

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

**Efectividad de las campañas de control de roedores en colonias de
anidación de petrel de Galápagos (*Pterodroma phaeopygia*) en
Media Luna, Isla Santa Cruz, Galápagos.**

Katherine Lizeth Mullo Andagua

Gestión Ambiental

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Licenciado en Gestión Ambiental

Puerto Baquerizo Moreno, 21 de abril de 2022

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Efectividad de las campañas de control de roedores en colonias de
anidación de petrel de Galápagos (*Pterodroma phaeopygia*) en Media Luna,
Isla Santa Cruz, Galápagos.**

Katherine Lizeth Mullo Andagua

Marjorie Riofrío Lazo, PhD

Puerto Baquerizo Moreno, 21 de abril de 2022

©DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos:	Katherine Lizeth Mullo Andagua
Código:	00207630
Cédula de identidad:	0503875056
Lugar y fecha:	Puerto Baquerizo Moreno, 21 de abril de 2022

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017). Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017). Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

Los roedores introducidos como *Rattus sp.* y *Mus musculus* son una amenaza para especies nativas y endémicas en islas oceánicas. Este es el caso del petrel de Galápagos, cuya constante depredación de huevos, pichones y en algunas ocasiones, de adultos por parte de estos roedores resultan en poblaciones poco estables. El propósito de este proyecto es determinar si la nueva metodología para control de roedores realizado por la Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG) desde 2016 ha contribuido a reducir las poblaciones de roedores, y por lo tanto, a mantener el éxito reproductivo del petrel de Galápagos en el sector Media Luna, Isla Santa Cruz. La Colonia El Mirador fue seleccionada por contar con el mayor número de nidos monitoreados y área de extensión. La información parte de informes de campo, fichas de control y datos no publicados por la DPNG desde 2016 al 2021. El mayor número de nidos activos ($n = 110$) se registró en 2017, 2018 y 2020, y no varió estadísticamente entre años ($p > 0.05$). El promedio (\pm desviación estándar) de pichones nacidos de 2016 a 2021 fue de 50.667 ± 23.602 , con pico de nacimientos en octubre. Esto indica que su éxito reproductivo se mantiene estable. La lechuza fue el mayor depredador del petrel (48%), seguido por roedores (28%) y depredadores no determinados (22%). El esfuerzo de captura fue diferente entre años ($p < 0.05$), siendo más intenso en 2017 y 2018 y constante en 2020 y 2021. El éxito de captura presentó valores por debajo de 3.5% dentro del límite tolerable de infestación en la zona. Se encontró una relación negativa moderada y significativa ($r = -0.49$, $p < 0.001$) entre el esfuerzo y éxito de captura, que sugiere que la metodología implementada por la DPNG mantiene controladas las poblaciones de roedores en la zona. No obstante, los esfuerzos de control de estas especies invasoras no se deben reducir ni suspender.

Palabras clave: control de roedores, colonias de anidación, éxito reproductivo, petrel de Galápagos, Islas Galápagos, esfuerzo y éxito de captura.

ABSTRACT

Introduced rodents such as *Rattus sp.* and *Mus musculus* are a threat to native and endemic species on oceanic islands. This is the case of the Galapagos petrel, whose constant predation of eggs, chicks and sometimes adults by these rodents results in unstable populations. The purpose of this project is to determine whether the new methodology for rodent control implemented by the Galapagos National Park Directorate (DPNG) since 2016 has contributed to reducing rodent populations and, therefore, to maintaining the reproductive success of the Galapagos petrel in the Media Luna sector, Santa Cruz Island. The El Mirador Colony was selected because it has the highest number of monitored nests and the largest area. Information is based on field reports, monitoring sheets and unpublished data by the DPNG from 2016 to 2021. The highest number of active nests ($n = 110$) was recorded in 2017, 2018 and 2020 and did not vary statistically between years ($p > 0.05$). The mean (\pm standard deviation) number of chicks hatched from 2016 to 2021 was $50,667 \pm 23,602$, with peak hatchings in October. This indicates that their reproductive success remains stable. The owl was the major predator of the petrel (48%), followed by rodents (28%) and undetermined predators (22%). The capture effort differed between years ($p < 0.05$), being more intense in 2017 and 2018 and constant in 2020 and 2021. The capture success presented values below 3.5%, within the tolerable limit of infestation in the zone. A moderate and significant negative relationship ($r = -0.49$, $p < 0.001$) was found between effort and capture success, which suggests that the methodology implemented by the DPNG maintains controlled rodent populations in the area. However, the control efforts of these invasive species should not be reduced or discontinued.

Key words: rodent control, nesting colonies, reproductive success, Galapagos petrel, Galapagos Islands, capture effort and success.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	4
Abstract.....	5
1. Introducción	10
2. Antecedentes	12
3. Justificación	14
4. Objetivos	15
4.1. Objetivo general.....	15
4.2. Objetivo específico:	15
5. Métodos	16
5.1. Área de estudio.....	16
5.2. Colecta de datos.....	17
5.3. Análisis de datos.....	17
5.4. Software utilizado	19
6. Resultados.....	20
7. Discusión	27
8. Conclusiones	32
9. Recomendaciones	33
10. Bibliografía	34
Anexos	39

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Número de nidos activos y pichones nacidos de petrel de Galápagos registrados en la Colonia El Mirador, sector Media Luna en Isla Santa Cruz desde 2016 al 2021.	20
Tabla 2. Número de pichones de petrel de Galápagos depredados por roedores, lechuzas y depredadores no determinados registrados en la Colonia El Mirador, sector Media Luna en Isla Santa Cruz entre los años 2016 al 2021.	21
Tabla 3. Resultados de la pruebas Kruskal-Wallis y ANOVA aplicadas a las cuatro variables analizadas en este estudio desde 2016 al 2021. Diferencias significativas ($p < 0.05$) entre meses y años se presentan en negrita.	23
Tabla 4. Resultados de la prueba de correlación de Spearman (r) para las variables pichones nacidos, esfuerzo de captura y éxito de captura calculados en la Colonia El Mirador, sector Media Luna en Isla Santa Cruz desde 2016 al 2021. Relaciones significativas ($p < 0.05$) se muestran en negrita.	26

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa del área de estudio mostrando la georreferenciación de las áreas de control y monitoreo de roedores en el sector Media Luna en la Isla Santa Cruz. Tomado de Gaona et al., (2021). 16
- Figura 2.** Valores de esfuerzo de captura y éxito de captura de roedores introducidos calculados mensualmente entre el 2016 y 2021 en el Cerro Mirador, sector Media Luna en Isla Santa Cruz. Como referencia, arriba del año se muestran los meses representados con un número. Meses sin datos corresponden a periodos en los que la DPNG no realizó trabajos de control de roedores en el área. 22
- Figura 3.** Valores anuales de esfuerzo de captura (izquierda) y éxito de captura (derecha) de roedores introducidos calculados desde 2016 a 2021 en el Cerro Mirador, sector Media Luna en Isla Santa Cruz. Las líneas horizontales gruesas representan los valores de las medianas. Los límites de las cajas representan los cuartiles 1 y 3. Los límites de las líneas verticales indican los valores máximos y mínimos..... 24
- Figura 4.** Números de pichones de petrel de Galápagos nacidos anualmente en la Colonia El Mirador, sector Media Luna en Isla Santa Cruz desde 2016 a 2021. Las líneas horizontales gruesas representan los valores de las medianas. Los límites de las cajas representan los cuartiles 1 y 3. Los límites de las líneas verticales indican los valores máximos y mínimos.. 24
- Figura 5.** Número de pichones de petrel de Galápagos nacidos mensualmente en la Colonia El Mirador, sector Media Luna en Isla Santa Cruz desde 2016 a 2021. Los meses del año se representan por números en el eje x. Se observa que el más alto número de nacimientos ocurre en octubre desde 2016 al 2021. Las líneas horizontales gruesas representan los valores de las medianas. Los límites de las cajas representan los cuartiles 1 y 3. Los límites de las líneas verticales indican los valores máximos y mínimos. Los círculos muestran valores atípicos. . 25

1. INTRODUCCIÓN

La propagación de especies introducidas es la segunda causa de la pérdida de biodiversidad y pérdidas económicas (Glowka et al., 1996). Las poblaciones de especies introducidas en islas oceánicas son mayores en comparación con la parte continental, lo que representa también fragilidad en sus ecosistemas (Veitch & Clout, 2002).

En ecosistemas insulares, los mamíferos terrestres introducidos presentan una dieta alta en aves marinas (Drever & Harestad, 1998). Destacando los roedores como una de las mayores especies problemáticas (Glowka et al., 1996), y se encuentran en alrededor del 80% de islas a nivel mundial causando alteraciones en sus ecosistemas (Atkinson, 1985). Además, son los principales responsables en el fracaso reproductivo, la disminución de poblaciones y la extinción de especies endémicas (Atkinson 1985; Monteiro et al., 1996; Towns et al., 2006).

Los roedores introducidos comparten características como la facilidad en la incrementación de su población y adaptación, su pequeño tamaño les permite alcanzar sin dificultad alimento, presenta alta fertilidad y una coloración mimética evitando su depredación (Veitch & Clout, 2002). Compiten por alimento con especies propias del lugar, transmiten y propagan enfermedades perjudiciales para la salud del ser humano, y generan pérdidas económicas al estropear los cultivos y alimentos (Battersby et al., 2008).

Las Islas Galápagos son un ejemplo de ecosistema insular que ha sido impactado por los continuos estragos de los roedores introducidos. En el archipiélago se identifican tres especies de roedores introducidos: la rata noruega (*Rattus norvegicus*), el ratón doméstico (*Mus musculus*) y la rata negra (*Rattus rattus*), siendo esta última la más estudiada por vulnerar la supervivencia del petrel de Galápagos (*Pterodroma phaeopygia*). Esta ave marina endémica está clasificada actualmente en peligro crítico de extinción según la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN; Cruz & Cruz, 1987). Las colonias

de anidación se encuentran en las zonas húmedas en la parte alta de algunas islas del archipiélago, como Santa Cruz, Santiago, San Cristóbal y Floreana, mientras que en Isabela han sido escuchados y observados alrededor de los volcanes Alcedo y Santo Tomás (Granizo et al., 2002). Igualmente con pocos nidos activos presentes en volcán Sierra Negra estimando que podrían estar anidando petreles (Valarezo & Wiedenfeld, 2005). La Isla Floreana cuenta con 63% de las colonias de anidación de petreles más grande de todo el archipiélago (Island Conservation, 2013). La reducción en el éxito reproductivo está relacionada a la depredación de huevos y pichones por parte de la rata negra (Cruz & Cruz, 1987) y se ha considerado la principal causa del fracaso de nidos (Riofrío-Lazo & Páez-Rosas, 2015).

La Dirección del Parque Nacional Galapagos (DPNG) es la institución encargada de ejecutar programas de control y erradicación de roedores introducidos en sitios prioritarios de conservación en el archipiélago, por ejemplo en colonias de anidación de petrel de Galápagos. En la Isla Santa Cruz, en el sector Media Luna, las actividades de control y monitoreo de roedores inicia con su nueva metodología desde abril de 2016. El veneno “Klerat” (Brodifacoum) es distribuido por perímetros 100 m, 50 m y 0 m y es colocado en tubos de policloruro de vinilo (PVC). Los cebaderos son revisados y remplazados dependiendo el consumo y las condiciones del clima (Castillo et al., 2019).

El Mirador es una de las nueve colonias de petrel localizadas en Media Luna y registra el mayor número de nidos monitoreados por la DPNG. El objetivo del presente trabajo es determinar si los controles de roedores a partir de la nueva metodología de cebamiento, han contribuido a reducir las poblaciones de roedores y a mantener el éxito reproductivo del petrel en el sector de Media Luna mediante el análisis de datos colectados desde 2016 a 2021. El trabajar por la conservación de la flora y fauna única de las Islas Galápagos es importante para evitar que sean más las especies que se sumen a la lista roja de la UICN.

2. ANTECEDENTES

En 1981 *P. phaeopygia* fue descubierto en Cerro Pajas (Isla Floreana) con un total de 276 nidos activos (NA). Más tarde en 1995 en Isla Santiago se contabilizaron un total de 378 NA y se observaron 80 petreles. A pesar de que se reportó actividad en Isla San Cristóbal, no se desarrolló ningún monitoreo poblacional ni tampoco el control de roedores hasta 1998 en que se contabilizaron 55 NA y se desarrollaron estudios fenológicos como de éxito reproductivo (Jiménez-Uzcátegui & Wiedenfeld, 2002).

Harris (1970) realizó una documentación cronológica en base a la reproducción del petrel de Galápagos en 1968 – 1969, llevándolo a sugerir que existía la depredación de sus huevos y polluelos por parte de especies introducidas entre ellas *R. rattus*. En 1985 se evidenció un decrecimiento en la etapa de reproducción debido a la depredación por ratas en un 70% (Muñoz, 1992). La Fundación Charles Darwin (FCD) y la DPNG iniciaron en 1982 un programa para trabajar de manera intensiva con las especies introducidas partiendo desde Cerro Pajas (Isla Floreana) y extendiéndose hasta Isla Santa Cruz en 1989 (Jiménez-Uzcátegui & Wiedenfeld, 2002).

En la Isla Santa Cruz en 1986 se encontraron dos grandes colonias que se mantienen hasta la actualidad, Media Luna que lleva el nombre del sector y El Mirador. Debido a la dispersión de sus nidos y baja población en esta área, se desarrollaron proyectos con el fin de concentrar a las aves en nidos montados utilizando vocalizaciones grabadas como atracción para que inicien su proceso de anidación (Podolsky & Kress, 1993). Posteriormente, se realizaron experimentaciones para controlar ratas entre otros animales introducidos; estudios que permitieron a la DPNG iniciar en 1991 con la aplicación de anticoagulantes como veneno con nombre comercial “Klerat” (Jacome, 2001), estableciéndose en 1993 de manera sistemática y permitiendo la recuperación de hasta un 95% de varias colonias (Aguilar, 2006).

Actualmente, en base a los informes sobre los monitoreos poblacionales del petrel de Galápagos realizados por guardaparques de la DPNG, se conoce que los petreles llegan al sector Media Luna desde mediados de abril, durante su etapa reproductiva, hasta diciembre que parten de sus colonias. Además, en base a las fichas de seguimiento se puede evidenciar que la Colonia El Mirador ha sido la más numerosa desde el 2016, con un total de 98 nidos monitoreados, hasta el presente con un total de 110 nidos (Aguilar et al., 2020).

En abril del 2016 inició la nueva metodología de cebamiento de roedores que se aplica hoy en día. Los cebaderos o estaciones son distribuidos por perímetros establecidos para el control de roedores alrededor y dentro de la zona de anidación. Se emplean 20 kg de veneno klerat distribuidos en tubos de PVC, colocando un total de 211 cebaderos en la Colonia El Mirador (Cabrera et al., 2016). Los cebos son revisados días posteriores y reemplazados dependiendo del consumo por los roedores o por deterioro debido a las condiciones del clima, además con GPS se registra un punto para georeferenciar la estación. En septiembre del 2019 se cambiaron los tubos PVC por unas cajas diseñadas exclusivamente para el control de roedores en las barreras 100 m y 50 m evitando así que el cebo se moje con la lluvia (Castillo et al., 2019).

3. JUSTIFICACIÓN

Las especies introducidas como *Rattus sp.* impiden la recuperación de petreles puesto que se alimentan de sus huevos, pichones y en algunas ocasiones de los adultos (Jiménez et al., 2013). En base a la problemática, Tomkins (1985) llegó a establecer que la vida del petrel de Galápagos oscila entre los 6.2 años y una mortalidad del 15% de adultos por año.

El petrel de Galápagos se caracteriza por tener una sola pareja toda su vida. Adicional se suma la preocupación porque mantienen y construyen sus nidos en el suelo, mismo que los vuelven vulnerables ante las especies introducidas como la destrucción de sus nidos por parte del ganado impidiendo su pronta recuperación. Esto impediría mantener poblaciones en condiciones estables ya que los petreles cada temporada reproductiva regresan al nido donde nacieron para anidar, acción mantenida por sus descendientes (Granizo et al., 2002).

A pesar de que la DPNG realiza campañas mensuales de control de roedores en las colonias de anidación de petreles durante la etapa reproductiva de la especie en el sector Media Luna, y que son realizadas de manera sistemática desde el 2016, no se conoce si los esfuerzos realizados en las campañas han contribuido a mantener el éxito reproductivo del petrel de Galápagos en los últimos años y la reducción de las poblaciones de roedores. Esto se debe a que la información que existe sobre el impacto que causan los roedores a la flora y fauna es insuficiente y se ha basado en supuestos. Además, los estudios sobre roedores introducidos en Galápagos se han centrado principalmente en su biología y ecología (Buitrón et al., 2007).

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar si los esfuerzos de control de roedores realizados por la DPNG desde el 2016 han contribuido a reducir las poblaciones de roedores y a mantener el éxito reproductivo del petrel de Galápagos en el sector Media Luna en la Isla Santa Cruz.

4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO:

- 4.2.1.** Determinar el éxito reproductivo del petrel de Galápagos en la Colonia El Mirador, la más numerosa de Media Luna, en los últimos seis años (de 2016 a 2021).
- 4.2.2.** Estimar el porcentaje de mortalidad anual de pichones y sus potenciales depredadores.
- 4.2.3.** Estimar el esfuerzo de envenenamiento, medido como esfuerzo de captura, y la abundancia de roedores en la Colonia El Mirador de 2016 a 2021.
- 4.2.4.** Analizar el esfuerzo de envenenamiento y su relación con el éxito reproductivo del petrel y con la abundancia de roedores de 2016 a 2021.

5. MÉTODOS

5.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en el sector Media Luna ubicado en la parte alta de la Isla Santa Cruz que alberga dentro de su frágil ecosistema a nueve colonias de anidación del petrel de Galápagos. En este estudio se seleccionó a la colonia con el mayor número de nidos monitoreados y con el mayor área de extensión para representar el sector Media Luna. El Mirador es la colonia de petrel más grande con un total de 110 nidos activos y un área de 14.7 ha (Anexo 1) donde los guardaparques de la DPNG han venido realizando constantes trabajos de control de roedores y monitoreo, recorriendo perímetros establecidos alrededor de (100 m y 50 m) y dentro de las zonas de anidación de petrel (0 m) que son marcados por un punto con GPS para georreferenciar la estación en el Cerro Mirador (Figura 1).

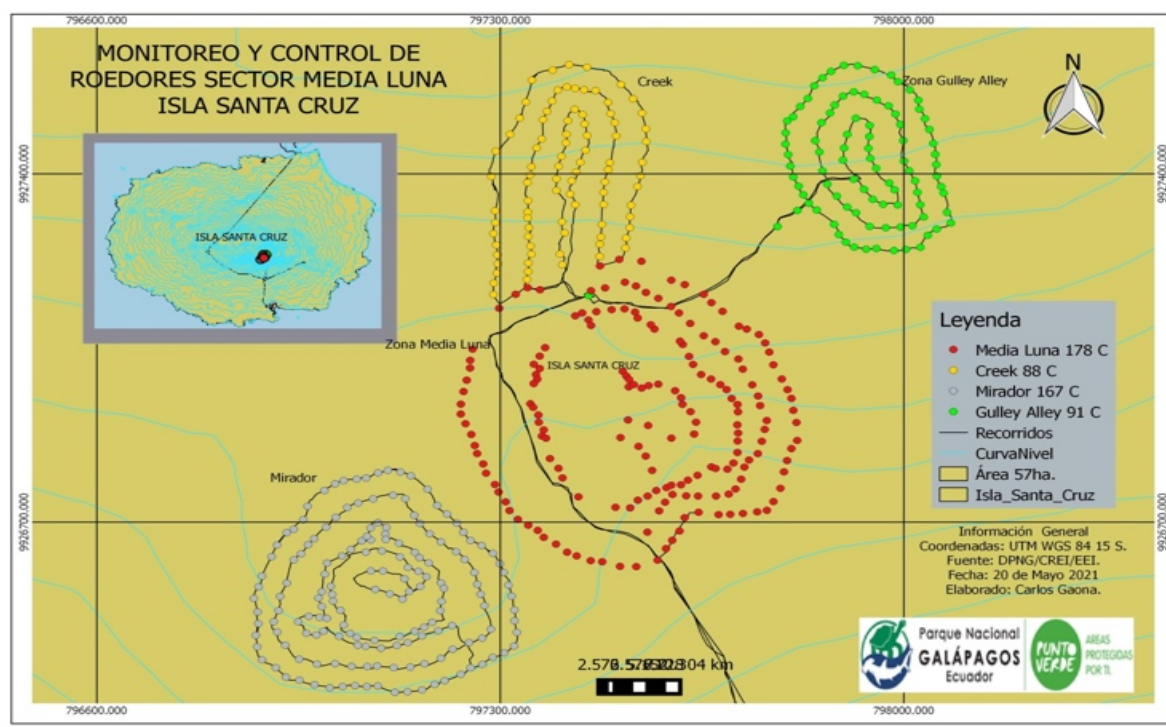


Figura 1. Mapa del área de estudio mostrando la georreferenciación de las áreas de control y monitoreo de roedores en el sector Media Luna en la Isla Santa Cruz. Tomado de Gaona et al., (2021).

5.2. COLECTA DE DATOS

La investigación se centró en la recopilación de información de monitoreos de nidos de petrel y seguimiento de las campañas de control de roedores realizados por guardaparques de la DPNG en la Colonia El Mirador y Cerro Mirador durante 2016 a 2021. Los datos provienen de informes de campo, fichas de control y bases de datos no publicados de la DPNG. Para el acceso a la información se presentó una propuesta detallada del estudio y la solicitud correspondiente al responsable del proceso de Conservación y Restauración de Ecosistemas Insulares de la DPNG, Cristian Sevilla. La actividad inició con la revisión de informes físicos mensuales de las colonias de petrel desde 2016 al 2020, y del año 2021 fue proporcionado en Excel desde la base de Datos SIA (Sistema de Información Ambiental). Es importante resaltar que el programa presenta protocolos para el manejo y uso de información por usuarios internos que forman parte de la institución (DPNG, 2014). Posteriormente se diseñó una nueva matriz de Excel que se utilizó para realizar los análisis estadísticos en el programa R (RStudio Team, 2015). Los informes de control y monitoreo de roedores fueron ordenados en una matriz de Excel, a partir de los informes mensuales que fueron facilitados en digital desde 2016 al 2021 para luego ser analizados en R.

5.3. ANÁLISIS DE DATOS

Se elaboraron dos matrices de datos de control y monitoreo, una con datos de petrel y la otra con datos de roedores que fueron organizados por año y mes. En la matriz de petrel se consideró dos variables: nidos activos y número de pichones nacidos. Nidos activos corresponde a la suma de nidos en donde se registraron adultos, huevos, parejas, pichones nacidos, pichones que volaron y rastros presentes en los nidos; y el número de pichones nacidos que indica el éxito reproductivo. En la matriz de roedores se consideró dos variables: el esfuerzo de captura o envenamiento y el éxito de captura. El esfuerzo de captura se calculó como el número de

cebaderos colocados por unidad de tiempo en el área de estudio. La unidad de tiempo se estableció en 30 días en los que estuvieron activos los cebaderos cada mes. El éxito de captura es considerado un índice de abundancia poblacional de roedores, que se define como el número de cebaderos visitados dividido para el esfuerzo de captura, expresado como un porcentaje (Riofrío-Lazo & Páez-Rosas, 2015).

Se calculó el porcentaje anual de depredación de pichones por roedores, lechuzas y depredadores no determinados. Se examinaron las series de tiempo del esfuerzo de captura y éxito de captura calculados durante los años de estudio y se graficó los resultados mediante el programa Excel. La prueba Shapiro-Wilks fue empleada para verificar la normalidad de las variables: número de pichones, número de nidos activos, esfuerzo de captura y éxito de captura utilizando la función `shapiro.test ()` en el programa R. La prueba Levene se utilizó para determinar si las variables antes nombradas presentaban homocedasticidad. Para esto se activó el paquete “car” y se trabajó con la función `levTest ()` eligiendo el análisis estadístico de mediana y media en R. La prueba paramétrica de ANOVA simple se utilizó para identificar diferencias en el número de pichones entre meses y años. Posteriormente se utilizó la prueba de Tukey de comparaciones pareadas múltiples, función `Tukey HSD ()` en R para identificar los grupos significativos, además se empleó la función `plot ()` para graficar estos resultados. La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis se utilizó para identificar diferencias en el número de nidos activos, esfuerzo de captura y éxito de captura entre meses y años. Posteriormente se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de rangos medios para revelar grupos significativos. Para esto se empleó la función `kruskal.test ()` en R, continuando con la función `gg boxplot` para el gráfico de los resultados. La prueba de correlación de rangos de Spearman se utilizó para analizar la relación entre el esfuerzo de captura y el número de pichones nacidos, y el éxito de captura, así como entre el número de pichones nacidos y el éxito de captura por

año. Se empleó la función `cor_mat ()` y `cor_mark_significant ()` en R. La significancia estadística fue asumida a un valor de $p < 0.05$.

5.4. SOFTWARE UTILIZADO

La georreferenciación de la zona de cebamiento del Cerro Mirador en el sector Media Luna se la realizó utilizando los puntos marcados por GPS que fueron proporcionados en formato .kml y transferidos a Google Earth Pro versión 7.3.4.8248 ©2021 para determinar el área. La información colectada fue organizada en matrices de datos y se realizaron algunos gráficos utilizando el programa Excel del año 2016 (Windows) y 2010 (Mac versión 10.12.6). Los análisis estadísticos y la mayoría de los gráficos se realizaron utilizando el software R versión 0.7.0 ©2009-2021 para Windows 11 versión 21H2, activando los paquetes tidyverse, readxl, rapportools, car y ggpubr.

6. RESULTADOS

En la Colonia El Mirador se han registrado un total de 110 nidos de petrel de Galápagos los cuales han sido monitoreados anualmente por la DPNG (Tabla 1). Se evidenció para el 2017, 2018 y 2020 el mayor número de nidos activos, mientras que un menor número se registró en 2021. El mayor número de pichones nacidos se contabilizó en octubre de 2016 y 2020, y el menor número se registró en 2021. El promedio (\pm desviación estándar) calculado en los últimos seis años es de 50.667 ± 23.602 pichones nacidos.

Tabla 1. Número de nidos activos y pichones nacidos de petrel de Galápagos registrados en la Colonia El Mirador, sector Media Luna en Isla Santa Cruz desde 2016 al 2021.

Año	Nidos Activos	Pichones Nacidos
2016	98	77
2017	110	37
2018	110	54
2019	107	58
2020	110	67
2021	82	11

En base a los monitoreos realizados por la DPNG en los seis años se registró un total de 35 pichones depredados. La lechuza fue el mayor depredador con un total del 48.571%, seguido de roedores con 28.571% y no determinado con 22.857%. El año con mayor depredación de pichones por lechuzas se evidenció en el 2016 y 2018, mientras que por roedores se identifica en el 2017 y para no determinado en el 2020 (Tabla 2).

Tabla 2. Número de pichones de petrel de Galápagos depredados por roedores, lechuzas y depredadores no determinados registrados en la Colonia El Mirador, sector Media Luna en Isla Santa Cruz entre los años 2016 al 2021.

Año	Roedores	Lechuzas	No determinado	Total anual	% anual
2016	-	8	2	10	28.571
2017	9	-	-	9	25.714
2018	-	9	-	9	25.714
2019	1	-	-	1	2.857
2020	-	-	5	5	14.285
2021	-	-	1	1	2.857
Total por depredador	10	17	8	35	100
% por depredador	28.571	48.571	22.857	100	

A partir del examen de los valores mensuales calculados de esfuerzo de captura y éxito de captura de roedores introducidos desde el 2016 a 2021 (Figura 2) se puede observar que el año 2016 representa un menor esfuerzo de captura. En los posteriores años se evidencia una tendencia de aumento en el éxito de captura cuando el esfuerzo de captura disminuye y viceversa. Además, se puede observar que el 2017 presenta el mayor esfuerzo de captura a diferencia de los otros años. En los últimos meses del 2019 el esfuerzo de captura se mantiene constante hasta el 2021 y presenta un aumento en el éxito de captura en los dos últimos años.

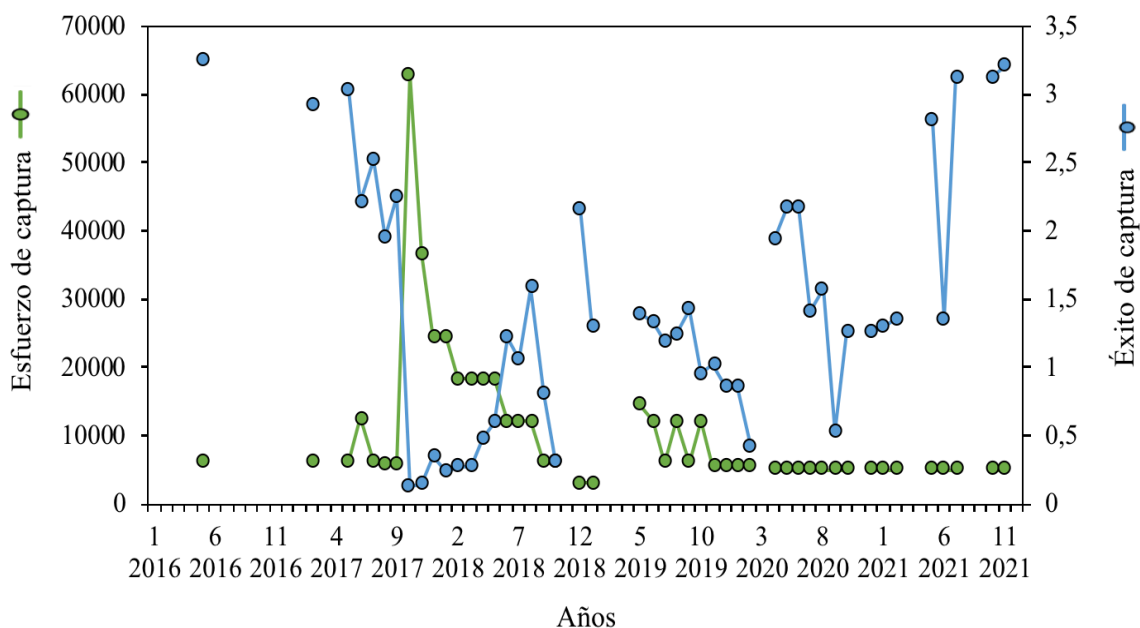


Figura 2. Valores de esfuerzo de captura y éxito de captura de roedores introducidos calculados mensualmente entre el 2016 y 2021 en el Cerro Mirador, sector Media Luna en Isla Santa Cruz. Como referencia, arriba del año se muestran los meses representados con un número. Meses sin datos corresponden a periodos en los que la DPNG no realizó trabajos de control de roedores en el área.

La prueba de Shapiro Wilk fue aplicada a muestras analizadas por debajo de los 50 elementos para determinar si existe o no una distribución normal. También se realizó la prueba de Levene para evaluar la igualdad de varianzas. Las variables se basaron en un nivel de significancia $p > 0.05$, donde el esfuerzo de captura, el éxito de captura y nidos activos no presentaron normalidad, ni homocedasticidad. No obstante, la variable número de pichones nacidos si cumplió con los supuestos (Anexo 2 y 3).

La tabla 3 muestra los resultados de la prueba Kruskal-Wallis aplicada a las variables esfuerzo de captura, éxito de captura y nidos activos, y los resultados del ANOVA aplicada a la variable pichones nacidos para determinar diferencias significativas entre años y meses. El esfuerzo de captura y el éxito de captura presentaron diferencias significativas entre años (Figura 3) pero no entre meses. La prueba de comparaciones múltiples de rangos medios indicó

que el esfuerzo de captura en 2017 fue diferente a 2020 ($p = 0.005$) y 2021 ($p = 0.006$). Asimismo ocurre para el 2018 que es diferente a 2020 ($p = 0.004$) y 2021 ($p = 0.006$). Para el éxito de captura la prueba de comparaciones múltiples de rangos medios indicó que el 2018 fue diferente a 2021 ($p = 0.013$). El número de nidos activos no presentó diferencias significativas entre años pero si entre meses ($p = 0.003$). El número de pichones nacidos no fue significativamente diferente entre años (Figura 4) pero lo fue entre meses (Figura 5). La prueba de comparaciones múltiples de Tukey HSD indicó que el número de pichones nacidos en octubre fue diferente de los contados en julio ($p = 0.002$), agosto ($p = 0.020$) y diciembre ($p = 0.004$).

Tabla 3. Resultados de la pruebas Kruskal-Wallis y ANOVA aplicadas a las cuatro variables analizadas en este estudio desde 2016 al 2021. Diferencias significativas ($p < 0.05$) entre meses y años se presentan en negrita.

		Kruskal-Wallis		
Variables	Factores	χ^2	g.l.	p
Esfuerzo de Captura	años	26.711	5	< 0.001
	meses	3.632	11	0.980
Éxito de Captura	años	15.086	5	0.01
	meses	11.121	11	0.433
Nidos Activos	años	8.399	5	0.136
	meses	23.554	8	0.003
		ANOVA		
Variables	Factores	F	g.l.	p
Pichones Nacidos	años	1.807	5	0.160
	meses	7.581	5	< 0.001

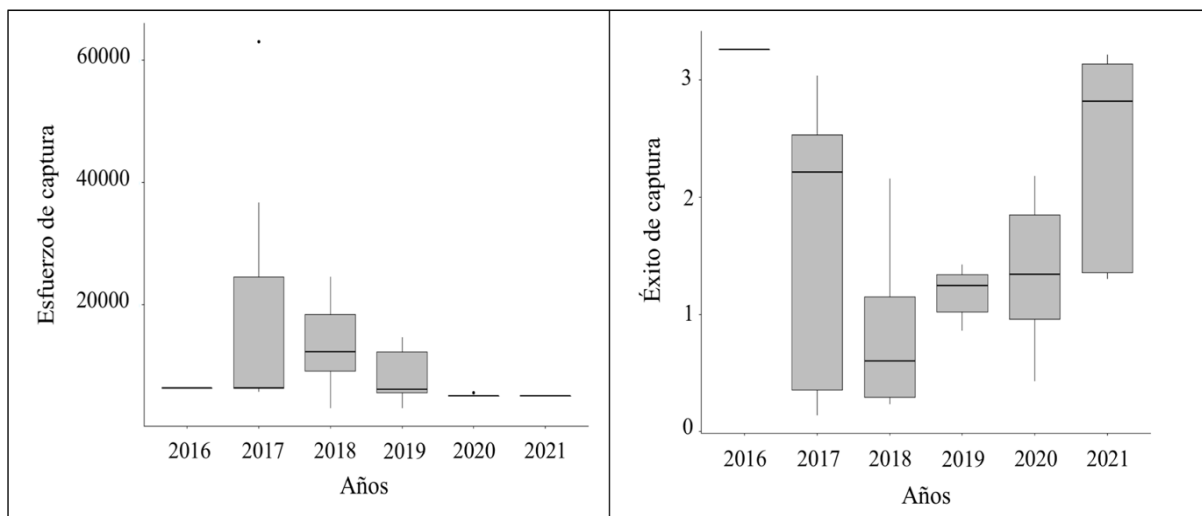


Figura 3. Valores anuales de esfuerzo de captura (izquierda) y éxito de captura (derecha) de roedores introducidos calculados desde 2016 a 2021 en el Cerro Mirador, sector Media Luna en Isla Santa Cruz. Las líneas horizontales gruesas representan los valores de las medianas. Los límites de las cajas representan los cuartiles 1 y 3. Los límites de las líneas verticales indican los valores máximos y mínimos.

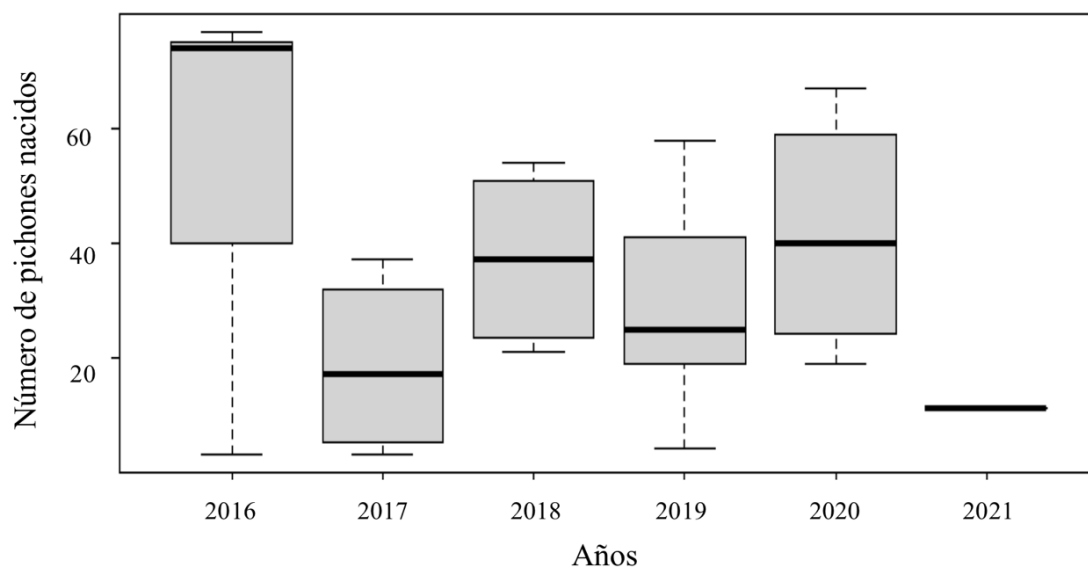


Figura 4. Números de pichones de petrel de Galápagos nacidos anualmente en la Colonia El Mirador, sector Media Luna en Isla Santa Cruz desde 2016 a 2021. Las líneas horizontales

gruesas representan los valores de las medianas. Los límites de las cajas representan los cuartiles 1 y 3. Los límites de las líneas verticales indican los valores máximos y mínimos.

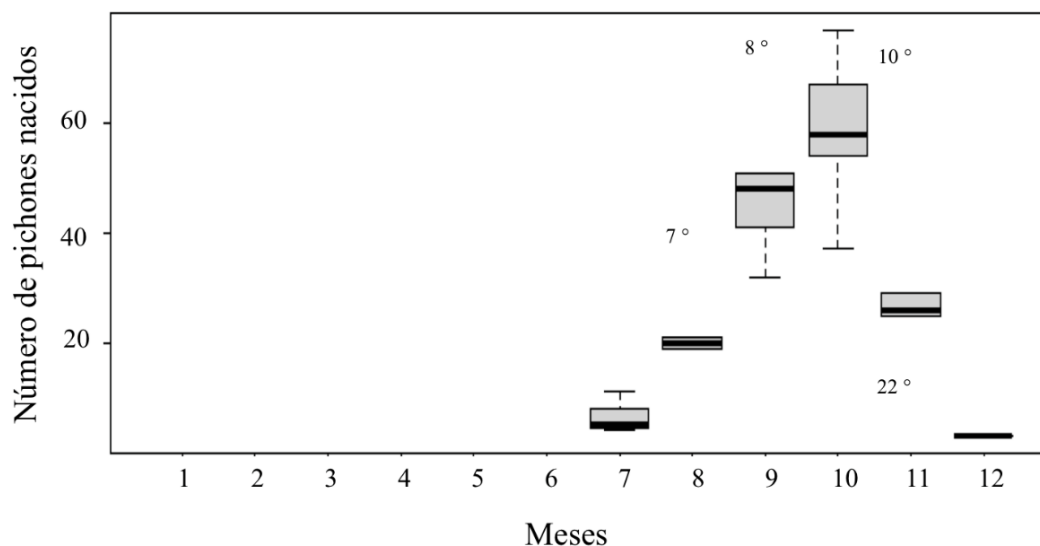


Figura 5. Número de pichones de petrel de Galápagos nacidos mensualmente en la Colonia El Mirador, sector Media Luna en Isla Santa Cruz desde 2016 a 2021. Los meses del año se representan por números en el eje x. Se observa que el más alto número de nacimientos ocurre en octubre desde 2016 al 2021. Las líneas horizontales gruesas representan los valores de las medianas. Los límites de las cajas representan los cuartiles 1 y 3. Los límites de las líneas verticales indican los valores máximos y mínimos. Los círculos muestran valores atípicos.

La correlación de Spearman permitió determinar si existe relación entre los pichones nacidos de petrel de Galápagos y el esfuerzo de captura y el éxito de captura de roedores introducidos, a partir de un índice de significancia $p < 0.05$ (Tabla 4). Se determinó que el éxito de captura y el esfuerzo de captura presentan una relación significativa inversa, mientras que el número de pichones nacidos no presentó una relación clara ni significativa con el esfuerzo de captura ni con el éxito de captura.

Tabla 4. Resultados de la prueba de correlación de Spearman (r) para las variables pichones nacidos, esfuerzo de captura y éxito de captura calculados en la Colonia El Mirador, sector Media Luna en Isla Santa Cruz desde 2016 al 2021. Relaciones significativas ($p < 0.05$) se muestran en negrita.

Variables	Esfuerzo de Captura		Éxito de Captura	
	r	p	r	p
Pichones nacidos	-0.24	0.333	-0.26	0.297
Éxito de Captura	-0.49	< 0.001		

7. DISCUSIÓN

Los petreles de Galápagos no se encuentran presentes todo el año en tierra y su permanencia varía entre islas, al igual que su hábitat de anidación, fenología, éxito reproductivo y sus causas de mortalidad (Cruz-Delgado et al., 2010). Nuestro estudio para la Colonia El Mirador determina que existen diferencias significativas entre meses para el número de nidos activos. El petrel de Galápagos se encuentra distribuido en las Islas Santa Cruz, San Cristóbal, Santiago, Floreana e Isabela, presentando diferencias en su período de reproducción. Castro y Phillips (1996) mencionan que el período reproductivo en Santa Cruz se da desde marzo hasta enero. Sin embargo, nuestros resultados evidencian que inicia a mediados de abril y finaliza en diciembre cuando vuelan los últimos pichones. En Santiago el período de reproducción inicia desde enero hasta octubre y en Floreana desde octubre hasta agosto, sin embargo, este ha cambiado en los últimos años presentando características similares a Santa Cruz. Probablemente, se deba a varios factores principalmente a la disponibilidad del suelo, las facilidades proporcionadas por las pendientes para la excavación de sus nidos, una mayor comodidad para el despegue y aterrizaje como también una densa vegetación evitando que este se colapse (Brandt et al., 1995). La época reproductiva en Isabela es desconocida pero se estima que la población podría compartir características genéticas y morfológicas similares a la de Santiago (Jiménez-Uzcátegui et al., 2013).

En cuanto al número de pichones nacidos en la Colonia El Mirador se contabilizó un mayor número en el 2016 y 2020, y menor en el 2021. Pese a las pequeñas variaciones interanuales, los resultados indican que el éxito reproductivo del petrel se mantiene estable. Las diferencias significativas en el número de pichones nacidos ocurre entre meses presentándose el pico de nacimientos en octubre (Figura 6). Castro y Phillips (1996) mencionan que los petreles colocan un solo huevo entre junio y agosto con un período de incubación de 50 días.

Sin embargo, en base a nuestros seis años de estudio se identifica que los primeros pichones nacen a partir de julio.

En 2016 se contabilizó el mayor número de nacimientos de pichones de los seis años de estudio y coincide con el inicio de la nueva metodología de cebamiento para control de roedores. La mayor depredación de pichones por roedores se registró en 2017 (Tabla 2), aunque para este año la DPNG realizó los mayores esfuerzos de cebamiento a diferencia de los otros años. Estos resultados no son los esperados, al asumir que la población de roedores se mantiene controlada y la de petreles menos vulnerable a depredación. Estadísticamente no se encontró una relación entre el esfuerzo de envenenamiento (esfuerzo de captura) y el éxito reproductivo (pichones nacidos) del petrel. Además, se identificó a la lechuza como el mayor depredador de pichones durante el tiempo de estudio, lo que indica que los roedores no representan la principal amenaza a la supervivencia del petrel. Se ha determinado que en Galápagos la lechuza de campanario *Tyto alba punctatissima* se alimenta en un 93% de roedores, mientras que el búho campestre *Asio flammeus galapagoensis* se alimenta en un 56% de aves y un 44% de roedores (Quezada et al., 2019). Un estudio en Isla Farallón del Sur (California) señala que los búhos cambian su dieta a petreles cuando la población de roedores disminuye (Chandler et al., 2016), ya que al ser los petreles de hábitos nocturnos al igual que los búhos se convierten en presa fácil de estos depredadores (Chandler et al., 2016; Mills, 2016).

Las ratas negras son principalmente herbívoras en la zona de vegetación de *Miconia* (entre los 600 y 700 m de altura), y se ha determinado que en el Junco, en la Isla San Cristóbal, el arbusto endémico *Miconia robinsoniana* es parte importante en su alimentación (Riofrío-Lazo & Páez-Rosas, 2015). En el sector Media Luna como en el Junco, la vegetación se encuentra mayormente representada por la *Miconia* de Galápagos, por lo que considerando las condiciones similares de estos entornos es posible sugerir que en el sector Media Luna el petrel no se encuentre dentro de la dieta habitual de los roedores pero posiblemente sea consumida

como presa complementaria cuando la población de roedores aumente y su alimento principal escasee. En este estudio no se encontró una relación clara entre el número de pichones nacidos y el éxito de captura de roedores por lo que estudios posteriores son necesarios para probar esta hipótesis. Por su parte, en 2021 se presentó el más bajo número de nacimientos de pichones, lo cual tiene relación con inconvenientes en la descarga de registros en la plataforma SIA.

Respecto al esfuerzo de cebamiento, en 2016 se realizó un único evento de cebamiento y control en el mes de mayo. Posteriormente, en 2017 y 2018 se realizaron cebamientos más intensos en un mismo mes principalmente para octubre y noviembre; mientras que en los últimos años el cebamiento fue solo uno por mes manteniéndose constante (Figura 3). La diferencia en la frecuencia de cebamiento entre años y meses podría estar relacionado al deterioro de los cebos debido a la condición del clima o cambios logísticos implementados por la DPNG. En base a un estudio realizado sobre la efectividad del veneno klerat para el control de roedores en la zona húmeda y seca en la Isla Santa Cruz (Riofrío-Lazo, 2006), en el mes de abril se encontraron cebos dañados resultado de las altas temperaturas. Altas precipitaciones se registraron en junio para ambos sitios, siendo casi similares en septiembre y noviembre. La temperatura en junio fue dos grados centígrados menos que abril y de dos a tres grados más que septiembre y noviembre y no se identificó la pérdida de cebos destruidos (Riofrío-Lazo, 2006). Aunque en este estudio no se analizó el efecto del clima en el deterioro de los cebos y en el esfuerzo y éxito de captura, no se descarta la influencia de factores ambientales sobre estas variables y se recomienda su análisis en estudios posteriores.

Estadísticamente el esfuerzo de captura en el 2017 y 2018 fue diferente de 2020 y 2021, pero para el éxito de captura, el 2018 fue diferente del 2021 (Figura 4). Esto podría estar vinculado al cambio de cebaderos PVC por nuevos cebaderos fabricados específicamente para roedores e implementados a partir de septiembre del 2019. Es necesario recalcar que únicamente se cambiaron los cebaderos ubicados en los perímetros 100 m y 50 m con la

aplicación de 80 g cada uno hasta reducir a 40 g por cada cebadero (Castillo et al., 2019). Además, estos poseen una mayor capacidad en el almacenamiento de cebo a diferencia de los tubos PVC (Anexo 4).

El éxito de captura obtenido hace referencia al índice de abundancia de roedores el cual fue menor a 3.5% en el Cerro Mirador que puede considerarse dentro de un límite tolerable de infestación. A pesar de que se desconoce el límite tolerable de roedores para zonas rurales, existen reportes en Perú y Colombia para zonas urbanas donde usando la misma metodología que la aplicada en este estudio han determinado el límite tolerable en 5% (Arrieta et al., 2001; OPS/OMS, 2012). La abundancia de roedores depende de su relación con el hombre y al presentar un índice menor al 5%, la población de roedores mantiene niveles controlados y no riesgosos para la salud humana (OPS, 2012). El sector Media Luna se encuentra dentro del área de Parque Nacional Galápagos aproximadamente a 5 km de la Parroquia Bellavista en zona rural (Sarango & Erraez, 1988). Adicional, cuenta con zonas aledañas donde se realizan actividades antropogénicas principalmente de ganadería (Bustamante, 2018), considerándose al ganado como causante de la mayor degradación ambiental de los sitio de anidación de petrel (Cruz-Delgado et al., 2010). La influencia de actividades antropogénicas y la cercanía de los asentamientos humanos determinan una fuente de alimento constante para los roedores (Riolfrio-Lazo, 2006), y son factores que pueden contribuir al flujo continuo y posible aumento de las poblaciones de roedores en las colonias de anidación de petrel en Media Luna si es que estas no son controladas efectivamente.

El éxito de captura varió entre años y mostró una relación inversa y significativa con el esfuerzo de captura ($r = -0.49$). A pesar de que la relación entre ambas variables no es lo suficientemente fuerte, esta existe, por lo que podríamos sugerir que las poblaciones de roedores se mantienen controladas gracias a los esfuerzos de cebamiento realizados por la DPNG. De manera que se puede identificar que al aumentar el esfuerzo disminuye el éxito de captura. Sin

embargo, en la figura 3 se evidencia que en los dos últimos años el esfuerzo se mantiene constante y el éxito de captura aumenta. Esto podría ser una alerta para los siguientes años, ya que posiblemente el mantener el nivel de esfuerzo actual no sea suficiente para controlar las poblaciones de roedores introducidos en esta zona a largo plazo.

La reproducción de roedores ocurre durante todo el año y se ha registrado que es más intensa después de la temporada de fuertes lluvias en diferentes islas de Galápagos (Cruz & Cruz, 1987; Muñoz, 1989; Chamorro, 2002; Riofrío-Lazo, 2006). En un estudio sobre la biología de *Rattus* sp. y la evaluación del veneno klerat en la reserva El Chato en Isla Santa Cruz, se reportó la mayor reproducción en abril, septiembre, junio y noviembre coincidiendo con los posteriores meses de fuertes lluvias (Riofrío-Lazo, 2006). Al observar la figura 3 se puede identificar que la mayor abundancia se registra en junio, lo que se podría relacionar con una mayor actividad reproductiva en el Cerro Mirador. Los resultados obtenidos en mi proyecto de grado me permiten sugerir que en los meses donde se dan los picos más altos de reproducción de roedores, se debería incrementar los esfuerzos de control como medida de prevención. También es importante que se intensifiquen cuando ocurre el mayor nacimiento de petreles entre septiembre a octubre.

8. CONCLUSIONES

Se determinó que el número de pichones nacidos de petrel de Galápagos en la Colonia El Mirador en el sector Media Luna en la Isla Santa Cruz no difiere estadísticamente entre los años 2016 a 2021, lo que indica que el éxito reproductivo del petrel se mantiene estable. No se encontró una relación entre el número de pichones nacidos y el esfuerzo de captura (esfuerzo de envenenamiento) ni con el éxito de captura (índice de abundancia) de roedores introducidos. Además, la lechuza fue contabilizada como el mayor depredador del petrel durante los seis años de estudio, lo que sugiere que los roedores no son la principal amenaza a esta especie.

La metodología de control de roedores implementada por la DPNG desde 2016 a 2021 en el Cerro Mirador mostró variaciones en cuanto al esfuerzo de envenenamiento aplicado en los distintos años. El índice de abundancia de roedores se estimó por debajo de 3.5% de 2016 a 2021 lo que indica un límite tolerable de infestación en esta zona. El esfuerzo de captura presentó una relación negativa moderada y significativa con el éxito de captura, lo que sugiere que las poblaciones de roedores se mantienen controladas. Pese a que los roedores introducidos podrían no ser la principal amenaza del petrel de Galápagos en esta zona, como estrategia de prevención se considera que no se deben doblegar los trabajos de control y monitoreo de estas especies invasoras.

9. RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos me llevan a sugerir dentro la parte de metodología la necesidad de aumentar los esfuerzos de envenamiento de roedores para los meses donde ocurren los picos más altos de su reproducción. Adicionalmente, considerar también los meses donde se registra el mayor nacimiento de petreles.

La revisión de informes fue sin duda el punto de partida motivador que dio pie al presente proyecto, desde mi perspectiva tener ese acercamiento a información relevante sobre los trabajos que los guardaparques de la DPNG realizan para la conservación del petrel de Galápagos, resultó ser emocionante e inspirador. Es importante sugerir que se elabore un nuevo diseño para la ficha de control y monitoreo para roedores como petreles. De esta manera se podrá recolectar datos relevantes para futuras investigaciones. El trabajo de los guardaparques sin duda es sacrificado y su movilidad en el sector de Media Luna requiere más de una persona. El tener las fichas impresas actualizadas por colonias con sus nidos para realizar una identificación más certera y ordenada podría aportar a llevar un registro más claro.

Adicional, se debe mencionar que el manejar el registro directo a la plataforma SIA (Sistema Integrado Ambiental) puede presentar problemas cuando investigadores o estudiantes requieran de la información para futuros estudios, debido a que solo permite el registro de mil datos cuando en realidad son más y al momento de descargarlos se desordenan causando estragos en la información. Por tal motivo, se recomienda que no se deje de continuar registrando también los datos en físico para que las investigaciones en un futuro cercano no se vean afectadas y sea revisado la plataforma constantemente.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, K. (2006). Monitoreo del Petrel Patapegada en las zonas de Media Luna y Mirador. Isla Santa Cruz. Informe técnico de campo. Enero del 2006. 6 p.
- Aguilar, K., Cabrera, W., Villafuerte, J., Gil, D., Gaona, C., & Macias, J. (2020). Monitoreo y control del Petrel de Galápagos en Media Luna y Mina Granillo Rojo - Cerro Helechos. Isla Santa Cruz. Informe de campo de la Dirección del Parque Nacional Galápagos.
- Arrieta, T. M., Soto, Z. R., Gonzáles, R. R., Nombera, C. J., Holguín, M. C., & Monje, C. J. (julio/diciembre de 2001). Características de la población de roedores y pulgas en áreas de diferente riesgo para peste de tres provincias del departamento de Piura-Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 18:3-4.
- Atkinson. I. A.E. (1985). The spread of commensal species of *Rattus* to oceanic islands and their effects on island avifaunas. Pp. 35-49 in Moors, P.J., ed. Conservation of island birds. Cambridge: International Council for Bird Preservation (Tech Pub. 3).
- Battersby, S., Hirschhorn, R. B., & Amman, B. R. Commensal rodents. (2008). In X. Bonnefoy, H. Kampen, & K. Sweeney (Eds). Public health significance of urban pests (387-419) . Copenhagen, Denmark World Health Organization. Regional Office for Europe.
- Brandt, C., Parris, J., & Hodges, C. (1995). Predictive approaches to habitat quantification: Dark-rumped Petrels on Haleakala, Maui. *Auk* 112: 571-579.
- Buitrón, P., Zabala, J., Lakin, B., Delgado, J., & Milstead, B. (2007). Revisión, compilación y evaluación de datos sobre *Rattus sp.* en el archipiélago de Galápagos. Informe sobre la base de datos de roedores introducidos y análisis de los datos en ella contenidos. Fundación Charles Darwin.
- Bustamante, A. D. (2018). *Amenazas a la integridad ecológica del Bosque de Miconia del sector Media Luna en la Isla Santa Cruz-Galápagos*. Tesis de licenciatura. Universidad Central del Ecuador. 4 p.

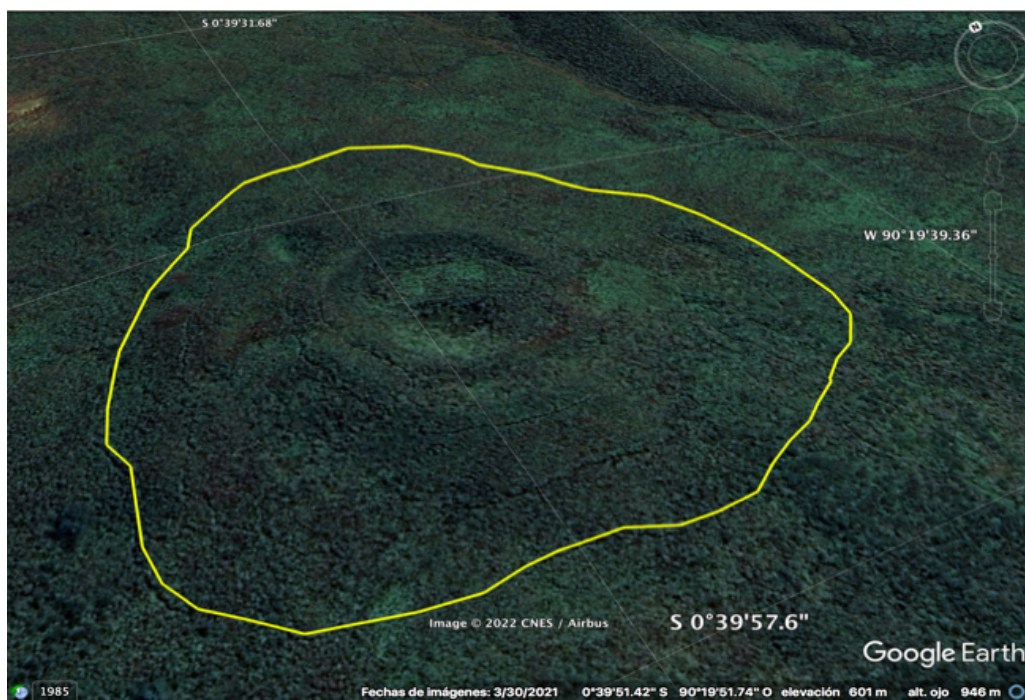
- Cabrera, W. (2021). Datos geográficos de cebaderos en la Colonia El Mirador. Dirección del Parque Nacional Galápagos.
- Cabrera, W., Villafuerte, J., Gaona, C., Aguilar, K., Ballesteros, R., & Ramírez, J. (2016). Monitoreo y control de roedores en sitios de anidación de petrel de Galápagos en Media Luna y Granillo Rojo-Cerro Helechos. Isla Santa Cruz. Informe de campo de la Dirección del Parque Nacional Galápagos.
- Castillo, J., Calva, M., Jiménez, R., Cadena, J. P., Villamar, W., & Gaona, C. (2019). Control y monitoreo de roedores en sitios de anidación de petrel de Galápagos en Media Luna y Granillo Rojo - Cerro Helechos. Isla Santa Cruz. Informe de campo de la Dirección del Parque Nacional Galápagos.
- Castro, I., & Phillips, A. (1996). A guide to the birds of the Galapagos Islands. London, UK.
- Chamorro. (2002). Efecto de los gatos ferales (*Felis catus*) y clima sobre la población de rata negra (*Rattus rattus*) en tres islas del archipiélago de Galápagos. Tesis de licenciatura. Universidad del Azuay. 108 p.
- Chandler, S. L., Tietz, J. R., Bradley, R. W., & Trulio, L. (2016). Burrowing owl diet at a migratory stopover site and wintering ground on Southeast Farallon Island, California. *Journal of Raptor Research* 50: 391-403.
- Cruz, J., & Cruz, F. (1987). Conservation of the Dark-rumped petrel *Pterodroma phaeopygia* in the Galapagos Islands, Ecuador. *Biol Conserv*, 42: 303-311.
- Cruz, J., & Cruz, F. (1987). Control of black rats (*Rattus rattus*) and its effect on nesting Dark-rumped petrels in the Galápagos islands. *Vida Silvestre Neotropical* 1: 3-13.
- Cruz-Delgado, F., González, J., & Wiedenfeld, D. (2010). Breeding biology of the Critically Endangered Galapagos Petrel *Pterodroma phaeopygia* on San Cristóbal Island: Conservation and management implications. *Bird Conservation International*, 20(3), 306-319. doi: <https://doi.org/10.1017/S095927091000002X>

- Drever, M. C., & Harestad, A. S. (1998). Diets of Norway rats, *Rattus norvegicus*, on Langara Island, Queen Charlotte Islands, British Columbia: implications for conservation of breeding seabirds. *Can. Field Naturalist* 112, 676-683.
- Dirección del Parque Nacional Galápagos. (2014). *Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos para el Buen Vivir*. Puerto Ayora, Galápagos. Ecuador.
- Gaona, C., Calva, M., Cabrera, W., & Castillo, J. (2020). Monitoreo y control de roedores en sitios de anidación de petrel de Galápagos en Media Luna y Granillo Rojo - Cerro Helechos. Isla Santa Cruz. Informe de campo de la Dirección del Parque Nacional Galápagos.
- Gaona, C., Calva, M., Cabrera, W., & Castillo, J. (2021). Monitoreo y control de roedores en sitios de anidación de petrel de Galápagos en Media Luna y Granillo Rojo - Cerro Helechos. Isla Santa Cruz. Informe de campo de la Dirección del Parque Nacional Galápagos.
- Glowka, L., Burhenne-Guilmin, F., & Synge, H. (1996). Guía del Convenio sobre la Diversidad Biológica, UICN Gland y Cambridge. Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales. 179 pp.
- Harris, M. P. (1970). The biology of an endangered species, the Dark-rumped Petrel *Pterodroma phaeopygia* in the Galapagos Islands. *Condor* 72: 76 -84.
- Island Conservation. (2013). Restauración Ecológica de la Isla Floreana: Análisis de Factibilidad para la Erradicación de Roedores y Gatos versión 6.0. Island Conservation, Santa Cruz, California. 85 pp.
- Jacome, M. (2001). Evaluación del proyecto: monitoreo y protección del petrel pata pegada *P. phaeopygia* en las Islas Galápagos. Informe técnico, 43 pp.
- Jiménez-Uzcátegui, G., Cruz - Delgado, F., Proaño, C. B., Sevilla, C., Tapia, W., Cruz, S., . . . Zambrano, N. (2013). Incorporación de una nueva especie al apéndice I del ACAP:

- Petrel de Galápagos *Pterodroma phaeopygia*. Retrieved from Séptima Reunión del Comité Asesor: <https://www.acap.aq/es/comite-asesor/ca7/ca7-documentos-de-trabajo/1989-ca7-doc-25-incorporacion-de-una-nueva-especie-al-apendice-i-del-acap-petrel-de-galapagos-pterodroma-phaeopygia/file>
- Jiménez-Uzcátegui, G., & Wiedenfeld, D. A. (2002). Aves Marinas. En: Danulat, E., Edgar, G.J. (Eds.), Reserva Marina de Galápagos. Línea Base de la Bioseguridad. Fundación Charles Darwin y Servicio Parque Nacional Galápagos, pp. 359-360.
- Mills, K. (2016). Seabirds as part of migratory owl diet on Southeast Farallon Island, California. *Marine Ornithology* 44: 121-126.
- Monteiro, L. R., Ramos, J. A., & Furness, R. W. (1996). Past and present status and conservation of the seabirds breeding in the Azores Archipiélago. *Biol. Conser.* 78: 319-328.
- Muñoz, E. (1989). Control Experimental de Rata Negra (*Rattus rattus*) en la zona de Anidación de los Galápagos (*Geochelone elephantopus ephippium*). Isla Pinzón. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Cuenca. 149.
- Muñoz, E. (1992). Mamíferos introducidos a las Islas Galápagos: Efectos y Control. Informe Técnico. FCD.
- OPS/OMS. (2012, octubre 31). Manual para el control integral de roedores. Ministerio de Salud y Protección Social.
- Podolsky, R., & Kress, S. (1993). Attraction of the endangered Dark-Rumped Petrel to Recorded Vocalizations in the Galápagos Islands. *Condor*. 94(2), 448-453.
- Quezada, G., Lara, D., Albán, K., Piedrahita, P., & Wagner, H. (2019). Hábitos alimenticios de la lechuza y el búho de las islas Galápagos / Food habits of Galápagos owls. Memorias del 3er Simposio de Investigación & Conservación en Galápagos GSC–DPNG |

- Proceedings of the 3rd Galápagos Conservation & Research Symposium GSC–DPNG. Archivos Académicos USFQ. 20: 10-150.
- Riofrío-Lazo, M. (2006). Estudios sobre la rata negra “*Rattus rattus*” introducida en las islas galápagos: biología y opciones para el control estratégico. Retrieved from <https://usfq.academia.edu/MarjorieRiofr%C3%ADo/Thesis-Chapters>.
- Riofrío-Lazo, M., & Páez-Rosas, D. (2015). Feeding Habits of Introduced Black Rats, *Rattus rattus*, in Nesting Colonies of Galapagos Petrel on San Cristóbal Island, Galapagos. PLoS ONE 10(5): e0127901.: doi:10.1371/journal.pone.0127901
- RStudio Team. (2015). RStudio: Integrated Development Environment for R. Boston, MA. Retrieved from <http://www.rstudio.com/>
- Sarango, Á., & Erraez, E. (1988). Plan de manejo de la cuenca Media Luna de la isla Santa Cruz. Tesis de ingeniería. Universidad de Loja.
- Tomkins, R. (1985). Breeding success and mortality of Dark-rumped Petrels in the Galapagos, and control of their predators. *ICBP Technical Publication 3*: 159-175.
- Towns, D. R., Atkinson, I., & Daugherty, C. (2006). Have the harmful effects of introduced rats on islands been exaggerated? *Biological Invasions 8*: 863-891.
- Valarezo, J. C., & Wiedenfeld, D. A. (2005). Estado actual y distribución del Petrel de Galápagos (*Pterodroma phaeopygia*) en la isla Santa Cruz. Reporte técnico. Fundación Charles Darwin.
- Veitch, C. R., & Clout, M. N. (2002). Turning the tide: the eradication of invasive species. Proceedings of the International Conference on Eradication of Island Invasives. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

ANEXOS



Anexo 1. Área de control de roedores Cerro Mirador graficada a partir de las georreferencias marcadas con GPS. Tomado y adaptado de Cabrera (2021)

Anexo 2. Resultados de la prueba Shapiro Wilk aplicada a las cuatro variables analizadas en este estudio desde 2016 a 2021. Presenta normalidad ($p > 0.05$) solo el número de pichones nacidos.

Variable	W	P
Esfuerzo de Captura	0.592	< 0.001
Éxito de Captura	0.934	0.010
Nidos Activos	0.879	< 0.001
Pichones Nacidos	0.933	0.102

Anexo 3. Resultados de la prueba Levene aplicada a las cuatro variables analizadas en este estudio desde 2016 a 2021. Presentan homocedasticidad ($p > 0.05$) todas las variables para años y meses usando sus medianas. El éxito de captura, nidos activos y pichones nacidos solo presentan homocedasticidad en meses usando sus medias.

Variable	Factor	Medianas		Medias	
		F	P (>F)	F	P (>F)
Esfuerzo de Captura	años	2.337	0.059	9.474	< 0.001
	meses	0.519	0.877	3.135	0.005
Éxito de Captura	años	2.261	0.066	7.403	< 0.001
	meses	0.720	0.711	1.449	0.195
Nidos Activos	años	0.992	0.436	2.874	0.028
	meses	0.661	0.720	2.018	0.076
Pichones Nacidos	años	0.441	0.814	2.044	0.118
	meses	0.637	0.674	1.288	0.310



Anexo 4. Tubos PVC adaptados con alambre para evitar que pierda su efectividad por las condiciones del clima. Cebaderos especiales para roedores reemplazados únicamente para los perímetros 100 m y 50 m desde septiembre 2019. Tomado y modificado de Gaona et al., (2020).