficio esperado de la erradicación de los roedores exóticos invasores en el PNIC.

Además de estas tres especies de aves, deberá igualmente retomarse el monitoreo de la lagartija de la Isla del Coco (*Norops townsendi*) (Díaz *et al.* 2010). Es importante llevar el registro de esta especie puesto que el grupo de

los reptiles generalmente muestra cambios importantes después de la erradicación de roedores introducidos (Towns *et al.* 2013).

Idealmente, estos monitoreos deberán hacerse de manera estacional (cada tres meses), pero si esto no es aplicable al PNIC se sugiere realizarlos al menos en dos distintas temporadas del año (identificadas por el personal que conoce la isla, pudiendo ser: temporada de mínimas precipitaciones vs. temporada de máximas precipitaciones), e igualmente seguir las recomendaciones del método propuesto por Díaz *et al.* (2010). El inicio de tales monitoreos pre-erradicación debe realizarse al menos dos años antes de la implementación de la erradicación, sin embargo, mientras más datos que respalden la línea base, mucho mejor.

El caso de los cangrejos terrestres merece particular atención debido a que su interferencia (dado su gran consumo de pellets de cebo) es considerada un reto muy grande en proyectos de erradicación en islas tropicales (Wegmann 2008).

Por lo anterior, es muy importante realizar monitores estandarizados que proporcionen respuestas sobre atributos poblacionales, patrones de comportamiento y aspectos ecológicos de las distintas especies presentes en la isla, con el fin de identificar si existen variaciones temporales relacionadas a los ciclos circadianos y/o a las condiciones climáticas que se presenten en esta isla. La propuesta de método se describe a continuación.

Monitoreo de especies no-objetivo: cangrejos terrestres

En el PNIC se registran 10 especies de cangrejos terrestres (Wegmann 2008, Montoya 2009, Perger *et al.* 2011) pertenecientes a al menos tres géneros (*Cardisoma* sp., *Gecarcinus* sp. y *Coenobita* sp.) que se sabe interfieren con proyectos de erradicación. Cuando más de un género de cangrejos está presente en una isla donde se llevará a cabo una erradicación, será requerido un enfoque de mitigación múltiple (Wegmann 2008), ya que la interferencia con los esfuerzos de erradicación es un reto, serio y único, para las áreas tropicales.

Hasta el momento, se reconocen algunos detalles que deben tomarse en consideración al momento de iniciar un proyecto de erradicación de roedores en islas donde se presentan estas especies de invertebrados (Wegmann 2008):

- Una mezcla de especies excavadoras y *Coenobita* spp. requerirán una tasa de aplicación más grande al momento de la dispersión o rediseñar de forma complicada los cebaderos.

- Ya que existen escenarios muy poco alentadores en cuanto a las tasas de aplicación de rodenticida, en sitios donde algunas especies (como *Cardisoma carnifex* y/o *Coenobita* spp.) están presentes, se deben entender las consecuencias en costo, debido al grado de interferencia tan alto que los cangrejos pueden llegar a significar para un proyecto de este tipo.
- Presencia de comportamientos específicos como proclividad social (*Coenobita* spp.), respuesta a la presencia y disponibilidad de pellets de cebo (remoción y traslado inmediato de éstos a las madrigueras; *Cardisoma* spp.) y reproducción continua a lo largo del año.

Para el PNIC, años atrás, en pruebas realizadas para intentar erradicar las especies exóticas, se encontró que los cangrejos ermitaños (*Coenobita compressus*) y los cangrejos fantasma (*Ocypode gaudichaudii*) removieron el 40% de los cebos aplicados en la playa de Wafer durante la hora posterior a la aplicación de cebos que se hizo a manera de prueba (Sierra 2003, en FAICO 2012). Por lo tanto, en la isla ya fue constatado el efecto de este tipo de especies, para lo cual es necesario realizar los correspondientes monitoreos.

Para el monitoreo de las distintas especies de cangrejos terrestres se propone realizar dos transectos nocturnos simultáneos de 200 m de longitud, con una amplitud variable, durante tres noches consecutivas. Éstos deberán hacerse al menos en cada tipo de hábitat o en cualquier ambiente que se considere importante dada la actividad registrada o conocida de cangrejos. Conviene que estos transectos sean colocados en las inmediaciones de las parcelas para la estimación de densidad de cebo, así como en el área habitada ya que estos monitoreos pueden ayudar a estimar valores necesarios para el proyecto. El método consiste en un recorrido, realizado por una sola persona, iluminando con una lámpara de cabeza. Se inicia a las 20:30 horas y tiene una duración aproximada de 40 minutos en promedio. Los datos registrados serán la distancia inicial perpendicular a la cual fue observado cada individuo, la especie, y anotaciones sobre su actividad. Para descartar que los patrones de comportamiento de los cangrejos son completamente nocturnos, se deberá realizar este monitoreo también durante el día (pudiendo ser al terminar los transectos de monitoreo de reptiles), siguiendo la misma metodología.

La densidad para cada hábitat se calculará con la fórmula $D=n/2WL$; donde D, es la densidad poblacional expresada en individuos/hectárea, W es la amplitud del transecto y L la longitud del mismo (Buckland *et al.* 1993, Gurnell *et al.* 2003). Se deberá tomar notas de cualquier observación que se haga sobre estas especies ya que, como se menciona arriba, los cangrejos son considerados un reto grande con muchas interrogantes que se deben contestar

cuando éstos están relacionados a proyectos de erradicación utilizando técnicas de dispersión de cebos.

Monitoreo de especie objetivo: roedores exóticos

La implementación de un monitoreo que nos proporcione datos poblacionales acerca de la densidad de las dos especies de roedores invasores presentes en el PNIC es indispensable para tomar decisiones sobre el momento ideal para implementar las acciones específicas de la erradicación de los mismos. Además, estos monitoreos nos permiten obtener información sobre la biología particular de estas especies (sus condiciones corporales y reproductivas, así como su comportamiento particular en esta isla).

Existen diferentes métodos de estimación de la densidad poblacional, siendo el método de captura-marcaje-recaptura el método más recurrido. Sin embargo, dado que previamente se han desarrollado protocolos específicos para el PNIC (Gómez-Serrano 2007, Díaz *et al.* 2010, Orias-Hidalgo 2012), los cuales se diseñaron pensando en las condiciones particulares de la isla, se recomienda que sigan llevándose a cabo, en particular porque éstos ya han sido implementados y existe información obtenida con la aplicación de los mismos.

Por lo anterior, sería indicado continuar con el método de obtención de la densidad por remoción de individuos (Orias-Hidalgo 2012) utilizando trampas de golpe (Víctor, guillotina o de museo) colocadas en parcelas (grillas o cuadrantes) instaladas en diferentes tipos de vegetación y/o hábitats. La sugerencia de usar este tipo de trampas es porque además se considera que las ratas cafés tienden a evitar las trampas de captura viva (Moors *et al.* 1992).

En lo que respecta a particularidades del método a seguir, sería altamente recomendado implementar algunos cambios propuestos anteriormente (guardaparques del PNIC, comunicación personal; Díaz *et al.* 2010; Orias-Hidalgo 2012) en base a los resultados que se han obtenido en el PNIC. En cuanto al tipo de cebo, se propone hacer el cambio a mezcla de coco con vainilla, ya que es lo que mejor funciona en las condiciones particulares de la isla. En relación a extender la duración del muestreo, al menos cinco noches sería un tiempo ideal, esto con la intención de aumentar el número de capturas, el cual puede ser muy bajo (trabajando dos noches solamente) al punto de no obtener los datos necesarios para estimar la densidad. De la misma manera, y de ser posible, tratar de incrementar el área de muestreo de media hectárea a una hectárea sería un cambio favorable que aumentaría el esfuerzo de captura. Por último, pudiera reemplazarse cada trampa si ésta ya

tuvo una captura; se considera que al ser una trampa nueva se puede mejorar la efectividad de captura.

Considerando las condiciones de la isla y los sitios importantes de los que se necesita obtener datos de densidad poblacional es que se propone instalar, invariablemente, una parcela en la zona habitada (pensando que en el área denominada "chanchera" se registraron las mayores densidades de roedores en el muestreo realizado a inicios del 2000; Gómez-Serrano 2007). Instalar una parcela en esta zona (que deberá ser seleccionada considerando la menor pendiente posible para evitar deslizamientos de suelo en momentos de precipitación constante) proporcionará datos acerca de las mayores abundancias, lo cual será un dato clave a la hora de hacer una estimación de la cantidad de cebo requerida.

Al menos se deberá instalar otra parcela de muestreo en un área que presente características diferentes en relación al tipo de hábitat. Una propuesta es colocarla en el área de los Llanos (donde igualmente ya se han obtenido datos de densidad). En esta zona sería conveniente buscar la conjunción de un terreno con mínimas pendientes y cuerpos de agua cercanos (intentando maximizar las capturas de la rata café, la cual, según Atkinson y Atkinson (2000), es más dependiente del agua dulce).

En base a los resultados de densidad obtenidos en el muestreo realizado en el Cerro Pelón (la mayor densidad registrada para *R. rattus*, Orias-Hidalgo 2012), idealmente también deberá instalarse una parcela de monitoreo en ese lugar y/u otro que se encuentre localizado en un sitio dentro del hábitat de bosque nuboso.

Como se mencionó arriba, se pueden aprovechar los datos de posición de parcelas de los monitoreos realizados años atrás por los diferentes autores mencionados, o bien, dependiendo de las observaciones en los sitios particulares, instalar las parcelas en nuevos sitios con la correspondiente toma de coordenadas geográficas.

Además de estas parcelas de muestreo, se deberán colocar transectos de 20 trampas separadas 15 m una de otra en los alrededores de cuerpos de agua – zonas riparias – (y en sitios de desembarco de personal como Bahía Chatham) en diferentes zonas de la isla para tratar de obtener mayor número de capturas de la rata café (dados los resultados obtenidos en los monitoreos realizados en la isla, esta especie presenta menores abundancias o bien, es más difícil de registrar). Éstos pueden dejarse un mínimo de tres noches, siguiendo la misma metodología que con las parcelas de muestreo (hora de activación, hora de desactivación). Será conveniente colocar al menos 10 de éstos pues nos darán igualmente información extra, en particular sobre *R.*

norvegicus. Se deberá planificar bien la logística para llevarlos a cabo en sitios más remotos y se deberán tomar los correspondientes datos de su posición geográfica para que más adelante igualmente sirvan para confirmación de ausencia de roedores.

En general, se considera que lo ideal es activar las trampas en el crepúsculo o primeras horas de oscuridad (periodo en que los roedores son más activos) para dejarlas en funcionamiento toda la noche, y posteriormente revisarlas en las primeras horas de la mañana (así evitando la interferencia o captura de especies nativas que forrajeen en busca de alimento) para su correspondiente desactivación y toma de datos. En la parcela instalada en el área cercana a las instalaciones del ACMC es fácil realizar esta tarea; sin embargo, trabajar de esta manera, muy probablemente implicará acampar en algunos sitios durante los días que dure el monitoreo debido a la distancia entre la estación biológica y la parcela de muestreo. De lo contrario, se deberá calcular el tiempo necesario para llegar en el momento adecuado para la activación de las trampas así como para su correspondiente revisión por la mañana.

Otra situación que deberá considerarse es la presencia de cerdos en la isla y sus hábitos de ramoneo o búsqueda de alimento. Este plan de manejo propone hacer la erradicación de los cerdos antes que la de los roedores, sin embargo, si los monitoreos de las ratas comienzan a realizarse aún con la presencia de cerdos (en las islas mexicanas se ha empezado hasta cinco años previos a su erradicación), muy seguramente éstos interferirán en el monitoreo correcto de los roedores. Con ayuda de la experiencia del personal del PNIC, se deberán tomar las debidas consideraciones y ajustes para solventar en la medida de lo posible esta situación.

Cada captura será registrada tomando datos de especie, medidas morfométricas, peso, edad y sexo. Aprovechar los estómagos de estas ratas para el análisis de contenido estomacal proporcionará datos extras acerca del efecto de estas especies exóticas sobre las nativas. Se recomienda seguir la metodología desarrollada específicamente para el PNIC (Díaz *et al.* 2010). Igualmente, se deberán tomar muestras de tejidos de las ratas capturadas puesto que con éstas se podrá determinar, en caso necesario de encontrar ratas en un futuro, si éstas son individuos remanentes que pasaron desapercibidos, o bien, si son resultado de una reintroducción.

La recomendación en el uso de trampas de golpe es considerando los mayores costos que implica comprar trampas de tipo Sherman, pero más que nada por las observaciones hechas en referencia a que estas últimas, debido a las constantes lluvias (condiciones comunes en la isla) que comúnmente se presentan, son fácilmente desactivadas al ser cubiertas por el lodo desplazado por la escorrentía superficial (Díaz *et al.* 2010). Esto hace que las trampas

Sherman pierdan su capacidad de funcionamiento correcto y/o se vuelvan un elemento que cause aún mayor desconfianza para los roedores al quedar mal instaladas en el sustrato. Las trampas de golpe, por sus características físicas más sencillas, implican menos elementos que puedan ser alterados al grado de que cambie su funcionamiento o atracción.

En otros proyectos llevados a cabo en islas mexicanas, tanto desérticas como tropicales (Samaniego-Herrera *et al.* 2009a, Samaniego-Herrera *et al.* 2017), el monitoreo de roedores para obtener densidad poblacional se lleva a cabo de manera estacional puesto que los datos obtenidos proporcionan información específica relacionada a las fluctuaciones poblacionales que se presentan o pueden llegar a presentarse debido a las condiciones ambientales, disponibilidad de alimento, entre otros factores derivados de las variaciones climáticas. Esta información ayuda a tomar decisiones acerca del momento más propicio para llevar a cabo la dispersión del rodenticida. Como resultado de este tipo de monitoreos, se ha encontrado que en las islas tropicales las ratas se reproducen durante todo el año y no se presenta un momento de cese o disminución reproductiva. Dadas las características tropicales de la Isla del Coco, se espera que muy probablemente las ratas igualmente mantengan una reproducción continua a lo largo del año, sin embargo, el monitoreo ayudará a identificar si existe un momento de disminución en la densidad de las mismas, el cuál idealmente debe aprovecharse para llevar a cabo las acciones de erradicación.

En base a lo anterior, y dado el patrón climático relacionado a las precipitaciones que se presentan en la isla, se propone que se realicen al menos dos monitoreos anuales, los cuales se deberán llevar a cabo en los dos momentos hidrológicos más marcados (Quirós-Badilla y Alfaro, 2009): temporada de menor precipitación (enero a marzo) y temporada de mayor precipitación (abril a diciembre).

Finalmente, en lo que respecta a los roedores habitando los islotes, y considerando la dificultad de monitorearlos de manera sistemática (más aún siguiendo los métodos propuestos para la isla), se considera que, con la confirmación de presencia de roedores en algunos de éstos (Gómez-Serrano 2007) basta para decidir tratar estos cuerpos insulares con las mismas densidades de cebo con las que será tratada la isla. Pensando en las características particulares de los mismos (hábitat menos complejo que la isla como tal), puede esperarse que las densidades de los roedores no alcancen las registradas en la isla, y que la tasa de aplicación para la isla será más que suficiente para los islotes.

Monitoreo de roedores con telemetría

Para estimar el ámbito hogareño de las dos especies de ratas presentes en el PNIC se deberá hacer uso de collares de radiotelemetría. Para esto, se capturarán individuos (necesariamente deben colocarse trampas de captura viva, ya sea Sherman o Tomahawk) de los dos sexos, de las dos especies, y se les colocarán los collares para posteriormente liberarse en su sitio de captura. Tener 30 individuos (o más) monitoreados será muy conveniente, ya que deberán ser machos y hembras, de dos especies, en una isla grande con diferentes tipos de hábitat. Se deberá tener datos de diferentes zonas de la isla (sin duda del área habitada y áreas relacionadas a cuerpos de agua), por lo que se puede planificar esta actividad para aprovechar los momentos en que se harán los monitoreos de densidad. Se deberá hacer la búsqueda, tanto diurna como nocturna (para tener al menos dos lecturas diarias), de estos roedores, dando como resultado dos lecturas diarias que nos mostrarán además del ámbito hogareño, el uso particular que cada especie hace de su hábitat. Esto es indispensable porque ayudará a tomar las decisiones correctas enfocadas a lograr la erradicación de estas especies invasoras. Las estimaciones del ámbito hogareño se basarán en el método del polígono mínimo convexo (Hayne 1949).

El identificar el uso de hábitat que tiene cada una de las especies es importante. Por ejemplo, en Cayo Centro se encontró que hasta un 50% de los individuos en estudio hacían uso de palmas y vegetación alta, lo que sugiere hábitos parcialmente arbóreos, en comparación con las ratas de la isla vecina Cayo Norte Mayor en donde todas las localizaciones fueron en el suelo (GECI 2015). Estos datos ayudarán a detallar la estrategia de erradicación.

Dependiendo del tiempo de vida de los collares de radiotelemetría, las mismas ratas a las que se les instalaron los collares pueden servir para evaluar la eficacia de la erradicación al finalizar las dispersiones del cebo (ver sección correspondiente).

Experimentos de seguridad

Experimentos en cautiverio: Palatabilidad y susceptibilidad del rodenticida CI-25 en la fauna nativa.

Reptiles. Se deberán capturar cuatro individuos adultos de la lagartija de la Isla de Coco (*N. townsendi*) y cuatro del gecko de la Isla del Coco (*Sphaerodactylus pacificus*). Cada individuo se colocará en un encierro individual (construido en madera y malla metálica de 90 cm x 90 cm x 45 cm,

Figura 13) y se le ofrecerán dos pellets de cebo CI-25. Este cautiverio deberá tener una duración mínima de cinco días. Un individuo de cada especie será seleccionado al azar para funcionar como control. A éste sólo se le ofrecerán dos pellets de placebo. Se realizarán observaciones diarias del número de pellets consumidos y de la condición física de cada individuo (normal, débil o moribundo). Dado que todas las pruebas realizadas en diferentes especies de reptiles en diferentes islas mexicanas, y las observaciones realizadas en el PNIC años atrás (Sierra 2003, en FAICO 2012), han mostrado que éstos no se ven afectados por el cebo, se espera que al finalizar el experimento todos los individuos se encuentren en condición normal, por lo que serán liberados en sus mismos sitios de captura.



Figura 13. Ejemplo de encierros para experimentos de seguridad con reptiles.

Palatabilidad y susceptibilidad del rodenticida CI-25 en fauna exótica.

Con el fin de probar la susceptibilidad de la población de rata negra y la rata café al cebo CI-25 y registrar el tiempo en el que el compuesto activo causa efecto sobre ésta, se capturarán roedores de las dos especies. Se seleccionarán ocho individuos (cuatro hembras y cuatro machos) para mantenerse en encierros individuales (construidos de madera y malla metálica,

de 90 cm x 90 cm x 45 cm) durante el experimento. Un individuo seleccionado al azar de cada especie funcionará a manera de control, dándole 3 pellets de placebo el primer día, mientras que al resto se les ofrecerá 3 pellets de cebo CI-25. Los días subsecuentes al consumo de pellets, todos los individuos recibirán agua y una mezcla de avena y crema de cacahuete como alimento. Cada 24 horas se registrará la condición física de cada individuo (normal, débil, inmóvil o muerto), así como la presencia de signos externos de sangrado.

Se espera que todas las ratas expuestas al cebo CI-25 sean susceptibles a éste y mueran dentro del periodo esperado (3 a 14 días como máximo). Al final, los individuos control serán sacrificados de manera humanitaria. Este experimento servirá para confirmar la eficacia del cebo seleccionado y que las poblaciones de ambas especies presentes en la Isla del Coco son susceptibles a ser erradicadas.

Palatabilidad del rodenticida CI-25 en fauna nativa marina.

Se realizarán dos sesiones de observaciones en el mar, cada una de dos horas (durarán cerca de 1 hora). Éstas deberán ser en diferentes días. Las sesiones consistirán en inmersiones con equipo de buceo libre en profundidades de 1 a 2 m (o 5 m) en las cercanías de la Bahía Wafer o donde sea más fácil realizar éstas, alejándose de 3 a 5 m de la costa. Durante las sesiones se tirarán de 5 a 10 piezas de placebo cerca de organismos marinos con el fin de documentar su reacción hacia éstos. Se registrarán las especies presentes y su reacción: a) no consumo (pellets ignorados), b) inspección pero no consumo (aproximación o acercamiento o seguimiento del pellet en el agua y/o mordisqueo del pellet una o dos veces), o c) consumo. Se espera que no se observe mayor interés por parte de las especies marinas o incluso haya rechazo hacia los mismos como se ha encontrado en Isla del Coco (Tye *et al.* 2004) y México.

Palatabilidad del rodenticida CI-25 en fauna nativa terrestre.

Se instalarán cuadrantes de observación usando placebo como atrayente. Cada cuadrante consistirá en una cuadrícula de 25 m² (5 m x 5 m) donde serán colocados 5 g de placebo dentro de cada metro cuadrado. Los cuadrantes se colocarán en diferentes tipos de hábitat, favoreciendo aquellos con mayor abundancia de lagartijas y cangrejos, así como de aves terrestres. Cada cuadrante será monitoreado por una sola persona (para minimizar el disturbio) por espacio de dos horas. Se registrará el número de individuos por especie que cruce el cuadrante y su reacción hacia los pellets colocados en el mismo. También se tomarán notas sobre ubicación, tipo de hábitat, hora del día y

especies presentes en los alrededores. Los horarios de observación deberán variar abarcando varias horas del día considerando los ritmos circadianos de ciertas especies, una sugerencia es 7 a 9 am, 12 a 2 pm y 8 a 10 pm (al menos uno en la mañana y uno en la noche). Pueden hacerse tres repeticiones de cada cuadrante en tres días no consecutivos. Nota: Para los monitoreos nocturnos el observador deberá estar muy callado e inmóvil desde su punto de vigilancia ya que las ratas estarán activas y el objetivo igualmente será aprovechado para verificar la atracción de éstas hacia los pellets.

Resistencia del cebo CI-25 en el ambiente terrestre

Se instalarán jaulas (1 m³ de malla metálica) de observación con el fin de determinar la resistencia del CI-25 a las condiciones climáticas locales. En cada jaula se colocarán 50 pellets de placebo. Se seleccionarán para la prueba aquellos pellets que tengan un peso aproximado de 2 g y que no presenten cuarteaduras. Se registrarán las condiciones climáticas y la condición de los pellets al inicio y al final. Inicialmente, de manera ideal se deberá tomar nota de los cambios diariamente, posteriormente, cuando se observe que los cambios que ocurren son muy poco cambiantes (como corteza cuarteada y decoloración, sin cambios físicos mayores), podrá hacerse el registro cada semana o quince días, hasta que desaparezcan. Por facilidad, una jaula deberá colocarse en el área habitada, pero otras deberán instalarse en áreas con condiciones ambientales distintas, como el bosque nuboso (en donde aparte de la lluvia, se presenta de manera casi permanente mucha condensación debido a la neblina o altísima humedad ambiental) u otras áreas donde se considere tengan condiciones relativamente diferentes. De la misma manera, si por experiencia del personal del Parque hay condiciones ambientales muy distintas en diferentes temporadas del año (como los periodos de mayor precipitación vs. menor precipitación), volver a monitorear el "desgaste" de los pellets en otra temporada será muy conveniente. En el área habitada es muy sencillo hacer una revisión diaria (el monitoreo de los pellets pudiera empezarse aquí para tener experiencia de lo que se espera y poder planificar el experimento para áreas lejanas), pero en áreas remotas se dificultará, por lo que se debe planificar la manera de hacer los registros. Tal vez acampando unos días para los primeros registros diarios y, dependiendo de los cambios observados, regresar a los sitios a tomar notas una vez a la semana. La experiencia de los guardaparques del sitio ayudará mucho para tomar las decisiones correctas.

Resistencia del cebo CI-25 en el mar

Se realizarán dos sesiones de monitoreo en el mar. Cada sesión consistirá en colocar tres pellets de placebo en una jaula metálica (5 x 5 x 5 cm) a 1 m de profundidad y se revisarán periódicamente hasta su desintegración total. Las inmersiones de revisión se harán con equipos de buceo libre cada hora. En cada revisión se estimará la pérdida de volumen de los pellets y se registra el estado físico de los mismos con la intención de determinar el tiempo que éstos tardan en degradarse. Esta prueba es simplemente una prueba protocolaria ya que no tiene implicaciones significativas desde el punto de vista de las acciones de erradicación pues las medidas precautorias que se toman (uso de deflector) para no dispersar pellets al mar son altamente efectivas.

Evaluación del consumo general de cebo/placebo

La tasa de aplicación de cebo dependerá de las densidades de ratas presentes en la isla, considerando además otros factores como presencia de competidores importantes, como lo son, de manera particular, los cangrejos terrestres (los cuales, además de ser voraces y rápidos para consumir o “desaparecer” los pellets, pueden tener patrones de actividad tanto diurna como nocturna). Para poder medirla, se deberán realizar experimentos de tasa de consumo, los cuales consisten en la colocación aleatoria de parcelas circulares de 3 m de diámetro, dentro de las cuales se dispersarán al azar el número de pellets (con las mejores características físicas: enteros, no cuarteados) correspondientes a la tasa de aplicación que se quiere probar. Este número está en relación al área circular y será el correspondiente a la tasa que se quiera evaluar. Las parcelas circulares se delimitarán a partir de su centro y, con ayuda de un cordel se marcará la periferia, la cual podrá quedar establecida con banderas de plástico o estacas e hilo (Figura 14). Se sugiere la implementación de 10 parcelas de muestreo (no muy distantes entre sí), colocadas dentro de las parcelas para la estimación de la densidad de roedores o en las cercanías. Además de éstas, será conveniente instalar otras parcelas en áreas con diferentes tipos de hábitat donde se registre u observe alta abundancia de cangrejos con el fin de evaluar su efecto en el consumo diario de pellets. Un mínimo de 30 parcelas es recomendable, puesto que la intención es probar el consumo en diferentes sitios. Cada parcela deberá situarse en lugares desprovistos de vegetación, o bien, se deberá eliminar ésta de manera que los pellets queden visibles para poder encontrarlos y poder pesarlos (con balanza analítica) cada 24 horas hasta que desaparezcan. Si la búsqueda se hace de día, se debe poner mucha atención para encontrar y pesar todos los pellets, pero si la búsqueda se realiza de noche, se recomienda usar lámparas

de luz UV con la intención de aprovechar el brillo de los pellets debido al biomarcador fluorescente; esto ayudará a encontrar muy rápidamente cada pieza.

Entonces, todos los pellets dispersados inicialmente serán colectados, pesados y vueltos a dispersar cada 24 horas (a partir del momento de su dispersión "experimental") por espacio de cinco días (que es la duración estimada mínima que deben permanecer en el ambiente para estar disponibles para todas las ratas) o hasta que desaparezcan del medio. Pueden presentarse casos como en Half Moon Caye (Belice), donde para la segunda noche la disponibilidad del cebo cayó de 20 kg/ha a 1.77 kg/ha, y a 0 kg/ha para la tercera (Samaniego-Herrera *et al.* 2015b); esto debido a la acción de las ratas más la de los cangrejos terrestres (y en menor medida, otras especies consumidoras). Se deberá llevar registro de los pesos para realizar las correspondientes gráficas.



Figura 14. Parcelas de monitoreo para evaluación de consumo de placebo/cebo.

Manejo del proyecto

A continuación se indican algunas posiciones clave del personal a participar en la erradicación (Figura 15). Algunas de éstas pueden tomarse como sugerencia

ya que funcionaron de manera exitosa en los proyectos llevados a cabo en islas mexicanas (GECI 2015):

- Director general del proyecto. Responsable de la dirección general, incluyendo la planificación e implementación, y supervisa contratos y permisos.
- Asesor general del proyecto. Responsable de revisar planes y procedimientos durante la fase de planeación y proporciona información y asesoramiento al director del proyecto durante la fase de implementación. Su participación es muy importante al momento de tomar decisiones *in situ*, a la par del Director del proyecto, en el momento de la implementación del proyecto ya que proveerá experiencia técnica, guiará y tendrá responsabilidad para llevar a cabo actividades técnicas.
- Asesor del Área de Conservación. Es designado por el Director del Área de Conservación para que esté presente durante la operación y proporciona información en relación con el entorno (social y natural).

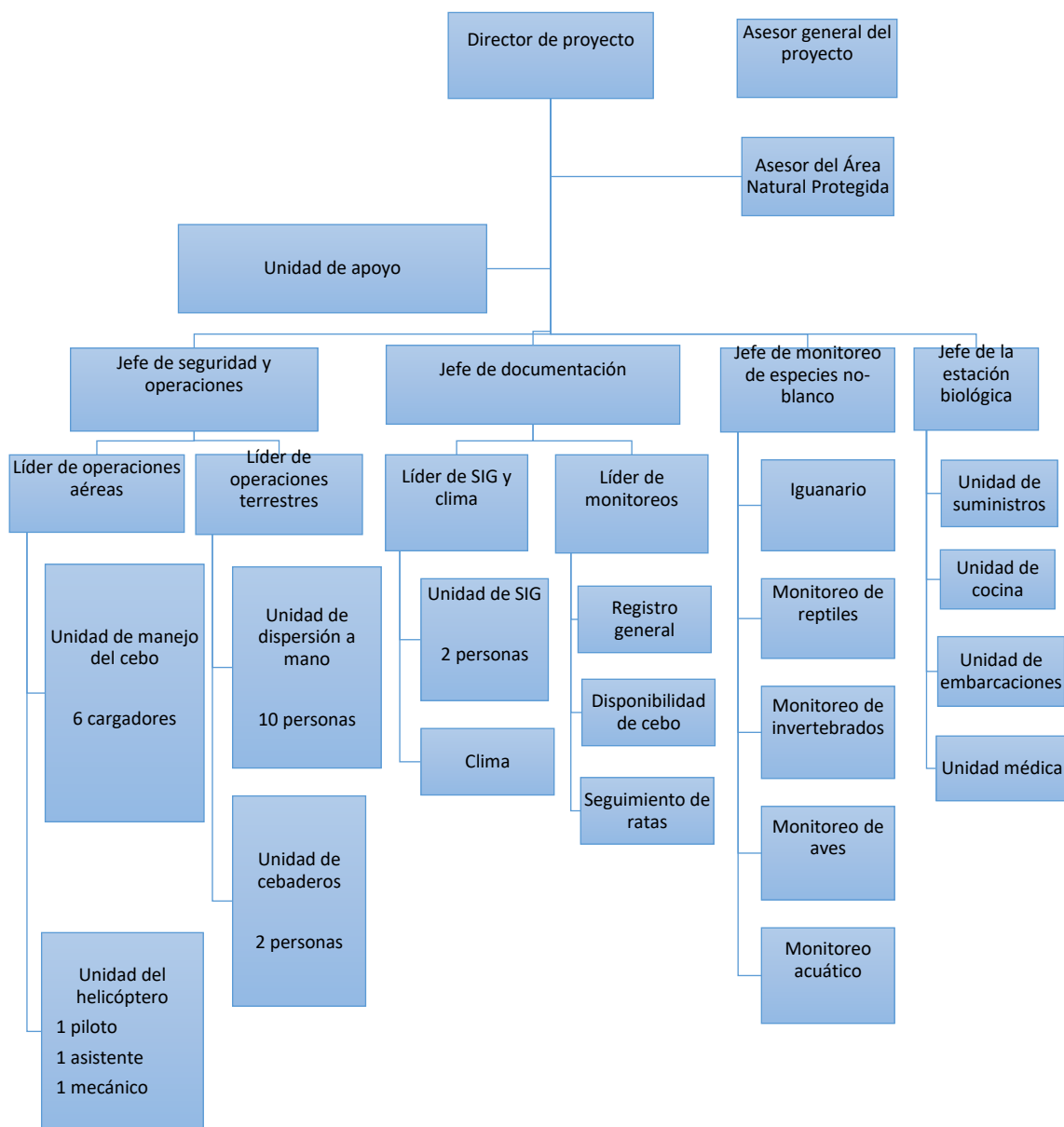


Figura 15. Ejemplo de organigrama para la implementación de la erradicación de ratas negras en Cayo Centro, Banco Chinchorro, México (2015).

Además de los anteriores, deberán designarse coordinadores y asistentes técnicos para desarrollar los siguientes cargos y funciones:

- Unidad de apoyo fuera de la isla. Estará a cargo de los envíos de suministros regulares de acuerdo al jefe de la estación y del director de

proyecto, así como de solucionar situaciones y encontrar alternativas desde continente en caso de eventualidades al momento de la implementación del proyecto.

- Jefe de seguridad y operaciones. Responsable de dirigir la aplicación del cebo y de asegurar que todos los procedimientos se lleven a cabo con seguridad. Este jefe es responsable tanto del líder de operación aérea como de la terrestre.
- Jefe de documentación. Responsable de asegurar que todo esté debidamente documentado.
- Jefe de monitoreo de especies no-blanco. Responsable de coordinar monitoreos y manejo de estas especies.
- Jefe de la estación biológica. Responsable de toda la logística para el buen funcionamiento de las instalaciones y servicios que usarán y necesitarán los participantes. Es de suma importancia ya que se asegurará de que todas las preparaciones pre-erradicación estén a tiempo para que el personal participante se enfoque únicamente en cuestiones técnicas.

Logística

Embalaje, envío y almacenamiento del cebo.

Se deberá conocer e identificar si existen restricciones, y de qué tipo, en la importación y uso del cebo sugerido, así como si se deberán tramitar permisos especiales para su uso.

Se sugiere investigar si existe algún fabricante regional del cebo particular, de lo contrario, debe darse por hecho que la compra del mismo deberá hacerse en los Estados Unidos (estado de Wisconsin), para lo cual se deberá planificar perfectamente el momento adecuado de la compra, ya que se deben tener en cuenta los tiempos de traslado y contratiempos que pudieran presentarse en el camino. De igual manera, es importantísimo el manejo correcto del cebo para mantener la palatabilidad y la calidad del mismo, por lo que se deberá encontrar la manera de transportar el cebo desde su lugar de fabricación hasta Costa Rica, y específicamente hasta el puerto de donde saldrá hacia la isla. La presentación y empaque de fábrica es la ideal para las maniobras de carga, pero deberá asegurarse que el producto mantenga las características físicas y de palatabilidad originales. Algunos puntos clave que se tienen que considerar son la manera de transportarlo a la isla (embarcación), manera de proteger los sacos de cebo para asegurar que se mantenga en buen estado y protegido de la acción de roedores, insectos y condiciones ambientales específicas en Costa

Rica, entre otros. En la isla se deberá encontrar la manera de transportar los sacos de cebo al sitio que servirá de base para la recarga del mismo en la cubeta dispersora al momento de hacer las dispersiones. Como referencia para esto último, pudieran tomarse en consideración lo que se ha llevado a cabo en proyectos en México: 1) uso de embarcación de dimensiones apropiadas para que sirva de plataforma de recarga de cebo (se usaría como helipuerto), 2) traslado del cebo, con helicóptero, al sitio de recarga específico en la isla que servirá de helipuerto.

Equipo

Helicóptero

Será necesario contratar los servicios de pilotos experimentados en trabajos de dispersión agrícola (idealmente deberán tener experiencia en dispersiones de cebos para proyectos de restauración ecológica), así como el helicóptero(s) adecuado(s). Lo anterior implica buscar el proveedor del servicio ya sea nacional o bien, regional. Una opción a considerar, con el consecuente costo de transportación de la aeronave y sus pilotos, es la contratación de los servicios de la compañía Aspen Helicopters Inc. (con sede en Oxnard, CA, USA) quienes han participado en varias erradicaciones de roedores en islas de Estados Unidos y México. Dicha compañía hace uso de un helicóptero Bell 206 (con capacidad de carga externa de > 500 kg), sus pilotos están altamente calificados y tienen una vasta experiencia en trabajos de dispersión de fertilizante y erradicaciones de roedores en islas.

La presencia de un helicóptero en el proyecto implica que deberán desarrollarse los protocolos de seguridad para evitar cualquier contratiempo y accidente relacionado al trabajo con este tipo de aeronaves. Además, se deberá conocer si se necesitan permisos especiales para el uso de helicópteros en este tipo de proyectos y solventar o esclarecer cualquier otro asunto relacionado al uso de aeronaves.

Cubeta dispersora

Para la dispersión del cebo en la isla se deberá conseguir una cubeta diseñada específicamente para la dispersión del cebo peletizado, la cual debe constar del deflector adecuado. GECI cuenta con la suya propia (con deflector incluido), la cual fue comprada nueva a Helicopters Otago, (Nueva Zelanda) quienes la diseñaron y construyeron específicamente para este fin. El peso de la cubeta vacía es de 128 kg y la capacidad máxima interna de cebo es de 319 kg. Ésta ha sido usada en todas las erradicaciones aéreas realizadas hasta ahora,

siempre con un excelente rendimiento y el mantenimiento adecuado antes y después de su utilización. La cubeta a utilizarse deberá ser correctamente calibrada para su uso específico en la isla. Dentro de la experiencia de GECI en cuanto a la calibración de la misma ha sido el trámite de una solicitud de permiso especial para poder hacer uso de una pista de aterrizaje en un aeropuerto local. Esto mismo pudiera tratar de conseguirse para este proyecto en particular, o bien, buscarse alguna alternativa de espacio plano suficiente para la correspondiente calibración.

Embarcaciones

Será necesario identificar qué tipo de embarcaciones se necesitarán para transportar el cebo, combustible, equipo y materiales, así como personal involucrado, y quiénes proveerán el servicio. Las embarcaciones deberán ser las adecuadas para transportar el cebo (el cual normalmente se maneja sobre plataformas de madera o pallets) y el combustible (que pudiera transportarse en tibores o tambores de 200 lts) de manera segura, así como con la capacidad adecuada para trasladar todo esto, más el material y equipo. Igualmente se debe resolver cómo se trasladará todo el personal que estará llevando a cabo las distintas acciones desde el inicio del proyecto hasta su fin. También serán necesarias embarcaciones menores para realizar los recorridos alrededor de la isla y de los islotes durante cada aplicación manual del cebo.

Es indispensable asegurar que estas embarcaciones estarán totalmente disponibles para todas las maniobras y traslados que se tendrán que hacer a lo largo de todo el proyecto. Los capitanes a cargo deberán estar familiarizados con el área y seguir los protocolos de seguridad correspondientes. Una acción fundamental a la hora de determinar los costos relacionados a este rubro (renta de embarcaciones, costo de combustibles) será el encontrar y contratar las embarcaciones ideales o más adecuadas, así como tratar de buscar apoyos con las vías e instituciones adecuadas.

En el caso del traslado de helicópteros, se deberá emplear una embarcación que cuente con helipuerto. Debido a que se están considerando dos helicópteros, esta embarcación tendría que realizar dos viajes a la isla, ya que es preferible pagar la pernocta de alguna de las aeronaves al costo del viaje redondo de una embarcación mayor. Es posible transportar uno de los helicópteros en la embarcación que llevaría el rodenticida a la isla.

Combustibles

Es necesario identificar la cantidad de cada uno de los combustibles (gasolina, turbosina) necesarios a lo largo del proyecto, para lo cual previamente deberá tenerse esclarecido el tipo de embarcaciones específicas que se usarán, las distancias y los tiempos de uso de cada una de ellas; a la vez de que es necesario también tener en claro los sitios de compra, los permisos particulares requeridos (en caso de ser esto necesario), así como encontrar la forma de transportarlos hacia la isla. Además de esto, será necesario saber cómo serán almacenados y cómo se transportarán al sitio que servirá de helipuerto en la isla, si es el caso.

Personal

Se deberá determinar el tipo de personal (y sus correspondientes tareas) necesario para la realización de cada una de las etapas del proyecto, mismo que deberá estar totalmente comprometido y motivado con el mismo. Éste deberá ser trasladado a la isla con el tiempo necesario para poner en marcha sus labores. Así mismo, los participantes deberán entender la importancia de seguir instrucciones y protocolos de trabajo (en este documento se proponen algunos, pero deberán revisarse y ajustarse para que sean específicos para las condiciones de la Isla del Coco). La logística de traslado, alimentación, hospedaje y demás, de todos y cada uno de los participantes, deberá considerarse con todo lo que esto implica, y se deberá tener perfectamente resuelta a tiempo.

A manera de ejemplo, en la erradicación de ratas negras en Cayo Centro, México (GECI 2015) participaron 28 personas, algunas de las cuales realizaron más de una función.

Salud y seguridad

Todas las personas involucradas deberán seguir las medidas de seguridad y usar el equipo de protección correspondientes a las labores que les sean asignadas (uso de overoles resistentes al fuego, guantes, chalecos fluorescentes, lentes de seguridad, mascarillas, etc.). Deberá haber equipos de emergencia y primeros auxilios disponibles y personal capacitado en su uso. Igualmente se deberá tener un plan de evacuación rápida en caso de algún accidente y se deberá saber actuar y conocer todos los pasos a seguir en caso de que algo así suceda. Para dicho plan de evacuación se debe encontrar el medio más indicado, ya sea una aeronave (helicóptero, hidroavión) o una

interceptora, así como considerar los correspondientes trámites y gastos derivados de la contratación o uso para la Isla del Coco.

Desmovilización

Dado cualquier contratiempo que pueda presentarse con el cebo, usualmente no se compra la cantidad exacta a utilizar, sino que es recomendable comprar un poco más por cualquier eventualidad que suceda. Por este motivo, es necesario saber qué hacer con el sobrante al momento de concluir con las dispersiones (una opción es incinerar los restos). Será necesario por lo tanto, identificar qué transporte lo llevará de regreso al continente y qué se hará con él (si se le dará un uso posterior, o si se desechará y cómo). No es lo común, pero en caso de querer conservarlo para un uso futuro, se deberá tener en consideración el sitio y condiciones de almacenamiento para mantenerlo funcional y en buen estado.

Así mismo, se deberá tener en claro la desmovilización de todo el equipo, material y personal que ya no será necesario que permanezca en la isla, y que por lo tanto dejará el sitio poco después de las dispersiones.

Observaciones y recomendaciones

Dado que la parte terrestre del Parque no es tan visitada por los turistas, cuyo objetivo principal es el buceo y actividades en el área marina circundante, no se considera estrictamente necesario cerrar la entrada al Parque durante la implementación de la operación de erradicación, sin embargo deberá prohibirse el desembarco a la isla por razones de seguridad. No obstante, se recomienda considerar esta opción si existen otras razones para preferir que no haya presencia de personas ajenas al proyecto.

Entre las prácticas no convenientes que se observó que hacen en el transporte de los alimentos desde el continente hasta la isla está el empaquetamiento o almacenaje en cajas de cartón. Este forma de transportar materiales es altamente riesgosa ya que las cajas de este material pueden ser medios para la introducción de especies exóticas de invertebrados o vertebrados (como pueden ser los pequeños reptiles tipo geckos). Es por esta razón que se exhorta a cambiar de medios de almacenaje y transporte de alimentos y víveres. Las cajas plásticas cerradas a prueba de roedores son una mejor forma de trasladar las cosas necesarias en la isla (Figura 16). Estas

recomendaciones son parte de cualquier Plan de Bioseguridad desarrollado para islas.

Importante investigar las condiciones legales para el uso, y en todo caso el registro, del cebo a utilizar. Hacer esto con el suficiente tiempo, considerando que muchas veces los trámites son muy tardados, en especial si existen restricciones al mismo.

Finalmente, es necesario mencionar que el presente plan de erradicación ha sido desarrollado considerando la experiencia de GECI en islas mexicanas, tratando de llevar esta experiencia y casos de éxito al PNIC, sin embargo, como se plasma en el documento, la erradicación de los roedores exóticos de esta isla implica una serie de grandes retos porque se presentan condiciones con las cuales no se ha trabajado anteriormente. Esto significa que existe la posibilidad de que este mismo plan sea modificado en algunas de sus partes con la intención de ajustarlo más a la realidad de la isla.

El presupuesto entregado, también ha sido desarrollado basándose en lo que de primera mano se planea o espera para este proyecto, pero de igual forma deberá considerarse que se presentarán ajustes. Por lo anterior, es muy recomendable que el presente plan sea revisado por otros expertos externos como medida necesaria y particularmente importante en proyectos complicados (Broome *et al.* 2014).



Figura 16. Caja a prueba de roedores.

Etapas Post-erradicación

Monitoreo de disponibilidad de cebo

La disponibilidad de cebo en el ambiente se deberá monitorear diariamente durante al menos siete días (empezando inmediatamente después de cada aplicación de cebo porque ayuda a confirmar en tierra lo registrado en vuelo) en las mismas parcelas instaladas para la evaluación del consumo general de placebo. Se seguirá la misma metodología que se hizo para probar la tasa de dispersión ya que está en consonancia con las recomendaciones internacionales (Pott *et al.* 2015). Estos datos nos asegurarán que todo lo inicialmente planeado va en orden y que el cebo en el medio está disponible en cantidad suficiente desde el primer momento.

Eficacia de la erradicación

En un escenario tal en el que no exista ninguna especie exótica (ej. cerdos), que impida el correcto funcionamiento de este método de evaluación, la instalación de una cuadrícula o grilla de bloques indicadores no tóxicos (hechos en moldes convencionales de aluminio con parafina y una mezcla de hojuelas de avena y crema de cacahuete, lo cual permite que con facilidad queden marcas de incisivos en caso de existir la presencia de roedores; Figura 17) cubriendo toda la isla sería una forma muy segura y probada, solamente teniendo el cuidado de colocar los bloques fuera del alcance de los cangrejos ya que éstos pueden destruirlos en cuestión de minutos. La probabilidad del éxito de la erradicación se estima usando un modelo de análisis espacial escrito en R (R Development Core Team 2011) que cuantifica la probabilidad de erradicación dada la no detección de roedores durante los muestreos usando los bloques indicadores (Samaniego-Herrera *et al.* 2013). En las islas mexicanas donde se han hecho erradicaciones de roedores, ésta es la manera más comúnmente usada para comprobar el éxito del proyecto. La distancia entre los bloques indicadores es variable; se usa un modelo matemático para poder decidir cuántos y cuánto tiempo estarán en funcionamiento. Sin embargo, la implementación de este método de verificación pudiera no ser posible en el PNIC debido al tamaño y topografía de la isla. Samaniego *et al.* (2013) mencionan que las limitaciones más obvias para la aplicación de este modelo es el tamaño de la isla y la accesibilidad. En Cayo Centro se instaló esta cuadrícula de bloques y, a pesar de que es una isla complicada físicamente y con riesgos por la presencia de cocodrilos en las lagunas interiores de la isla, las dimensiones son, por mucho, más manejables (539 ha).

Otra manera de evaluar la eficacia de la erradicación es apoyándose de las ratas con collares de telemetría. En las primeras erradicaciones de roedores hechas en México (islas San Pedro Mártir y Farallón de San Ignacio, Samaniego-Herrera *et al.* 2009a) ésta fue la manera de hacer una verificación inmediata; además de continuar con trampeos de verificación de ausencia cada tres meses, por dos años más (tiempo en el que se puede decir, de manera oficial, que una erradicación de roedores ha sido exitosa). El seguimiento de las ratas con collares podrá iniciarse justamente una semana antes de la primera dispersión de rodenticida con la finalidad de confirmar que los individuos se encuentran vivos. Este seguimiento se dará de forma continua, sin hacer pausa entre dispersiones, ya que se espera que con ayuda de los collares se detecte cese de movimiento (en algún momento entre la primera y segunda dispersión de rodenticida) de los individuos, lo que significará que éstos se encuentran afectados por el veneno. Al cabo del periodo esperado en el que todas las ratas debieran haber muerto, se podrá hacer dicha verificación buscando a los individuos en el punto donde marque la señal emitida por los collares. Éstos serán ubicados y colectados para hacer la necropsia correspondiente y así confirmar visualmente, en tracto digestivo (el biomarcador consumido se iluminará al utilizar la luz de lámparas UV), la causa de la muerte.



Figura 17. Bloque indicador no tóxico.

En dado caso de que los collares de radiotelemetría inicialmente colocados ya no fueran funcionales, es altamente recomendable que se compren e instalen nuevos collares ya que esta será una forma eficaz de validar, a muy corto plazo, que la erradicación fue exitosa.

Monitoreo del biomarcador

Pueden hacerse recorridos constantes a través de la isla durante 15 a 20 días posteriores a la primera dispersión para hacer observaciones y buscar cadáveres (con su correspondiente necropsia). Estos recorridos pueden ser oportunistas y combinados con otras actividades diurnas y nocturnas que se lleven a cabo en la isla. Al hacerlos, se facilitará la verificación y registro de las especies que consumieron, o no, el cebo. Para esto se revisarán individuos al azar de diferentes especies, o algún individuo que se pudiera encontrar muerto (con más probabilidad, ratas), con la intención de monitorear la acción del biomarcador añadido al cebo, el cuál dejará una marca "brillosa o luminosa" en el área bucal o anal de los individuos que lo consumieron. Dicho brillo se detectará al dirigir el haz de luz de las lámparas UV a las zonas corporales mencionadas. Se sugiere llevar consigo tela gruesa y oscura para cubrirse tanto el observador como el animal de forma tal que con luz de día se pueda observar el brillo del biomarcador.

Confirmación de ausencia de ratas

Por convención, el éxito de una erradicación de roedores se reconoce después de dos años de no encontrar evidencias de su presencia. Para comprobar la eficacia de las acciones en este sentido existen diferentes formas:

Una es con la instalación de la cuadrícula de bloques indicadores (arriba mencionada) cada cierto tiempo. Otra forma de confirmación es con la verificación de ausencia de ratas en trampas colocadas en diferentes partes de la isla, las cuales idealmente deberán ser trampas de captura viva para evitar daño de la fauna nativa. Para esto se podrán usar todos los transectos de 15 trampas que fueron instalados (en la etapa pre-erradicación) en distintas partes de la isla con la intención de incrementar el esfuerzo de captura de la rata café (más difícil de capturar y con abundancia aparentemente más baja que la rata negra), además se pueden instalar transectos extras o colocar trampas en los alrededores de las áreas habitadas que es donde existe

generalmente una alta abundancia de roedores. También pueden fabricarse y colocarse bloques indicadores (arriba mencionados) ya que éstos son muy económicos y fáciles de transportar, sólo deberá seguirse la indicación de dejarlos fuera del alcance de los cangrejos.

Este trampeo también es parte del programa de bioseguridad que se deberá implementar y llevar a cabo cada seis meses (o si existe alguna sospecha de presencia de roedores), el cual deberá enfocarse mucho en los alrededores de los asentamientos humanos. Esta verificación incluirá igualmente los cebaderos que se quedarán de forma permanente en la isla.

Recuperación de las especies nativas y del ecosistema

Después de la erradicación de los roedores exóticos se deberán seguir realizando los monitoreos de las especies nativas seleccionadas desde las etapas pre-erradicación para poder conocer las respuestas o cambios de éstas debido a la erradicación de las ratas, y así evaluar la recuperación de las mismas. Se deberán seguir los mismos protocolos de monitoreo llevados a cabo desde el inicio del proyecto.

Bioseguridad

La bioseguridad es crucial para que los beneficios de las acciones de manejo perduren a largo plazo. Se refiere a las políticas y medidas adoptadas para proteger los ecosistemas insulares de las especies invasoras (Russell *et al.* 2008). La bioseguridad se centra en la prevención de la introducción o reintroducción de roedores invasores (ratas y ratones).

Ya que la erradicación como tal representa un riesgo de bioseguridad potencial debido a que una cantidad significativa de embarcaciones (que pudieran venir directamente de continente sólo para apoyar este proyecto) estarán en contacto con la isla (Broome *et al.* 2014), será necesario que, como parte de las medidas de bioseguridad, se instalen y mantengan dispositivos (cebaderos con el mismo tipo de rodenticida utilizado en la erradicación, y trampas de golpe (o guillotina) cebadas con crema de cacahuete) en dichas embarcaciones para detener cualquier incursión de roedores.

Cebaderos, del mismo tipo a los que se usarán en la erradicación, se deberán colocar en los puertos y muelles desde donde partan las embarcaciones hacia la isla, así como en las embarcaciones mismas, áreas de desembarco, y algunos puntos clave en la isla (ej. bodegas, talleres, compostera), esto con el

fin de poder interceptar y detener a cualquier individuo que por accidente lograra transportarse del continente a la isla. Como parte de un protocolo de medidas de bioseguridad se deberán mantener estos dispositivos (con suficiente rodenticida) de forma permanente para evitar futuras reintroducciones. Para esto, los propietarios de las mismas deben entender el motivo de dichas acciones y colaborar para mantener la isla libre de especies exóticas invasoras.

Aunado a esto, se deberá desarrollar un programa de bioseguridad amplio y específico para la isla que incluya aspectos tales como vías de introducción, etapas de bioseguridad (prevención, detección temprana, respuesta rápida, toma de decisiones), preparación de respuesta, equipo, etc.

Cronograma

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Pre-erradicación							
Desarrollo del Plan de Bioseguridad							
Implementación del Plan de Bioseguridad							
Manejo de desechos y materiales de la isla							
Programas de concientización y sensibilización del proyecto							
Monitoreos línea base. Fauna nativa							
Monitoreos población blanco (estimación densidad, ámbito hogareño, etc.)							
Gestión de permisos para importación de cebo y placebo							
Compra de cebo y placebo para experimentos/traslado a la isla							
Experimentos de seguridad							
Evaluación de tasa de aplicación							
Planeación e Implementación de la erradicación							
Gestión de permisos y trámites de todo el proyecto							

Desarrollo del plan operativo															
Revisión externa del plan operativo															
Identificación de personal a participar															
Renta de oficina y bodega en puerto de embarque															
Búsqueda y renta de embarcaciones de diferentes tipos															
Compra de cebo/transportación desde origen															
Búsqueda y renta de helicóptero															
Compra de cubetas de dispersión															
Compra de equipo															
Calibración de cubeta dispersora															
Compra de combustibles															
Envío de cebo a isla															
Manejo de desechos y limpieza de materiales en zonas clave															
Transportación de helicóptero a isla															
Implementación y refuerzo de acciones de bioseguridad															
Transportación de personal a isla (monitoreos previos a dispersiones)															
Transportación de personal especializado en															

dispersiones															
Trabajo de campo previo a dispersiones															
Trampeo de ratas para experimentos y telemetría															
Monitoreo de condiciones físicas y biológicas en isla															
Verificación del plan de erradicación															
Acciones específicas de logística (circunnavegación de isla, etc.).															
Dispersiones de rodenticida															
Post-erradicación															
Monitoreo disponibilidad de cebo															
Monitoreo de especies no-blanco															
Monitoreo eficacia erradicación (telemetría, biomarcador)															
Monitoreo eficacia erradicación (cuadrícula de detección)															
Desmovilización parcial (helicóptero y algo de personal)															
Limpieza de campamentos después del uso															
Desmovilización final															
Monitoreo para evaluación de la recuperación de especies y ecosistema															

Presupuesto

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total USD
Etapas de Plan Operativo (24 meses)				
Desarrollo Plan de Bioseguridad	Plan	1	10,000	10,000
Salarios: Director de proyecto	Meses	24	3000	72,000
Salarios: Coordinador de proyecto	Meses	24	2400	57,600
Salarios: Biólogos de campo (3 X 2,000.00)	Meses	12	6000	72,000
Salarios: Técnicos de campo (2 X 1,500.00)	Meses	12	3000	36,000
Viaje para pruebas de campo	Viaje	4	15,000	60,000
Viaje para monitoreo roedores (4 años previos)	Viaje	8	15,000	120,000
Placebo para pruebas de campo y calibración helicóptero	Sacos	100	40	4,000
Compra de cebo CI-25 (90Kg x 2,400ha = 216,000 Kg). Se vende en sacos de 50 libras (22.70 Kg), resultando 216,000/22.70=9,515 sacos.	Sacos	9515	70	666,050
Cebo contingencia (20%)	Sacos	1903	70	133,210
Equipo de campo (Trampas, pinzas, guantes, pesolas, etc.)	Lote	1	10,000	10,000
Equipo electrónico (10 GPS, radios, laptops, etc.)	Lote	1	20,000	20,000
GPS Diferencial	Equipo	1	5,000	5,000
Equipo de primeros auxilios	Set	3	700	2,100
Equipo de campamento	Set	1	5,000	5,000
Equipo para el traslado de materiales	Set	1	3,000	3,000
Comida en isla (10pp x 30 días x 8 meses)	Persona-día	2400	15	36,000
Gestión de permisos e importación de cebo	Impuestos y Derechos	1	10,000	10,000
Traslado del cebo de Wisconsin a Costa Rica en contenedor (Cálculo aprox. de 1 contenedor se transportan 40 tarimas con 25 sacos c/u)	Contenedor	12	2,000	24,000
Material de sensibilización y educación ambiental: folletos, spot tv y radio, carteles, posters del proyecto, ¿video documental?	Lote	1	10,000	10,000
Subtotal etapa				1,355,960
Etapas de Implementación (4 meses)				
Salarios: Director de proyecto	Meses	4	3,000	12,000
Salarios: Coordinador de proyecto	Meses	4	2,400	9,600
Salarios: Biólogos (11)	Meses	4	22,000	88,000
Salarios: Técnicos (4)	Meses	4	6,000	24,000
Gastos de viaje: monitoreo	Viaje	4	10,000	40,000
Gastos de viaje: personal especialista para dispersión aérea	Viaje	1	20,000	20,000

Renta embarcación con angar y plataforma para cebo	Días	15	3000	45,000
Renta embarcación transporte personal+lanchas	Días	15	3,000	45,000
Renta lanchas dispersión manual	Días	15	500	7,500
Helicóptero + turbosina (1,400.00 USD por hora más turbosina)	Horas	200	1500	300,000
Cubeta de dispersión (compra)	Cubeta	2	25,000	50,000
Collares telemetría	Collar	50	180	9,000
Antena + receptor telemetría	Equipo	5	800	4,000
Estaciones de veneno	Pieza	100	20	2,000
Comida en isla (20pp x 30 días x 4 meses)	Persona-día	2400	15	36,000
Equipo de campo (trampas, etc.)	Lote	1	5,000	5,000
Equipo consumible y seguridad: overoles, desecadores, etc.	Lote	1	5,000	5,000
Subtotal etapa				702,100
Fondo de Contingencia (10%)				70,210
Total (por incluir contingencia)				772,310
Etapas de Confirmación (24 meses)				
Bioseguridad: implementación de medidas (trampas, estaciones de cebado), monitoreo, material y actividades informativas.	Año	2	12,000	24,000
Salarios: director de proyecto	Meses	12	3,000	36,000
Salarios: coordinador de proyecto	Meses	12	2400	28,800
Salarios: biólogos (3)	Meses	12	6,000	72,000
Monitoreos confirmación	Viaje	4	15,000	60,000
Comida en isla (6pp x 30 días x 4)	Persona-día	720	15	10,800
Subtotal etapa				231,600
			Total	2,359,870

Referencias

- Aguirre-Muñoz, A., A. Samaniego-Herrera, L. Luna-Mendoza, A. Ortiz-Alcaraz, M. Rodríguez-Malagón, F. Méndez-Sánchez, M. Félix-Lizárraga, J. C. Hernández-Montoya, R. González-Gómez, F. Torres-García, J. M. Barredo-Barberena y M. Latofski-Robles. 2011. Island restoration in Mexico: ecological outcomes after systematic eradications of invasive mammals. Pp. 250-258. En: C.R. Veitch, M.N. Clout y D.R. Towns (eds.), *Island Invasives: Eradication and Management*. IUCN, Gland, Switzerland, and The Centre for Biodiversity and Biosecurity, Auckland, New Zealand.
- Álvarez-Romero, J. y R. A. Medellín. 2005. *Rattus norvegicus*. Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto U020. México, D.F.
- Álvarez-Romero, J. y R. A. Medellín. 2005. *Rattus rattus*. Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto U020. México. D.F.
- Armitage, D. 2004. "Rattus norvegicus" (On-line). Animal Diversity Web at http://animaldiversity.org/accounts/Rattus_norvegicus/
- Atkinson, I. A. E. y T. J. Atkinson. 2000. Land vertebrates as invasive species on islands served by the South Pacific Regional Environment Programme. In: A technical review and draft regional strategy. South Pacific Regional Environment Programme. New Zeland. 190p.
- Baillie, J. E. M., C. Hitlon-Taylor y S. N. Stuart (eds.). 2004. IUCN Red List of threatened species. A global species assessment. IUCN. Gland Switzerland and Cambridge, xxiv + 191 pp.
- Booth, L. H., C. T. Eason y E. B. Spurr. 2001. Literature review of acute toxicity and persistence of brodifacoum to invertebrates. *Science for Conservation* 177: 1-9.
- Buckland, S. T., D. R. Anderson, K. P. Burnham y J. L. Laake. 1993. *Distance sampling: estimating abundance of biological populations*. Chapman and Hall, London. 446 pp.

- Calderón, G. 2003. Zoonosis transmitidas por roedores. Pp: 47-56. En: Manual de control de roedores en municipios. Serie Enfermedades transmisibles. Publicación monográfica 4. Departamento de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Río Cuarto, Grupo de Investigación en Ecología de Poblaciones (GIEP); Instituto Nacional de Enfermedades Virales Humanas (INEVH) y Fundación Mundo Sano. Río Cuarto, Argentina.
- Chinchilla, M., A. Castro, L. Reyes, O. Guerrero, O. Calderón-Arguedas y A. Troyo. 2006. Enfermedad de Chagas en Costa Rica: Estudio comparativo en dos épocas diferentes. *Parasitología Latinoamericana* 61: 138-145.
- Díaz, G., V. Montalvo, E. Carrillo y F. Bermúdez. 2009. Desarrollo de una estrategia de monitoreo de especies de mamíferos exóticos invasores en el Parque Nacional Isla del Coco. Informe Técnico. GEF/PNUD Onca Natural. 116 p.
- Díaz, G., E. Carrillo y F. Bermúdez. 2010. Levantamiento de información de línea base para el monitoreo de especies endémicas y especies exóticas en la Isla del Coco. Informe Técnico al Fondo Francés para el Medioambiente Mundial. Onca Natural. 121 p.
- Eason, C. T. y E. B. Spurr. 1995. Review of the toxicity and impacts of brodifacoum on non-target wildlife in New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology*, 22: 371-379.
- FAICO (Fundación Amigos de la Isla del Coco). 2012. Situación actual del conocimiento sobre las especies exóticas invasoras en el Parque Nacional Isla del Coco.
- Fishel, F. 2015. Pesticide Toxicity Profile: Miscellaneous Rodenticides. University of Florida. IFAS Extension.
- García, M. A., C. E. Diez y A. O. Álvarez. 2002. The eradication of *Rattus rattus* from Monito Island, West Indies. En: Veitch C. R. and M. N., Clout. Turning the tide: the eradication of invasive species. IUCN SSC Invasive Species Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, U. K.
- GECI. 2007. Restauración Ecológica de las islas San Pedro Mártir y Farallón de San Ignacio, Golfo de Californai, México. Reporte Técnico. 37 pp.

- GECI. 2008. Monitoreo de fauna nativa e introducida en el Parque Nacional Isla Isabel. Reporte Anual de Actividades 2008. Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A. C. Ensenada, B. C. México. 36 pp.
- GECI. 2015. Erradicación de ratas en Cayo Centro, Banco Chinchorro, Caribe mexicano: Plan operativo. Informe técnico. Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A. C. Ensenada, B. C. México. 78 pp.
- Gillespie, H. 2004. "Rattus rattus" (On-line). Animal Diversity Web at http://animaldiversity.org/accounts/Rattus_rattus/
- Gómez-Serrano, J. R. 2007. Estudio denso-poblacional de los roedores introducidos y su impacto sobre la fauna nativa en la isla del Coco, Costa Rica.
- Gurnell, J., P. Lurz. y H. Pepper. 2001. Practical Techniques for Surveying and Monitoring Squirrels. Forestry Comission. 12 pp.
- Harris, D. B. 2009. Review of negative effects of introduced rodents on small mammals on islands. Biological Invasions 11: 1611-1630.
- Howald, G., C. J. Donlan, J. P. Galván, J. C. Russell, J. Parkes, A. Samaniego, Y. Wang, D. Veitch, P. Genovesi, M. Pascal, A. Saunders and B. Tershy. 2007. Invasive rodent eradication on islands. Conservation Biology 21: 1258-1268.
- Howald, G., A. Samaniego, S. Buckelew, P. McClelland, B. Keitt, A. Wegmann, W. C. Pitt, D. S. Vice, E. Campbell, K. Swift, S. Barclay. 2004. Palmyra Atoll rat eradication assessment trip report. Unpubl. Report, Island Conservation, USA.
- ICEG. 2000. Anacapa Island Restoration Project. Year I Report. Island Conservation and Ecology Group. Unpublished report. ICEG.
- Isasi Catalá, E. 2011. Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de la conservación. Interciencia 36(1): 31-38.
- Keitt, B., R. Griffiths, S. Boudjelas, K. Broome, S. Cranwell, J. Millett, W. Pitt, A. Samaniego-Herrera. 2015. Best practice guidelines for rat eradication on tropical islands. Biological Conservation 185: 17-26.

- Loehle, C. y W. Eschenbach. 2011. Historical birds and terrestrial mammal extinction rates and causes. *Diversity and Distributions* 1-8.
- Lowe S., Browne M., Boudjelas S., De Poorter M. 2004. 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database. Publicado por el Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), un grupo especialista de la Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), 12pp. Primera edición, en inglés, sacada junto con el número 12 de la revista *Aliens*, Diciembre 2000. Versión traducida y actualizada: Noviembre 2004.
- Merton, D., G. Climo, V. Laboudalon, S. Robert and C. Mander. 2000. Alien mammal eradication and quarantine on inhabited islands in the Seychelles. Pp. 182-198 En: C.R. Veitch, M.N. Clout y D.R. Towns (eds.), *Island Invasives: Eradication and Management*. IUCN, Gland, Switzerland, and The Centre for Biodiversity and Biosecurity, Auckland, New Zealand.
- Meyer, J.Y. y J.F. Boutaud. 2009. The impacts of rats on the endangered native flora of French Polynesia (Pacific Islands): drivers of plant extinction or coup de grace species? *Biological Invasions* 11: 1569-1585.
- Montoya, M. 2008. Aves marinas de la Isla del Coco, Costa Rica y su conservación. *Revista Biología Tropical* 56(2): 133-149.
- Montoya, M. 2009. Biocurso de la Isla del Coco. "Un tesoro por descubrir". Organización para Estudios Tropicales. Programa Biocursos. 192 pp.
- Moors, P.J., I.A.E. Atkinson y G.H. Sherley. 1992. Reducing the rat threat to islands birds. *Bird Conservation International* 2: 93-114.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. da Fonseca y J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Orias-Hidalgo, N. 2012. Análisis de la dieta de ratas (*Rattus rattus* y *R. norvegicus*) y gatos (*Felis catus*) introducidos y estimación poblacional de tres especies de aves endémicas en el Parque Nacional Isla del coco y su relación con las aves endémicas. Tesis sometida a consideración del Tribunal Examinador de Postgrado de la Universidad Nacional para optar al título de Magister Scientiae en Conservación y Manejo de Vida Silvestre. Universidad nacional de Estudios de Posgrado. Instituto

- Internacional en Conservación y Manejo de Vida Silvestre. Heredia, Costa Rica. 142 p.
- Pain, D.J., M.D. Brooke, J.K. Finnie y A. Jackson. 2000. Effects of brodifacoum on the land crabs of Ascension Island. *Journal of Wildlife Management* 64: 380-387.
- Parkes, J., P. Fisher y G. Frester. 2011. Diagnosing the cause of failure to eradicate introduced rodents on islands: brodifacoum versus diphacinone and methods of bait delivery. *Conservation Evidence* 8: 100-106.
- Pascal, M., F. Siorat, O. Lorvelec, P. Yésou and D. Simberloff. 2005. A pleasing consequence of Norway rat eradication: two shrew species recover. *Diversity and Distributions* 11: 193-198.
- Pérez Carbajal, M. y K. A. Fagerstrom. 2017. Epidemiology of Leptospirosis in Costa Rica 2011-2015. *Current Tropical Medicine Reports* 4: 41-46.
- Perger, R., R. Vargas y A. Wall. 2011. *Johngarthia cocoensis*, a new species of Gecarcinidae MacLeay, 1838 (Crustacea, Decapoda, Brachyura) from Cocos Island, Costa Rica. *Zootaxa* 2911: 57-68.
- Pott, M., A. Wegmann, R. Griffith, A. Samaniego-Herrera, R. Cuthbert, M. Brooke, W. Pitt, A. Berentsen, N. Holmes, G. Howald, K. Ramos-Rendon and J. C. Russell. 2015. Improving the odds: Assessing bait availability before rodent eradications to aid in selecting bait application rates. USDA National Wildlife Research Center-Staff Publications. 1665.
- Puerta, H., C. Cantillo, J. Mills, B. Hjelle, J. Salazar-Bravo, S. Mattar. 2006. Hantavirus del Nuevo Mundo Ecología y Epidemiología de un virus emergente en Latinoamérica. *MEDICINA* 66: 343-356.
- Quintero Vélez, J. C., M. Hidalgo y J. D. Rodas González. 2012. Rickettsiosis, una enfermedad letal emergente y re-emergente en Colombia. *Universitas Scietiarum* 17(1): 82-99.
- Quirós-Badilla, E. y E. J. Alfaro. 2009. Algunos aspectos relacionados con la variabilidad climática en la Isla del Coco, Costa Rica. *Revista de Climatología* 9:33-44.
- Ramos Rendón, A.K., F.A. Méndez Sánchez, A. Cárdenas Tapia, M.E. Duarte Méndez, Y.R. Bedolla Guzmán, A. Samaniego Herrera, A. Aguirre Muñoz, I.B. Córdova Rojas. 2015. Erradicación del ratón introducido (*Peromyscus*

- eremicus cedrocensis) y control de zacate Buffel (*Cenchrus ciliare*) y malezas de Isla San Benito Oeste. Reporte técnico final de actividades Noviembre 2012 - Diciembre de 2014. Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C. Ensenada, B.C. 10 pp + 3 Anexos.
- Reaser, J. K., L. A. Meyerson, Q. Cronk, M. De Poorter, L. G. Eldrege, E. Greene, M. Kairo, P. Latasi, R. N. Mack, J. Mauremootoo, D. O'Dowd, W. Orapa, S. Sastroutomo, A. Saunders, C. Shine, S. Thrainsson, y L. Vaiutu. 2007. Ecological and socioeconomic impacts of invasive alien species in islands ecosystems. *Environmental Conservation* 34(2):98-111.
- Rojas-Mayoral. E., A. Samaniego-Herrera, F. Méndez-Sánchez, B. Rojas-Mayoral and A. Aguirre-Muñoz. 2017. Improving the efficiency of aerial rodent eradications: The ad hoc development of NERD, an original mathematically founded implementation. En revision.
- Russell, J.C., D.R. Towns y M.N. Clout. 2008. Review of rat invasion biology: Implications for island biosecurity. *Science for Conservation* 286:1-53.
- Samaniego-Herrera, A. A. Aguirre-Muñoz, G. R. Howald, M. Félix-Lizárraga, J. Valdéz-Villavicencio, R. González-Gómez, F. Mendez-Sánchez, F. Torres-García, M. Rodríguez-Malagón y B.R. Tershy. 2009a. Eradication of black rats from Farallón de San Ignacio and San Pedro Mártir islands, Gulf of California, Mexico. En: Damiani, C. C. and D. K. Garcelon (eds.). *Proceedings of the seventh California island symposium*, pp. 337-347. Institute for Wildlife Studies, Arcata, CA.
- Samaniego-Herrera, A., M. Rodríguez-Malagón, A. Aguirre-Muñoz, R. González-Gómez, F. Torres-García, M. Latofski-Robles, F. Mendez-Sánchez, N. Silva-Estudillo y E. Soqui-Gómez. 2009b. Erradicación de rata negra y plantas introducidas en isla Isabel, México. Reporte de Actividades: abril 2008 – enero 2009. Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A. C. Ensenada, Baja California, México. 30 pp.
- Samaniego Herrera, A., M. Rodríguez Malagón, A. Aguirre Muñoz, R. González Gómez, F. Torres García, M. Latofski Robles, F. Mendez Sánchez, E. Soqui Gómez y N. Silva Estudillo. 2009c. Erradicación de rata negra en isla Isabel, México. Reporte Técnico. Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A. C. Ensenada, B. C., México. 30 pp. + 2 Anexos.

- Samaniego- Herrera, A., D. P. Anderson, J. P. Parkes and A. Aguirre- Muñoz. 2013. Rapid assessment of rat eradication after aerial baiting. *Journal of Applied Ecology* 50:1415-1421.
- Samaniego-Herrera, A., A. Aguirre-Muñoz, F. Méndez-Sánchez, E. Rojas-Mayoral and A. Cárdenas-Tapia. 2015a. Pushing the boundaries of rodent eradications on tropical islands: Ship Rat eradication on Cayo Centro, Banco Chinchorro, Mexico. 27th International Congress for Conservation Biology. Montpellier, France, 2-6 August 2015.
- Samaniego-Herrera, A., F. Torres-García and A. Aguirre-Muñoz. 2015b. Half Moon Caye Ship Rat Eradication: Feasibility Study Report. Technical Report to Belize Audubon Society. Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A. C. Ensenada, B.C., Mexico. 40 pp.
- Samaniego-Herrera, A., A. Aguirre-Muñoz, Y. Y. Bedolla-Guzmán, A. Cárdenas-Tapia, M. Félix-Lizárraga, F. Méndez-Sánchez, O. Reina-Ponce, E. Rojas-Mayoral and F. Torres-García. 2017. Eradicating invasive rodents from wet and dry tropical islands in Mexico. *Oryx*: 1-12.
- Taylor, R.H., G.W. Kaiser y M.C. Drever. 2000. Eradication on Norway rats for recovery of seabirds habitat on Langara Island, British Columbia. *Restoration Ecology* 8(2): 151-160.
- Towns, D.R., I.A.E. Atkinson y C.H. Daugherty. 2006. Have the harmful effects of introduced rats on islands been exaggerated? *Biological Invasions* 8: 863-891.
- Towns, D.R.; D.A. Wardle, C.P.H. Mulder, G.W. Yeates, B.M. Fitzgerald, G. Parrish, P. Bellingham y K. I. Bonner. 2009. Predation of seabirds by invasive rats: multiple indirect consequences for invertebrate communities. *Oikos* 118: 420-430.
- Trusty, J.L., H.C. Kesler y G.H. Delgado. 2006. Vascular flora of Isla del Coco, Costa Rica. *Proceedings of the California Academy of Sciences* 57(7): 247-355.
- Tye, A., B. Cooke, N. MacDonald, M. Pascal y C. Sierra. 2004. Una estrategia para el manejo de especies introducidas en la Isla del Coco, Costa Rica; incluye un plan para la erradicación de seis especies de mamíferos. Informe de la misión a Costa Rica e Isla del Coco, 8-19 de marzo 2004. ACMIC. 75 p.

- Wegmann, A., E. Flint, S. White, M. Fox, G. Howald, P. McClelland, A. Alifano y R. Griffiths. 2012. Pushing the Envelope in Paradise: A Novel Approach to Rat Eradication at Palmyra Atoll. In: Twenty fifth vertebrate pest conference. University of California, Davis, California, USA. Pp. 48-53.
- Wegmann, A., J. Helm, B. Jacobs, A. Samaniego, W. Smith, D. Drake, R. Fisher, S. Hathaway, A. Henry, J. Smith, M. McKown. 2009. Palmyra Atoll Rat Eradication: Biomarker Validation of an Effective Bait Application Rate, 19 June to 5 July, 2008. Technical Field Report. Island Conservation, Santa Cruz, California.
- Wegmann, A. 2008. Land crab interference with eradication projects: Phase I-compendium of available information. Pacific Invasive Initiative, The University of Auckland, New Zealand. 30 pp.

CONCLUSIONES

- La erradicación de especies de mamíferos exóticos en isla del Coco es factible, ya que existe la tecnología para llevar a cabo el proyecto para cada una de las especies presentes.
- Es de vital importancia contar con un arreglo interinstitucional, debido a que el clima político del país puede cambiar de un momento a otro.
- Aún cuando la educación ambiental es de suma importancia para convencer a la sociedad sobre la necesidad de los proyectos de restauración, se debe evaluar la pertinencia de avisar a la comunidad en general sobre los métodos a emplear.
- Se requiere contar con el financiamiento completo para cada uno de los proyectos de erradicación (por especie).
- La erradicación de cerdos y venados serviría para abonar a la experiencia, confianza y comenzar a cumplir con los compromisos internacionales adquiridos por Costa Rica frente a la nominación de la Isla del Coco.
- A medida que se avanza en las erradicaciones, los presupuestos disminuyen por la adquisición previa de varios de los equipos.
- Las erradicaciones de cerdos, venados y gatos requieren constancia de los métodos, mientras que la erradicación de roedores es un proyecto de precisión.
- Para la planeación de ratas en Isla del Coco se requiere llevar a cabo una serie de experimentos y estudios para confirmar la pertinencia del uso de veneno en la isla.
- Las condiciones medioambientales de la isla, particularmente el clima y la lejanía (logística), juegan papeles importantes en la puesta en marcha de cualquier proyecto de restauración.

ANEXOS

Anexo 1. Propuestas de plan de comunicación y de protocolos de seguridad.

El siguiente plan de comunicación y los protocolos de seguridad fueron tomados del proyecto de erradicación de ratas negras en la Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro (Cayo Centro), México (GECI 2015). Se muestran aquí a manera de ejemplo y/o propuesta de trabajo.

Plan de comunicación

La comunicación entre todas las partes será por medio de radios VHF, internet satelital y servicio de teléfono satelital. El personal será informado sobre los planes y protocolos poco después de su llegada a la isla.

- Radios VHF

Todas las radios VHF son ICOM [™] IC – M36 transmisores-receptores marinos, los cuales son resistentes a los golpes y a la humedad. Un total de 15 radios VHF estarán disponibles para la operación de erradicación. Las comunicaciones por radio se transmitirán a través de un solo canal el cual será asignado en el sitio. La radiocomunicación estará disponible arriba y abajo de toda la cadena de mando, aunque se aplicará un esquema de prioridad.

Cualquier procedimiento de emergencia tendrá prioridad inmediata y debe ser transmitido a través del canal 16 (Frecuencia Internacional de auxilio).

Principales recomendaciones:

1. Ser específico en lo que se está transmitiendo.
2. Ser claro y detallado en cada instrucción (*dónde, qué, a quién y cuándo*).
3. Utilizar un tono de voz claro y evitar hablar demasiado rápido o demasiado despacio.
4. Priorizar y no hacer uso de la radio para fines vanos.

5. Permitir pausas entre mensajes.

Antes de iniciar una transmisión, permitir que el corresponsal le deje saber que la segunda parte está lista para recibir su mensaje. Al principio de la transmisión, mencione su identidad y espere a que la otra persona responda. Entonces, claramente diga su mensaje y espere a que la segunda parte la repita. Finalmente, confirme que la instrucción correcta fue dada y termine la transmisión.

- Servicio de internet satelital

El internet satelital está disponible en la estación de campo. Su uso se limitará solamente a asuntos relativos a la operación de erradicación. El servicio de internet es suministrado por un proveedor local de internet satelital. La calidad del servicio de internet puede variar dependiendo de las condiciones meteorológicas. La comunicación de emergencia no debe ser realizada por este medio.

- Teléfono satelital

Dos teléfonos satelitales estarán disponibles en lugares específicos para situaciones de emergencia o en caso de que el servicio de internet falle.

Protocolos de seguridad del helicóptero

El personal será informado sobre los planes y protocolos poco después de su llegada a la isla.

- El contacto con las aspas mientras están en funcionamiento puede resultar en un accidente fatal. Trabajar cerca de un helicóptero operando requiere medidas de seguridad que deben seguirse.
- Poner atención en todo momento en un helicóptero que esté operando.
- Seguir las instrucciones del piloto durante el despegue, aterrizaje y carga.
- El área de aterrizaje debe mantenerse libre de cualquier obstáculo dentro de una área total de 900m².

- Una persona designada se asegurará de que las condiciones de seguridad sean seguidas y que solamente se aproxime personal autorizado.
- No se acerque ni permanezca cerca del helicóptero cuando no sea necesario.
- Cuando se aproxime al helicóptero durante la carga de cebo, siempre mantenga una postura curvada y que sea tan rápido como sea posible. Tenga cuidado. **Nunca** se acerque a la parte trasera del helicóptero.
- Nunca levante los brazos hacia arriba, especialmente mientras se acerca a la cabina.
- Cuando la zona de aterrizaje es irregular, se recomienda acceder a la cabina por los lados del helicóptero.
- Todo el personal que trabaje cerca de la zona de aterrizaje debe usar lentes de seguridad. Casco, overoles de trabajo y chaleco fluorescente de seguridad también son obligatorios.
- Durante el funcionamiento de las aspas, todos los objetos propensos a ser arrojados cerca del helicóptero por la fuerza del viento deben retirarse o ser asegurados. Durante el despegue, el personal debe ser consciente de que el viento tiende a empujar el helicóptero de maneras inesperadas.
- No intente tocar las aspas, incluso si no están en movimiento.
- Siempre mantenga buena comunicación con el líder de las operaciones aéreas.

Protocolo de seguridad de los campamentos

El personal le informará sobre los planes y protocolos poco después de su llegada a la isla.

- Como la estación de campo no será suficiente para dar cabida a todo el personal durante el momento de más ocupación, ~ 6 personas acamparán cerca de la estación sólo para dormir. Las instalaciones de la cocina y el baño estarán disponibles para todo el personal.

- Trabajo en equipo, amabilidad y actitud de ayuda permitirá estar más seguros y más alegres en los largos períodos de trabajo.
- La limpieza y la eliminación adecuada de todos los residuos es un aspecto fundamental. Todos los utensilios de comida deben lavarse adecuadamente, secarse y luego ser correctamente almacenados en recipientes de plástico a prueba de ratas.
- Ninguna comida se mantendrá en las tiendas de acampar.
- Las tiendas de acampar deben mantenerse cerradas en todo momento para evitar la incursión de roedores o insectos.
- Los suministros de agua son limitados, así que deben evitarse los desperdicios.
- Las fosas sépticas aceptan **SOLAMENTE productos biodegradables**. Utilice únicamente los productos de limpieza disponibles en las instalaciones de cocina y baño. Asegúrese de que todos sus artículos de aseo personal (bloqueador solar, pasta de dientes) sean biodegradables.
- Los botiquines de primeros auxilios estarán disponibles en sitios específicos, al alcance de todo el personal en todo momento.

Protocolo de seguridad de trabajo de campo

Cualquier actividad lejos de la estación de campo será siempre realizada por un equipo de al menos dos personas, las cuales deben llevar un radio VHF y deben reportar a la estación: tiempos de salida y llegada, ruta, medio de transporte y actividad.

- Todo el personal que realice actividades fuera de la estación de campo debe llevar una linterna, incluso si planean regresar durante el día, como medida de precaución.
- La gente no debe llevar más peso del que puede transportar cómodamente.
- Agua y soluciones isotónicas deben ser siempre cargadas por los equipos de campo mientras trabajan.

- Debe evitarse la exposición al sol por largos períodos. Se recomienda enfáticamente el uso de sombreros y protector solar.
- En el caso de sentirse mareado, débil o incapaz de trabajar, informar a su equipo y discutir la situación. Éstos son a menudo síntomas de insolación, los cuales deben ser tratados bebiendo mucha agua, quitando cualquier ropa ajustada o innecesaria y refrescando el cuerpo con una toalla mojada.
- Cada equipo debe llevar un GPS y baterías adicionales. Aún si la ubicación le es familiar, la fatiga y la insolación pueden desorientar.
- Se debe mantener comunicación frecuente por radio para asegurar que todos los equipos están seguros y trabajando según lo planeado, o que las razones de cualquier retraso sean conocidas.
- El trabajo nocturno sólo será autorizado en ciertas áreas y para ciertas personas.
- Nadar durante el día está autorizado sólo en ciertas áreas y solamente en grupos. Las horas de salida y de llegada deben notificarse a la estación.
- Está prohibido nadar de noche en cualquier lugar de la isla