

Taller para la Elaboración del “Plan Nacional de Conservación del gecko de Lima (*Phyllodactylus sentosus*)”



Universidad Cayetano Heredia, Lima, Perú
8-10 de noviembre, 2017

Informe Final

Organizado y financiado por:



Pérez, J., Elías, R., Balta, K., Rodríguez, J.E. & Matamoros, Y. (Eds). 2018. Análisis de Viabilidad de Población y Hábitat (PHVA) del gecko de Lima (*Phyllodactylus sentosus*). 7-10 de noviembre, 2017. Universidad Cayetano Heredia, Lima, Perú. Grupo de Especialistas en Planificación para la Conservación - UICN/SSC (CPSG Mesoamérica).

Foto de portada: Gecko de Lima (*Phyllodactylus sentosus*). Roberto Elías.

Una contribución del Grupo de Especialistas en Planificación para la Conservación - UICN/SSC (CPSG Mesoamérica).

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

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

Copyright© CPSG 2018. www.cpsg.org/cbsgmesoamerica.org

Global Conservation Network & CPSG Conservation Council

These generous contributors make the work of GCN & CPSG possible



\$25,000 and above

Copenhagen Zoo*
Karen Dixon & Nan Schaffer
Minnesota Zoological Garden
-Office Sponsor
Omaha's Henry Doorly Zoo & the Omaha
Zoo Foundation
George Rabb
Saint Louis Zoo

\$20,000 and above

Environment Agency - Abu Dhabi
World Association of Zoos and Aquariums
(WAZA)

\$15,000 and above

Chester Zoo*
Chicago Zoological Society*
Columbus Zoo & Aquarium - The WILDS
Disney's Animal Kingdom
Zoo Zürich*

\$10,000 and above

Alice Andrews
Auckland Zoological Park
Anne Baker & Robert Lacy
Dallas World Aquarium*
Detroit Zoological Society
Houston Zoo*
San Diego Zoo Global
Toronto Zoo
Wildlife Conservation Society
Zoo Leipzig*

\$5,000 and above

Al Ain Wildlife Park & Resort
Association of Zoos & Aquariums (AZA)
British and Irish Association of Zoos and
Aquariums (BIAZA)
Dallas Zoo
Lincoln Park Zoo
Point Defiance Zoo & Aquarium
Schönbrunner Tiergarten – Zoo Vienna*
Smithsonian National Zoological Park
Zoologischer Garten Rostock

\$2,000 and above

Allwetterzoo Münster
Association of Zoological Gardens (VdZ)
Borås Djurpark*
Bristol Zoo Gardens
Cincinnati Zoo & Botanical Garden
Cleveland Metroparks Zoo
Dickerson Park Zoo
Dublin Zoo
European Association of Zoos & Aquaria
(EAZA)
Fort Wayne Children's Zoo
Fota Wildlife Park, Ireland
Fundación Parques Reunidos
Givskud Zoo
Gladys Porter Zoo
Japanese Association of Zoos &
Aquariums (JAZA)
Kansas City Zoo

Nancy & Peter Killilea
Laurie Bingaman Lackey
Linda Malek
Milwaukee County Zoo
Nordens Ark
North Carolina Zoological Park
Oregon Zoo
Paignton Zoo
Royal Zoological Society of Antwerp
Royal Zoological Society of Scotland
Sedgwick County Zoo
Seoul Zoo
Lee & Marie Simmons
Swedish Association of Zoological Parks
& Aquaria (SAZA)
Twycross Zoo
Utah's Hogle Zoo
Wilhelma Zoo
Woodland Park Zoo
Zoo Frankfurt
Zoological Society of Wales, Welsh
Mountain Zoo
Zoologischer Garten Köln

\$1,000 and above

Aalborg Zoo
Abilene Zoological Gardens
Akron Zoological Park
Mark Barone
Cameron Park Zoo
Central Zoo Authority, India
Everland Zoological Gardens
Friends of the Rosamond Gifford Zoo
Jacksonville Zoo & Gardens
Little Rock Zoo
Los Angeles Zoo
Perth Zoo
Philadelphia Zoo
Phoenix Zoo
Ed & Marie Plotka
Riverbanks Zoo & Garden
Rotterdam Zoo
San Antonio Zoo
Taipei Zoo
Thrigby Hall Wildlife Gardens
Toledo Zoo
Wassenaar Wildlife Breeding Centre
White Oak Conservation Center
Wildlife World Zoo & Aquarium
Zoo and Aquarium Association (ZAA)
Zoos South Australia

\$500 and above

Apenheul Primate Park
Banham Zoo
Chris Byers & Kathy Vila
Cotswold Wildlife Park
David Traylor Zoo of Emporia
Den Blaa Planet – Danmarks Akvarium
Kattegatcentret
Lisbon Zoo
Katey & Mike Pelican
Racine Zoological Society
Safari de Peaugres
Tokyo Zoological Park Society
Topeka Zoo
Wellington Zoo
Zoo de la Palmyre

\$250 and above

African Safari, France
Arizona-Sonora Desert Museum
Lee Richardson Zoo
Lion Country Safari
Roger Williams Park Zoo
Rolling Hills Wildlife Adventure
Sacramento Zoo
Steinhart Aquarium
Jacqueline & Nick Vlietstra
Zoo Heidelberg

\$100 and above

Ann Delgehausen
Steven J. Olson

**Denotes CPSG Chair sponsor*

CPSG Regional Resource Center Hosts

AMACZOOA & FUNDAZOO
Auckland Zoo
Copenhagen Zoo
Japan Wildlife Research Center
Pan-African Association of Zoos &
Aquaria (PAAZA)
Parque das Aves
Royal Zoological Society of Scotland
Saint Louis Zoo
Taman Safari Indonesia
Zoo Outreach Organisation & WILD
Zoofari Mexico

Thank you for your support!

30 April 2018



Contenidos

Sección I: Resumen Ejecutivo	5
Sección II: Agenda Desarrollada	12
Sección III: Visión	15
Sección IV: Respuestas de los Participantes a Preguntas del Taller	17
Sección V: Acrónimos	28
Sección VI: Análisis de las Amenazas	30
Sección VII: Generación de Información y Comunicación Educativa	37
Sección VIII: Análisis de Viabilidad de Poblaciones	44
Sección IX: Conclusiones y Recomendaciones	104
Sección X: Resúmenes de Presentaciones	109
Sección XI: Directorio de Participantes	115

Taller para la Elaboración del “Plan Nacional de Conservación del gecko de Lima (*Phyllodactylus sentosus*)”

**Universidad Peruana Cayetano Heredia
Lima, Perú
8-10 de noviembre, 2017**

Sección I Resumen Ejecutivo

Resumen Ejecutivo

El gecko de Lima (*Phyllodactylus sentosus*) habita en áreas desérticas costeras con sustrato de suelo seco o arena con algunas rocas y sin vegetación. Actualmente este tipo de hábitat está restringido a unas pocas localidades en la ciudad de Lima. La especie muestra una gran fidelidad a su pequeño rango de área de vida, por lo tanto, es una especie con escasa capacidad de dispersión y, además, tiene una baja tasa de reproducción. Las subpoblaciones conocidas se limitan a monumentos arqueológicos precolombinos, llamados Huacas, que son protegidos por el Estado que preservan el hábitat natural del desierto costero.

El gecko de Lima es una especie que fue evaluada en la Evaluación Global de Reptiles de la Lista Roja de la UICN y su estado de conservación se estableció como En Peligro Crítico (CR). Durante la evaluación, José Pérez y Katya Balta, especialistas en el gecko, de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, junto con Jorge Rodríguez del CPSG Mesoamérica, acordaron que la especie necesitaba un análisis adicional que debería incluir un Análisis de Viabilidad Poblacional y una Estrategia de Conservación. El interés por este taller incluyó a Roberto Elías, también de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, y Yolanda Matamoros, de CPSG Mesoamérica, que habían trabajado juntos en talleres previos facilitados por CPSG en Perú.

Este taller tuvo el apoyo del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), el Ministerio del Ambiente (MINAM) y la Universidad Peruana Cayetano Heredia, donde trabajan diferentes especialistas de la especie. El taller se llevó a cabo del 8 al 10 de noviembre de 2017 en el campus de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, con la participación de 30 personas representando 14 instituciones entre el gobierno, universidades y organizaciones interesadas en la conservación de la especie.

Durante el primer día, diferentes especialistas brindaron presentaciones sobre diferentes temas relacionados con 1) El rol del gobierno en la conservación de la fauna silvestre, 2) Historia natural, amenazas y distribución del gecko, 3) Crianza en cautiverio de la especie, y 4) Programas de educación ambiental dirigidos a la conservación del gecko. Siguiendo con la metodología de CPSG, ese mismo día los participantes formaron grupos de trabajo en torno a temas específicos identificados por ellos mismos. Los tres grupos que se formaron para trabajar el resto del taller se centraron en 1) **Análisis de las Amenazas** y 2) **Generación de Información y Comunicación Educativa** y 3) **Análisis de Viabilidad de Poblaciones**.

El resto de los días, los participantes comenzaron el proceso de ampliar los problemas, metas y acciones enfocados a cada tema de trabajo. Los grupos se volvieron a reunir periódicamente en el plenario para presentar sus análisis y tener recomendaciones por parte de los otros participantes.

De forma resumida las acciones establecidas por los grupos de trabajo fueron las siguientes:

Grupo Análisis de las Amenazas

Establecer una población *ex situ* para salvaguardar la especie, investigación, y eventual reintroducción y suplementación en poblaciones silvestres.

Evaluación del estado genético de las poblaciones silvestres para poder validar estrategias de liberación, reforzamiento, translocación y reintroducción.

Evaluar, asegurar y mejorar la calidad del hábitat (refugio, disponibilidad de presas, etc.), cuando amerite, con apoyo interinstitucional entre universidades, Estado y otras organizaciones (p. ej. Zoológico Parque de las Leyendas) sin poner en riesgo la preservación de los sitios arqueológicos.

Evaluar el impacto de especies exóticas sobre las poblaciones de gecko (p. ej. gatos y ratas) e implementar medidas para mitigar su efecto (p. ej. limpieza de desperdicios orgánicos, eliminación de depredadores, castración, etc.).

Grupo Generación de información y Comunicación Educativa

Implementar formas de comunicación para que los diferentes actores se mantengan involucrados en la conservación del gecko de Lima: comunidad, universidades, estado, etc.

Informar a la comunidad (público en general) sobre la especie para que se identifique como parte importante en la conservación de este gecko.

Promover, incentivar, facilitar y estandarizar la investigación sobre la especie para identificar, mitigar y mejorar el estado de conservación del gecko.

Grupo Análisis de Viabilidad de Poblaciones

Este grupo subrayó la importancia de diferentes puntos desarrollados por los otros dos grupos de trabajo:

Investigación en todos los parámetros demográficos de la especie (mortalidad, tamaño de la población, edad máxima de vida y reproducción).

Trabajar en colaboración con las instituciones estatales que preservan y mantienen los sitios arqueológicos para que las labores de limpieza y mantenimiento de estos sitios no impacten negativamente a la población del gecko y más bien contribuyan a aumentar la extensión y calidad del hábitat de la especie.

Impulsar el proyecto de reintroducción y suplementación de individuos mantenidos en condiciones *ex situ* hacia poblaciones silvestres como forma de incrementar el tamaño y diversidad genética de las poblaciones. Sin embargo, tener presente que el éxito del programa va a depender en gran medida de la eliminación o mitigación de las amenazas presentes en la actualidad.

Este Informe y las acciones propuestas que contiene se consideran recomendaciones del gobierno, universidades y ONGs que trabajan en la conservación del gecko de Lima, para

ayudar a orientar las acciones estratégicas que se consideran beneficiosas para la supervivencia a largo plazo de esta especie endémica y en peligro de la ciudad de Lima.

Visión

La **visión** para la conservación del gecko de Lima establecida en el taller de forma consensuada por los participantes fue la siguiente:

“El gecko de Lima en todas sus localidades presenta poblaciones con tamaños mínimos viables que garantizan una tendencia estable para la especie, así mismo, el público en general conoce y valora la especie, por su parte las autoridades interactúan y participan activamente en acciones de protección.”

Conclusiones y Recomendaciones

El taller finalizó con las conclusiones y recomendaciones hechas por los participantes a saber:

La necesidad de realizar más investigaciones en varios aspectos de la ecología y conservación del gecko de Lima.

La importancia de que los diferentes actores en la conservación del gecko (comunidad, universidades, estado, ONGs y zoológicos) trabajen de forma integrada.

Las diferentes acciones propuestas son viables, pero se tienen que llevar a cabo para garantizar la conservación de la especie.

La educación ambiental es una de las mejores herramientas para involucrar a la población en la conservación del gecko de Lima.

La metodología del taller puede ser un referente para otros planes de conservación, pero lo más importante es la implementación de las acciones descritas en el Informe.

Executive Summary

The Gecko of Lima (*Phyllodactylus sentosus*) inhabits coastal desert areas with dry soil substrate or sand with some rocks and no vegetation. Currently this type of habitat is restricted to a few locations in the city of Lima. The species shows great fidelity to its small home range, therefore, is a species with poor dispersal capacity and, in addition, has a low reproduction rate. The known subpopulations are limited to pre-Columbian archaeological monuments, called Huacas, which are protected by the State that preserve the natural habitat of the coastal desert.

The Gecko of Lima is a species that was evaluated in the Global Reptile Assessment of the IUCN Red List and its conservation status was assessed as Critically Endangered (CR). During the evaluation, José Pérez and Katya Balta, specialists on the gecko, from the Universidad Peruana Cayetano Heredia, together with Jorge Rodríguez from CPSG Mesoamerica, agreed that the species needed an additional analysis that should include a Population Viability Analysis and a Conservation Strategy. Interest in this workshop included Roberto Elías, also from Universidad Peruana Cayetano Heredia, and Yolanda Matamoros, from CPSG Mesoamerica, who had worked together in previous workshops facilitated by CPSG in Peru.

This workshop had the support of the National Forestry and Wildlife Service (SERFOR), the Ministry of the Environment (MINAM) and Universidad Peruana Cayetano Heredia, where different specialists on the species work. The workshop was done on November 8 to 10, 2017 on the campus of Universidad Peruana Cayetano Heredia, with the participation of 30 people representing 14 institutions among the government, universities and organizations interested in the conservation of the species.

During the first day, different specialists gave presentations on different topics related to 1) The role of the government in the conservation of wildlife, 2) Natural history, threats and distribution of the gecko, 3) Captive breeding of the species, and 4) Environmental education programs directed to the conservation of the gecko. Following the methodology of CPSG, that same day the participants formed working groups around specific issues identified by them. The three groups that were formed to work the rest of the workshop focused on 1) **Analysis of Threats**, 2) **Generation of Information and Educational Communication** and 3) **Population Viability Analysis**.

The rest of the days, the participants began the process of elaborate on the problems, goals and actions focused on each working group. The groups met again periodically in the plenary to present their analyzes and had recommendations from the other participants.

In summary, the actions established by the working groups were as follows:

Analysis of Threats

Establish an *ex situ* population to safeguard the species, do research, and eventual reintroduction and supplementation of wild populations.

Evaluation of the genetic status of wild populations to validate strategies for release, reinforcement, translocation and reintroduction.

Evaluate, protect and improve the quality of the habitat (refuge, availability of dams, etc.), when warranted, with inter-institutional support between universities, the State and other organizations (e.g. Zoological Park of the Legends) without putting at risk the preservation of the archaeological sites.

Evaluate the impact of exotic species on the gecko populations (e.g. cats and rats) and implement measures to mitigate their effect (e.g. cleaning of organic waste, predator eradication, castration, etc.).

Generation of Information and Educational Communication

Implement forms of communication so that different actors remain involved in the conservation of the Lima gecko: community, universities, state, etc.

Inform the community (public in general) about the species and identify it as an important part in the conservation of this gecko.

Promote, encourage, facilitate and standardize research on the species to identify, mitigate and improve the conservation status of the gecko.

Vision

The vision for the conservation of the gecko of Lima established in the workshop in a consensual way by the participants was the following:

"The gecko of Lima in all its localities presents populations with viable minimum sizes that guarantee a stable tendency for the species, likewise, the public in general knows and values the species, meanwhile the authorities interact and participate actively in protective actions".

Conclusions and Recommendations

The workshop ended with the conclusions and recommendations made by the participants:

The need to carry out more research in several aspects of the ecology and conservation of the Gecko of Lima.

The importance of the different actors in gecko conservation (community, universities, state, NGOs and zoos) working in an integrated manner.

The different proposed actions are viable, but they have to be carried out to guarantee the conservation of the species.

Environmental education is one of the best tools to involve the population in the conservation of the gecko in Lima.

The methodology of the workshop can be a reference for other conservation plans, but the most important thing is the implementation of the actions described in the Report.

Taller para la Elaboración del “Plan Nacional de Conservación del gecko de Lima (*Phyllodactylus sentosus*)”

**Universidad Peruana Cayetano Heredia
Lima, Perú
8-10 de noviembre, 2017**

Sección II Agenda Desarrollada

Taller para la Elaboración del “Plan Nacional de Conservación del gecko de Lima (*Phyllodactylus sentosus*)”

**Universidad Peruana Cayetano Heredia
Lima, Perú
8-10 de noviembre, 2017**

Agenda Desarrollada

8 de noviembre

8:30 Registro de los participantes.

8:45 Palabras de bienvenida:

Biol. José Pérez- Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH).

Ing. Fabiola Núñez- Ministerio de Ambiente (MINAM).

Ing. José Carlos Minaya- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR)

9:10 Rol del SERFOR en la conservación de la fauna silvestre peruana: Planes de Conservación. Biol. Alex Cruz-SERFOR.

9:30 Rol del MINAM en la conservación del gecko de Lima. Elizabeth Cárdenas-MINAM.

9:50 Estado actual del gecko de Lima. José Pérez Zúñiga-UPCH.

10:15 Crianza en cautiverio del gecko de Lima. Roberto Elias Piperis-UPCH.

10:35 Café.

11:00 Geographic range extension for the critically endangered leaf-toed gecko *Phyllodactylus sentosus* (Dixon and Huey, 1970) in Peru, and notes on its natural history and conservation status. Pablo Venegas-CORBIDI.

11:35 Programa de educación ambiental del Gecko de Lima en PATPAL Rosa Urbano-PATPAL.

12:00 Estrategias educativas para el caso del gecko de Lima. Jessica Vargas-PUCP.

12:30 Presentación de objetivos, metodología del taller y participantes/Antecedentes. Yolanda Matamoros-Grupo de Especialistas en Planificación para la Conservación (CPSG) SSC/UICN.

12:45 Trabajo de grupo: Identificación de los problemas. Elaboración del Árbol de Problemas. Equipo facilitador/Participantes.

13:00 Presentación de VORTEX (Programa de Análisis de Viabilidad Poblacional)-Modelo base. Jorge Rodríguez- Grupo de Especialistas en Planificación para la Conservación (CPSG) SSC/UICN.

13:45 Almuerzo.

14:45 Trabajo en Grupos: Identificación de los problemas.

16:00 Plenaria. Presentación de los problemas identificados en los grupos de trabajo.

9 de noviembre

8:45 Trabajo en grupos: Objetivos.

10:30 Café.

11:00 Plenaria: presentación de objetivos y Avances Grupo modelaje.

12:00 Almuerzo.

13:00 Trabajo en grupos: Acciones para cumplir los objetivos.

15:30 Plenaria. Presentación acciones para cumplir los objetivos y Avances Grupo modelaje.

17:00 Clausura oficial del Taller.

10 de noviembre

9:00 Trabajo en grupos: Desarrollo acciones.

12:00 Presentación Grupo modelaje.

Presentación de la Visión.

Conclusiones y recomendaciones.

Taller para la Elaboración del “Plan Nacional de Conservación del gecko de Lima (*Phyllodactylus sentosus*)”

**Universidad Peruana Cayetano Heredia
Lima, Perú
8-10 de noviembre, 2017**

Sección III

Visión

VISIÓN GENERAL

El gecko de Lima en todas sus localidades presenta poblaciones con tamaños mínimos viables que garantizan una tendencia estable para la especie, así mismo, el público en general conoce y valora la especie, por su parte las autoridades interactúan y participan activamente en acciones de protección.

Visión (a 25 años)

Las subpoblaciones del gecko de Lima presentan una tendencia estable.

Los proyectos arqueológicos conocen y valoran la especie y la emplean en el relacionamiento con la comunidad.

El público en general conoce la especie, su importancia y su estado de conservación.

Las autoridades (nacionales, locales) conocen la especie, su importancia y su estado de conservación, y participan en el desarrollo de las acciones del plan de conservación.

Taller para la Elaboración del “Plan Nacional de Conservación del gecko de Lima (*Phyllodactylus sentosus*)”

**Universidad Peruana Cayetano Heredia
Lima, Perú
8-10 de noviembre, 2017**

Sección IV

Respuestas de los Participantes a Preguntas del Taller

Pregunta 1: Por favor proporcione su nombre y una breve identificación de la organización, área de especialización y área de interés principal.

- **Katya Balta.** Universidad Peruana Cayetano Heredia, estudios ecología y conservación de saínos y aves.
- **Diego Alexis Barrera Moscoso.** Voluntario en el Departamento de Herpetología Museo de Historia Natural. Especialización en reptiles costeros, eco-fisiología y ecología.
- **Dayane Carbonel.** Laboro en el Proyecto de investigación y puesta en valor del Paraíso.
- **Elizabeth Cárdenas Cappelletti.** Ministerio del Ambiente: autoridad científica CITES, especialista en Diversidad Biológica del área encargada de la elaboración e implementación de instrumentos nacionales de gestión de la diversidad biológica y prestamos asistencia técnica a los GORES. Interés: recopilar información sobre biodiversidad para el IV informe nacional al CBD.
- **José M. Carrasco M.** Ministerio del Ambiente. Institución del Estado que se encarga de velar por el medio ambiente, conservándolo saludablemente. El ente rector del sector ambiental. Soy especialista en monitoreo de la biodiversidad y me interesa conocer de mejor y mayor manera.
- **Mariela Combe.** Bióloga Laboratorio de Estudios en Biodiversidad (LEB), ornitocología/ Educación Ambiental. Área de interés: conservación de la biodiversidad.
- **E. Daniel Cossios.** Trabajo como gerente de Biosfera Consultores Ambientales, empresa dedicada a evaluaciones ambientales. Soy biólogo especializado en zoología y conservación y mis intereses principales son: conservación de fauna, fauna introducida, conflictos gente/fauna y genética de poblaciones.
- **Alex Cruz.** Biólogo de profesión. Labora en SERFOR como especialista en conservación. El SERFOR es la Autoridad Nacional en materia forestal y de fauna silvestre en el Perú. Su área de interés es la conservación de la fauna silvestre.
- **Carla Delgado Vargas.** Universidad Peruana Cayetano Heredia. Educación ambiental.
- **Roberto Elías Píperis.** Facultad de Medicina veterinaria, Universidad Peruana Cayetano Heredia. Responsable del área de Medicina de la Conservación.
- **José Antonio Iturrizaga Shaw.** Tesista del Laboratorio de Estudios en Biodiversidad (LEB) de la Universidad Peruana Cayetano Heredia y voy a comenzar estudios de comportamiento en el gecko.
- **Luz Karina Junes López.** Universidad Peruana Cayetano Heredia-Laboratorio de Estudios en Biodiversidad. Especialización: ecología de reptiles.
- **Roberto Gutiérrez Poblete.** Investigador asociado al Museo de Historia Natural de la Universidad nacional de San Agustín de Arequipa. Herpetología –Taxonomía de reptiles.

- **Camila Llerena.** Estudiante de biología de quinto año de la Universidad Peruana Cayetano Heredia y tesista del Laboratorio de Estudios en Biodiversidad. Ecología y conservación de fauna silvestre en ecosistemas costeros y altoandinos.
- **Diego Alfonso Olivera Jara.** Miembro del Museo de Historia natural de la UNMSM. El MHNUNSM está encargado del estudio de la flora y fauna peruana específicamente el área de herpetología al estudio de los anfibios y reptiles del Perú. Mi área de interés es el estudio ecológico de los reptiles del desierto costero.
- **Carolina Pedraza.** Trabajo en el Parque de las Leyendas. Manejo médico y en especies varias (reptiles, primates y otras).
- **José Pérez.** Laboratorio de Estudios de Biodiversidad (LEB) Universidad Peruana Cayetano Heredia. Estudios en ecología y conservación de vertebrados.
- **Jorge Rodríguez.** CPSG. Trabajo en conservación y mi área de interés es el uso de herramientas para este campo.
- **Doris Rodríguez Guzmán.** Bióloga, SERFOR: Servicio Nacional Forestal y de fauna Silvestre, área de Gestión Sostenible del patrimonio de Fauna Silvestre. Interés principal: Conservación e investigación in situ.
- **Vanessa Susana Sánchez Montes.** Universidad Peruana Cayetano Heredia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (estudiante). Fauna silvestre.
- **Rosa María Urbaro Cueva.** Responsable del componente de Educación ambiental Proyecto Gecko de Lima. Área de interés: gestión de la biodiversidad y educación ambiental.
- **Fernando Valdez.** Biosfera Consultores es una empresa dedicada a la investigación.
- **Pablo Venegas Ibáñez (CORBIDI)** Taxonomía y sistemática de anfibios y reptiles.
- **Yessica Elizabeth Vilca Herrera.** Organización: UNICA. Biología general. Zoología y conservación de Recursos Naturales.
- **Renato Yabika.** El Parque Zoológico de Huachipa es una institución que tiene interés en áreas de investigación, conservación y educación ambiental.

Pregunta 2: ¿Cuál es su objetivo personal para el taller Análisis de Viabilidad de Poblaciones y Hábitat (PHVA) del gecko de Lima (*Phyllodactylus sentosus*)? ¿Qué es lo que desea que se logre con este taller?

- Mi objetivo es acumular más información sobre la especie y planes de conservación. En Perú también ayudo con mi experiencia con medicina y reproducción de reptiles en cautiverio.
- Que el plan de conservación del gecko incluya su búsqueda fuera de Lima para poder tener una idea mejor de la distribución y conservación de la especie.
- Conocer e informarme sobre los estudios que se vienen realizando con la especie. Conformar un grupo de personas interesadas en la conservación.
- Concientización y educación a la población sobre el gecko de Lima. Mayor conocimiento de la especie. Formación de un equipo de trabajo en educación y conservación del gecko.
- Conocer más sobre la especie. Contribuir en la parte de educación ambiental. Crear sinergias de trabajo.
- Elaborar un plan para recuperar y conservar a la especie en los próximos años. Dar a conocer un poco más sobre la especie a personas e instituciones claves.
- Establecer estrategia para la conservación del gecko de Lima. Implementar programa de educación ambiental reproducible.
- Comprender más a fondo los problemas que aquejan a las poblaciones del gecko. Conocer de los trabajos que se están realizando acerca de la conservación del gecko. Consolidar todos los diversos trabajos que se están realizando para que haya un solo plan.
- Colaborar con mis conocimientos en modelación de pequeñas poblaciones. Espero que se logre una estrategia de conservación para el gecko.
- Poder contar con una identificación de estrategias y actividades de conservación adecuada para el gecko de Lima.
- Personalmente he trabajado con el gecko de Lima de algunos años, conozco la problemática y la importancia de la especie, espero colaborar para que en este taller se logren consolidar objetivos claros, prácticos y factibles para la conservación de las poblaciones de la especie.
- Encaminar las posibilidades de brindar oportunidades para la especie. Objetivos de investigación, difusión, tener aliados a trabajar de la mano con instituciones afines.
- Impulsar el estudio sobre la herpetofauna costera, específicamente sobre el efecto de las ciudades (crecimiento poblacional humano) a los reptiles.
- Aprender sobre los demás trabajos que se han estado haciendo con la especie y compartir la información que manejo para la población de Mateo Smado.
- Condensar información sobre distribución y acciones de conservación e investigación puntuales.

- Observar y encontrar soluciones para al menos una parte de los problemas que enfrentan las poblaciones de *P. sentosus*.
- Aprender un poco más sobre el estado del gecko y como se puede ayudar en su conservación.
- Informar más acerca del gecko de Lima. Establecer y mejorar los planes de desarrollo y protección del gecko. Concretar y mejorar los planes de educación ambiental.
- Tener los elementos necesarios que nos permita elaborar un Plan Nacional de Conservación para el gecko de Lima. Espero el aporte de todos los asistentes para poder identificar y priorizar acciones concretas para la conservación de la especie.
- Espero aprender más sobre este tema y contribuir a desarrollar el Plan de Conservación del gecko de Lima.
- Conocer más precisamente como evaluar las poblaciones del gecko de Lima.
- Compromisos institucionales para conservar el gecko mediante acciones efectivas. Articulación intersectorial para la elaboración del Plan de Conservación del gecko.
- En el transcurso de las labores de excavación y como parte de remoción de escombros, piedras y tierra. Se logró evidenciar una especie de lagartijas que con el apoyo de especialistas de la universidad Cayetano logramos identificar como gecko. Nuestro propósito es que se conserve la especie.
- Que se concrete un Plan de Conservación.
- Espero que se tenga una estrategia consensuada para la conservación de la especie.

Pregunta 3: ¿Cuál según su punto de vista, es el mayor problema que afrontará el gecko de Lima durante los próximos 25 años?

- Invasión de su hábitat, incluso especies invasoras.
- Pérdida de hábitat y deterioro de este. Especies introducidas.
- En Lima la endogamia y la introducción de especies invasoras como *P. reissi*.
- Pérdida de hábitat, falta de conocimiento de la especie.
- Que se concrete un plan de conservación.
- Según hemos podido identificar en las excavaciones y el contacto con la población y los geckos, la población circundante a los sitios arqueológicos que es el hábitat predominante de esta especie, tiene un rechazo o quizá temor por ser una especie venenosa por sus brillantes colores. La población prefiere matar estas especies.
- Desconocimiento de la población de la importancia de la especie ya sea biológica o cultural.
- La extensión urbana. Hoy por hoy el crecimiento desordenado ha ido impactando varios aspectos y hábitats del gecko sobre todo en Lima.
- La fragmentación y reducción de sus poblaciones.
- La pérdida de hábitat.
- En las huacas que no cuentan con protección por parte del Estado, estos geckos pueden llegar a desaparecer no solo por la depredación de los animales insertados sino también por la contaminación y la acción antropogénica desfavorable.
- La pérdida de hábitat por la urbanización y los desechos humanos.
- Pérdida de hábitat y pérdida de diversidad genética.
- Crecimiento urbano. Pérdida de hábitat. Falta de conocimiento de la distribución real. Distribución aislada.
- La reducción del hábitat en posibles huacas en las que la especie está presente y aún no se sabe. El desarrollo de actividades recreativas en las huacas donde ya se sabe que está.
- La desinformación sobre su existencia y la poca relación que existe entre las unidades del Estado. El MINCU no trabaja a la mano con el MINAM y SERFOR. Todo ello lleva a la destrucción de su hábitat o al mal tratamiento de los lugares ocupados por el gecko.
- Crecimiento urbano. Restauraciones completas de las huacas. Creencias. Entrecruzamiento. Depredadores introducidos. Caza (mascotas).
- Reducción del hábitat natural disponible que generará fragmentación de la población de la especie.
- Pérdida de la calidad del hábitat que repercute en la fragmentación de las poblaciones.
- Distribución aislada, destrucción de algunas de sus áreas de distribución. Es una especie que puede verse muy afectada por el cambio climático y el uso excesivo de pesticidas.

- Depredación. Fragmentación del hábitat. Población reducida. Posible consanguinidad. Crecimiento urbano. Poca información de la especie.
- Fragmentación de hábitat. Especies introducidas. Indiferencia de la sociedad civil. Desconocimiento de la especie.
- Extensión urbana desordenada.
- Reducción y amenazas al hábitat por mayor cantidad de actividades realizadas en las huacas y pérdida y destrucción de otras.
- Crecimiento urbano, reducción del hábitat; gatos, ratas, perros; falta de interés.
- Entrecruzamiento, crecimiento urbano, restauraciones de huacas, depredadores introducidos, cacería por mascotas.
- Pérdida y deterioro del hábitat. Especies introducidas. Cambio climático.
- La urbanización, destrucción del hábitat, poca información de su distribución en bordes de Lima.
- Mayor expansión urbana en pro de la población. Ausencia de programas de educación ambiental. Cambio climático.

Pregunta 4: ¿Con qué quiere contribuir a este taller?

- Ayudar con el levantamiento de datos ecológicos y patrones de actividad de las diferentes poblaciones de *P. sentosus*, además de la taxonomía.
- Con ideas y sugerencias para su conservación.
- Nuestra propuesta como proyecto es crear dentro del sitio arqueológico el Paraíso un centro en donde se pueda estudiar intensivamente esta especie, ya que su población en esta zona es alta.
- Consensuar compromisos y responsabilidades.
- Como representante del Estado desde el Ministerio de Ambiente a trabajar en conjunto y coordinadamente con otras instituciones del Estado para poder normar adecuadamente con sustento técnico.
- Con los datos que he generado sobre esta especie desde el 2009, especialmente sobre población y ecología.
- Educación ambiental.
- Con conocimientos en el campo de la conservación y con la vinculación de la institución a la que pertenezco en las acciones que se prioricen en el plan.
- Con el tema de educación ambiental.
- Conocimientos que se van adquiriendo en los ejemplares mantenidos en cautiverio. Conocimiento en salud animal.
- Apoyando en lo que se necesite como la difusión de información y concientizando a la población.
- Algunas ideas para contribuir con la protección del hábitat del gecko.
- Información de distribución. Historia natural de la especie.
- Compartir la información que manejo sobre la población de *P. sentosus* en la huaca Mateo Salado y las ideas en base a las cuales estoy desarrollando mi tesis de licenciatura.
- He trabajado buscando nuevos refugios ocupados por el gecko por lo que conozco la especie, así como los impactos a los cuales es sometido. Creo que puedo contribuir en muchos aspectos sobre la biología de la especie y con ello a su conservación.
- Ofrecer oportunidades de difundir y dar a conocer fauna de nuestra ciudad y apoyar en el proceso de conservación (instituciones y otros).
- Información científica de ecología poblacional e historia natural.
- Con mi conocimiento el PVA's.
- Experiencia con la especie, coordinar acciones para hacer efectivas las conclusiones del taller.
- Conservación. Crianza en cautiverio para una futura introducción/reproducción.
- Programa de educación ambiental.
- Compartiendo información.

- Datos de campo sobre su distribución y hábitat.
- Disposición para realizar equipos de trabajo en campo para obtener fundamento para entregar a instituciones locales, regionales, así movilizar a la población e instituciones y organizaciones.
- Mi experiencia con reptiles (medicina y manejo) y cambio de información en proyectos similares en Brasil.

Pregunta 5: ¿Cuál sería el estado ideal de las poblaciones del gecko de Lima en los próximos 25 años?

- Protección y mantenimiento de hábitats, crianza en cautiverio para repoblamiento.
- Que la población fragmentada tenga un monitoreo continuo para evitar su disminución.
- Que deje de ser una especie en peligro crítico.
- Contar con poblaciones saludables que permitan su desarrollo y vida en armonía con el entorno.
- Una población de tamaño viable con espacio para desarrollarse. Aumento en el conocimiento de la especie. Aumento en la conciencia ambiental colectiva en relación con esta especie y explorar su potencial como herramienta de conservación.
- Una población estable (o varias), con subpoblaciones naturales definidas y con intercambio genético entre los fragmentos poblacionales creados por acción humana.
- Que la población se mantenga en el tiempo, con índices claros de recuperación.
- Que el Estado pueda seguir protegiendo las huacas para de esta manera asegurar sus hábitats.
- Para las meta-poblaciones de lima, especialmente de las huacas, lo ideal según mi entender, sería la variabilidad genética. Evitar la endogamia.
- Que se descubran nuevas poblaciones que aumenten los individuos en las localidades que se conocen.
- Al menos mantener el tamaño de las poblaciones actuales verificando la variabilidad genética.
- Ubicar poblaciones en estado natural fuera de la ciudad de Lima y proponer modelos de conservación. En la ciudad ubicar estrategias de conservación y educación ambiental.
- Poblaciones estables con números poblacionales que garanticen su sostenibilidad en el tiempo.
- Población estable sin riesgo de entrecruzamiento.
- Tener una población biológica viable.
- Poblaciones con suficiente calidad de hábitat para que poblaciones aisladas se mantengan robustas a lo largo del tiempo.
- Que la población aumente, proteger el hábitat de los individuos.
- Poblaciones sustentables.
- Que se mantenga su hábitat y la calidad de este.
- Poblaciones estables y protegidas en localidades clave y poder contar con monitoreos estandarizados de estas poblaciones.
- Juntar las pequeñas poblaciones del gecko en sus determinados valles De esta manera Lima tendría tres poblaciones, una en el Chillón, otra en Rimac y finalmente una el Lurín.

En 25 años estas poblaciones crecerán en medio controlado, además podrá se visitado y estudiado en un hábitat muy parecido al natural.

- Mantener las poblaciones del gecko en condiciones equilibradas.
- El escenario ideal es crear lugares de investigación dentro de los centros arqueológicos. Realizar programas informativos, educativos en la población circundante a los sitios arqueológicos. Incentivar a la comunidad científica en el estudio de esta especie. Crear lugares de reproducción del gecko dentro de los sitios arqueológicos.

Taller para la Elaboración del “Plan Nacional de Conservación del gecko de Lima (*Phyllodactylus sentosus*)”

**Universidad Peruana Cayetano Heredia
Lima, Perú
8-10 de noviembre, 2017**

Sección V Acrónimos

Acrónimos utilizados en el documento

CORBIDI: Centro de Ornitología y Biodiversidad

CPSG: Grupo Especialista en la Planificación para la Conservación

MHN: Museo de Historia Natural

MINAGRI: Ministerio de Agricultura y Riego

MINAM: Ministerio del Ambiente

MINCU: Ministerio de Cultura del Perú

PATPAL-FBB: Patronato del Parque de Las Leyendas Felipe Benavides Barreda

PUCP: Pontificia Universidad Católica del Perú

SERFOR: Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre

SSC-UICN: Comisión de Sobrevivencia de Especies de la UICN

UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

UPCH: Universidad Peruana Cayetano Heredia

UPCH-LEB: Laboratorio de Estudios de Biodiversidad de la Universidad Peruana Cayetano Heredia

Taller para la Elaboración del “Plan Nacional de Conservación del gecko de Lima (*Phyllodactylus sentosus*)”

**Universidad Peruana Cayetano Heredia
Lima, Perú
8-10 de noviembre, 2017**

Sección VI Análisis de las Amenazas

Análisis de las Amenazas

Integrantes: Alex Cruz, Katya Balta, Carolina Pedraza, Daniel Cossios, Diego Olivera, Karina Junes, Dayana Carbonel.

PROBLEMA 1

Pérdida y fragmentación de hábitat: esta es una amenaza importante para el gecko de Lima, que al ver fragmentada sus poblaciones disminuye la salud y viabilidad reproductiva de las generaciones futuras, ya que se están reproduciendo en consanguinidad.

Objetivo 1: Rescatar animales/ poblaciones del gecko en peligro.

Acción 1: Mantener en cautiverio temporal, con prioridad de rescate de ejemplares en zonas arqueológicas u otras áreas impactadas por factores que peligren el mantenimiento de la especie. Estos ejemplares serán evaluados por veterinarios para conocer el estado de salud, y analizados a nivel genético.

Responsables: Roberto Elías / Carolina Pedraza.

Línea de Tiempo: 5 años.

Fuente de Verificación: Informes, fotos, publicaciones, congresos.

Colaboradores: PATPAL, SERFOR, MINAM, UPCH-LEB.

Personal: Estudiantes, tesistas, voluntarios.

Costos: US\$37,500 (5 años).

Material y equipo: US\$7,500: Terrarios (\$4,200), mantas (\$450), alimento (\$300), termo hidrómetros (\$500), refugios (\$150), vernier (\$80), balanza digital (\$150), termómetro laser (\$150), implementos de limpieza (\$50), focos, focos nocturnos (\$120), temporizador (\$60), guantes (\$30), repisas (\$1,200).

Personal profesional: Dos personas: \$20,000 y \$ 10,000.

Consecuencias: Obtener información de la biología de la especie, generar protocolos de manejo en cautiverio

Obstáculos: Falta de información, falta de materiales.

Objetivo 2: Mejorar la calidad genética y la viabilidad de las poblaciones del gecko de Lima.

Acción 1: Evaluación del estado genético de poblaciones para poder validar estrategias de liberación, reforzamiento, translocación y reintroducción.

Responsable: Daniel Cossios.

Línea de Tiempo: 1 año.

Fuente de Verificación: Informes, fotos, resultados exámenes genéticos y moleculares.

Colaboradores: UPCH-LEB, SERFOR, Universidades, Departamento de Herpetología del MHN San Marcos.

Personal: Estudiantes (tesistas).

Costos: US\$15,000 (1 año).

Análisis mitocondrial (2 marcadores). US\$ 12,000
Profesional 1: US\$1,500 (salida de campo + informe)
Profesional 2: US\$500
Material: US\$1,000

Consecuencias: Obtener el pool genético de las poblaciones del gecko.

Obstáculos: Permisos pertinentes de acceso al área, seguridad, disponibilidad del personal, colecta de especímenes.

Acción 2: Realizar liberación, reforzamiento, translocación y reintroducción de individuos en los casos que ameriten.

Responsable: José Pérez.

Línea de Tiempo: 2 años.

Fuente de Verificación: Informes, fotos, lista de participantes.

Colaboradores: UPCH-LEB, MINCU, SERFOR, Universidades, Laboratorio de herpetología, San Marcos, PATPAL.

Personal: Estudiantes (tesistas), voluntarios

Costos: US\$13,300 (2 años).

Profesional 1: US\$5,000 (campo más 6 informes).

Profesional 2: US\$6,300 (5 personas).

Materiales US\$2,000.

Consecuencias: Contar con poblaciones de tamaño adecuado para que pueden permanecer estables a lo largo del tiempo sin nuevas intervenciones.

Obstáculos: Permisos pertinentes de acceso al área, seguridad, disponibilidad del personal, falta de información.

PROBLEMA 2

Al perder su hábitat no tienen lugares donde reproducirse ni refugiarse, y disminuye el alimento disponible.

Objetivo 1: Mejorar la calidad del hábitat de la especie (zonas arqueológicas y otras).

Acción 1: Evaluar en espacios viables (estudio de amenaza), la presencia de otras especies, presencia de alimento / acceso al alimento, refugios naturales y parámetros ambientales base.

Responsables: José Pérez / Diego Olivera.

Línea de Tiempo: 3 años.

Fuente de Verificación: Informes, fotos, lista de participantes

Colaboradores: UPCH-LEB, MINCU, SERFOR, Universidades, Departamento de Herpetología del MUSM.

Personal: Estudiantes (tesistas).

Costos: US\$9,100 (3 años).

Profesionales 1: US\$3,600.

Profesional 2: US\$2,500.

Materiales: US\$3,000 / 3 años (Pilas, pasajes, linterna frontal, guantes de látex, termo higrómetros, *data loggers*).

Consecuencias: Caracterización de las subpoblaciones de gecko de Lima con respecto a calidad de hábitat.

Obstáculos: Falta de recursos para llevar a cabo los estudios (humanos y monetarios).

Acción 2: Implementar y recrear refugios para enriquecer el hábitat de la especie sin perjudicar el centro arqueológico.

Responsable: Carolina Pedraza.

Línea de Tiempo: 3 años.

Fuente de Verificación: Informes, fotos.

Colaboradores: PATPAL, zonas arqueológicas / MINCU, SERFOR, MINAM.

Personal: Voluntarios.

Costos: US\$18,000 ((3 años).

Profesional 1: US\$10,800.

Personal de apoyo: Dos personas, US\$5,400.

Materiales: US\$1,800.

Consecuencias: Incrementar el área de refugio y alimento disponible, propiciando un aumento en la población.

Obstáculos: Obtención de permisos.

Objetivo 2: Asegurar la protección e integridad del hábitat existente (zonas arqueológicas y otras).

Acción 1: Implementar estrategias para promover la intangibilidad del patrimonio arqueológico con registro de la especie y articular esfuerzos de protección entre las autoridades competentes.

Responsable: Doris Rodríguez (MINCU, MINAM).

Línea de Tiempo: 1 año.

Fuente de Verificación: Fotos, informes.

Colaboradores: Municipios, MINCU.

Personal: Profesional a ser encargado.

Costos: US\$200 (1 año).

Profesional 1: \$200.

Consecuencias: Generar alianzas para la protección del patrimonio arqueológico y de la especie.

Obstáculos: Falta de interés.

Acción 2: Establecer una plataforma de aviso / denuncia (nuevas zonas para investigación y protección de patrimonio).

Responsable: José Pérez.

Línea de Tiempo: 5 años.

Fuente de Verificación: Fotos, informes.

Colaboradores: Proyecto gecko de Lima.

Personal: Estudiantes y voluntarios de Proyecto gecko de Lima.

Costos: No hay costos monetarios asociados, tiempo invertido en implementar la acción.

Consecuencias: Obtener información de nuevos hallazgos de la especie y otros.

Obstáculos: Falta de interés.

PROBLEMA 3

Intervenciones arqueológicas sin tener conocimiento de la presencia e importancia del gecko de Lima.

Objetivo: Asegurar que las intervenciones arqueológicas se realicen con previo conocimiento de la importancia del gecko de Lima.

Acción 1: Articular al SERFOR y MINCU durante las intervenciones arqueológicas.

Responsables: SERFOR.

Línea de Tiempo: 1 año.

Fuente de Verificación: Informes, actas.

Colaboradores: Proyecto gecko de Lima.

Personal: No aplica.

Costos: No hay costos económicos asociados.

Consecuencias: Articular relación de trabajo entre SERFOR y MINCU para la conservación de la especie.

Obstáculos: Falta de interés.

Acción 2: Capacitar a los profesionales del MINCU y trabajadores directos en los centros arqueológicos sobre la especie.

Responsables: Rosa María Urbano / Carolina Pedraza.

Línea de Tiempo: 1 año.

Fuente de Verificación: Fotos, informes, evaluaciones, encuestas.

Colaboradores: MINCU, Proyecto gecko de Lima.

Personal: Profesional encargado.

Costos: US\$610.

Profesional 1: US\$510

Material: US\$100

Consecuencias: Sensibilizar a los actores directos en los centros arqueológicos.

Obstáculos: Falta personal, falta de interés.

PROBLEMA 4

Depredación por especies no nativas: las poblaciones del gecko de Lima se estarían viendo afectados por animales no nativos, como: gatos y ratas.

Objetivo 1: Determinar el impacto de las especies introducidas sobre las poblaciones de gecko.

Acción: Realizar investigaciones para estimar cuánto afectan las especies no nativas a las poblaciones del gecko de Lima.

Responsables: Roberto Elías / Katya Balta.

Línea de Tiempo: 1 año.

Fuente de Verificación: Informes, fotos.

Colaboradores: Universidades, municipios.

Personal: Tesistas, voluntarios.

Costos: US\$ 12,650 (1 año).

Profesional 1: US\$ 500 (2 responsables para felinos y roedores).

Profesional 2: \$10,800 (3 testistas gatos) + US\$ 3 600 (1 testista roedor).

Materiales: \$350.

Consecuencias: Evaluar si hay un impacto significativo en la especie.

Obstáculos: Falta de personal, manifestaciones en contra de animalistas.

Objetivo 2: Controlar las poblaciones de especies no nativas.

Acción 1: Retiro de desperdicios orgánicos en sitios de patrimonio arqueológico y áreas circundantes.

Responsables: Carolina Pedraza, y personal designado por cada proyecto arqueológico.

Línea de Tiempo: 1 año.

Fuente de Verificación: Fotos.

Colaboradores: Municipios (salud).

Personal: A definir por cada proyecto arqueológico.

Costos: A definir, calculado según labores de limpieza de encargados municipales.

Consecuencias: Asegurar la reducción de especies invasoras, prevenir propagación de enfermedades, asegurar la estabilidad de las poblaciones de gecko de Lima.

Obstáculos: Falta de apoyo de las entidades.

Acción 2: Promover el control natal de los gatos en áreas circundantes en las huacas con poblaciones de gecko.

Responsables: Carolina Pedraza, Roberto Elías, y personal designado por cada proyecto arqueológico.

Línea de Tiempo: 1 año.

Fuente de Verificación: Informes.

Colaboradores: Universidades, municipios, Centros veterinarios, grupos de caridad (adopción).

Personal: Estudiantes, Médicos veterinarios.

Costos: Se tiene que estimar con mayor precisión según tiempo y materiales necesarios por los profesionales.

Consecuencias: Asegurar la estabilidad de las poblaciones de gecko de Lima. Incrementar y promover la tenencia responsable de mascotas.

Obstáculos: Falta de interés y apoyo de las entidades.

Acción 3: Promover programas de desratización en áreas circundantes a las Huacas con poblaciones de gecko.

Responsables: Carolina Pedraza, Roberto Elías, y personal designado por cada proyecto arqueológico y municipalidades.

Línea de Tiempo: 1 año y luego de forma continua.

Fuente de Verificación: Informes.

Colaboradores: Municipios.

Personal: Desratización y fumigaciones

Costos: Aproximadamente US\$12,000 (\$500 por intervención, 4 intervenciones anuales).

Consecuencias: Asegurar la reducción de especies invasoras, prevenir propagación de enfermedades, Asegurar la estabilidad de las poblaciones de gecko de Lima.

Obstáculos: Falta de interés y apoyo de las entidades.

Taller para la Elaboración del “Plan Nacional de Conservación del gecko de Lima (*Phyllodactylus sentosus*)”

**Universidad Peruana Cayetano Heredia
Lima, Perú
8-10 de noviembre, 2017**

Sección VII

Generación de Información y Comunicación Educativa

Generación de Información y Comunicación Educativa

Integrantes: Elizabeth Cárdenas, Mariela Combe, Carla Delgado, Doris Rodríguez, Rosa María Urbano, Renato Yabiku.

PROBLEMA 1

Existe falta de conocimiento sobre el gecko de Lima por parte de la población local.

OBJETIVO: Poner en valor al gecko de Lima, a través de la difusión de información.

Acción 1: Elaborar material informativo didáctico y de fácil interpretación sobre el gecko de Lima que llegue a la población local: panfletos, trípticos, cuentos, muñeco mascota, infografías, videos, títeres, *merchandising*, aplicaciones interactivas.

Responsable: Rosa Urbano, Carla Delgado.

Línea de tiempo: Permanente.

Fuente de verificación: Concreción de productos.

Colaboradores: Mariela Combe, LEB, Grupos de marketing, PUCP.

Personal: biólogo, comunicador, interpretador ambiental.

Costos totales: US\$ 36,700 al año.

Material: \$5,500 al año.

Profesionales:

Mando medio: \$1,000 Mensual

Mando general: \$1,500 Mensual

Transporte: \$1,200 / año

Consecuencias: Contar con material didáctico, lúdico, eficaz, de calidad y diseñado acorde al público objetivo.

Obstáculos: Falta de recursos económicos, diseños poco adecuados, poca profesionalidad por parte de los proveedores, carencia de personal, deficiencia en el monitoreo de las actividades.

Acción 2: Facilitar la disposición de información sobre la especie para la comunidad local mediante el uso de plataformas que sirvan como principal referente, usando un portal web, redes sociales, *webinars* y otros canales informativos tradicionales.

Responsables: Rosa María Urbano / Carla Delgado.

Línea de tiempo: 6 meses para el diseño con una ejecución permanente.

Fuente de verificación: número de participantes por actividad e instituciones involucradas.

Colaboradores: Mariela Combe, UPCH-LEB, Grupos de marketing, PUCP.

Personal: biólogo – educador ambiental, diseñador web y comunicador social.

Costos: US\$8,200 al año.

Material: \$6,000 al año.

Profesionales:

Mando medio: \$1000 Mensual

Transporte: \$1200 al año

Consecuencias: Aumentar la difusión de información sobre la especie y contar con herramientas para evaluar los medios de difusión.

Obstáculos: No contar con esfuerzos suficientes, presupuesto, desinterés del público.

Acción 3: Concientizar a la comunidad local sobre el gecko de Lima a través charlas de sensibilización, talleres informativos, participación en actividades ambientales y de conservación usando los recursos disponibles.

Responsables: Rosa María Urbano / Carla Delgado.

Línea de tiempo: Permanente.

Fuente de verificación: Técnicas de evaluación (encuesta, exámenes).

Colaboradores: Mariela Combe, LEB-UPCH, Grupos de marketing, PUCP, PATPAL-FBB, Universidades con programas en ciencias de la vida o ambientales.

Personal: biólogos, educadores ambientales y voluntarios del Proyecto gecko de Lima.

Costos: US\$24,000 al año.

Logística: \$2,000 mensual

Consecuencias: cambio de actitud en relación con la conservación y valoración de la especie.

Obstáculos: No lograr captar el interés del público y de instituciones.

Acción 4: Generar un vínculo de identidad con la especie como parte de la comunidad a través del eslogan “El Gecko también es limeño, está en tus manos cuidarlo”

Responsables: Rosa María Urbano / Carla Delgado.

Línea de tiempo: Permanente con verificación cada año.

Fuente de verificación: Número de mensaje relacionado a la conservación del gecko y las acciones a favor de conservación en medios virtuales y físico.

Colaboradores: Mariela Combe, LEB-UPCH y Voluntarios del Proyecto gecko de Lima.

Personal: Biólogos, educadores ambientales.

Costos: Ningún costo económico identificado en el momento.

Consecuencias: lograr la identidad y empatía con la especie.

Obstáculos: recepción de un mensaje erróneo (tenencia de la especie como mascota o perjudicial).

Acción 5: Favorecer las sinergias entre las diferentes ramas profesionales que mejoren el flujo de información involucrando arqueólogos, guía de turismo, docentes de formación básica regular y superior, zoológicos, autoridades municipales, instituciones gubernamentales y científicas.

Responsables: Rosa María Urbano / Carla Delgado.

Línea de tiempo: Permanente, con verificación cada año.

Fuente de verificación: Número de instituciones que participan activamente en el cumplimiento del objetivo.

Colaboradores: Mariela Combe, LEB-UPCH y Voluntarios del Proyecto gecko de Lima, Parque de las Leyendas, PUCP.

Personal: Biólogos, educador ambiental

Costos: US\$1,200 por año.

Logísticos: \$1,200.

Consecuencias: captar y comprometer a los actores estratégicos en la conservación del gecko.

Obstáculos: Desinterés y falta de compromiso por parte de las instituciones y/o profesionales contactados.

PROBLEMA 2

Existen vacíos importantes de información científica sobre el gecko de Lima.

OBJETIVO: Incrementar el conocimiento científico sobre la especie.

Acción 1: Promover el interés de la comunidad científica para realizar investigación en el gecko de Lima, haciendo énfasis en las potenciales ventajas del trabajo con esta especie: aprovechar oportunidades para empezar líneas de investigación en un espacio poco trabajado como es la ecología urbana, facilidad de acceso a la especie y a recursos para estudiarla. Asimismo, incentivar trabajos de investigación sinérgicos entre las diferentes áreas de investigación (biología, ingenierías, diseño urbanístico) y favorecer académicamente estas investigaciones (puntaje de tesis, acceso a fondos, etc.) Finalmente, facilitar la difusión de esta información a través de convocatorias, participación en congresos, etc.

Responsable: José Pérez

Línea de tiempo: Permanente con verificación cada año.

Fuente de verificación: Número de investigaciones, tesis y publicaciones al año.

Colaboradores: Laboratorio de Estudios en Biodiversidad – Universidad Peruana Cayetano Heredia, Laboratorio de Vida Silvestre – Universidad Peruana Cayetano Heredia, Departamento de Herpetología del MHN San Marcos, Departamento de Herpetología de CORBIDI, Departamento de Herpetología MHN Universidad San Agustín de Arequipa, Programa de Educación Ambiental del Proyecto gecko de Lima.

Personal: Investigadores, facilitadores.

Costos: US\$ 6,100 al año.

Material de difusión: \$100

Viáticos: \$3,000

Congresos: \$3,000 / año

Consecuencias: Aumentar el número de proyectos de investigación sobre el gecko de Lima. Identificación académica con el gecko de Lima

Obstáculos: Atraer personal no calificado, mala percepción sobre la especie (no es muy carismática), falta de eventos académicos.

Acción 2: Facilitar el acceso al financiamiento nacional e internacional para la investigación sobre el gecko de Lima, mediante la creación de un portal específico para financiamiento de investigación sobre la especie, donde se establezcan parámetros y guías que orienten al investigador.

Responsable: José Pérez.

Línea de tiempo: 1 año.

Fuente de verificación: Número de accesos al portal, número de postulaciones.

Colaboradores: Laboratorio de Estudios en Biodiversidad – Universidad Peruana Cayetano Heredia, Laboratorio de Vida Silvestre – Universidad Peruana Cayetano Heredia, Departamento de Herpetología del MHN San Marcos, Departamento de Herpetología de CORBIDI, Departamento de Herpetología MHN Universidad San Agustín de Arequipa, Programa de Educación Ambiental del gecko de Lima.

Personal: Investigadores.

Costos: US\$ 2,500.

Creación del portal web: \$100.00.

Profesional: \$ 2000.00.

Capacitaciones: \$ 500.00.

Consecuencias: Aumentar el número de proyectos de investigación sobre el gecko de Lima, e incluso otras especies.

Obstáculos: Falta de uso del portal, diseño errado/poco dinámico o atractivo de la herramienta, falta de potenciales fuentes de financiamiento.

Acción 3: Estandarizar metodologías de investigación.

Responsable: José Pérez.

Línea de tiempo: 1 año.

Fuente de verificación: Creación de un manual de metodologías de investigación sobre el gecko de Lima.

Colaboradores: Laboratorio de Estudios en Biodiversidad – Universidad Peruana Cayetano Heredia, Laboratorio de Vida Silvestre – Universidad Peruana Cayetano Heredia, Departamento de Herpetología del MHN San Marcos, Departamento de Herpetología de CORBIDI, Departamento de Herpetología MHN Universidad San Agustín de Arequipa, Programa de Educación Ambiental del gecko de Lima.

Personal: Investigadores

Costos: US\$37,100 al año.

Profesional de investigación:

Principal: \$1,500 mensual.

Colaboradores: \$1,000 mensual.

Eventos de convergencia: \$2,000 / evento.

Investigación en Campo: \$100.

Material: \$ 5,000.

Consecuencias: Lograr homogenizar la metodología de investigación para el gecko de Lima. Aumentar la comparación factible entre proyectos de investigación diferentes.

Obstáculos: Variabilidad inter-poblacional que dificulte la estandarización de la metodología. Dificultades de los investigadores para implementar las medidas establecidas.

Acción 4: Generar estudios que definan el hábitat y distribución real de la especie. Realizar evaluaciones intensivas para poder determinar la distribución actualizada de la especie.

Responsable: José Pérez.

Línea de tiempo: 2 años

Fuente de verificación: Mapa con distribución real de la especie con localidades de registro comprobadas en campo.

Colaboradores: Laboratorio de Estudios en Biodiversidad – Universidad Peruana Cayetano Heredia, Laboratorio de Vida Silvestre – Universidad Peruana Cayetano Heredia, Departamento de Herpetología del MHN San Marcos, Departamento de Herpetología de CORBIDI, Departamento de Herpetología MHN Universidad San Agustín de Arequipa.

Personal: Investigadores.

Costos: US\$48,500 al año.

Profesional de investigación:

Principal \$1,500 mensual.

Colaboradores: \$1,000 mensual.

Eventos de convergencia: \$ 1,500 / evento.

Investigación en Campo: \$13,000.

Material: \$4,000.

Consecuencias: Conocer el tamaño poblacional, el número de subpoblaciones y poder realizar un plan de conservación más adecuado y preciso.

Obstáculos: Baja tasa de registros por hábitos sigilosos, inaccesibilidad o inseguridad personal en algunas localidades a visitar.

PROBLEMA 3

Poca articulación entre la academia y las autoridades.

Objetivo: Fortalecer la articulación entre la academia y las autoridades

Acción 1: Crear espacios de articulación entre los agentes involucrados y tomadores de decisiones a través de reuniones de coordinación, mesas de trabajo.

Responsable: José Pérez, Katya Balta, personal designado por SERFOR y MINAGRI.

Línea de tiempo: Permanente con seguimiento cada año.

Fuente de verificación: Número de reuniones y acciones concretas.

Colaboradores: Profesionales vinculados al Proyecto gecko de Lima.

Personal: Investigadores

Costos: Ningún costo económico asociado.

Consecuencias: Mantener el compromiso de acción relacionados al plan de conservación.

Obstáculos: Baja respuesta a la convocatoria sin resultados concretos.

Acción 2: Favorecer la sinergia entre las diferentes entidades relacionadas con la protección del gecko de Lima.

Responsable: José Pérez, Katya Balta, personal designado por SERFOR y MINAGRI

Línea de tiempo: Permanente con seguimiento cada año.

Fuente de verificación: número de acciones coordinadas y ejecutadas.

Colaboradores: profesionales de las diferentes instituciones involucradas.

Costos: Ningún costo económico asociado.

Consecuencias: Acciones coordinadas y consensuadas en favor a la protección del gecko de Lima.

Obstáculos: Dilatación de las acciones y falta de toma de decisión.

Taller para la Elaboración del “Plan Nacional de Conservación del gecko de Lima (*Phyllodactylus sentosus*)”

**Universidad Peruana Cayetano Heredia
Lima, Perú
8-10 de noviembre, 2017**

Sección VIII

Análisis de Viabilidad de Poblaciones

Análisis de Viabilidad de Poblaciones

Participantes: José Pérez, Jorge Rodríguez, José Iturrizaga, Camila Llerena, Diego Olivera, Daniel Cossios, Fernando Valdez

Resumen

El gecko de Lima (*Phyllodactylus sentosus*) habita en diferentes Huacas (edificaciones preincaicas) protegidas por el Estado y que son los pocos remanentes del hábitat, dentro de la ciudad de Lima, donde el crecimiento urbano, la depredación por parte de gatos y ratas y el mismo mantenimiento de estos sitios arqueológicos amenazan la viabilidad de la mayoría de las poblaciones. Aun así, existe demasiada incertidumbre sobre la dinámica poblacional y el grado de impacto de las amenazas para implementar acciones de manejo.

La viabilidad a largo plazo de estas poblaciones se analizó por medio de un Análisis de Viabilidad de Poblaciones utilizando el programa *Vortex* (v 10.2.13.0). Los diferentes escenarios analizados indican que la persistencia a largo plazo de las poblaciones del gecko de Lima dependen de:

Tamaño de la población: La población de 50 individuos presenta bajos niveles de sobrevivencia producto de las amenazas que afectan las poblaciones, incertidumbre en valores demográficos y estocasticidad demográfica, ambiental y genética. Al aumentar de tamaño la población, estos elementos pierden su efecto y las poblaciones presentan un crecimiento mayor que se traduce en una mayor resiliencia a largo plazo. Sin embargo, incluso la población más grande de 500 individuos no escapa del todo de los efectos negativos mencionados y perdería individuos a lo largo del tiempo si no se ejecutan acciones de conservación. En los escenarios donde se aumenta la capacidad de carga, revelan que poblaciones de 50-100 individuos siguen siendo vulnerables ante los factores antes mencionados (mortalidad, catástrofes, etc.). Las poblaciones de 200-500 individuos son más robustas y la capacidad de carga tiende a ser una limitante con mayor peso en la viabilidad de estas poblaciones.

Incertidumbre y amenazas: Existe mucha incertidumbre en parámetros demográficos, lo cual impide tener una certeza real del reclutamiento de individuos (adición de juveniles) dentro de la población y las amenazas que las afectan. Diferentes escenarios muestran que se debe realizar investigación y acciones de manejo dirigidas a:

- **Edad máxima de vida y reproducción:** Una mayor longevidad aumenta el número de individuos reproductores en la población y por ende la tasa de crecimiento y tamaño poblacional. Incluso la población de 50 individuos tiene altos niveles de sobrevivencia si la edad máxima es de seis años.
- **Reducir impacto de catástrofe Limpieza/Inundación repentina:** En el modelo de línea base, el efecto de esta catástrofe es muy negativo sobre las poblaciones, lo que las puede

llevar a la extinción o hace que la recuperación sea muy lenta y las poblaciones quedan vulnerables a otras amenazas. Una catástrofe con menor efecto ayuda a aumentar la tasa de crecimiento y el tiempo de extinción en todas las poblaciones.

- **Mortalidad según clase de edad:** Un aumento de mortalidad, sobre todo de juveniles, producto de depredación por parte de ratas y gatos, produce tasas de decline poblacional en las poblaciones de 50–200 individuos, arrastrando consigo los demás parámetros. Si esta amenaza se controla y se produce una menor mortalidad, los parámetros de salida (stoch-r, $P_{(\text{sobrevivir})}$, $N\text{-all}/K$) muestran una mejoría, especialmente cuando se disminuye la mortalidad juvenil, pero las poblaciones de 50- 100 individuos se mantienen vulnerables.
- **Suplementación de individuos a la población:** Entre mayor sea el número de individuos a suplementar y el intervalo entre eventos sea menor, mayor impacto positivo tendrá en la población. Sin embargo, una vez que se detiene esta acción de manejo, las poblaciones tienden a regresar al estado inicial de la línea base. Lo que indica que esta acción es solo una medida paliativa mientras se reducen los efectos de las amenazas que afectan las poblaciones.
- **Estado ideal de la población:** Al combinar las mejores alternativas analizadas en edad máxima, efecto de catástrofe Limpieza/inundación, mortalidad y aumento en extensión y calidad de hábitat, todas las poblaciones tienen una $P_{(\text{sobrevivir})} = 1.000$ y $N\text{-all}/K \geq 1.000$ (esto por el aumento anual en K ingresado en los escenarios), lo que muestra que si se hacen las tres acciones de manejo (disminución de efecto de catástrofe, control de depredadores, aumento en extensión y calidad de hábitat) de forma paralela y si de hecho los geckos pueden vivir hasta los seis años, las poblaciones mostrarían una alta viabilidad poblacional a largo plazo. Aun devolviendo uno de los factores al valor de línea base, la mayoría de los escenarios mantienen las condiciones óptimas en sobrevivencia y tamaño poblacional. La excepción sería la edad máxima en poblaciones de 50 individuos donde a pesar de mejorar los resultados, la población disminuye luego de 50 años en la línea de tiempo.

Introducción

El gecko de Lima (*Phyllodactylus sentosus*) habita áreas desérticas costeras con sustrato de suelo seco o arena con algunas rocas y sin vegetación. Actualmente este tipo de hábitat está restringido a unas pocas localidades en la ciudad de Lima. La especie muestra una gran fidelidad a su pequeño rango de hogar (Pérez 2009), tiene una baja tasa de reproducción (Dixon y Huey, 1970) y una escasa capacidad de dispersión (Pérez et al., 2013). Actualmente la mayoría de las poblaciones conocidas se limitan a Huacas (lugares sagrados Incas) que son protegidas por el Estado peruano, y preservan el hábitat natural del desierto (Pérez y Balta 2016). Sin embargo, un estudio reciente de Venegas et al. (2017) registra a la especie en la Reserva Nacional San Fernando, departamento de Ica, siendo el primer registro fuera de la ciudad de Lima. No obstante, a pesar de este nuevo descubrimiento, la mayoría de las

poblaciones se concentran en Lima y están afectadas por diferentes amenazas mayores que las ponen en peligro (Pérez y Balta 2016, Venegas et al. 2017).

En las áreas donde habita el gecko dentro de la ciudad de Lima, la limpieza de los desechos de la superficie inorgánica durante el trabajo de restauración arqueológica restringe el microhábitat adecuado y, como la especie sobrevive en pequeñas islas ecológicas de hábitat natural dentro de un área fuertemente urbanizada, es probable que esté expuesta a altos niveles de depredación por depredadores introducidos, incluyendo ratas y gatos. Además, los geckos en general son perseguidos debido a las creencias locales de que son venenosos.

La especie se encuentra en la categoría de En Peligro Crítico (CR) en la Lista Roja de la UICN debido a su área pequeña restringida y la disminución continua en la calidad de su hábitat y el número de individuos, como resultado de las presiones sobre la especie y su limitado microhábitat restante. En búsquedas recientes no han podido registrar la especie en varias localidades, y es posible que una o más poblaciones ya se hayan perdido debido a las presiones negativas de las amenazas que enfrenta la especie (Pérez y Balta 2016). Debido al grado de amenazada de esta especie, se recomienda más investigación sobre las tendencias de su población y establecer poblaciones *ex situ* para evaluar las posibles acciones de manejo para la especie (Pérez y Balta 2016).

Comprender la dinámica poblacional es fundamental para la conservación y manejo de la vida silvestre, dado que proporciona las medidas más directas de la situación y las tendencias las poblaciones (Block et al. 2001). Sin embargo, los estudios a largo plazo necesarios para identificar los factores más importantes en la viabilidad de las especies son escasos y laboriosos (Block et al. 2001, Lindenmayer y Likens 2010, Lindenmayer et al. 2012, Clements et al. 2015). Las evaluaciones de modelado computacional de población conocidas como Análisis de Viabilidad de Poblaciones (PVAs por sus siglas en inglés) son un elemento fundamental de un PHVA (Miller et al. 2008, Lacy et al. 2015) y pueden ayudar a identificar los factores más importantes en el crecimiento poblacional de especies de vida silvestre. Los modelos también se pueden utilizar para evaluar los efectos de estrategias de manejo alternativas para identificar las acciones de conservación más eficaces para una población o especie e identificar las necesidades de investigación (Akçakaya y Sjögren-Gulve 2000, Brook y Kikkawa 1998, Ellner et al. 2002, Fessl et al. 2010, Wakamiya y Roy 2009).

El PVA fue realizado con el programa *Vortex* (v 10.2.13.0) (Lacy et al. 2015, Lacy and Pollak 2014). El programa utiliza una simulación Monte Carlo para modelar el efecto de los factores determinísticos y estocásticos sobre poblaciones silvestres y en cautiverio. Los eventos determinísticos son constantes en el tiempo (p. ej. cacería, pérdida de hábitat, contaminación y fragmentación del hábitat); mientras que los eventos estocásticos están relacionados con una probabilidad de ocurrencia y se clasifican como demográficos (p. ej. las probabilidades de supervivencia, reproducción, la determinación del sexo), ambientales (p. ej. las fluctuaciones en las tasas demográficas causadas por las fluctuaciones en el tiempo climático,

la competencia, el suministro de alimentos, enfermedades), catástrofes (p. ej. huracanes, sequías prolongadas, derrames de petróleo, enfermedades epidémicas) y genética (p. ej. la deriva genética, la endogamia). Inicialmente, el programa genera individuos para formar la población inicial, a continuación, cada animal se mueve a través de eventos diferentes del ciclo de vida, tales como nacimiento, selección de pareja, reproducción, mortalidad y dispersión, que se determinan de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia que se introduce en el modelo. Como resultado, cada simulación del modelo (iteración) da un resultado diferente. Al permitir que las variables aleatorias cambien dentro de ciertos límites, el programa predice al final de la simulación: el riesgo de extinción, el tamaño medio de las poblaciones supervivientes y la diversidad genética retenida por la población, entre otros resultados estadísticos. Mediante la ejecución del modelo cientos de veces, es posible examinar el resultado probable y un ámbito de posibilidades.

Vortex no pretende dar respuestas absolutas, ya que proyecta estocásticamente las interacciones de los muchos parámetros que se utilizan como entrada al modelo y debido a los procesos aleatorios involucrados en la naturaleza. La interpretación del resultado depende de nuestro conocimiento de la biología de las especies, las condiciones ambientales que las afectan y los posibles cambios futuros en estas condiciones. Para una explicación más detallada de *Vortex* y su uso en PVAs consulte el manual del software (Lacy et al. 2015) o visite www.vortex10.org y www.cbsg.org.

Preguntas del Análisis

Aunque existe poca información demográfica sobre el gecko de Lima, dicha incertidumbre no debe ser una excusa para la inacción. El verdadero valor de un PVA radica en hacer un análisis crítico de la información disponible sobre la especie y su ecología, la identificación de vacíos de información y la capacidad de considerar y comparar de forma cuantitativa diferentes escenarios sobre estos factores y posibles acciones de conservación.

Las preguntas que se quiere responder a partir de este PVA son:

¿Cuál sería la situación actual de las poblaciones del gecko de Lima?

¿Cuáles serían las mayores amenazas que ponen en riesgo las poblaciones del gecko de Lima?

¿Cuál sería el papel de un programa *ex situ* para recuperar las poblaciones pequeñas del gecko de Lima?

Glosario

Los resultados reportados para los escenarios incluyen los siguientes parámetros:

Det-r: Crecimiento o disminución determinístico de la población en la ausencia de fluctuaciones demográficas por factores estocásticos; reflejando un crecimiento constante de la población sin ninguna fuente de variación en los parámetros del modelo. Por ejemplo, una tasa de crecimiento de 0.05 o -0.05 es igual a un crecimiento o disminución de la población en un 5% cada año, respectivamente.

Stoch-r: La tasa media de crecimiento o disminución estocástica de la población demostrado por las poblaciones simuladas, promediado a través de los años e iteraciones, para todas aquellas poblaciones simuladas que no se extinguen. Incluye todas las fuentes de variación demográfica y ambiental que se incluyen en el modelo. Por lo general, es diferente de det-r porque tales fluctuaciones afectan la viabilidad de la población.

P_(sobrevivir): La probabilidad de supervivencia de la población, determinada por la proporción de iteraciones de un escenario dado que no se extinguen en la simulación. Por ejemplo, si la simulación muestra una probabilidad de extinción de 0.60, esto significa una probabilidad de sobrevivir de 0.40.

N-all: Tamaño medio de la población de un escenario dado al final de la simulación (promediando tanto las iteraciones que sobreviven como las que se extinguen).

N-all/K: Proporción del tamaño final de la población con respecto a la capacidad de carga. Tamaño medio de la población de un escenario dado al final de la simulación (promediando tanto las iteraciones que sobreviven como las que se extinguen) respecto a la capacidad de carga (K). Se utiliza cuando se comparan escenarios con poblaciones de diferentes tamaños. Se vuelve más importante al disminuir el riesgo de extinción de una población.

Div. Genes: Diversidad genética o heterocigosidad esperada de las poblaciones no extintas, expresada como un porcentaje de la diversidad genética inicial de la población. La mayoría de las especies en peligro tienen menos diversidad genética que las especies relacionadas que no están en peligro (Spielman et al. 2004). Individuos con poca diversidad genética tienen un menor fitness (Reed and Frankham 2003) que se traduce en una mayor susceptibilidad a cambios bruscos del ambiente y al final en mayor riesgo de extinción de la población (O'Grady et al. 2006).

TE Medio: El tiempo medio de extinción promediado a través de los años e iteraciones de las poblaciones simuladas que se extinguieron. Se vuelve más importante a medida que la tasa de crecimiento muestra una disminución en la población, lo que aumenta su riesgo de extinción.

Modelo de línea base

A continuación, explicaciones generales de cómo se estimaron los valores de los diferentes parámetros para el modelo de línea base (Cuadro 1).

Supuestos del modelo y precauciones

Los valores de entrada del modelo se derivaron a partir de literatura publicada y conocimiento de los autores sobre la biología de la especie y modelaje de poblaciones. Los datos demográficos de la especie son escasos y la información requerida por *Vortex* se ingresó a partir los datos de la población de la Huaca de Pucllana encontrados por Valdez (2016) y suposiciones derivadas del conocimiento de los expertos en la especie. Sin embargo, la incertidumbre no debería ser un obstáculo para este tipo de análisis cuya meta es la conservación de la especie. Más bien, con este trabajo se espera alentar nuevos estudios sobre aspectos demográficos de este gecko. El modelo de línea base que se describe a continuación, representa una población hipotética con supuestos demográficos que deben estar afectando la dinámica poblacional del gecko de Lima. Este modelo de línea base se utilizó posteriormente como base para análisis de riesgo sobre diferentes parámetros que se cree tienen un mayor peso sobre la población.

Parámetros generales del modelo

Número de iteraciones: 1,000.

Número de años de la simulación: 100.

Definición de extinción: Sólo quedan individuos de un solo sexo.

Parámetros poblacionales

Número de Poblaciones: Una.

Tamaño Inicial de la Población (N_0): 200 individuos. En otros escenarios se modelaron diferentes tamaños iniciales.

Capacidad de carga (K): 250 individuos.

Vortex requiere una capacidad de carga cuantitativa para limitar el tamaño máximo de la población. Este valor define un límite superior para el tamaño de la población, al que *Vortex* impone una mortalidad adicional al azar sobre todas las clases de edad y sexo para devolver el tamaño de la población al valor de K . Para este análisis se estableció en un 25% arriba del valor de N_0 . Además, se asumió que K no era afectada por variación ambiental porque esto ya está incluido en los valores de otros parámetros dentro del modelo.

Inclusión de depresión por endogamia: Sí.

La endogamia puede tener efectos importantes en muchos aspectos de la reproducción y la supervivencia de los individuos, especialmente en poblaciones pequeñas, por lo que se incluyó en el modelo de línea base. *Vortex* modela la depresión por endogamia como una reducción en la supervivencia en juveniles nacidos de padres relacionados por consanguineidad; la gravedad del efecto está determinada por el número de equivalentes letales (LE) en el modelo. Un LE es la suma de efectos negativos que pueden tener los alelos, que al acumularse da una equivalencia letal de 100%. Ralls et al. (1988) calcularon la mediana del número de LE calculados a partir de los datos de registros genealógicos de individuos de 38 especies de mamíferos cautivos en 3.14, mientras que O'Grady et al. (2006) concluyeron que 12.3 LE distribuidos a través de la supervivencia y la reproducción es una estimación realista de la depresión por endogamia para poblaciones silvestres en varios taxones. En el caso del gecko de Lima, datos de marca y recaptura revelan que es una especie con alta fidelidad a su refugio y poca habilidad de dispersión (Pérez et al. 2013), lo que puede repercutir en niveles importantes de endogamia en la población (Pérez com. pers. 2017), y a su vez se podría esperar que naturalmente las poblaciones tienen alguna resistencia a efectos negativos de la depresión por endogamia (Pérez com. pers. 2017). Por esto, en el modelo de línea base se ingresó 3.0 LE, como una estimación razonable de los efectos de endogamia, dejando el valor default de 50% asignados a alelos letales y sujetos a purga. Hay que notar que este modelo puede subestimar el impacto de la endogamia, ya que *Vortex* supone que todos los individuos de la población inicial no están relacionados y solo modela los efectos en la mortalidad juvenil.

Concordancia entre variación ambiental en reproducción y supervivencia: 0.5. La variación ambiental (EV) es la variación anual en reproducción y supervivencia debido a la variación aleatoria en las condiciones ambientales. Estos factores pueden afectar la reproducción y la supervivencia independientemente o simultáneamente. Si este valor se establece en 0.0, entonces la variación ambiental (EV) en la reproducción será independiente de EV en la mortalidad. Si este valor se establece en 1.0, entonces EV en reproducción y EV en supervivencia estarán completamente sincronizados. Como resultado, buenos años para la reproducción también son buenos para la supervivencia. Si esta correlación se establece en un valor intermedio, entonces EV en la reproducción estará parcialmente correlacionado con EV en la supervivencia.

Parámetros reproductivos

Sistema de apareamiento: Monogamia a corto plazo. El sistema de apareamiento se estableció como "monogamia estacional", que no permite a ningún gecko aparearse con otros individuos fuera de su pareja en una temporada determinada. Sin embargo, las parejas reproductivas cambian cada año (es decir, parejas reproductivas por varios años no se

utilizaron en el modelo). Cada población se asumió como panmíctica (todos los adultos reproductores del sexo opuesto son parejas potenciales).

Edad a la primera nidada: 1 año de edad tanto para hembras como machos. En *Vortex*, este parámetro representa el promedio de edad de la primera reproducción, no la edad de la madurez sexual o la edad reproductiva más temprana que se haya observado. Datos de marcaje y recaptura sugieren que la coloración adulta en los individuos comienza a aparecer en ambos sexos cerca al año de edad aproximadamente (Pérez com. pers. 2017).

Porcentaje de hembras que se reproducen: 90% (EV=5%). Se estima que un alto porcentaje de hembras adultas se puede reproducir cada año debido al alto número de juveniles encontrados en primavera y verano y a que estos se siguen encontrando en menor proporción a lo largo del año en la Huaca Pucllana (Valdez 2016). Aun así, se asumió que un porcentaje pequeño de las hembras no encuentran pareja al ser una especie poco propensa a desplazarse lejos de su refugio (Pérez et al. 2013). En cuanto a la variación ambiental (EV) se asumió en un 5% del valor promedio con el fin de mantener el parámetro alto año con año.

Reproducción dependiente de la densidad: No. *Vortex* modela este parámetro con una ecuación que especifica la proporción de hembras que se reproducen en función del tamaño total de la población. Normalmente, la proporción de hembras reproductoras disminuiría a medida que el tamaño de la población se hace grande. Además, es posible modelar un efecto Allee: una disminución en la proporción de hembras reproductoras en bajas densidades, debido, por ejemplo, a dificultad en encontrar compañeros reproductivos. En el caso de las poblaciones de gecko de Lima, se asumió que la reproducción es independiente de la densidad poblacional.

Porcentaje de machos adultos en el pool reproductivo: 90%. Se espera que al ser una especie monógama a corto plazo y que un gran número de hembras se puede reproducir en un año (ver arriba), exista un alto porcentaje de machos capaces de reproducirse si encuentran pareja. Sin embargo, al igual que en el caso de las hembras se espera que haya un porcentaje pequeño que falla en encontrar pareja, ya sea porque no pudo encontrar una o porque esta ya tenía una.

Número de nidadas por año: 2. Se estima que generalmente la especie tiene solo una nidada al año dado el pico reproductivo entre primavera y verano (Valdez 2016). Sin embargo, dado que se reportan individuos juveniles a lo largo del año (Valdez 2016), se espera que haya un porcentaje de hembras que puede poner dos nidadas en un año. Por esto en el modelo de línea base, 95% de las hembras que se reproducen tienen una nidada anual y 5% tienen dos nidadas.

Proporción de sexos al nacimiento: 50:50. La proporción de sexos entre las crías de una población de reptiles puede variar de año a año, dependiendo de la calidad de sitios de anidación y las condiciones climáticas locales. En este modelo, se asumió que si se tomaran datos de todas las nidadas a largo plazo sería 1.0:1.0. Esto también es apoyado por los datos

de proporción de individuos adultos en la Huaca de Pucllana de 0.9:1.0 (machos:hembras) (Valdez 2016).

Promedio y número máximo de huevos por nidada: 1. Las hembras de este gecko no superan los 7.50 cm de longitud de SVL (longitud corporal entre la punta del hocico la cloaca), con una media de 5.34 cm en la Huaca de Pucllana (Valdez 2016) por lo que se asume que no puede tener más de un huevo por su pequeño tamaño (Pérez com. pers. 2017).

Parámetros de supervivencia

Valores de mortalidad: Estos valores son específicos según edad y sexo y se muestran en el Cuadro 1. En *Vortex*, una vez alcanzada la edad reproductiva, la probabilidad anual de la mortalidad se mantiene constante durante la vida del individuo y se introduce una sola vez.

Los datos de mortalidad en geckos son poco estudiadas, por lo que no hay muchos datos en la literatura. Webb et al. (2008) encontraron que la tasa de eclosión en el gecko australiano (*Oedura lesueurii*) es de 100% y que los juveniles tienen una supervivencia de 76% durante los primeros seis meses de vida. Al igual que el gecko de Lima, *O. lesueurii* es una especie terrestre muy sedentaria que no se aleja mucho de su refugio, lo que ayuda a suponer junto con los datos y observaciones que el gecko de Lima también tiene una alta supervivencia en la etapa juvenil. Además, debido a que la especie posee un bajo esfuerzo reproductivo, también se asume que la mortalidad se mantiene baja una vez alcanzada la etapa adulta. Sin embargo, se cree que la depredación por parte de ratas y gatos pueden tener un impacto sobre la mortalidad de ambas clases de edad (Pérez, com. pers. 2017). Con la información anterior, la mortalidad juvenil y adulta para el modelo de línea base se estableció en 20% \pm 2.0 y 10% \pm 1.0 respectivamente. Aunque no hay información sobre la variación ambiental anual, se espera que las condiciones de temperatura, depredadores y alimento disponible no varía mucho del promedio año con año y se asumió en un 10% del valor promedio.

Edad máxima de reproducción: 4 años. Hay pocos estudios sobre la longevidad de geckos (Werner et al. 1993, Scharf et al. 2014). Los valores varían mucho entre especies con un rango de 1.1-50 años y un promedio de 9.3 años (Scharf et al. 2014). Existen diferentes factores que afectan la longevidad de los reptiles, a saber, tamaño corporal, latitud de su distribución, calidad de hábitat, edad de la primera reproducción, entre otros (Werner et al. 1993, Scharf et al. 2014). Los datos de campo y estimaciones de los participantes sugieren que 4 años es un valor razonable para el gecko de Lima.

Opciones Adicionales del Modelo

Eventos catastróficos: 3. Las catástrofes son eventos naturales o artificiales que ocurren con poca frecuencia, pero de manera drástica afectan la reproducción o la supervivencia. Los cambios ambientales que tienen un efecto relativamente grande en la supervivencia o la fecundidad de los individuos de una población se modelan en *Vortex* asignando una probabilidad anual de ocurrencia y un par de factores de severidad que describen su impacto

sobre la mortalidad (en todas las clases de edad y sexo) y en la proporción de hembras que se reproducen con éxito en un año determinado. Se cree que fenómenos fuertes de El Niño y La Niña pueden tener un efecto sobre las poblaciones del gecko de Lima. Se estimó que un evento fuerte de El Niño tiene una frecuencia de 5% anual y genera un efecto sobre el ambiente positivo que aumenta la reproducción en un 10% de un año normal, pero al haber más juveniles y no necesariamente mayor número de refugios disponibles, la supervivencia de estos se ve afectada negativamente en un 25% de un año normal, mientras que un evento fuerte de La Niña se asumió que tiene una frecuencia de 2% anual que genera condiciones ambientales negativas que resulta en una disminución de 20% en la reproducción y 10% en supervivencia de los valores normales. Al examinar poblaciones de 88 poblaciones de vertebrados, Reed et al. (2003), encontraron que el riesgo de una reducción severa en la población ($\geq 50\%$) es factible en muchas especies. En el caso del gecko de Lima, las poblaciones dentro de las Huacas pueden verse afectadas por la limpieza de escombros y basura que se acumulan con el tiempo en estas, de los cuales la especie se ha adaptado a usar como refugio (Olivera et al. 2016). Por otro lado, hay otras poblaciones que viven en la cercanía de cauces de ríos secos (Olivera et al. 2016) que podrían ser afectadas negativamente por una inundación repentina. Para el modelo de línea base, estos factores se ingresaron como una catástrofe con una frecuencia anual de 2.5% con un factor de severidad de 50% en la reproducción y supervivencia de todas las cohortes.

Cosecha y Suplementación: No se incluyó en el modelo de línea base.

Cuadro 1: Valores *Vortex* utilizados para el modelo de línea base del gecko de Lima. Ver texto para más detalles.

Parámetro	Valor		
Número de Poblaciones	1		
Depresión por endogamia	Equivalentes letales: 3		
	Porcentaje debido a alelos recesivos letales: 50%		
Concordancia entre variación ambiental, reproducción y supervivencia	0.5		
Sistema de apareamiento	Monogamia a corto plazo		
Edad para primera reproducción (♀/♂)	1/1		
Reproducción dependiente de la densidad	No		
% anual de hembras que se reproducen (EV)	90% (5)		
% de machos en pool reproductivo	100%		
Número máximo de nidadas por año	2		
Número de huevos por nidada	1		
Edad máxima de reproducción	4		
Edad máxima alcanzada	4		
Proporción de sexos al nacimiento	50% (1:1)		
% de mortalidad anual (EV)	Edad	Hembras	Machos
	0-1	20 (2)	95 (3)
	1-+	5 (0.5)	33 (10)
Catástrofes	Nombre	Frecuencia anual	Efecto
	La Niña	2%	Reproducción: -20%
			Supervivencia: -10%
	El Niño	5%	Reproducción: +10%
			Supervivencia: -25% en juveniles
Limpieza/Inundación	2.5%	Reproducción: -50%	
		Supervivencia: -50%	
Población inicial (N0)	200 individuos		
Capacidad de carga (K)	250 individuos		

Resultados del modelo de línea base

Resultados determinísticos

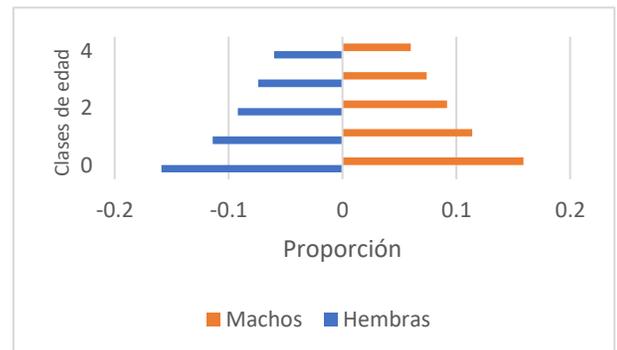
Los valores demográficos (p.ej. reproducción y mortalidad) incluidos en el modelo de línea base pueden ser utilizados para calcular las características determinísticas de la población del modelo. Estas características reflejan la biología de la población modelada en ausencia de: fluctuaciones estocásticas en las tasas demográficas y los impactos ambientales, depresión por endogamia, limitación de parejas, y eventos de inmigración o dispersión. Estos valores son usados para compararlos con valores observados en otros estudios demográficos de la especie y poder validar la población que se está modelando.

Los resultados determinísticos describen una población del gecko de Lima con un potencial de crecer a 8.18% anual ($\det-r = 0.0818$, $\lambda = 1.0852$). El número promedio de crías producidas por individuo (R_0) es de 1.20, lo que indica que los individuos superan el reemplazo de ellos mismos ($R_0 > 1.00$). El promedio de edad de los padres al tener crías es de alrededor de 2 años. La Figura 1 muestra una distribución de edades en concordancia a una población en crecimiento, con un porcentaje de 32% juveniles (incluido el estadio de huevo) y un porcentaje de adultos que va disminuyendo a medida que alcanzan mayor edad hasta representar un 12% en la edad máxima establecida en cuatro años. Los datos concuerdan con lo observado por Valdez (2016) en la Huaca de Pucllana donde hay un gran número de juveniles hacia el verano que va disminuyendo en número conforme pasa el año. Los datos de Valdez (2016) tienen un mayor porcentaje de juveniles en la población (53.40%), lo que puede ser evidencia que el esfuerzo reproductivo de las hembras es mayor o la mortalidad de juveniles es menor a los datos del modelo de línea base. Sin embargo, José Pérez (com. pers.) considera que los datos de campo bien pueden considerarse un defecto de metodología ya que los juveniles son más llamativos e ingenuos que los adultos, haciendo que su probabilidad de registro sea mayor que estos últimos.

Cuadro 2: Resultados determinísticos del modelo de línea base.

Medida de crecimiento	Resultado
Tasa intrínseca de crecimiento (Det-r)	0.0818
Tasa finita de crecimiento (λ)	1.0852
Tasa reproductiva neta (R_0)	1.2054
Tiempo generacional (T)	2.29

Figura 1: Distribución estable de edades en la población del modelo de línea base.



Resultados estocásticos

Los resultados descritos a continuación se resumen en el Cuadro 3. Al incluir en el modelo los efectos de depresión por endogamia y estocasticidad demográfica y ambiental, en un período de 100 años, la tasa de crecimiento disminuye hasta un 1.40% anual y el tamaño final de la población no llega a un 50% de la capacidad de carga. Aun así, la población es lo suficientemente resiliente para tener una probabilidad de sobrevivir de un 75% y mantener una diversidad genética de un 85%. El 25% de las iteraciones que se extinguen duran un período considerable de 73 años, período cercano donde se esperaría la ocurrencia de un segundo evento catastrófico de Limpieza/Inundación repentina. Esos resultados reflejan la situación asumida por los expertos, donde el gecko de Lima es una especie que se ha podido adaptar a condiciones urbanas y presenta un grado importante de resiliencia, pero que pierde terreno a lo largo del tiempo ante estas presiones.

Cuadro 3: Resultados estocásticos del modelo de línea base del gecko de Lima al final de 100 años.

No	stoch-r	P(sobrevivir)	N-all/K	Div. Genes	TE Medio
200	0.014	0.750	0.453	0.851	73

A partir de este modelo de línea base se procedió a probar diferentes escenarios variando los valores de diferentes parámetros demográficos que se considera que presentan alta incertidumbre y pueden ser importantes en la viabilidad a largo plazo del gecko de Lima.

Tamaño inicial de la población

Se estima que las ocho poblaciones conocidas de las Huacas varían de unas cuantas decenas (Huaca Tambo Inga) hasta varios cientos de individuos (Huaca Pucllana), con desconocimiento del tamaño estimado de otras poblaciones existentes poco conocidas. Las poblaciones pequeñas son desproporcionalmente susceptibles a los efectos estocásticos: fluctuaciones anuales relacionadas con el medio ambiente en las tasas vitales, la estocasticidad demográfica y la endogamia. A medida que las poblaciones crecen, estos efectos disminuyen y estas incrementan su viabilidad a largo plazo. En este grupo de escenarios se probaron diferentes valores de tamaño inicial de la población con una capacidad de carga 25% por encima de dicho valor. Se cree que el rango analizado incluye diferentes tamaños de diferentes poblaciones aisladas dentro de la distribución de la especie.

Resultados de los escenarios

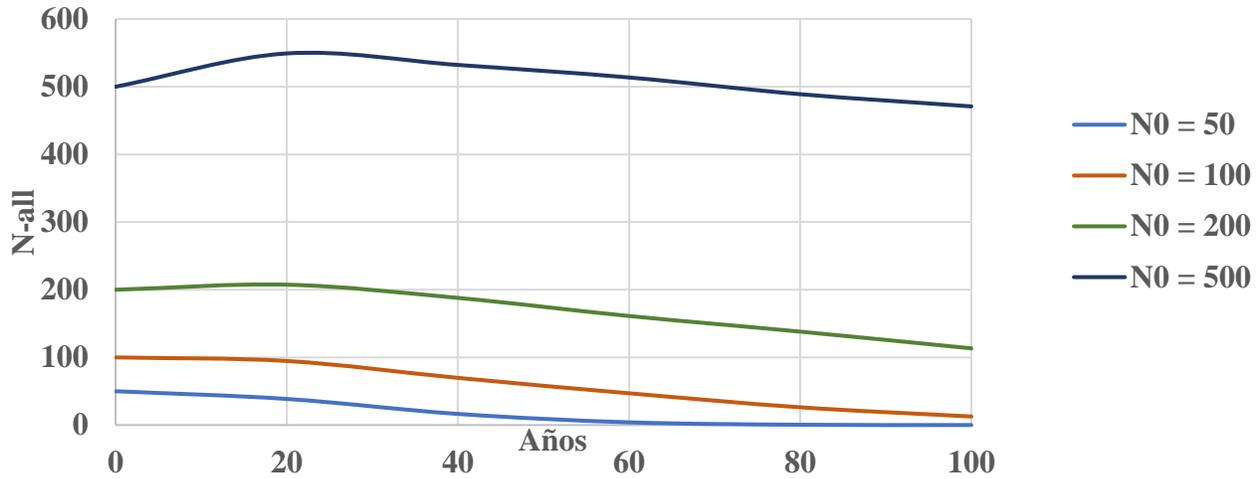
El Cuadro 4 y la Figura 2 resumen los resultados de este grupo de escenarios. Las poblaciones hipotéticas de 50 – 100 individuos se caracterizan por tener una tasa de decline poblacional (stoch-r = -0.047, stoch-r = -0.020), un tamaño final que no supera el 10% de la capacidad de carga y una baja diversidad genética por debajo del 75%. Cabe destacar que el tiempo

medio de extinción de ambas poblaciones hipotéticas (50 y 100 individuos) está cerca del tiempo estimado para la ocurrencia de una primera catástrofe de Limpieza/Inundación repentina en el modelo (cada 50 años). Una población hipotética de 500 individuos muestra una mayor resiliencia a lo largo del tiempo al tener una tasa de crecimiento ($\text{stoch-r} = 0.044$) que contribuye a un tamaño poblacional cerca del 75% de su capacidad de carga y una diversidad genética de 94%. Las pocas iteraciones que se extinguen lo hacen a los 77 años, al igual que la población de 200 individuos, cerca de cuando se esperaría un segundo evento catastrófico de Limpieza/Inundación repentina (100 años). A pesar de esta robustez, la Figura 2 muestra como incluso la población de 500 individuos, al igual que las otras, va disminuyendo debido a las presiones estocásticas y genéticas antes descritas.

Cuadro 4: Resultados al final de 100 años de poblaciones de gecko de Lima con diferentes tamaños iniciales de población (N_0). El modelo de Línea Base (Base) se incorpora como referencia. Ver texto para más detalles.

N_0	stoch-r	$P_{(\text{sobrevivir})}$	$N\text{-all/K}$	Div. Genes	TE Medio
50	-0.047	0.002	<0.001	0.604	44
100	-0.020	0.254	0.101	0.715	64
200 (Base)	0.014	0.750	0.453	0.851	73
500	0.044	0.971	0.753	0.942	77

Figura 2: Efecto de tamaño inicial sobre el tamaño final de la población a lo largo



Mortalidad según clases de edad

Se cree que la depredación por ratas y gatos es un factor importante en la mortalidad de juveniles y adultos, pero no hay estudios sobre la magnitud real que tiene sobre las poblaciones. Adicionalmente, su efecto puede variar en las diferentes poblaciones. Por lo tanto, se analizaron diferentes escenarios a los cuales se les varió la mortalidad juvenil y adulta en ± 10 , ± 20 y ± 30 del valor del modelo de línea base, para explorar cuán importante es este elemento en la viabilidad a largo plazo de las poblaciones.

Resultados de los escenarios

El efecto de variar los niveles de mortalidad depende del tamaño de la población y la clase de edad. Un aumento de mortalidad, especialmente la de juveniles, resulta en una disminución poblacional que arrastra consigo las demás variables. La población de 50 individuos es demasiado pequeña como para distinguir una tendencia, salvo que continúa disminuyendo. Las poblaciones de 100-200 individuos presentan un decline poblacional, tiempos de extinción más cortos, el número de iteraciones que persisten es menor, con poblaciones cada vez más pequeñas y diversidad genética baja. La población de 500 individuos es más resiliente por su tamaño y se mantienen con tasas promedio de crecimiento positivo, pero la misma tendencia de población más pequeña se observa al aumentar la mortalidad (Cuadro 5).

Al disminuir la mortalidad, las variables de salida (stoch-r , $P_{(\text{sobrevivir})}$, $N\text{-all}/K$) muestran una mejoría, especialmente cuando se disminuye la mortalidad juvenil (Cuadro 5). En este caso, en las poblaciones de 50-100 individuos, la mejoría en el crecimiento poblacional no es suficiente y se mantienen con probabilidades bajas de sobrevivencia ($P(\text{sobrevivir}) < 0.600$) y tamaños de población pequeños ($N\text{-all}/K < 0.350$) (Cuadro 5). En las poblaciones de 200-

500 individuos, la mejora en la tasa de crecimiento resulta en mayor sobrevivencia ($P_{\text{(sobrevivir)}} > 0.900$) y tamaños poblacionales más grandes ($N\text{-all}/K > 0.700$). En cuanto a Diversidad genética y Tiempo medio de extinción, las disminuciones en mortalidad analizadas no son suficientes para que estas varíen mucho de los resultados de la línea base. La mayor sensibilidad a cambios en la mortalidad de juveniles se debe a que los juveniles son necesarios para el reclutamiento de individuos en la población y aunque los resultados también le asignan importancia al número de adultos reproductores, a largo plazo los primeros tienden a ser más importantes para la viabilidad de la población. La Figura 3 muestra esta diferencia en la población de 200 individuos a lo largo del tiempo, al variar en un $\pm 30\%$ el valor base de mortalidad de juveniles y adultos. La Figura 4 vuelve a mostrar que la mortalidad juvenil tiene mayor peso que la mortalidad adulta en la viabilidad, al disminuir la mortalidad de ambas clases de edad un 30% del valor base, la población de 200 individuos se comporta de forma muy similar a solo ser afectada por la variación en la mortalidad juvenil, como en el caso de la figura anterior. En esta misma figura, también se muestra que la población de 50 individuos sigue siendo muy afectada por los eventos estocásticos y aun disminuyendo la mortalidad de ambas clases de edad, la población presenta muy baja viabilidad a largo plazo.

Figura 3: Efecto de variación de mortalidad en juveniles y adultos en una población de 200 individuos a lo largo del tiempo. El modelo de Línea Base (Base) se incorpora como referencia. Ver texto para más detalles.

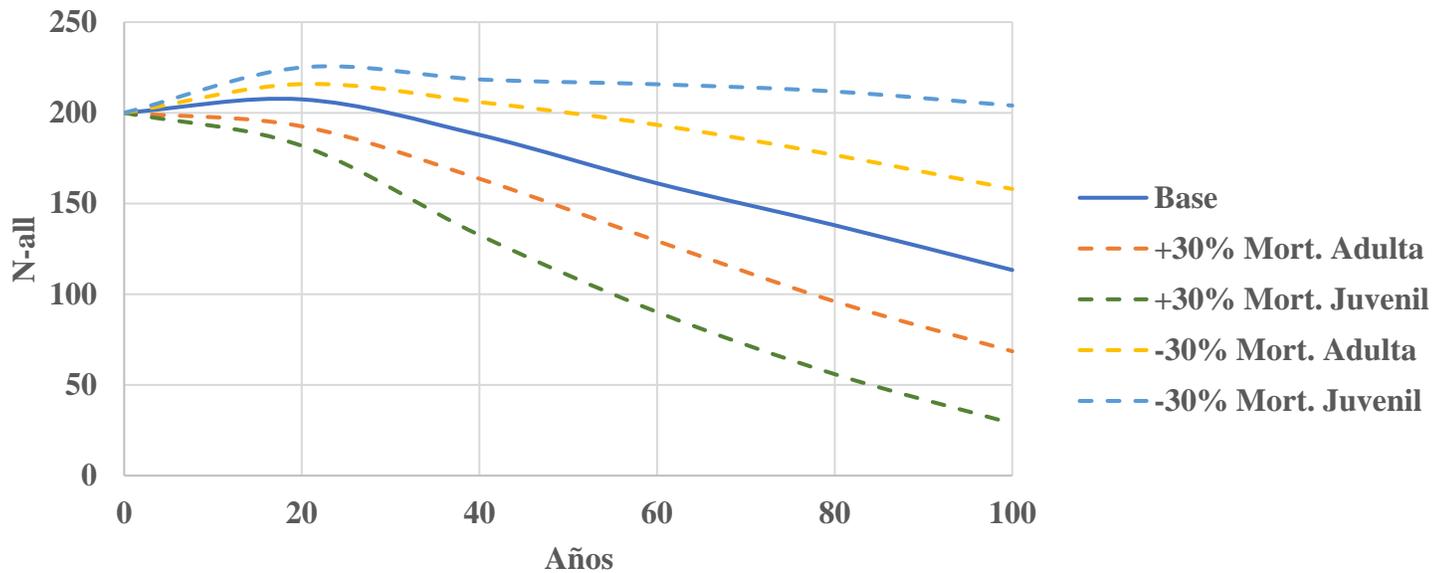
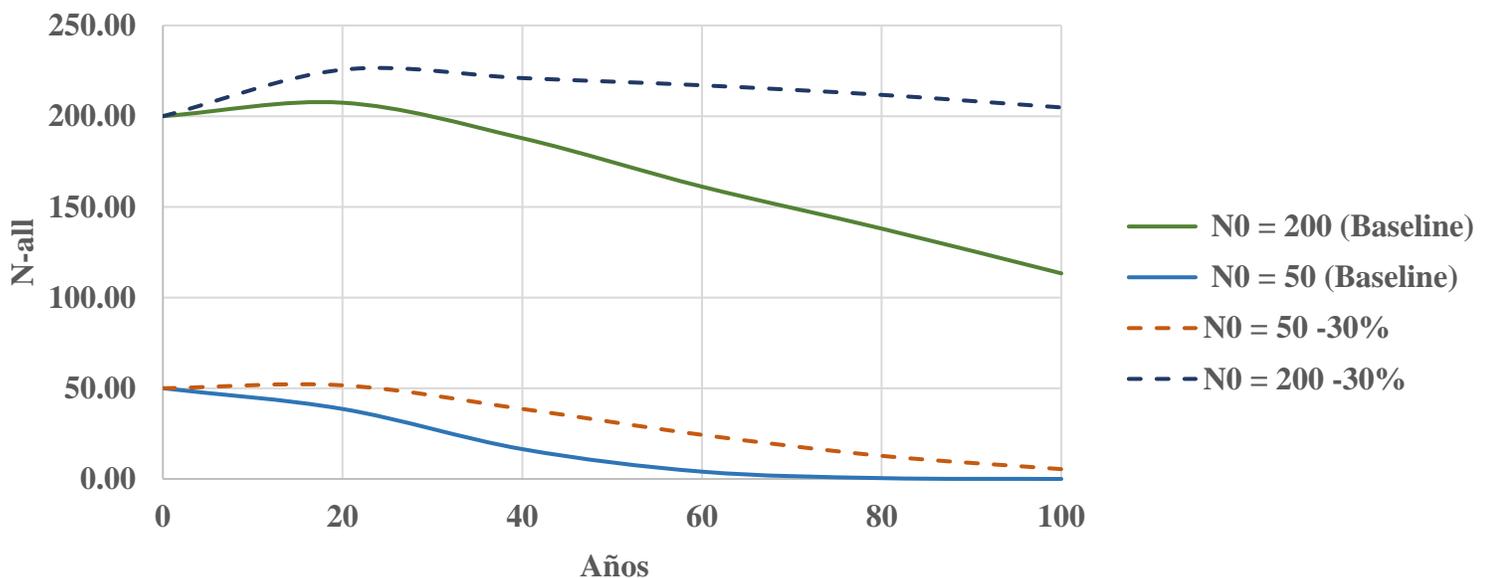


Figura 4: Efecto de disminuir la mortalidad en juveniles y adultos en un 30% del valor base, en poblaciones de 50 y 200 individuos a lo largo del tiempo. El modelo de Línea Base (Base) se incorpora como referencia. Ver texto para más detalles.



A. Aumento en la mortalidad de adultos

N_0	Cambio en mortalidad de adultos (%)	stoch-r	$P_{(sobrevivir)}$	N-all/K	Div. Genes	TE Medio
50	0 (Base)	-0.047	0.002	<0.001	0.604	44
	+10	-0.053	0.000	0.000	0.000	43
	+20	-0.058	0.001	0.000	0.542	40
	+30	-0.064	0.000	0.000	0.000	37
100	0 (Base)	-0.020	0.254	0.101	0.715	64
	+10	-0.027	0.181	0.062	0.707	62
	+20	-0.035	0.123	0.037	0.701	60
	+30	-0.042	0.079	0.023	0.695	57
200	0 (Base)	0.014	0.750	0.453	0.851	73
	+10	0.005	0.672	0.378	0.840	72
	+20	-0.003	0.594	0.308	0.833	72
	+30	-0.012	0.507	0.243	0.834	71
500	0 (Base)	0.044	0.971	0.753	0.942	77
	+10	0.036	0.954	0.726	0.939	73
	+20	0.028	0.930	0.662	0.935	75
	+30	0.020	0.890	0.592	0.930	74

B. Disminución en la mortalidad de adultos

N_0	Cambio en mortalidad de adultos (%)	stoch-r	$P_{(sobrevivir)}$	N-all/K	Div. Genes	TE Medio
50	0 (Base)	-0.047	0.002	<0.001	0.6036	44
	-10	-0.041	0.006	0.001	0.3647	48
	-20	-0.037	0.008	0.001	0.4667	51
	-30	-0.030	0.031	0.005	0.4699	53
100	0 (Base)	-0.020	0.254	0.101	0.715	64
	-10	-0.013	0.319	0.151	0.7367	65
	-20	-0.005	0.397	0.182	0.724	68
	-30	0.003	0.486	0.252	0.7303	69
200	0 (Base)	0.014	0.750	0.453	0.851	73
	-10	0.020	0.790	0.504	0.8515	72
	-20	0.029	0.835	0.592	0.8586	75
	-30	0.037	0.879	0.632	0.8671	76
500	0 (Base)	0.044	0.971	0.753	0.942	77
	-10	0.051	0.980	0.793	0.9447	81
	-20	0.058	0.984	0.823	0.9471	77
	-30	0.064	0.986	0.844	0.948	78

C. Aumento en la mortalidad de juveniles

N_0	Cambio en mortalidad de juveniles (%)	stoch-r	$P_{(sobrevivir)}$	N-all/K	Div. Genes	TE Medio
50	0 (Base)	-0.047	0.002	<0.001	0.604	44
	+10	-0.058	0.000	0.000	0.000	41
	+20	-0.065	0.000	0.000	0.000	37
	+30	-0.076	0.000	0.000	0.000	33
100	0 (Base)	-0.020	0.254	0.101	0.715	64
	+10	-0.031	0.145	0.047	0.696	62
	+20	-0.044	0.067	0.017	0.680	57
	+30	-0.052	0.031	0.006	0.648	55
200	0 (Base)	0.014	0.750	0.453	0.851	73
	+10	-0.001	0.632	0.328	0.837	71
	+20	-0.016	0.475	0.200	0.821	70
	+30	-0.030	0.342	0.115	0.813	67
500	0 (Base)	0.044	0.971	0.753	0.942	77
	+10	0.031	0.943	0.688	0.935	74
	+20	0.016	0.889	0.569	0.927	74
	+30	0.003	0.826	0.461	0.922	74

D. Disminución en la mortalidad de juveniles

N_0	Cambio en mortalidad de juveniles (%)	stoch-r	$P_{(sobrevivir)}$	N-all/K	Div. Genes	TE Medio
50	0 (Base)	-0.047	0.002	<0.001	0.604	44
	-10	-0.038	0.012	0.003	0.626	49
	-20	-0.030	0.026	0.004	0.564	52
	-30	-0.020	0.066	0.017	0.565	57
100	0 (Base)	-0.020	0.254	0.101	0.715	64
	-10	-0.008	0.355	0.171	0.738	67
	-20	0.004	0.477	0.249	0.738	67
	-30	0.015	0.567	0.336	0.755	68
200	0 (Base)	0.014	0.750	0.453	0.851	73
	-10	0.026	0.817	0.548	0.855	73
	-20	0.040	0.888	0.647	0.865	73
	-30	0.052	0.923	0.732	0.873	72
500	0 (Base)	0.044	0.971	0.753	0.942	77
	-10	0.055	0.983	0.818	0.945	80
	-20	0.068	0.991	0.866	0.948	77
	-30	0.077	0.994	0.876	0.950	79

Cuadro 5: Resultados de escenarios con variaciones en el valor de línea base de mortalidad de adultos y juveniles ($\pm 10\%$, $\pm 20\%$, $\pm 30\%$). El modelo de Línea Base (Base) se incorpora como referencia. Ver texto para más detalles.

Extensión y calidad de hábitat

La presión del crecimiento urbano pone en riesgo las poblaciones del gecko de Lima que no están asociadas a las Huacas, e incluso algunas de estas también están cediendo espacio a esta misma amenaza. Al mismo tiempo, se ha visto que en algunos casos el mantenimiento de las Huacas por parte de los proyectos arqueológicos del Ministerio de Cultura puede crear nuevos intersticios que sirven como nuevos sitios de refugio y caza para el gecko, y si existiesen más recursos para la protección y mantenimiento de Huacas dentro de la ciudad y otros sitios de importancia para las poblaciones del gecko, se espera que esto beneficiaría la conservación de la especie. Por otro lado, este mismo tipo de intervenciones arqueológicas pueden disminuir considerablemente los intersticios o refugios potenciales para el gecko de Lima y sus presas. En algunas ocasiones se desarrollan enlucidos o procesos similares que tapan estos intersticios y reducirían la capacidad de carga del hábitat. Para analizar el efecto de una disminución o aumento en la extensión y calidad de hábitat se corrieron escenarios con un cambio de ± 0.25 y ± 0.50 anual en la capacidad de carga (K) a lo largo de los 100 años de la simulación. En otras palabras, las poblaciones aumentarían o disminuirían un 25% o 50% en un período de 100 años.

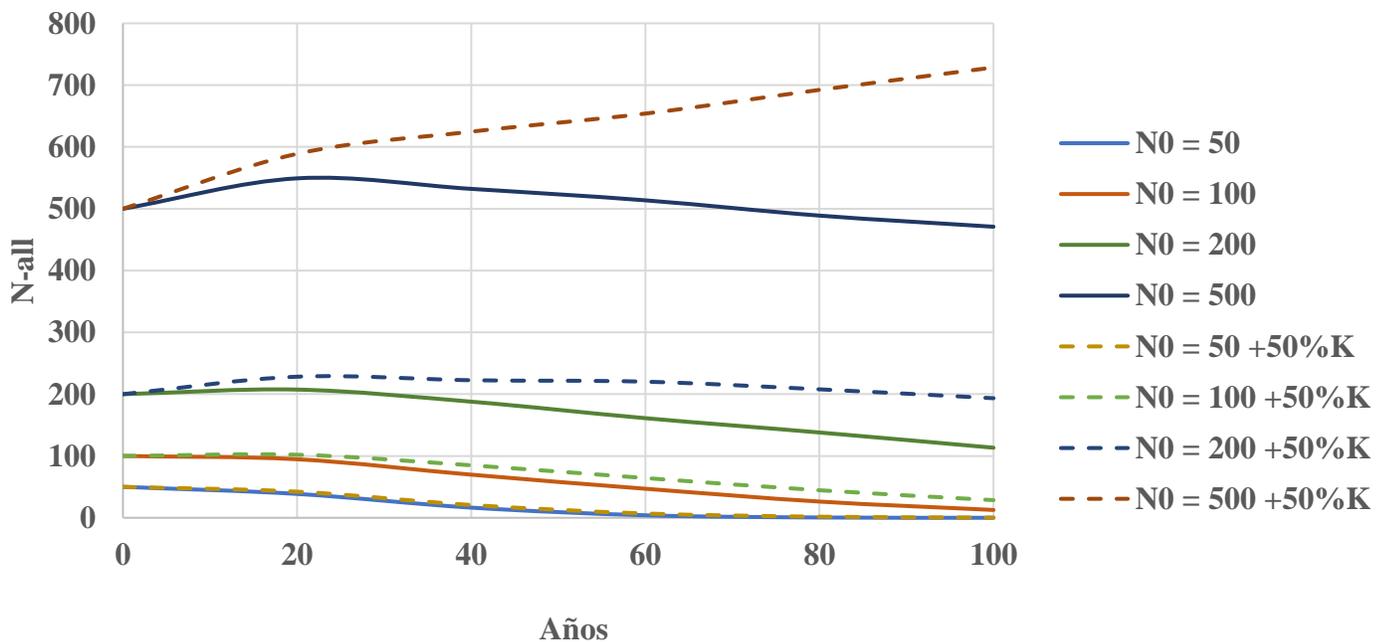
Resultados de los escenarios

Las variaciones en K afectan principalmente el tamaño final de la población y la probabilidad de persistencia (Cuadro 6), si las poblaciones tienen el potencial de crecer (stoch- r positivo) estas tenderán a aumentar hasta donde las tasas de mortalidad, reproducción y K lo permitan. En este caso, solo las poblaciones de 200-500 individuos pueden hacerlo, al igual que escenarios anteriores, las poblaciones de 50-100 individuos son demasiado pequeñas y aun aumentando K , los otros factores demográficos (mortalidad, catástrofes, etc.) tienen un mayor peso sobre la sobrevivencia a largo plazo.

Cuadro 6: Resultados de escenarios con variaciones en el valor de línea base de K (± 0.25 , ± 0.50), en un período de 100 años). El modelo de Línea Base (Base) se incorpora como referencia. *Datos según la capacidad de carga del modelo de línea base. Ver texto para más detalles.

N_0	Scenario	stoch-r	$P_{(\text{sobrevivir})}$	N-all/K*	Div. Genes	TE Medio
50	Todos los parámetros	0.138	1.000	1.233	0.7312	0
	Valor Base - Edad	0.026	0.786	0.604	0.661	80
	Valor Base - Mortalidad	0.090	0.999	1.200	0.726	92
	Valor Base - K	0.132	1.000	0.983	0.7022	0
	Valor Base - Catástrofe	0.116	0.984	1.107	0.7019	72
100	Todos los parámetros	0.167	1.000	1.241	0.8468	0
	Valor Base - Edad	0.072	1.000	1.192	0.8284	0
	Valor Base - Mortalidad	0.120	1.000	1.234	0.8483	0
	Valor Base - K	0.164	1.000	0.994	0.8316	0
	Valor Base - Catástrofe	0.150	0.999	1.176	0.8366	80
200	Todos los parámetros	0.187	1.000	1.245	0.9172	0
	Valor Base - Edad	0.098	1.000	1.225	0.9126	0
	Valor Base - Mortalidad	0.140	1.000	1.242	0.9187	0
	Valor Base - K	0.185	1.000	0.996	0.9103	0
	Valor Base - Catástrofe	0.171	1.000	1.202	0.9141	0

Figura 5: Efecto de variar el valor de línea base de K en + 0.50, en poblaciones de 50 - 500 individuos, a lo largo del tiempo. El modelo de Línea Base (Base) se incorpora como referencia. Ver texto para más detalles.



Efecto de Limpieza/Inundación

En el modelo de línea base, esta catástrofe tiene un efecto muy negativo tanto en reproducción como supervivencia. Por lo que se quiso analizar cómo se comportan las poblaciones ante un menor impacto producto de una mejoría en la calidad de hábitat - como un aumento en los intersticios de refugio dentro de las Huacas o sitios de refugio lejos de los cauces secos -, o acciones de limpieza dirigidas a disminuir la mortalidad de los reptiles. Los escenarios a modelar en esta sección se corrieron con un efecto negativo en reproducción y supervivencia de 40%, 30% y 20%.

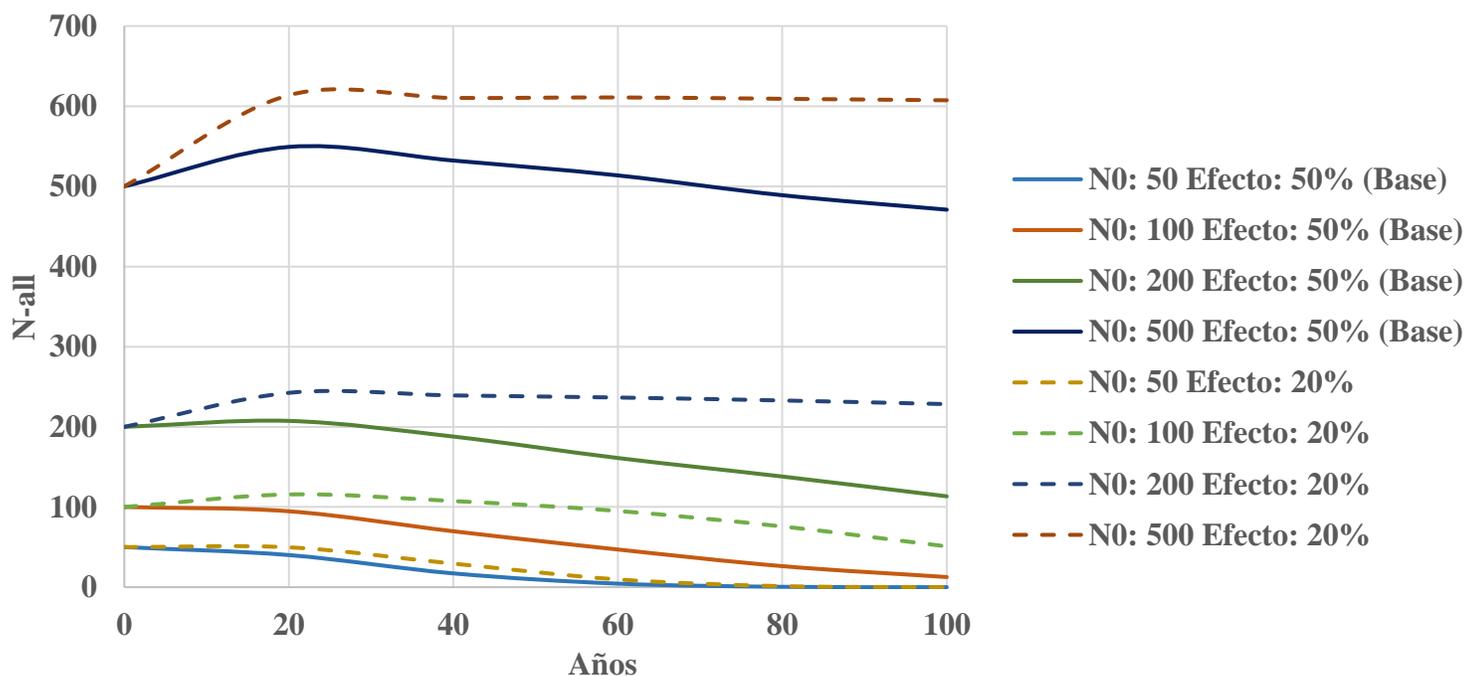
Resultados de los escenarios

Una catástrofe con menor efecto ayuda a aumentar la tasa de crecimiento y el tiempo de extinción en todas las poblaciones. A pesar de estas tendencias, la población de 50 individuos se mantiene con muy baja probabilidad de sobrevivir. Reducir el efecto negativo de esta catástrofe a 20% permite que la población de 100 individuos tenga una tasa de crecimiento positiva, pero la persistencia y diversidad genética son inferiores a los valores de las poblaciones más grandes y, además, se mantiene la tendencia de perder individuos en el tiempo. Las poblaciones de 200 – 500 individuos tienden a estar más estables conforme se reduce el efecto de la catástrofe hasta alcanzar una alta probabilidad de supervivencia ($P_{\text{sobrevivir}} > 0.900$), tamaños poblacionales altos ($N\text{-all}/K > 0.900$) sin pérdida de individuos en el tiempo y alta diversidad genética ($\text{Div. Genes} \geq 0.900$); la población de 500 individuos incluso llega a presentar cero nivel de extinción. Resultados más detallados para cada población se muestran a continuación en el Cuadro 7 y Figura 6.

Cuadro 7: Resultados de escenarios con variaciones en el efecto de la catástrofe Limpieza/Inundación. El modelo de Línea Base (Base) se incorpora como referencia. Ver texto para más detalles.

N_0	Efecto negativo de Limpieza/Inundación	stoch-r	$P_{(sobrevivir)}$	N-all/K	Div. Genes	TE Medio
50	50% (Base)	-0.047	0.002	<0.001	0.604	44
	40%	-0.045	0.003	<0.001	0.433	48
	30%	-0.040	0.006	<0.001	0.464	53
	20%	-0.035	0.007	<0.001	0.365	58
100	50% (Base)	-0.020	0.254	0.101	0.715	64
	40%	-0.011	0.397	0.161	0.722	70
	30%	-0.004	0.551	0.251	0.736	78
	20%	0.007	0.784	0.407	0.756	82
200	50% (Base)	0.014	0.750	0.453	0.851	73
	40%	0.024	0.894	0.633	0.867	80
	30%	0.037	0.984	0.825	0.889	86
	20%	0.044	0.999	0.913	0.898	87
500	50% (Base)	0.044	0.971	0.753	0.942	77
	40%	0.052	0.998	0.874	0.951	72
	30%	0.059	1.000	0.941	0.957	0
	20%	0.065	1.000	0.972	0.959	0

Figura 6: Efecto de cambiar el impacto de la catástrofe Limpieza/Inundación a 20% en poblaciones de 50 - 500 individuos a lo largo del tiempo. El modelo de Línea Base (Base) se incorpora como referencia. Ver texto para más detalles.



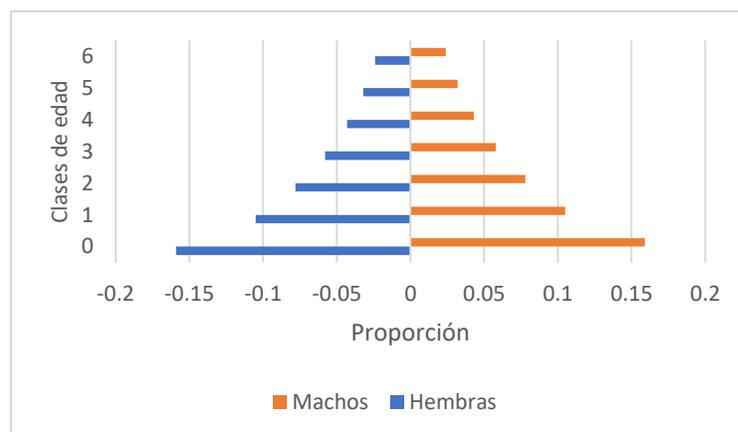
Edad máxima de vida y reproducción

En los datos de longevidad en el estudio de Scharf et al. (2014), los geckos tienen un promedio de 9.3 años con un rango entre 1.1 y 50.0 años. La longevidad está relacionada a la supervivencia y reproducción de las especies. En los reptiles lepidosauros al igual que otros grupos, el tamaño que puede alcanzar los individuos está conectado a la longevidad, pero otros parámetros también tienen su peso al explicar la longevidad. En lepidosauros, una baja frecuencia de nidadas en el tiempo, un número bajo de huevos por nidada, hábitos nocturnos y vivir en regiones frías, también contribuyen a una mayor longevidad (Scharf et al. 2014). El gecko de Lima, aunque tiene una talla que no supera los 7.50 cm de longitud hocico-cloaca (Valdez 2016), también presenta las características anteriores, lo que indica que la especie tal vez tenga una mayor longevidad a la ingresada en el modelo de línea base, por lo que se corrieron dos escenarios donde la edad máxima de vida y reproducción se cambió a 5 y 6 años.

Resultados de los escenarios

Una mayor longevidad aumenta el número de individuos reproductores en la población, así, por ejemplo, en los resultados determinísticos al aumentar a seis años la edad de los individuos, solo un 4.8% es eliminado una vez alcanzado la edad máxima, en comparación a un 12% en el modelo de línea base (Figs. 1 y 7). La tasa de crecimiento es positiva en todos los escenarios de todas las poblaciones, lo que repercute en una mejora sobre las demás variables de salida (Cuadro 8). La población de 50 individuos todavía pierde individuos en el tiempo, pero a un ritmo menor que el modelo de línea base. En el escenario con una edad máxima de seis años, la probabilidad de sobrevivir alcanza valores cercanos a 0.900 y las iteraciones que no sobreviven se extinguen hasta los 71 años (Cuadro 8, Fig. 8). Las poblaciones de 100 – 500 individuos tienen probabilidades de sobrevivir cercanas o mayores a 0.900 con solo aumentar la edad máxima a cinco años, y al aumentarla a seis años, la población de 100 individuos deja de perder individuos en el tiempo y su tamaño final llega a estar cerca de 90% de la capacidad de carga, lo que la hace tan estable como las poblaciones de 200 – 500 individuos (Cuadro 8, Fig. 8). En cuanto a diversidad genética, aunque todas las poblaciones muestran mayores niveles al aumentar la edad máxima, los resultados indican que solo las poblaciones de 200 – 500 individuos tienen la capacidad de retener una diversidad genética mayor a 90% (Cuadro 8).

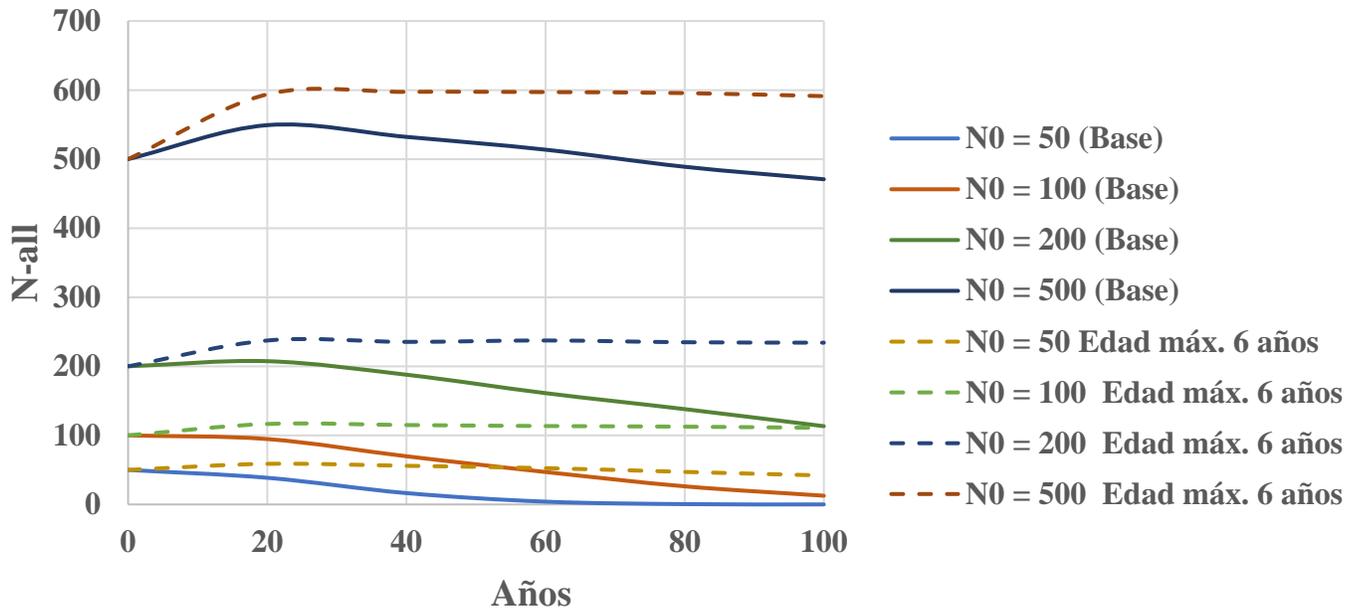
Figura 7: Distribución estable de edades en poblaciones con edad máxima y reproducción establecida en 6 años de edad.



Cuadro 8: Resultados de escenarios con un aumento en la edad máxima de vida y reproducción. El modelo de Línea Base (Base) se incorpora como referencia. Ver texto para más detalles.

N_0	Edad máxima (años)	stoch-r	$P_{(\text{sobrevivir})}$	N-all/K	Div. Genes	TE Medio
50	4 (Base)	-0.047	0.002	<0.001	0.604	44
	5	0.015	0.408	0.229	0.609	65
	6	0.061	0.827	0.644	0.653	71
100	4 (Base)	-0.020	0.254	0.101	0.715	64
	5	0.056	0.883	0.692	0.782	71
	6	0.097	0.978	0.887	0.807	66
200	4 (Base)	0.014	0.750	0.453	0.851	73
	5	0.084	0.993	0.875	0.892	84
	6	0.120	0.999	0.937	0.902	44
500	4 (Base)	0.044	0.971	0.753	0.942	77
	5	0.104	1.000	0.927	0.956	0
	6	0.137	1.000	0.946	0.960	0

Figura 8: Efecto de variar la edad máxima de vida/reproducción a seis años en poblaciones de 50 - 500 individuos a lo largo del tiempo. El modelo de Línea Base (Base) se incorpora como referencia. Ver texto para más detalles.



Suplementación de individuos a la población

La Universidad Cayetano Heredia está empezando un programa de reproducción *ex situ* para reforzar las poblaciones silvestres del gecko de Lima a futuro. Para analizar el efecto de esta acción de manejo, se analizaron escenarios donde se suplementó a las poblaciones con cuatro y seis parejas de adultos, con intervalos entre suplementación de dos y cinco años, todos comenzando el Año 1 del modelo, pero llegando hasta el Año 50, pues los recursos son demasiado limitados para suplementar un período más largo de tiempo. Solo se analizaron las poblaciones de 50, 100 y 200 individuos, ya que se asumió que el número de individuos a suplementar era demasiado pequeño para tener un efecto sobre la población de 500 individuos.

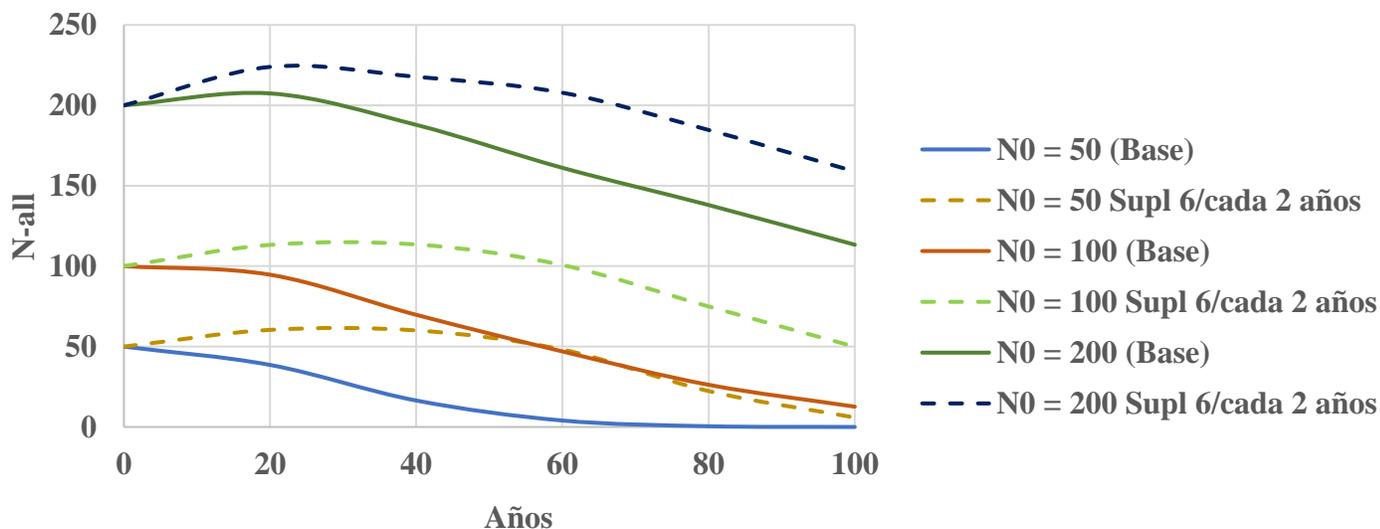
Resultados de los escenarios

Entre mayor sea el número de individuos a suplementar y menor intervalo de eventos de suplementación, mayor el efecto positivo sobre las poblaciones. Todas las variables de salida (stoch-r, $P_{\text{sobrevivir}}$, N-all/K, Div. Genes, TE Medio) muestran una mejoría en las poblaciones de 50 - 100 individuos, pero siguen muy por debajo de lo que uno esperaría de una población estable (Cuadro 9, Fig. 9). En la población de 200 individuos, aunque también se da una mejoría y la probabilidad de sobrevivir llega a valores altos ($P_{\text{sobrevivir}} > 0.9000$) cuando el intervalo de suplementación es cada dos años, las poblaciones se mantienen por debajo de 65% de la capacidad de carga (Cuadro 9). El porqué del comportamiento de las tres poblaciones se observa en la Figura 9, donde se muestra que el efecto real es de reforzar la población, pero mientras las amenazas se mantengan, las poblaciones disminuyen una vez pasados los primeros 50 años cuando se detiene la suplementación. Este grupo de escenarios muestra la importancia de identificar y disminuir (o eliminar) las amenazas y no confiar exclusivamente en la reintroducción de individuos a la población como medida de conservación.

Cuadro 9: Resultados de escenarios con eventos de suplementación para reforzar las poblaciones. El modelo de Línea Base (Base) se incorpora como referencia. Ver texto para más detalles.

# de individuos suplementados	Intervalo de años entre suplementación	stoch-r	$P_{\text{(sobrevivir)}}$	N-all/K	Div. Genes	TE Medio
0 (Base)	0 (Base)	-0.047	0.002	<0.001	0.604	44
4	2	0.010	0.231	0.082	0.684	81
4	5	-0.014	0.100	0.024	0.604	73
6	2	0.025	0.275	0.091	0.674	83
6	5	-0.006	0.155	0.045	0.633	78
0 (Base)	0 (Base)	-0.020	0.254	0.101	0.715	64
4	2	0.017	0.681	0.348	0.796	85
4	5	-0.001	0.462	0.227	0.768	80
6	2	0.027	0.727	0.399	0.812	86
6	5	0.007	0.557	0.266	0.772	81
0 (Base)	0 (Base)	0.014	0.750	0.453	0.851	73
4	2	0.032	0.908	0.606	0.881	86
4	5	0.022	0.830	0.540	0.871	82
6	2	0.038	0.930	0.636	0.891	88
6	5	0.026	0.868	0.565	0.870	85

Figura 9: Efecto de eventos de suplementación de seis individuos, cada dos años, durante los primeros 50 años en poblaciones de 50 - 500 individuos, a lo largo del tiempo. El modelo de Línea Base (Base) se incorpora como referencia. Ver texto para más detalles.



Escenario ideal

Las poblaciones de 50, 100 y 200 individuos no alcanzan a ser estables en todos o muchos de los escenarios anteriores. Por esto se corrió un escenario combinando diferentes valores demográficos y acciones de manejo en escenarios anteriores, con el fin de tener un escenario ideal donde las poblaciones terminen con alta probabilidad de sobrevivencia ($P_{\text{(sobrevivir)}} > 0.900$) y tamaño poblacional cercano o superior a la capacidad de carga ($N\text{-all}/K \geq 0.900$). Además, se corrieron escenarios donde uno de los parámetros se ingresó con el valor de línea base, con el fin de analizar la importancia de cada parámetro. Los valores ingresados en el escenario fueron:

- Edad máxima de vida y reproducción: 6 años
- Efecto negativo de catástrofe Limpieza/Inundación repentina de 0.20 en reproducción y sobrevivencia
- Disminución de 30% en valores de línea base de mortalidad de juveniles y adultos
- Aumento en la capacidad de carga en 0.25 anual por un período de 100 años

Resultados del escenario

En un escenario ideal todas las poblaciones tienen una $P_{\text{(sobrevivir)}} = 1.000$ y $N\text{-all}/K \geq 1.000$ con respecto al valor de K de la línea base (esto por el aumento anual en K ingresado en los escenarios), lo que muestra que si se hacen las tres acciones de manejo (disminución de efecto de catástrofe, control de depredadores, aumento en extensión y calidad de hábitat) paralelamente, y si los geckos pueden vivir hasta los seis años, como se supone a partir de datos preliminares, las poblaciones mostrarían una alta viabilidad poblacional a largo plazo (Cuadro 10, Fig. 10). Al regresar uno de los parámetros al valor base inicial, se observa que la tasa de crecimiento disminuye, pero los valores óptimos de los otros tres parámetros mantienen las condiciones ideales en probabilidad de sobrevivir y tamaño poblacional (Cuadro 10, Fig. 10) en la mayoría de los escenarios.

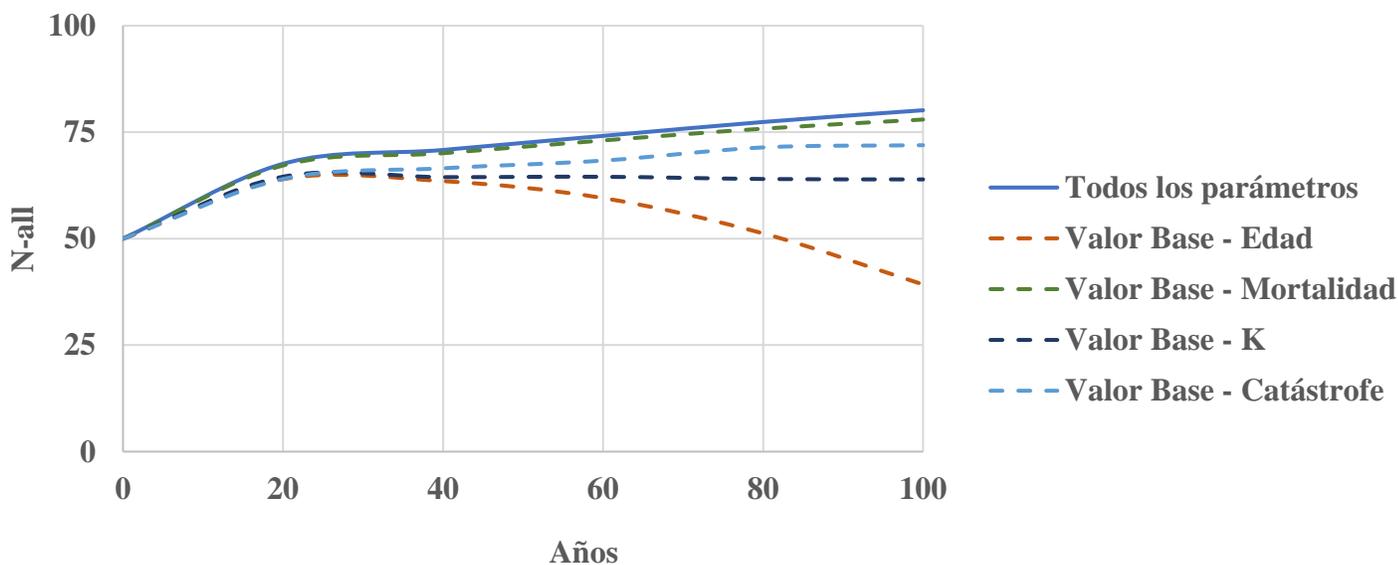
Al ajustar la edad máxima de vida y reproducción en el valor de línea base, provoca un efecto negativo en la tasa de crecimiento en todas las poblaciones y hace que la población de 50 individuos no alcance las condiciones ideales en cuanto a probabilidad de sobrevivir y tamaño final de la población, e incluso comienza a disminuir luego de 50 años (Cuadro 10, Fig. 10). La diversidad genética se mantiene por debajo de 0.900 en las poblaciones de 50 – 100 individuos, esto porque el tamaño pequeño de estas poblaciones junto a un Tiempo generacional corto y purga de genes deletéreos en la población, interactúan para disminuirla; de ahí otra razón más de tener poblaciones lo más grandes posibles.

Se vuelve a mostrar como la edad máxima, mortalidad e impacto de la catástrofe, tienen un efecto tal que disminuyen el crecimiento poblacional o reducen la probabilidad de sobrevivencia, sobre todo en la población de 50 individuos, por lo cual la importancia de esclarecer o ejecutar acciones de conservación relacionados con estos parámetros (Fig. 10). El no aumentar la capacidad de carga tiene un efecto solo en tamaño final de la población (Cuadro 10, Fig. 10), pero como ya se ha dicho, entre más pequeña la población, más efecto tienen las amenazas analizadas..

Cuadro 10: Resultados con combinación de cuatro o tres valores ideales. *Datos según la capacidad de carga del modelo de línea base. Ver texto para más detalles.

N_0	Escenario	stoch-r	$P_{(\text{sobrevivir})}$	N-all/K*	Div. Genes	TE Medio
50	Todos los parámetros	0.138	1.000	1.233	0.7312	0
	Valor Base - Edad	0.026	0.786	0.604	0.661	79.8
	Valor Base - Mortalidad	0.090	0.999	1.200	0.726	92
	Valor Base - K	0.132	1.000	0.983	0.7022	0
	Valor Base - Catástrofe	0.116	0.984	1.107	0.7019	71.9
100	Todos los parámetros	0.167	1.000	1.241	0.8468	0
	Valor Base - Edad	0.072	1.000	1.192	0.8284	0
	Valor Base - Mortalidad	0.120	1.000	1.234	0.8483	0
	Valor Base - K	0.164	1.000	0.994	0.8316	0
	Valor Base - Catástrofe	0.150	0.999	1.176	0.8366	80
200	Todos los parámetros	0.187	1.000	1.245	0.9172	0
	Valor Base - Edad	0.098	1.000	1.225	0.9126	0
	Valor Base - Mortalidad	0.140	1.000	1.242	0.9187	0
	Valor Base - K	0.185	1.000	0.996	0.9103	0
	Valor Base - Catástrofe	0.171	1.000	1.202	0.9141	0

Figura 10: Efecto de combinación de cuatro o tres valores ideales en poblaciones de 50 individuos a lo largo del tiempo. Ver texto para más detalles.



Referencias

- Akçakaya, H. & Sjögren-Gulve, P. 2000. Population viability analysis in conservation planning: an overview. *Ecological Bulletins*, 48: 9-21.
- Block, W., Franklin, A., Ward, J., Ganey, J. & White, G. 2001. Design and implementation of monitoring studies to evaluate the success of ecological restoration on wildlife. *Restoration Ecology*, 9 (3): 293-303.
- Brook, B. & Kikkawa, J. 1998. Examining threats faced by island birds: a population viability analysis on the Capricorn silvereve using long-term data. *Journal of Applied Ecology*, 35: 491-503.
- Clements, C. F., Drake, J. M., Griffiths, J. I., & Ozgul, A. 2015. Factors influencing the detectability of early warning signals of population collapse. *The American Naturalist*, 186 (1): 50-58.
- Dixon, J.R. & Huey., R.B. 1970. Systematics of the lizards of the gekkonid genus *Phyllodactylus* of mainland South America. *Los Angeles County Museum Contributions in Science* 192: 1-78.
- Ellner, S., Fieberg, J., Ludwig, D. & Wilcox, C. 2002. Precision of Population Viability Analysis. *Conservation Biology*, 16: 258-261.
- Lacy, R., Miller, P. & Traylor-Holzer, K. 2015. *Vortex 10 User's Manual*. IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group, and Chicago Zoological Society, Apple Valley, Minnesota, USA.
- Lacy, R.C. & Pollak, J. 2014. *Vortex: A stochastic simulation of the extinction process. Version 10.0*. Chicago Zoological Society, Brookfield, Illinois, USA.
- Lindenmayer, D. & Likens, G. (2010). The science and application of ecological monitoring. *Biological Conservation*, 143 (6): 1317-1328.
- Lindenmayer, D., Gibbons, P., Bourke, M., Burgman, M., Dickman, C., Ferrier, S., Fitzsimons, J., Freudenberger, D., S.T., G., Groves, C., Hobbs, R., Kingsford, S., Krebs, C., Legge, S., Lowe, A., McLean, R., Montambault, J., Possingham, H., Radford, J., Robinson, D., Smallbone, L., Thomas, D., Varcoe, T., Vardon, M., Wardle, G., Woinarski, J. & Zenger, A. 2012. Improving biodiversity monitoring. *Austral Ecology*, 37: 285-294.
- O'Grady, J.J., Reed, D.H., Brook, B.W. & Frankham, R. 2008. Extinction risk scales better to generations than to years. *Animal Conservation*, 11 (5): 442-451.
- Olivera, D., Castillo, L. & Gutiérrez, G. 2016. Primer registro de *Phyllodactylus sentosus* (Squamata: Phyllodactylidae) para el valle del río Chillón, Lima, Perú. *Revista peruana de biología* 23(3): 321 – 324.

- Pérez, J. 2009. Ecología e Conservação de *Phyllodactylus sentosus* (Reptilia : Gekkonidae) na cidade de Lima, Peru. Tese do Doutorado. Universidade do Estado de Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil.
- Pérez, J. & Balta K. 2013. A new record of *Phyllodactylus sentosus* (Dixon & Huey, 1970) (Squamata: Phyllodactylidae) for the coastal desert of Peru. Cuadernos de Herpetología 27 (2): 171.
- Perez, J. & Balta, K. 2016. *Phyllodactylus sentosus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T48442971A48442982. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T48442971A48442982.en>. Descargado en diciembre 02, 2017.
- Spielman, D., Brook, B.W. & Frankham, R., 2004. Most species are not driven to extinction before genetic factors impact them. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 101 (42): 15261–15264.
- Reed, D.H., O'Grady, J.J., Ballou, J.D., & Frankham, R. 2003. The frequency and severity of catastrophic die-offs in vertebrates. Animal Conservation, 6 (2): 109-114.
- Scharf, I., Feldman, A., Novosolov, M., Pincheira-Donoso, D., Das, I., Böhm, M., Uetz, P., Torres-Carvajal, O., Bauer, A., Roll, U. & Meiri, S. 2015. Late bloomers and baby boomers: ecological drivers of longevity in squamates and the tuatara. Global Ecology and Biogeography 24: 396-405.
- Valdez- Ridoutt, F.J. 2016. Dinámica y estructura poblacional de *Phyllodactylus sentosus* Dixon & Huey, 1970, en la Huaca Pucllana-Lima, Perú. Tesis para optar el Título Profesional de Licenciado en Biología. Escuela Profesional de Biología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Ricardo Palma, Lima Perú.
- Venegas, P.J., Pradel, R., Ortiz, H. & Ríos, L. 2017. Geographic range extension for the critically endangered leaf-toed gecko *Phyllodactylus sentosus* Dixon and Huey, 1970 in Peru, and notes on its natural history and conservation status. Herpetology Notes 10: 499-505.
- Wakamiya & Roy, C. 2009. Use of monitoring data and population viability analysis to inform reintroduction decisions: Peregrine falcons in the Midwestern United States. Biological Conservation, 142: 1767-1776.
- Webb, J., Pike, D.A. & Shine, R. 2008. Population ecology of the velvet gecko, *Oedura lesueurii* in south eastern Australia: Implications for the persistence of an endangered snake. Austral Ecology 33: 839-847.
- Werner, Y. 1993. Longevity of geckos (Reptilia: Lacertilia: Gekkonoidea) in captivity: An analytical review incorporating ne data. Israel Journal of Zoology 39: 105-124.

Population Viability Analysis

Participants José Pérez, Jorge Rodríguez, José Iturrizaga, Camila Llerena, Diego Olivera, Daniel Cossios, Fernando Valdez

Summary

The Gecko of Lima (*Phyllodactylus sentosus*) lives in different Huacas (pre-Inca buildings) protected by the State and that are the few remnants of the habitat, within the city of Lima, where the urban growth, predation by cats and rats and the conservation of these archaeological sites threaten the viability of most populations. Even so, there is too much uncertainty about the population dynamics and the degree of impact of the threats to implement management actions.

The long-term viability of these populations was analyzed with a Population Viability Analysis using *Vortex* (v 10.2.13.0). The different scenarios analyzed indicate that the long-term persistence of Lima gecko populations depends on:

Population size: The population of 50 individuals has low levels of survival because of the threats affecting the populations, uncertainty in demographic values and demographic, environmental and genetic stochasticity. As populations increase in size, these elements lose their effect and populations present a higher growth that translates into greater long-term resilience. However, even the largest population of 500 individuals does not completely escape the negative effects and would lose individuals over time if conservation actions are not carried out. In the scenarios where the carrying capacity is increased, populations of 50-100 individuals are still vulnerable to the above-mentioned factors (mortality, catastrophes, etc.). The populations of 200-500 individuals are more robust and carrying capacity tends to be a limitation with greater weight in the viability of these populations.

Uncertainty and threats: There is a lot of uncertainty in demographic parameters, which prevents having a real certainty of the recruitment of individuals (addition of juveniles) within the population and the threats that affect them. Different scenarios show that research and management actions must be carried out aimed at:

- **Maximum age of life and reproduction:** A greater longevity increases the number of breeding individuals in the population and therefore the growth rate and population size. Even the population of 50 individuals present high levels of survival if the maximum age is six years.
- **Reduction of the impact of the catastrophe Clean-up / Sudden flooding:** In the baseline model, the effect of this catastrophe is very negative on the populations, which can lead to extinction or make recovery very slow and populations are vulnerable to other

threats. A catastrophe with less effect helps to increase the rate of growth and the time of extinction in all populations.

- **Ideal state of the population:** By combining the best alternatives analyzed in maximum age, catastrophe effect Cleaning / Sudden flooding, mortality and increase in extension and quality of habitat, all populations have a $P(\text{survive}) = 1,000$ and $N\text{-all} / K \geq 1,000$ (due to the annual increase in K entered in the scenarios), which shows that if the three management actions are taken (decrease of catastrophe effect, control of predators, increase in extension and quality of habitat) in parallel and if in fact the geckos can live until the age of six, the populations would show a high long-term population viability. Even returning one of the factors to the baseline value, most of the scenarios maintain optimal conditions in terms of survival and population size. The exception would be the maximum age in populations of 50 individuals where despite improving the results, the population decreases after 50 years in the timeline.

Introduction

The Gecko of Lima (*Phyllodactylus sentosus*) inhabits coastal desert areas with dry soil substrate or sand with some rocks and no vegetation. Currently this type of habitat is restricted to a few locations in the city of Lima. The species shows great fidelity to its small home range (Pérez 2009), has a low reproduction rate (Dixon and Huey, 1970) and a low dispersion capacity (Pérez et al., 2013). Currently most of the known populations are limited to Huacas (sacred Inca sites) that are protected by the Peruvian State and preserve the natural habitat of the desert (Pérez and Balta 2016). However, a recent study by Venegas et al. (2017) registers the species in the San Fernando National Reserve, department of Ica, being the first record outside the city of Lima. However, despite this new discovery, most of the populations are concentrated in Lima and are affected by different major threats that endanger them (Pérez and Balta 2016, Venegas et al., 2017).

In areas inhabited by the gecko within the city of Lima, the Clean-up of inorganic surface debris during archaeological restoration work restricts the proper microhabitat and, as the species survives in small ecological islands of natural habitat within an area heavily urbanized, it is likely to be exposed to high levels of predation by introduced predators, including rats and cats. In addition, geckos are generally persecuted because of local beliefs that they are poisonous.

The species is classified as Critically Endangered (CR) in the IUCN Red List because of its small restricted area and the continuous decline in the quality of its habitat and the number of individuals, as a result of pressures on the species and its limited remaining microhabitat. In recent searches the species have not been register in several locations, and it is possible that one or more populations have already been lost due to the negative pressures of the threats affecting the species (Pérez and Balta 2016). Due to the threatened degree of this species, more research is recommended on the trends of its population and establishment of

ex situ populations to evaluate the possible management actions for the species (Pérez and Balta 2016).

Understanding population dynamics is fundamental for the conservation and management of wildlife, since it provides the most direct measures of the situation and trends of populations (Block et al. 2001). However, the long-term studies necessary to identify the most important factors in the long-term viability of species are scarce and laborious (Block et al., 2001, Lindenmayer and Likens 2010, Lindenmayer et al. 2012, Clements et al. 2015). The population-based computational modeling assessments known as Population Viability Analysis (PVAs) are a key element of a PHVA (Miller et al. 2008, Lacy et al. 2015) and may help to identify the most important factors in the population growth of wildlife species. Models can also be used to assess the effects of alternative management strategies to identify the most effective conservation actions for a population or species and to identify research needs (Akçakaya and Sjögren-Gulve 2000, Brook and Kikkawa 1998, Ellner et al. 2002, Fessl et al. 2010, Wakamiya and Roy 2009).

The PVA was carried out with *Vortex* (v 10.2.13.0) (Lacy et al. 2015, Lacy and Pollak 2014). The program uses a Monte Carlo simulation to model the effect of deterministic and stochastic factors on wild and captive populations. Deterministic events are constant over time (i.e. harvest, habitat loss, contamination and habitat fragmentation); whereas stochastic events are linked to a probability of occurrence and are classified as demographic (i.e. probabilities of survival, reproduction, sex determination), environmental (fluctuations in demographic rates caused by fluctuations on weather, competition, food supply, diseases), catastrophes (i.e. hurricanes, prolonged droughts, oil spills, epidemic diseases) and genetic (i.e. genetic drift, inbreeding). Initially, the program generates individuals to form the initial population, then each animal moves through different life cycle events such as birth, mate selection, reproduction, mortality and dispersion, which are determined per the probability of occurrence that are entered into the model. Consequently, each simulation run (iteration) of the model gives a different result. By allowing random variables changed within certain limits, the program predicts at the end of the simulation: the extinction risk, the average size of the surviving populations, and genetic diversity retained by the population, among other statistical results. By running the model hundreds of times, it is possible to examine the probable outcome and range of possibilities.

Vortex is not intended to give absolute answers, since it is projecting stochastically the interactions of the many parameters used as input to the model and because of the random processes involved in nature. Interpretation of the output depends upon our knowledge of the biology of the species, the environmental conditions affecting the species, and possible future changes in these conditions. For a more detailed explanation of *Vortex* and its use in population viability analysis refer to the software manual (Lacy et al. 2015) or visit www.vortex10.org and www.cbsg.org.

Analysis Questions

Although there is little demographic information on the Gecko of Lima, such uncertainty should not be an excuse for inaction. The true value of a PVA lies in making a critical analysis of the information available about the species and its ecology, the identification of information gaps and the ability to consider and quantitatively compare different scenarios about these factors and possible conservation actions.

The questions that we want to answer from this PVA are:

What would be the current situation of the populations of the gecko in Lima?

What would be the biggest threats that threaten Lima gecko populations?

What would be the role of an *ex situ* program to recover the small populations of the Lima gecko?

Glossary

Results reported for each modeling scenario include the following parameters:

Det-r: Deterministic population growth or decline in the absence of demographic fluctuations due to stochastic factors; reflecting a constant population growth without any source of variation in model parameters. For example, a growth rate of 0.05 or -0.05 equals a population growing or decreasing by 5% each year, respectively.

Stoch-r: The mean rate of stochastic population growth or decline demonstrated by the simulated populations, averaged across years and iterations, for all those simulated populations that are not extinct. It includes all sources of demographic and environmental variation input in the model. Usually, it is different from det-r because such fluctuations affect the viability of the population.

P_(survive): The probability of population survival, determined by the proportion of iterations within a given scenario that do not become extinct in the simulation. For example, if the simulation shows a probability of extinction of 0.60, this means a probability of survive of 0.40.

N-all: Mean population size of a given scenario at the end of the simulation (averaging both survival and extinct iterations).

N-all/K: The proportion of the mean population size of a given scenario at the end of the simulation (averaging both survival and extinct iterations) with respect to its carrying capacity (K). Used when comparing scenarios with populations of different sizes. It becomes more important as the risk of extinction of a population decreases.

Gene Diversity: Genetic diversity or expected heterozygosity of non-extinct populations, expressed as a percentage of the initial genetic diversity of the population. Most endangered

species have less genetic diversity than related species that are not endangered (Spielman et al., 2004). Individuals with little genetic diversity have a lower fitness (Reed and Frankham 2003) that results in greater susceptibility to sudden changes in the environment and in the end in greater risk of extinction of the population (O'Grady et al., 2006).

Mean TE: The mean time of extinction averaged over the years and iterations of the simulated populations that became extinct. It becomes more important as the growth rate shows a decrease in the population, which increases its risk of extinction.

Baseline model

These are general explanations of how the values of the different parameters for the baseline model were estimated (Table 1).

Model assumptions and precautions

The input values of the model were derived from published literature and knowledge of the authors on the biology of the species and population modeling. The demographic data of the species are scarce, and the information required by *Vortex* was entered from the data of the population of the Huaca de Pucllana found by Valdez (2016) and assumptions derived from the knowledge of the experts in the species. However, uncertainty should not be an obstacle to this type of analysis whose goal is the conservation of the species. Rather, this work is expected to encourage further studies on the demographic aspects of this gecko. The baseline model described below represents a hypothetical population with demographic assumptions that must be affecting the population dynamics of the Lima gecko. This baseline model was subsequently used as a basis for risk analysis on different parameters that are believed to have a greater weight on the population.

General model parameters

Number of iterations: 1,000.

Number of years of the simulation: 100.

Extinction definition: Only individuals of one sex remain.

Population parameters

Number of populations: One.

Initial population size (N_0): 200 individuals. In other scenarios different initial sizes were modeled.

Carrying capacity (K): 250 individuals.

Vortex requires a quantitative carrying capacity to limit maximum population size. This value defines an upper limit for the size of the population, which *Vortex* randomly imposes

additional mortality over all age and sex classes to return the size of the population to the value of K . For this assessment, the value was set at 25% above the value of N_0 . Also, it was assumed that K was not affected by environmental variation because this is already included in other parameter's values within the model.}

Concordance between environmental variation in reproduction and survival: 0.5. Environmental variation (EV) is the annual variation in reproduction and survival due to random variation in environmental conditions. These factors can affect reproduction and survival independently or simultaneously. If this value is set to 0.0, then the environmental variation (EV) in reproduction will be independent of EV in mortality. If this value is set to 1.0, then EV in playback and EV in survival will be fully synchronized. As a result, good years for reproduction are also good for survival. If this correlation is set to an intermediate value, then EV in the reproduction will be partially correlated with EV in survival.

Inbreeding depression: Yes.

Inbreeding can have important effects on many aspects of reproduction and survival of individuals, especially in small populations, so it was included in the baseline model. *Vortex* model inbreeding depression as a reduction in survival in juveniles born to parents related by consanguinity; the severity of the effect is determined by the number of lethal equivalents (LE) in the model. An LE is the sum of the negative effects that alleles can have, which when accumulated gives a lethal equivalent of 100%. Ralls et al. (1988) calculated the median number of LE calculated from the genealogical record data of individuals of 38 captive mammal species in 3.14, while O'Grady et al. (2006) concluded that 12.3 LE distributed through survival and reproduction is a realistic estimate of inbreeding depression for wild populations in several taxa. In the case of the Gecko of Lima, mark and recapture data reveal that it is a species with high fidelity to its refuge and little dispersal ability (Pérez et al., 2013), which may have an impact on the population's significant levels of inbreeding (Pérez, pers., 2017), and in turn it could be expected that the populations naturally have some resistance to the negative effects of inbreeding depression (Pérez, pers., 2017). For this, in the baseline model, 3.0 LE was entered as a reasonable estimate of the effects of inbreeding, leaving the default value of 50% assigned to lethal alleles and subject to purge. It should be noted that this model may underestimate the impact of inbreeding, since *Vortex* assumes that all individuals in the initial population are not related and only models the effects on juvenile mortality.

Reproductive Parameters

Mating system: Short-term monogamy. The mating system was established as "seasonal monogamy", which does not allow any gecko to mate with other individuals outside their partner in a given season. Breeding partners are reshuffled each year (i.e., multi-year pair bonds were not used in the model). Each population was assumed to be panmictic (all reproductive adults of the opposite sex are potential partners).

Age at the first clutch: 1 year old for both females and males. In *Vortex*, this parameter represents the average age of the first reproduction, not the age of sexual maturity or the earliest reproductive age observed. Marking and recapture data suggest that adult coloration in individuals begins to appear in both sexes close to one year of age (Pérez et al., 2017).

Percentage of breeding females: 90% (EV = 5%). It is estimated that a high percentage of adult females can be reproduced each year due to the high number of juveniles found during spring and summer and that are still found in a lower proportion throughout the year in the Huaca Pucllana (Valdez 2016). Even so, it was assumed that a small percentage of the females do not find a mate since it is a species that is not prone to moving far from their refuge (Pérez et al., 2013). Environmental variation (EV) was assumed at 5% of the average value in order to maintain the high parameter year after year.

Density-dependent reproduction: No. *Vortex* models this parameter with an equation that specifies the proportion of females that reproduce according to the total size of the population. Normally, the proportion of breeding females would decrease as the size of the population becomes large. In addition, it is possible to model an Allee effect: a decrease in the proportion of breeding females at low densities, due, for example, to difficulty finding reproductive partners. In the case of the Gecko of Lima populations, it was assumed that reproduction is independent of population density.

Percentage of adult males in the breeding pool: 90%. It is expected that being a short-term monogamous species and that a large number of females can breed in a year (see above), there is a high percentage of males capable of breeding if they find a mate. However, as in the case of females, it is expected that there is a small percentage that fails to find a mate, either because they could not find one or because they already had one.

Number of clutches per year: 2. It is estimated that the species generally has only one clutch per year given the reproductive peak between spring and summer (Valdez 2016). However, given that juvenile individuals are reported throughout the year (Valdez 2016), it is expected that there will be a percentage of females that can lay two clutches in a year. Therefore, in the baseline model, 95% of the females that breed have an annual nest and 5% have two clutches.

Sex ratio at birth: 50:50. The sex ratio between the offspring of a reptile population can vary from year to year, depending on the quality of nesting sites and local climatic conditions. In this model, it was assumed that if data were taken from all nests in the long term, it would be 1.0: 1.0. This is also supported by data on the proportion of adult individuals in the Huaca de Pucllana of 0.9: 1.0 (males: females) (Valdez 2016).

Mean and maximum number of eggs per clutch: 1. The females of this gecko do not exceed 7.50 cm in length of SVL (body length between the tip of the snout and the cloaca), with an average of 5.34 cm in Huaca de Pucllana (Valdez) 2016) so it is assumed that females cannot have more than one egg per clutch because of its small size (Pérez com. pers. 2017).

Survival parameters

Mortality values: These values are specific according to age and sex and are shown in Table 1. In *Vortex*, once the reproductive age is reached, the annual probability of mortality remains constant during the life of the individual and is entered only once.

Geckos mortality data are little studied, so there is not much data in the literature. Webb et al. (2008) found that the hatching rate in the Australian gecko (*Oedura lesueurii*) is 100% and that the juveniles have a survival of 76% during the first six months of life. Like the Lima gecko, *O. lesueurii* is a very sedentary terrestrial species that does not wander far from its refuge, which helps to suppose along with the data and observations that the Gecko of Lima also has a high survival in the juvenile stage. In addition, because the species has a low reproductive effort, it is also assumed that mortality remains low once the adult stage is reached. However, it is believed that predation by rats and cats can have an impact on the mortality of both age classes (Pérez, pers., 2017). With the above information, juvenile and adult mortality for the baseline model was established at $20\% \pm 2.0$ and $10\% \pm 1.0$ respectively. Although there is no information on the annual environmental variation, it is expected that temperature, predators and available food conditions do not vary much annually and were assumed at 10% of the mean value.

Maximum age of reproduction: 4 years. There are few studies on the longevity of geckos (Werner et al., 1993, Scharf et al., 2014). Values vary widely among species with a range of 1.1-50 years and an average of 9.3 years (Scharf et al., 2014). There are different factors that affect the longevity of reptiles, namely body size, latitude of their distribution, habitat quality, age of first reproduction, among others (Werner et al., 1993, Scharf et al., 2014). Field data and participant estimates suggest that 4 years is a reasonable value for the Gecko of Lima.

Additional Model Options

Catastrophic events: 3. Catastrophes are natural or artificial events that occur infrequently, but drastically affect reproduction or survival. Environmental changes that have a relatively large effect on the survival or fertility of individuals in a population are modeled in *Vortex*, assigning an annual probability of occurrence and a pair of severity factors that describe their impact on mortality (in all classes of age and sex) and in the proportion of females that successfully breed in a given year. It is believed that strong El Niño and La Niña phenomena may have an effect on the populations of the Lima gecko. It was estimated that a strong El Niño event has a frequency of 5% per year and generates an effect on the positive environment that increases reproduction in 10% of a normal year, but because there are more juveniles and not necessarily a greater number of shelters available, the survival of these is negatively affected by 25% of a normal year, while a strong La Niña event was assumed to have a frequency of 2% per year that generates negative environmental conditions resulting in a 20% decrease in reproduction and 10% survival of normal values. When examining populations of 88 vertebrate populations, Reed et al. (2003), found that the risk of a severe

reduction in the population ($\geq 50\%$) is possible in many species. In the case of the Gecko of Lima, the populations found in the Huacas can be affected by the cleaning of debris and garbage that accumulate over time, of which the species has adapted to be used as a refuge (Olivera et al. 2016). On the other hand, there are other populations that live in the vicinity of dry riverbeds (Olivera et al., 2016) that could be negatively affected by a flash flood. For the baseline model, these factors were entered as a catastrophe with an annual frequency of 2.5% with a factor of 50% severity in the reproduction and survival of all the cohorts.

Harvest and Supplementation: Not included in the baseline model.

Table 1: *Vortex* values used for the baseline model of the Gecko of Lima. See text for more details.

Populations	Value		
Populations	1		
Inbreeding depression	Lethal equivalents: 3		
	Percentage due to Lethal equivalents: 50%		
Concordance between environmental variation in reproduction and survival	0.5		
Breeding system	Short-term monogamy		
Age of first reproduction (♀/♂)	1/1		
Density dependent reproduction	No		
Annual % adult females breeding (EV)	90% (5)		
% adult males in the breeding pool	100%		
Maximum number of clutches per year	2		
Maximum number of eggs per clutch	1		
Maximum age of reproduction	4		
Maximum lifespan	4		
Sex ratio at birth	50% (1:1)		
% Annual mortality (EV)	Age	Females	Males
	0-1	20 (2)	95 (3)
	1-+	5 (0.5)	33 (10)
Catastrophes	Name	Annual frequency	Effect
	La Niña	2%	Reproduction: -20%
			Survival: -10%
	El Niño	5%	Reproduction: +10%
			Juvenile survival: -25%
	Clean-up / Sudden flooding	2.5%	Reproduction: -50%
Survival: -50%			
Initial population size (N₀)	200 individuals		
Carrying capacity (K)	250 individuals		

Baseline Model Results

Deterministic results

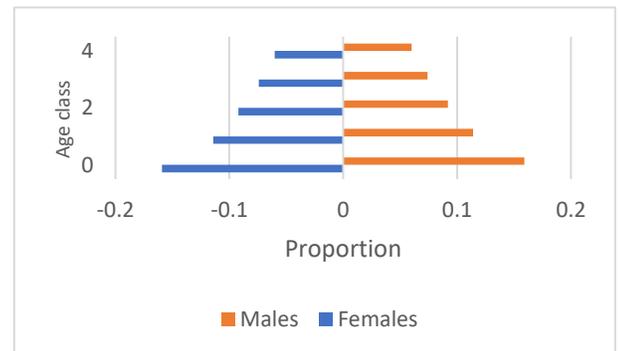
The demographic values (e.g. reproduction and mortality) included in the baseline model can be used to calculate the deterministic characteristics of the population of the model. These characteristics reflect the biology of the population modeled in the absence of: stochastic fluctuations in demographic rates and environmental impacts, depression due to inbreeding, limitation of couples, and immigration or dispersion events. These values are used to compare them with values observed in other demographic studies of the species and to validate the population that is being modeled.

The deterministic results describe a population of the Gecko of Lima with a potential to grow at 8.18% per year ($\text{det-r} = 0.0818$, $\lambda = 1.0852$). The average number of offspring produced per individual (R_0) is 1.20, which indicates that the individuals exceeds the replacement of themselves ($R_0 > 1.00$). The average age of the parents having offspring is around 2 years. Figure 1 shows a distribution of ages according to a growing population, with a percentage of 32% juveniles (including the egg stage) and a percentage of adults that decrease as they become older to represent 12% in the maximum age of living of four years. The data agree with that observed by Valdez (2016) in the Huaca de Pucllana where there is a large number of juveniles towards the summer that decreases in number as the year progresses. The Valdez data (2016) have a higher percentage of juveniles in the population (53.40%), which may be evidence that the reproductive effort of the females is higher, or the juvenile mortality is lower than the data of the baseline model. However, José Pérez (pers. comm.) considers that field data may well be considered a methodological defect since juveniles are more conspicuous and naive than adults, making their probability of registration greater than the latter.

Table 2: Deterministic results of the baseline model.

Growth Measure	Result
Deterministic growth rate (Det-r)	0.0818
Finite growth rate of increase (λ)	1.0852
Net reproductive rate (R_0)	1.2054
Generation time (T)	2.29

Figure 1: Stable age distribution in the baseline model population.



Stochastic results

The results described below are summarized in Table 3. When the effects of inbreeding depression and demographic and environmental stochasticity are included in the model, over a period of 100 years, the population growth rate decreases to 1.40% per year and the final size of the population does not reach 50% of the carrying capacity. Even so, the population is sufficiently resilient to have a 75% chance of survival and maintain a genetic diversity of 85%. The 25% of the iterations that get extinct last a considerable period of 73 years, a period close to when the occurrence of a second catastrophic Clean-up / Sudden flooding event would be expected. These results reflect the situation assumed by the experts, where the Gecko of Lima is a species that has been able to adapt to urban conditions and presents an important degree of resilience, but which loses ground over time in the face of these pressures.

Table 3: Stochastic results of the Gecko of Lima baseline model at the end of 100 years.

No	stoch-r	P _(survive)	N-all/K	Gene Div.	Mean TE
200	0.014	0.750	0.453	0.851	73

Based on this baseline model, we proceeded to test different scenarios by varying the values of different demographic parameters that are considered to have high uncertainty and may be important in the long-term viability of the Gecko of Lima.

Initial population size

It is estimated that the eight known populations of the Huacas vary from a few dozen (Huaca Tambo Inga) to several hundred individuals (Huaca Pucllana), with no knowledge on population sizes of other existing poor known populations. Small populations are disproportionately susceptible to stochastic effects: annual fluctuations linked to the environment in vital rates, demographic stochasticity and inbreeding. As populations grow, these effects decrease, and they increase their long-term viability. In this group of scenarios different values of the initial size of the population were tested with a carrying capacity 25% above the initial size. It is believed that the range assessed includes different sizes of different isolated populations within the distribution of the species.

Scenario results

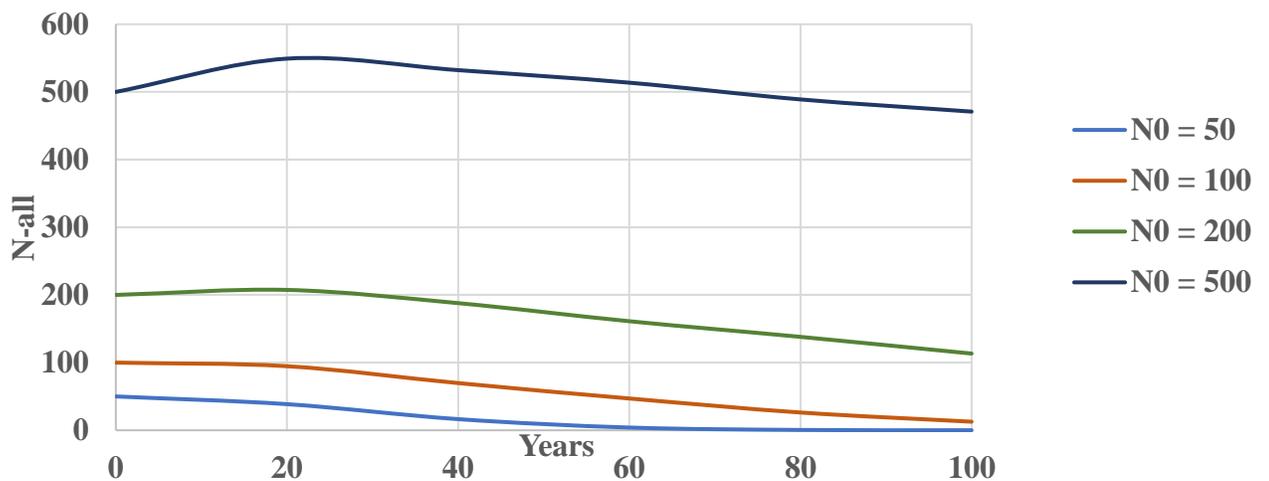
Table 4 and Figure 2 summarize the results of this group of scenarios. Hypothetical populations of 50 - 100 individuals are characterized by having a population decline rate (stoch-r = -0.047, stoch-r = -0.020), a final size that does not exceed 10% of the carrying capacity and a low genetic diversity below 75%. It should be noted that the mean time of extinction of both hypothetical populations (50 and 100 individuals) is close to the estimated time for the occurrence of a first event of sudden Clean-up / Sudden flooding catastrophe in

the model (50 years). A hypothetical population of 500 individuals shows greater resilience over time by having a growth rate (stoch-r = 0.044) that contributes to a population size close to 75% of its carrying capacity and a genetic diversity of 94%. The few iterations that get extinct do it at 77 years, as does the population of 200 individuals, close to when a second catastrophic Clean-up / Sudden flooding event would be expected (100 years). Despite this robustness, Figure 2 shows how even the population of 500 individuals, like the others, is decreasing due to the stochastic and genetic pressures described above.

Table 4: Results at the end of 100 years of Gecko de Lima populations with different initial population sizes (N_0). The baseline model (Base) is incorporated as a reference. See text for more details.

N_0	stoch-r	$P_{(survive)}$	N-all/K	Gene Div.	Mean TE
50	-0.047	0.002	<0.001	0.604	44
100	-0.020	0.254	0.101	0.715	64
200 (Base)	0.014	0.750	0.453	0.851	73
500	0.044	0.971	0.753	0.942	77

Figure 2: Effect of initial population size on the final population size over time.



Age class Mortality

It is believed that predation by rats and cats is an important factor in the mortality of juveniles and adults, but there are no studies on the real magnitude that it has on the populations. Additionally, its effect may vary among populations. Therefore, different scenarios to which juvenile and adult mortality were varied by ± 10 , ± 20 and ± 30 of the baseline value were assessed to explore how important this element is in the long-term viability of the populations.

Scenarios results

The effect of varying mortality levels depends on the size of the population and the age class. An increase in mortality, especially on juveniles, results in a population decline that drags the other variables with it. The population of 50 individuals is too small to differentiate a trend, except that it continues to decline. Populations of 100-200 individuals show a population decline, shorter medium time of extinction, lower probability of persistence, with smaller populations and low genetic diversity. The population of 500 individuals is more resilient because of their size and they maintain mean positive growth rates, but the same tendency of smaller population size is observed when mortality increases (Table 5).

When mortality decreases, the output variables (stoch-r, P (survive), N-all / K) show an improvement, especially when juvenile mortality is reduced (Table 5). In this case, in populations of 50-100 individuals, the improvement in population growth is not enough and they are kept with low survival probabilities (P (survive) < 0.600) and small population sizes (N-all / K < 0.350) (Table 5). In populations of 200-500 individuals, the improvement in the growth rate results in greater survival (P (survive) > 0.900) and larger population sizes (N-all / K > 0.700). In terms of genetic diversity and mean time of extinction, the reduction of mortality assessed is not enough for them to vary much from the results of the baseline.

The greater sensitivity to changes in juvenile mortality is because juveniles are necessary for the recruitment of individuals in the population and although the results also assign importance to the number of adult breeders, in the long term the former tend to be more important for the viability of the population. Figure 3 shows this difference in the population of 200 individuals over time, varying by $\pm 30\%$ the base value of juvenile and adult mortality. Figure 4 shows again that juvenile mortality has a greater weight than adult mortality in viability, when mortality of both age classes decreases by 30% of the base value, the population of 200 individuals behaves very similarly to only be affected by the variation in juvenile mortality, as in the case of the previous figure. In this same figure, it is also shown that the population of 50 individuals is still very affected by stochastic events and even decreasing the mortality of both age classes, the population has very low long-term viability.

Figure 3: Effect of mortality variation in juveniles and adults in a population of 200 individuals over time. The baseline model is incorporated as a reference. See text for more details.

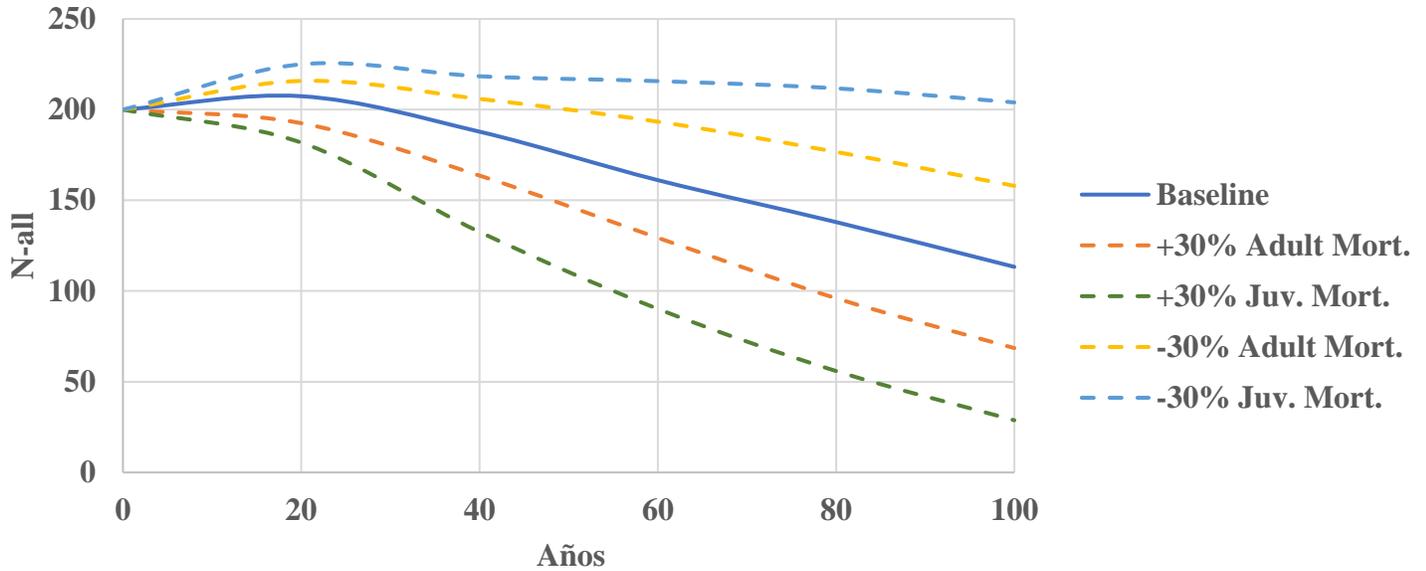
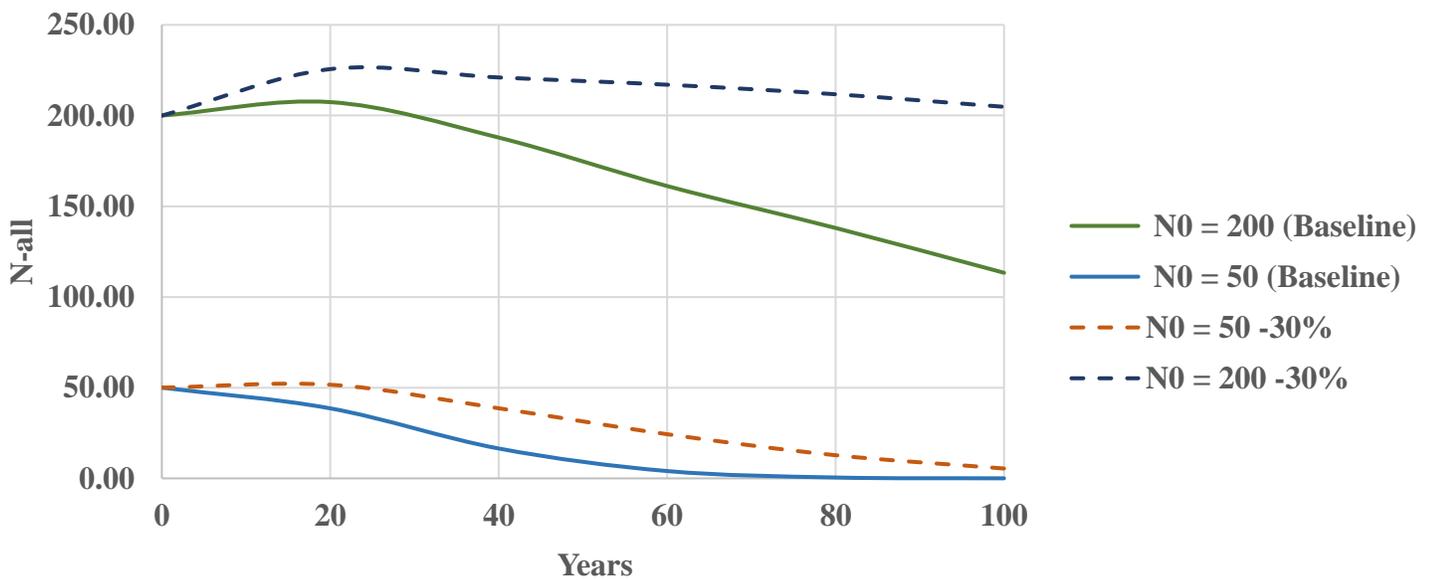


Figure 4: Effect of decreasing mortality in juveniles and adults by 30% of the base value, in populations of 50 and 200 individuals over time. The baseline model is incorporated as a reference. See text for more details.



A. Increase in adult mortality

N_0	Change in adult mortality (%)	stoch-r	$P_{(survive)}$	N-all/K	Gene Div.	Mean TE
50	0 (Baseline)	-0.047	0.002	<0.001	0.604	44
	+10	-0.053	0.000	0.000	0.000	43
	+20	-0.058	0.001	0.000	0.542	40
	+30	-0.064	0.000	0.000	0.000	37
100	0 (Baseline)	-0.020	0.254	0.101	0.715	64
	+10	-0.027	0.181	0.062	0.707	62
	+20	-0.035	0.123	0.037	0.701	60
	+30	-0.042	0.079	0.023	0.695	57
200	0 (Baseline)	0.014	0.750	0.453	0.851	73
	+10	0.005	0.672	0.378	0.840	72
	+20	-0.003	0.594	0.308	0.833	72
	+30	-0.012	0.507	0.243	0.834	71
500	0 (Baseline)	0.044	0.971	0.753	0.942	77
	+10	0.036	0.954	0.726	0.939	73
	+20	0.028	0.930	0.662	0.935	75
	+30	0.020	0.890	0.592	0.930	74

B. Decrease in adult mortality

N_0	Change in adult mortality (%)	stoch-r	$P_{(survive)}$	N-all/K	Gene Div.	Mean TE
50	0 (Baseline)	-0.047	0.002	<0.001	0.6036	44
	-10	-0.041	0.006	0.001	0.3647	48
	-20	-0.037	0.008	0.001	0.4667	51
	-30	-0.030	0.031	0.005	0.4699	53
100	0 (Baseline)	-0.020	0.254	0.101	0.715	64
	-10	-0.013	0.319	0.151	0.7367	65
	-20	-0.005	0.397	0.182	0.724	68
	-30	0.003	0.486	0.252	0.7303	69
200	0 (Baseline)	0.014	0.750	0.453	0.851	73
	-10	0.020	0.790	0.504	0.8515	72
	-20	0.029	0.835	0.592	0.8586	75
	-30	0.037	0.879	0.632	0.8671	76
500	0 (Baseline)	0.044	0.971	0.753	0.942	77
	-10	0.051	0.980	0.793	0.9447	81
	-20	0.058	0.984	0.823	0.9471	77
	-30	0.064	0.986	0.844	0.948	78

C. Increase in juvenile mortality

N_0	Change in juvenile mortality (%)	stoch-r	$P_{(survive)}$	N-all/K	Gene Div.	Mean TE
50	0 (Baseline)	-0.047	0.002	<0.001	0.604	44
	+10	-0.058	0.000	0.000	0.000	41
	+20	-0.065	0.000	0.000	0.000	37
	+30	-0.076	0.000	0.000	0.000	33
100	0 (Baseline)	-0.020	0.254	0.101	0.715	64
	+10	-0.031	0.145	0.047	0.696	62
	+20	-0.044	0.067	0.017	0.680	57
	+30	-0.052	0.031	0.006	0.648	55
200	0 (Baseline)	0.014	0.750	0.453	0.851	73
	+10	-0.001	0.632	0.328	0.837	71
	+20	-0.016	0.475	0.200	0.821	70
	+30	-0.030	0.342	0.115	0.813	67
500	0 (Baseline)	0.044	0.971	0.753	0.942	77
	+10	0.031	0.943	0.688	0.935	74
	+20	0.016	0.889	0.569	0.927	74
	+30	0.003	0.826	0.461	0.922	74

D. Decrease in juvenile mortality

N_0	Change in juvenile mortality (%)	stoch-r	$P_{(survive)}$	N-all/K	Gene Div.	Mean TE
50	0 (Baseline)	-0.047	0.002	<0.001	0.604	44
	-10	-0.038	0.012	0.003	0.626	49
	-20	-0.030	0.026	0.004	0.564	52
	-30	-0.020	0.066	0.017	0.565	57
100	0 (Baseline)	-0.020	0.254	0.101	0.715	64
	-10	-0.008	0.355	0.171	0.738	67
	-20	0.004	0.477	0.249	0.738	67
	-30	0.015	0.567	0.336	0.755	68
200	0 (Baseline)	0.014	0.750	0.453	0.851	73
	-10	0.026	0.817	0.548	0.855	73
	-20	0.040	0.888	0.647	0.865	73
	-30	0.052	0.923	0.732	0.873	72
500	0 (Baseline)	0.044	0.971	0.753	0.942	77
	-10	0.055	0.983	0.818	0.945	80
	-20	0.068	0.991	0.866	0.948	77
	-30	0.077	0.994	0.876	0.950	79

Table 5: Results of scenarios with variations in the baseline value of adult and juvenile mortality ($\pm 10\%$, $\pm 20\%$, $\pm 30\%$). The Baseline model is incorporated as a reference. See text for more details.

Extension and quality of habitat

The pressure of urban growth puts at risk the populations of the Gecko of Lima that are not associated with the Huacas, and even some of these are also giving space to this same threat. At the same time, it has been seen that in some cases the maintenance of the Huacas by the archaeological projects of the Ministry of Culture can create new interstices that serve as new places of refuge and hunting for the gecko, and if there were more resources for protection and maintenance of Huacas within the city and other sites of importance for gecko populations, it could be expected that this would benefit the conservation of the species. On the other hand, this same type of archaeological interventions can considerably reduce the interstices or potential refuges for the gecko of Lima and its prey. On some occasions plasters or similar processes are developed that cover these interstices and reduce the carrying capacity of the habitat. To assess the effect of a decrease or increase in the extension and quality of habitat, scenarios were run with an annual change of ± 0.25 and ± 0.50 on the carrying capacity (K) throughout the 100 years of the simulation. In other words, populations would increase or decrease by 25% or 50% over a period of 100 years.

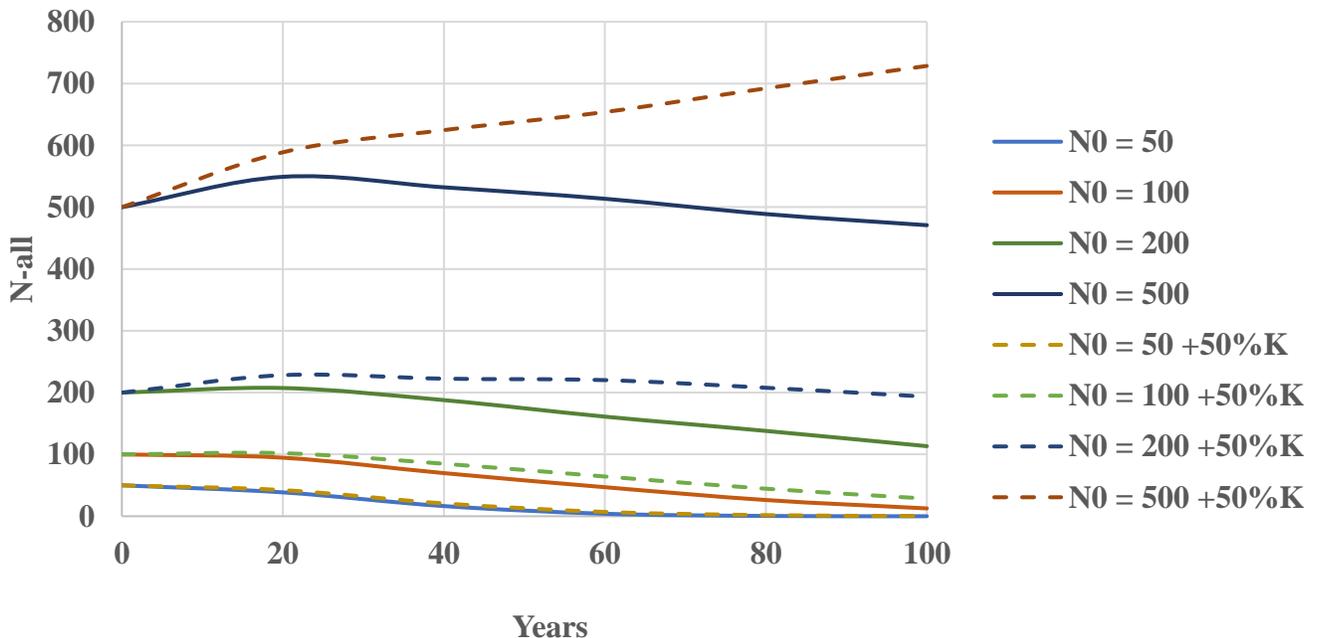
Scenario results

The variations in K mainly affect the final population size and the probability of persistence (Table 6), if the populations have the potential to grow (positive stoch-r) these will tend to increase to where the mortality, reproduction and K allow it. In this case, only populations of 200-500 individuals can do so, as in previous scenarios, populations of 50-100 individuals are too small and even increasing K, the other demographic factors (mortality, catastrophes, etc.) have a greater weight on long-term survival.

Table 6: Results of scenarios with variations in the baseline value of K ($\pm 0.25, \pm 0.50$), over a period of 100 years. The baseline model is incorporated as a reference. * Data according to the carrying capacity of the baseline model, see text for more details.

N_0	Annual rate of change in K	stoch-r	$P_{(survive)}$	N-all/K*	Gene Div.	Mean TE
50	0.00 (Baseline)	-0.047	0.002	<0.001	0.604	44
	-0.25	-0.049	0.001	<0.001	0.278	43
	+0.25	-0.046	0.006	<0.001	0.536	47
	-0.50	-0.049	0.000	0.000	0.000	43
	+0.50	-0.045	0.016	0.005	0.635	46
100	0.00 (Baseline)	-0.020	0.254	0.101	0.715	64
	-0.25	-0.023	0.167	0.048	0.690	65
	+0.25	-0.016	0.307	0.177	0.758	64
	-0.50	-0.027	0.132	0.023	0.670	63
	+0.50	-0.014	0.354	0.228	0.752	63
200	0.00 (Baseline)	0.014	0.750	0.453	0.851	73
	-0.25	0.011	0.715	0.326	0.833	73
	+0.25	0.016	0.772	0.599	0.866	70
	-0.50	0.006	0.634	0.184	0.808	77
	+0.50	0.020	0.813	0.774	0.871	73
500	0.00 (Baseline)	0.044	0.971	0.753	0.942	77
	-0.25	0.041	0.963	0.557	0.933	79
	+0.25	0.044	0.970	0.965	0.947	68
	-0.50	0.039	0.948	0.373	0.924	75
	+0.50	0.046	0.976	1.166	0.952	74

Figure 5: Effect of changing the baseline value of K in + 0.50, in populations of 50 - 500 individuals, over time. The Base Line model (Base) is incorporated as a reference. See text for more details



Clean-up / Sudden flooding Effect

In the baseline model, this catastrophe has a very negative effect on both reproduction and survival. So, we wanted to analyze how the populations behave in the face of a lower impact due to an improvement in the quality of the habitat - such as an increase in the refuge interstices within the Huacas or refuge sites away from dry riverbeds - or cleaning actions that do not necessary increase the mortality of reptiles. The scenarios to be modeled in this section were run with a negative effect on reproduction and survival of 40%, 30% and 20%.

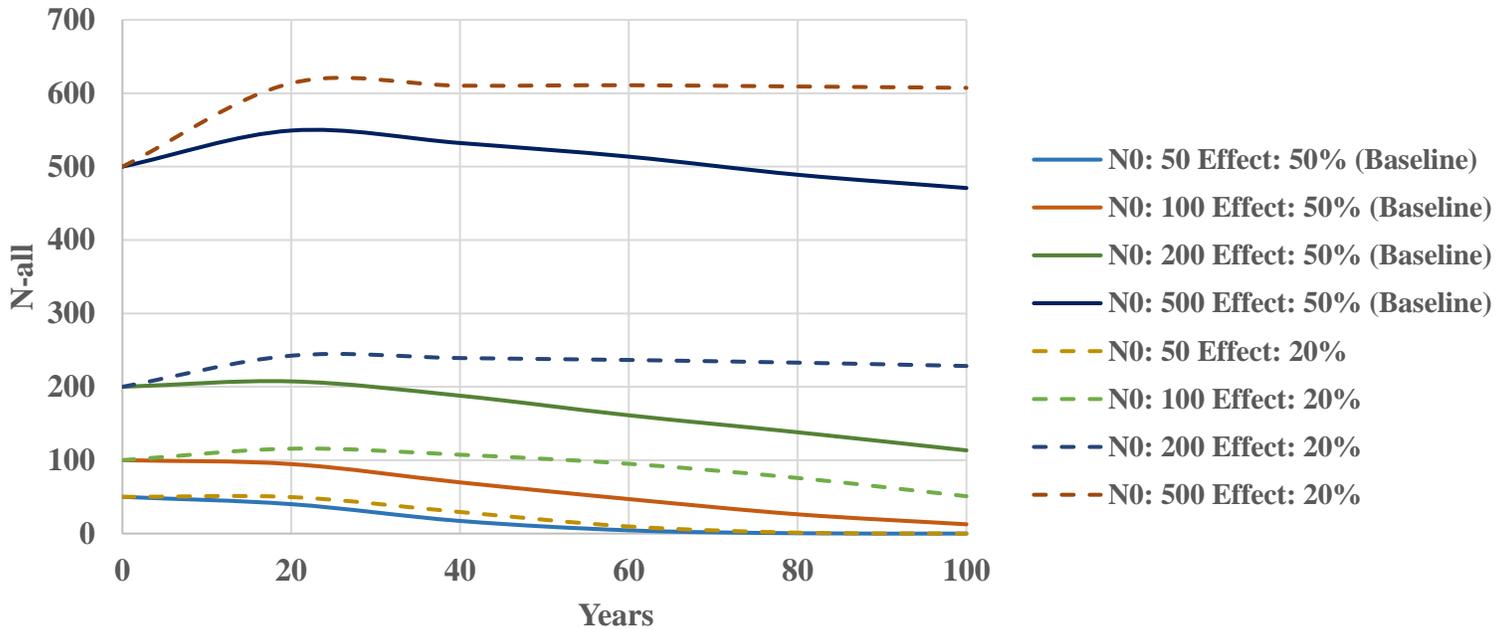
Scenario results

A catastrophe with a lesser effect helps to increase population growth rate and the time of extinction in all populations. Despite these trends, the population of 50 individuals remains with very low probability of survival. Reducing the negative effect of this catastrophe to 20% allows the population of 100 individuals to have a positive growth rate, but the persistence and genetic diversity are lower than the values of the largest populations and, in addition, the tendency to lose individuals in time is maintained. Populations of 200 - 500 individuals tend to be more stable as the effect of the catastrophe is reduced until reaching a high probability of survival ($P(\text{survive}) > 0.900$), high population sizes ($N\text{-all} / K > 0.900$) without loss of individuals over time and high genetic diversity ($\text{Div. Genes} \geq 0.900$); the population of 500 individuals even reaches zero level of extinction. More detailed results for each population are shown below in Table 7 and Figure 6.

Table 7: Results of scenarios with variations in the effect of the Clean-up / Sudden flooding catastrophe. The Baseline model is incorporated as a reference. See text for more details.

N_0	Negative effect of Clean-up / Sudden flooding	stoch-r	$P_{(\text{survive})}$	N-all/K	Gene Div.	Mean TE
50	50% (Baseline)	-0.047	0.002	<0.001	0.604	44
	40%	-0.045	0.003	<0.001	0.433	48
	30%	-0.040	0.006	<0.001	0.464	53
	20%	-0.035	0.007	<0.001	0.365	58
100	50% (Baseline)	-0.020	0.254	0.101	0.715	64
	40%	-0.011	0.397	0.161	0.722	70
	30%	-0.004	0.551	0.251	0.736	78
	20%	0.007	0.784	0.407	0.756	82
200	50% (Baseline)	0.014	0.750	0.453	0.851	73
	40%	0.024	0.894	0.633	0.867	80
	30%	0.037	0.984	0.825	0.889	86
	20%	0.044	0.999	0.913	0.898	87
500	50% (Baseline)	0.044	0.971	0.753	0.942	77
	40%	0.052	0.998	0.874	0.951	72
	30%	0.059	1.000	0.941	0.957	0
	20%	0.065	1.000	0.972	0.959	0

Figure 6: Effect of changing the impact of the Clean-up / Sudden flooding catastrophe to 20% in populations of 50 - 500 individuals over time. The Baseline model is incorporated as a reference. See text for more details.



Maximum lifespan and age of reproduction

Scharf et al. (2014) found that geckos have an average of 9.3 years with a range between 1.1 and 50.0 years. Longevity is related to the survival and reproduction of the species. In lepidosaurs reptiles like other groups, the size that can reach individuals is linked to longevity, but other parameters also have their weight in explaining longevity. In lepidosaurs, a low frequency of nesting in time, a low number of eggs per nest, nocturnal habits and living in cold regions, also contribute to greater longevity (Scharf et al., 2014). The gecko of Lima, although it has a size that does not exceed 7.50 cm snout-cloaca length (Valdez 2016), also has the above characteristics, which shows that the species may have a greater longevity than the one entered in the baseline model, so two scenarios were run where the maximum lifespan and age of reproduction was changed to 5 and 6 years.

Scenario results

A greater longevity increases the number of breeding individuals in the population, for example, in the deterministic results when the age of the individuals increases to six years, only 4.8% is eliminated once the maximum age is reached, compared to 12% in the baseline model (Figs. 1 and 7). The growth rate is positive in all scenarios of all populations, which influences the other output variables (Table 8). The population of 50 individuals still loses individuals over time, but at a lower pace than the baseline model. In the scenario with a

maximum age of six years, the probability of survival reaches values close to 0.900 and the iterations that do not survive get extinct until 71 years (Table 8, Fig. 8). Populations of 100 - 500 individuals are likely to survive near or above 0.900 with only increasing the maximum age to five years, and when increasing it to six years, the population of 100 individuals stops losing individuals over time and their final population size is close to 90% of the carrying capacity, which makes it as stable as populations of 200 - 500 individuals (Table 8, Fig. 8). In terms of genetic diversity, although all populations show higher levels with increasing maximum age, the results indicate that only populations of 200 - 500 individuals have the capacity to retain gene diversity greater than 90% (Table 8).

Figure 7: Stable age distribution in populations with maximum lifespan and age of reproduction set at 6-years.

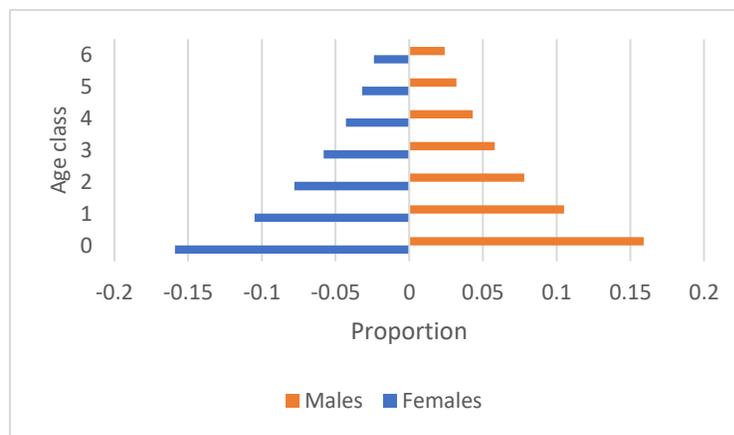
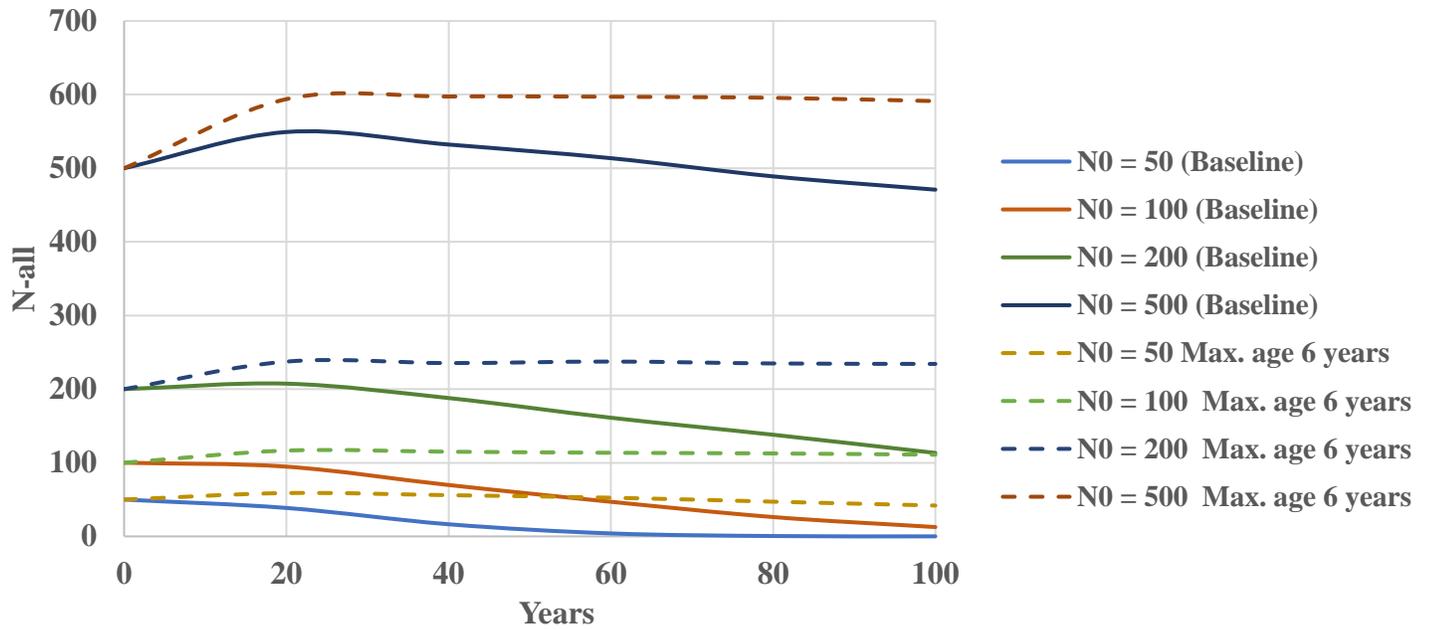


Table 8: Results of scenarios with increased maximum lifespan and age of reproduction. The Baseline model is incorporated as a reference. See text for more details.

N_0	Maximum age (years)	stoch-r	$P_{(survive)}$	N-all/K	Gene Div.	Mean TE
50	4 (Baseline)	-0.047	0.002	<0.001	0.604	44
	5	0.015	0.408	0.229	0.609	65
	6	0.061	0.827	0.644	0.653	71
100	4 (Baseline)	-0.020	0.254	0.101	0.715	64
	5	0.056	0.883	0.692	0.782	71
	6	0.097	0.978	0.887	0.807	66
200	4 (Baseline)	0.014	0.750	0.453	0.851	73
	5	0.084	0.993	0.875	0.892	84
	6	0.120	0.999	0.937	0.902	44
500	4 (Baseline)	0.044	0.971	0.753	0.942	77
	5	0.104	1.000	0.927	0.956	0
	6	0.137	1.000	0.946	0.960	0

Figure 8: Effect of changing the maximum lifespan and age of reproduction to six years in populations of 50 - 500 individuals over time. The baseline model is incorporated as a reference. See text for more details.



Supplementation of individuals to the population

La Universidad Cayetano Heredia is beginning an ex situ breeding program to strengthen the wild populations of the Gecko of Lima in the future. To assess the effect of this management action, different scenarios were created where populations were supplemented with four and six pairs of adults, with intervals between supplementation of two and five years, all beginning in Year 1 of the model, but ending on Year. 50, because the resources are too limited to supplement for a longer period of time. Only the populations of 50, 100 and 200 individuals were analyzed, since it was assumed that the number of individuals to be supplemented was too small to have an effect on the population of 500 individuals.

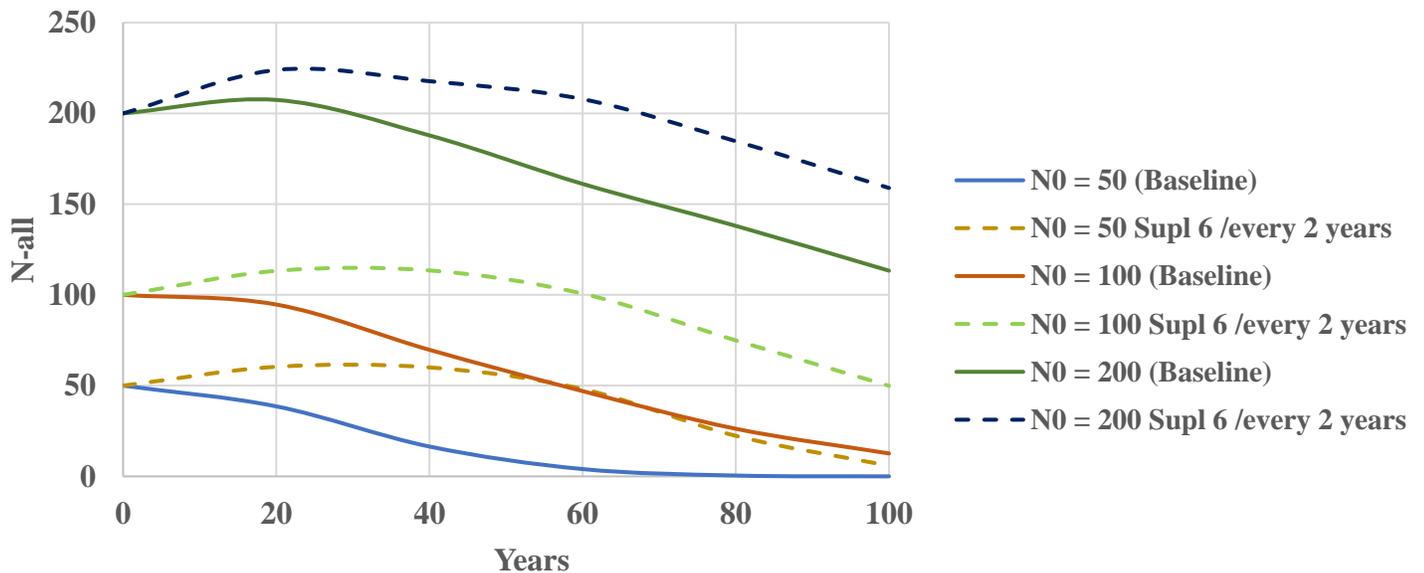
Scenario results

The greater the number of individuals to be supplemented and the shorter the interval of supplementation events, the greater the positive effect on the populations. All the output variables (stoch-r, P (survive), N-all / K, Gene Div., Mean TE) show an improvement in populations of 50 - 100 individuals, but still far below what one would expect of a stable population (Table 9, Fig. 9). In the population of 200 individuals, although there an improvement in the probability of survival that reaches to high values ($P(\text{survive}) > 0.9000$) when the interval of supplementation is every two years, the populations remain below 65% of the carrying capacity (Table 9). The behavior of the three populations is shown in Figure 9, which shows that the real effect is to reinforce the population, but as long as the threats persist, the populations decrease once the supplementation stop after 50 years. This group of scenarios shows the importance of identifying and mitigate (or eliminate) threats and to not rely exclusively on the reintroduction of individuals to the population as a conservation action.

Table 9: Results of scenarios with events supplementation to reinforce populations. The baseline model is incorporated as a reference. See text for more details.

N_0	# individuals supplemented	Interval of years between supplementation	stoch-r	$P_{(survive)}$	N-all/K	Gene Div.	Mean TE
50	0 (Baseline)	0 (Baseline)	-0.047	0.002	<0.001	0.604	44
	4	2	0.010	0.231	0.082	0.684	81
	4	5	-0.014	0.100	0.024	0.604	73
	6	2	0.025	0.275	0.091	0.674	83
	6	5	-0.006	0.155	0.045	0.633	78
100	0 (Baseline)	0 (Baseline)	-0.020	0.254	0.101	0.715	64
	4	2	0.017	0.681	0.348	0.796	85
	4	5	-0.001	0.462	0.227	0.768	80
	6	2	0.027	0.727	0.399	0.812	86
	6	5	0.007	0.557	0.266	0.772	81
200	0 (Baseline)	0 (Baseline)	0.014	0.750	0.453	0.851	73
	4	2	0.032	0.908	0.606	0.881	86
	4	5	0.022	0.830	0.540	0.871	82
	6	2	0.038	0.930	0.636	0.891	88
	6	5	0.026	0.868	0.565	0.870	85

Figure 9: Effect of supplementation events of six individuals, every two years, during the first 50 years in populations of 50 - 500 individuals, over time. The baseline model is incorporated as a reference. See text for more details.



Ideal scenario

The populations of 50, 100 and 200 individuals do not become stable populations (self-sustaining) in all or many of the previous scenarios. Thus, a scenario was run combining different demographic values and management actions in previous scenarios, in order to have an ideal scenario where populations end up with a high probability of survival ($P(\text{survive}) > 0.900$) and population size near or above the load capacity ($N\text{-all} / K \geq 0.900$). In addition, other scenarios were run where one of the parameters was entered with the baseline value, in order to assess the importance of each parameter. The values entered in the scenario were:

- Maximum lifespan and age of reproduction: 6 years
- Negative effect of catastrophe Cleaning / Sudden flooding of 0.20 in reproduction and survival
- 30% reduction of juvenile and adult mortality baseline values
- Increase in carrying capacity by 0.25 per year for a period of 100 years

Scenario results

In an ideal scenario all populations have a $P(\text{survive}) = 1,000$ and $N\text{-all} / K \geq 1,000$ with respect to the K value of the baseline (this because of the annual increase in K entered in the scenarios), which shows that if the three management actions are implemented (decrease in the effect of catastrophe, control of predators, increase in extension and quality of habitat) in parallel, and if the geckos can live up to six years, as is supposed from preliminary data, the populations would show a high long-term population viability (Table 10, Fig. 10). When returning one of the parameters to the initial base value, it is observed that the growth rate decreases, but the optimal values of the other three parameters maintain the ideal conditions on probability of survival and population size (Table 10, Fig. 10) in most scenarios.

By setting the maximum lifespan and age of reproduction to the baseline value, it drives population growth rate down in all populations and keeps the population of 50 individuals to not reach the ideal conditions in terms of probability of survival and final population size, and even start to decrease after 50 years (Table 10, Fig. 10). The genetic diversity is kept below 0.900 in the populations of 50 - 100 individuals, this because the small size of these populations together with a short generational time and purge of deleterious genes in the population, interact to reduce it; hence another reason to have populations as large as possible.

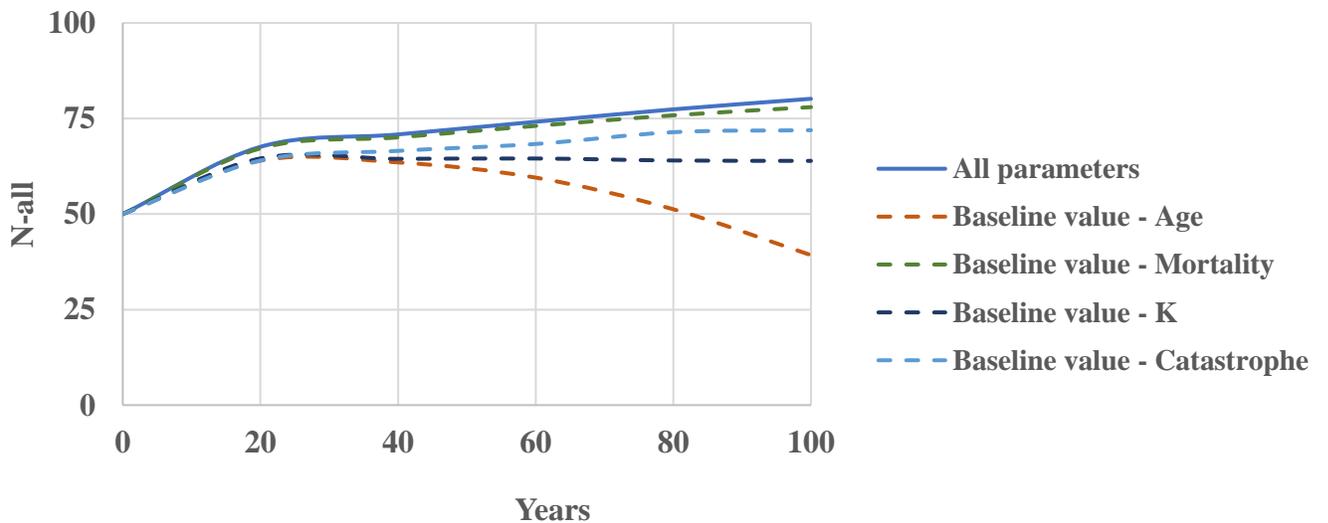
The results show again how the maximum lifespan and age of reproduction, mortality and the impact of the catastrophe, have an effect such that population growth decline or reduce the probability of survival, especially in the population of 50 individuals, thus the importance of research or implement conservation actions related to these parameters (Table 10, Fig. 10). Not increasing the carrying capacity has a single effect on the final size of the population

(Table 10, Fig. 10), but as already stated, the smaller the population, the more effects the threats analyzed have.

Table 10: Results with a combination of four or three ideal values. * Data according to the load capacity of the baseline model. See text for more details.

N_0	Scenario	stoch-r	$P_{(survive)}$	N-all/K*	Div. Genes	TE Medio
50	Todos los parámetros	0.138	1.000	1.233	0.7312	0
	Valor Base - Edad	0.026	0.786	0.604	0.661	80
	Valor Base - Mortalidad	0.090	0.999	1.200	0.726	92
	Valor Base - K	0.132	1.000	0.983	0.7022	0
	Valor Base - Catástrofe	0.116	0.984	1.107	0.7019	72
100	Todos los parámetros	0.167	1.000	1.241	0.8468	0
	Valor Base - Edad	0.072	1.000	1.192	0.8284	0
	Valor Base - Mortalidad	0.120	1.000	1.234	0.8483	0
	Valor Base - K	0.164	1.000	0.994	0.8316	0
	Valor Base - Catástrofe	0.150	0.999	1.176	0.8366	80
200	Todos los parámetros	0.187	1.000	1.245	0.9172	0
	Valor Base - Edad	0.098	1.000	1.225	0.9126	0
	Valor Base - Mortalidad	0.140	1.000	1.242	0.9187	0
	Valor Base - K	0.185	1.000	0.996	0.9103	0
	Valor Base - Catástrofe	0.171	1.000	1.202	0.9141	0

Figure 10: Effect of combining four or three ideal values in populations of 50 individuals over time. See text for more details.



References

- Akçakaya, H. & Sjögren-Gulve, P. 2000. Population viability analysis in conservation planning: an overview. *Ecological Bulletins*, 48: 9-21.
- Block, W., Franklin, A., Ward, J., Ganey, J. & White, G. 2001. Design and implementation of monitoring studies to evaluate the success of ecological restoration on wildlife. *Restoration Ecology*, 9 (3): 293-303.
- Brook, B. & Kikkawa, J. 1998. Examining threats faced by island birds: a population viability analysis on the Capricorn silvereve using long-term data. *Journal of Applied Ecology*, 35: 491-503.
- Clements, C. F., Drake, J. M., Griffiths, J. I., & Ozgul, A. 2015. Factors influencing the detectability of early warning signals of population collapse. *The American Naturalist*, 186 (1): 50-58.
- Dixon, J.R. & Huey., R.B. 1970. Systematics of the lizards of the gekkonid genus *Phyllodactylus* of mainland South America. *Los Angeles County Museum Contributions in Science* 192: 1-78.
- Ellner, S., Fieberg, J., Ludwig, D. & Wilcox, C. 2002. Precision of Population Viability Analysis. *Conservation Biology*, 16: 258-261.
- Lacy, R., Miller, P. & Traylor-Holzer, K. 2015. *Vortex 10 User's Manual*. IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group, and Chicago Zoological Society, Apple Valley, Minnesota, USA.
- Lacy, R.C. & Pollak, J. 2014. *Vortex: A stochastic simulation of the extinction process*. Version 10.0. Chicago Zoological Society, Brookfield, Illinois, USA.
- Lindenmayer, D. & Likens, G. (2010). The science and application of ecological monitoring. *Biological Conservation*, 143 (6): 1317-1328.
- Lindenmayer, D., Gibbons, P., Bourke, M., Burgman, M., Dickman, C., Ferrier, S., Fitzsimons, J., Freudenberger, D., S.T., G., Groves, C., Hobbs, R., Kingsford, S., Krebs, C., Legge, S., Lowe, A., McLean, R., Montambault, J., Possingham, H., Radford, J., Robinson, D., Smallbone, L., Thomas, D., Varcoe, T., Vardon, M., Wardle, G., Woinarski, J. & Zenger, A. 2012. Improving biodiversity monitoring. *Austral Ecology*, 37: 285-294.
- O'Grady, J.J., Reed, D.H., Brook, B.W. & Frankham, R. 2008. Extinction risk scales better to generations than to years. *Animal Conservation*, 11 (5): 442-451.
- Olivera, D., Castillo, L. & Gutiérrez, G. 2016. Primer registro de *Phyllodactylus sentosus* (Squamata: Phyllodactylidae) para el valle del río Chillón, Lima, Perú. *Revista peruana de biología* 23(3): 321 – 324.

- Pérez, J. 2009. Ecología e Conservação de *Phyllodactylus sentosus* (Reptilia : Gekkonidae) na cidade de Lima, Peru. Tese do Doutorado. Universidade do Estado de Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil.
- Pérez, J. & Balta K. 2013. A new record of *Phyllodactylus sentosus* (Dixon & Huey, 1970) (Squamata: Phyllodactylidae) for the coastal desert of Peru. Cuadernos de Herpetología 27 (2): 171.
- Perez, J. & Balta, K. 2016. *Phyllodactylus sentosus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T48442971A48442982. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T48442971A48442982.en>. Descargado en diciembre 02, 2017.
- Spielman, D., Brook, B.W. & Frankham, R., 2004. Most species are not driven to extinction before genetic factors impact them. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 101 (42): 15261–15264.
- Reed, D.H., O'Grady, J.J., Ballou, J.D., & Frankham, R. 2003. The frequency and severity of catastrophic die-offs in vertebrates. Animal Conservation, 6 (2): 109-114.
- Scharf, I., Feldman, A., Novosolov, M., Pincheira-Donoso, D., Das, I., Böhm, M., Uetz, P., Torres-Carvajal, O., Bauer, A., Roll, U. & Meiri, S. 2015. Late bloomers and baby boomers: ecological drivers of longevity in squamates and the tuatara. Global Ecology and Biogeography 24: 396-405.
- Valdez- Ridoutt, F.J. 2016. Dinámica y estructura poblacional de *Phyllodactylus sentosus* Dixon & Huey, 1970, en la Huaca Pucllana-Lima, Perú. Tesis para optar el Título Profesional de Licenciado en Biología. Escuela Profesional de Biología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Ricardo Palma, Lima Perú.
- Venegas, P.J., Pradel, R., Ortiz, H. & Ríos, L. 2017. Geographic range extension for the critically endangered leaf-toed gecko *Phyllodactylus sentosus* Dixon and Huey, 1970 in Peru, and notes on its natural history and conservation status. Herpetology Notes 10: 499-505.
- Wakamiya & Roy, C. 2009. Use of monitoring data and population viability analysis to inform reintroduction decisions: Peregrine falcons in the Midwestern United States. Biological Conservation, 142: 1767-1776.
- Webb, J., Pike, D.A. & Shine, R. 2008. Population ecology of the velvet gecko, *Oedura lesueurii* in south eastern Australia: Implications for the persistence of an endangered snake. Austral Ecology 33: 839-847.
- Werner, Y. 1993. Longevity of geckos (Reptilia: Lacertilia: Gekkonoidea) in captivity: An analytical review incorporating ne data. Israel Journal of Zoology 39: 105-124.

Taller para la Elaboración del “Plan Nacional de Conservación del gecko de Lima (*Phyllodactylus sentosus*)”

**Universidad Peruana Cayetano Heredia
Lima, Perú
8-10 de noviembre, 2017**

Sección IX

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- El taller ha logrado identificar los problemas existentes para la conservación del gecko de Lima y sus probables soluciones.
- Se ha llegado a consolidar la visión para la conservación de la especie involucrando actores de la sociedad civil e instituciones responsables de la toma de decisiones.
- Se ha congregado a profesionales y especialistas plenamente comprometidos con la especie.
- Se ha conseguido poder identificar acciones básicas a implementar para conservar la especie.
- Se ha podido mejorar la interlocución entre actores.
- Ha incrementado el interés y número de participantes en el proyecto.
- Incentivo en conservar el gecko de Lima.
- Mayor conocimiento de la distribución, amenazas y estado actual del gecko de Lima a partir de la participación de diferentes instituciones interesadas en la protección y conservación.
- Poco conocimiento del gecko de Lima por la población que reside en Lima y aún más desconocido a nivel país.
- Este proyecto tiene grandioso potencial, tanto por la condición única de la especie, como por la posibilidad de trabajar con la publicidad positiva de una especie de reptil. Buenas e importantes directrices fueron apuntadas en este taller. Todos los miembros del grupo deben darle seguimiento para lograr nuestros objetivos.
- El Plan hasta ahora es bien directo y nada imposible. Solo depende de la buena ejecución del trabajo para que esto se vuelva una preferencia en los estudios y la preservación de las especies endémicas, sintópicas y reptiles de una manera general.
- Es primordial generar una articulación entre SERFOR y el Ministerio de Cultura para preservar la especie gecko de Lima.
- Se requiere llenar los vacíos de información sobre la especie a través de la investigación para concretar algunas propuestas de conservación.
- Se establecieron tres mesas de trabajo sobre amenazas, generación de información y comunicación ambiental y estimaciones poblacionales (Vortex).
- Se sinergizaron ideas de trabajo con el desarrollo de acciones viables que facilitarán el trabajo del Proyecto gecko de Lima.
- Estoy muy contenta y satisfecha de haber podido participar en este taller. Creo que el intercambio con los participantes ha sido extremadamente valioso y enriquecedor, no sólo respecto al trabajo con esta especie, sino como grupo humano que vela por la diversidad.
- Este material va a convertirse en un recurso muy valioso para los subsiguientes trabajos con el gecko, así como un importante referente para el trabajo con otras especies, estoy segura.

- El gecko de Lima es una especie importante no solo por ser endémica sino por su valor en nuestra localidad, y personalmente creo que se puede manejar muy bien la idea de inculcar en la población la identificación con la especie.
- El taller fue muy útil para conocer e integrar el conocimiento sobre esta especie y de apoyo por parte de autoridades como SERFOR y MINAN que contribuyen con su conservación.
- Se llegaron a acuerdos importantes sobre las necesidades de la especie con miras a su conservación.
- Se realizó un acercamiento entre SERFOR y MINAM y se acordó buscar un acercamiento con el MINCU.
- Se tuvo un acercamiento y acuerdos importantes entre los diferentes participantes (actores) que asistieron al evento.
- Existen muchos vacíos de información en muchos aspectos (biología, rangos de distribución y otros).
- Es necesario articular a instituciones para lograr y reunir esfuerzos para proteger la especie.
- La especie no es reconocida por instituciones involucradas en fauna silvestre y pobladores de la ciudad.
- Existen varios vacíos de información cuyo llenado ayudaría mucho a determinar mejor el Estado de conservación del gecko de Lima y a planificar acciones para asegurar su conservación. Entre estos vacíos quizá los más importantes son la distribución de la especie y la estructura genética de sus poblaciones.
- El gecko de Lima es una especie vulnerable que está siendo afectada principalmente por la pérdida de sus hábitats y el alto grado de endogamia.
- Es imprescindible la colaboración entre las instituciones del Estado para la conservación del gecko.
- El taller ha sido beneficioso debido a la presencia de diferentes instituciones del Estado.
- El gecko de Lima es una especie resiliente que se adapta a ciertas condiciones ambientales, pero su resiliencia depende de factores mínimos que desaparecen, por una ciudad siempre cambiante.

Recomendaciones

- Conocer la ecología e historia natural de *Phylodactylus sentosus* (gecko de Lima) para obtener más información y poder tomar acciones en sus diversas poblaciones identificadas hasta el momento.
- Determinar si la población sureña es la misma especie, de serlo aprovechar en obtener los datos ecológicos de la especie.
- Hallar nuevas subpoblaciones de la especie y determinar la calidad en que se encuentran.
- Difundir y enseñar en diversos talleres a y actividades a lo largo de instituciones y universidades acerca del Proyecto gecko.
- La propuesta de crear una guía para el conocimiento previo de las intervenciones arqueológicas.
- Programas de sensibilización y capacitación a la población circundante de las zonas arqueológicas.
- Continuar con los programas educativos para la sobrevivencia de especies en peligro de extinción como el gecko de Lima.
- Expandir el conocimiento de esta especie a otros grupos académicos extranjeros.
- Promover alianzas con Municipios y MINCU para la preservación del gecko en los centros arqueológicos.
- Continuar y mantener las coordinaciones con las instituciones involucradas.
- Establecer un cronograma para la realización de objetivos y acciones.
- Coordinar una reunión en el más breve plazo para la asignación de responsabilidades.
- Concluir el Plan de Conservación de la especie.
- Emplear la metodología IUCN, empleada en este taller para planes con otras especies.
- Involucrar formalmente y activamente al MINCU en este tipo de actividades a través de vínculos entre ministerios.
- Crear fondos semillas para concretar acciones identificadas en planes de conservación nacional.
- Comprometer a diferentes instituciones a la protección y manejo de las poblaciones del gecko de Lima.
- Realizar seguimiento a las instituciones para el cumplimiento de compromisos sobre el gecko.
- Promover la educación ambiental en la población local, regional y país.
- Promover el conocimiento de la especie en la población de Lima.
- Promover investigaciones sobre la especie.
- Incluir como una de las motivaciones de protección de huacas, la presencia del gecko de Lima.
- Se necesita una reunión en el Proyecto que nos informe sobre nuestra presentación y funciones con otras instituciones como Proyecto gecko de Lima.

- Priorizar un portal web, que facilite la invitación a nuestras actividades con los recursos que tenemos en este momento.
- Continuar con este tipo de iniciativas.
- Difundir más activamente las convocatorias para futuros eventos.
- Hay que asegurar que se mantenga el contacto y el intercambio de información/perspectivas con el grupo de trabajo.
- Tal vez sería importante contar con la presencia de mayores funcionarios públicos, y mayor difusión del taller, para que el trabajo tenga mayor participación y sea más rico como producto final.
- Concretar un acercamiento con el Ministerio de Cultura.
- Fomentar más proyectos de investigación en la especie.
- Continuar con el proyecto de educación ambiental, para hacer más conocida la especie.
- Realizar esfuerzos de investigación no sólo en las zonas de distribución conocidas sino también en las áreas de hallazgos y evaluar los datos necesarios.
- Debemos continuar con los esfuerzos para concientizar a los pobladores de nuestra ciudad para que reconozcan a la especie y otros como nuestro y enseñarles a proteger la vida.
- Realizar estudios para determinar si hay poblaciones importantes en Lima fuera de las huacas, si están conectadas y cuál es la relación entre las poblaciones limeñas y los geckos encontrados recientemente en Ica (con estudios genéticos y morfológicos).
- Todo esfuerzo de investigación necesita tener cierta continuidad en el tiempo y sus datos de fácil acceso.

Taller para la Elaboración del “Plan Nacional de Conservación del gecko de Lima (*Phyllodactylus sentosus*)”

**Universidad Peruana Cayetano Heredia
Lima, Perú
8-10 de noviembre, 2017**

Sección X

Resúmenes de Presentaciones

Resúmenes de Presentaciones

Rol del SERFOR en la conservación de la fauna silvestre peruana: Planes de Conservación. Biol. Alex Cruz-SERFOR.

El Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre -SERFOR es la Autoridad Nacional Forestal y de Fauna Silvestre en el país.

La Estrategia Nacional de Diversidad Biológica establece que para el 2021 se debe haber aprobado 15 Planes de Conservación para especies amenazadas, sean de flora o fauna silvestre. Los Planes Nacionales de Conservación se elaboran a través de un proceso participativo y son aprobados por el SERFOR. Las acciones de conservación de una especie y su hábitat dispuestos en los Planes Nacionales de Conservación son de acatamiento obligatorio por parte de las autoridades vinculadas a la gestión de los recursos forestales y de fauna silvestre.

En la Planificación se utiliza la información, que es el conocimiento de la realidad. Participan entes públicos y privados, incluyendo la academia y las comunidades del ámbito.

La priorización de especies la realiza el SERFOR, en coordinación con el MINAM y SERNANP. Se incluye otros sectores según la competencia. El proceso de elaboración se realiza a través de talleres participativos, conducidos por el SERFOR, MINAM y SERNANP.

La aprobación de los Planes Nacionales de Conservación se hace mediante Resolución de la Dirección Ejecutiva del SERFOR y se publica en el diario oficial El Peruano. El financiamiento de los Planes aprobados se realiza con recursos propios de las instituciones con competencia en la gestión de los recursos forestales y de fauna silvestre a nivel nacional y regional; la formulación de Proyectos de Inversión Pública, PIP verdes; Cooperación Internacional; ONGs y otros.

Los Planes Nacionales de conservación aprobados en el 2015 fueron el del cóndor (*Vultur gryphus*) y el del suri (*Rhea pennata*). En el 2016 se aprobaron el del oso andino (*Tremarctos ornatus*) y la pava aliblanca (*Penelope albipennis*). Se encuentran en proceso de aprobación los planes para la perlita de Iquitos (*Polioptila clementsii*) y el tapir andino (*Tapirus pinchaque*). Están en desarrollo planes de Conservación de primates, tortugas marinas, rana gigante y el zambullidor del Titicaca, orquídeas del Perú y el gecko de Lima. Tanto el gecko de Lima y el cocodrilo están categorizados a nivel nacional como Críticamente amenazados (CR).

El MINAM es el punto focal de la Convención de Diversidad Biológica y CITES. El MINAM, como autoridad científica CITES acredita expertos científicos, hacen los Informes

Nacionales a la CBD, siendo el último el sexto, están actualizando las Listas Nacionales de Anfibios y Reptiles y generan información de las especies CITES.

Estado actual del gecko de Lima. José Pérez Zúñiga-Universidad Peruana Cayetano Heredia.

El gecko de Lima es un reptil endémico de Lima, de distribución restringida. Este gecko tiene una baja tasa de desplazamiento debido a su tamaño y poca habilidad para trepar, por lo tanto, presenta poblaciones aisladas entre ellas.

El hábitat característico del gecko de Lima es el desierto costero, y ha sido reportado en las huacas (centros arqueológicos precolombinos), y cerros áridos con piedras y rocas dentro de la ciudad de Lima. El microhábitat que emplea actualmente el gecko de Lima como refugios son las rocas, piedras y desechos inorgánicos (cartones, ladrillos, desmonte, bosas plásticas). No ha sido registrado en lugares con sustrato muy húmedo, o con presencia de mucha vegetación.

Se ha reportado recientemente una nueva población en Ica, y estos individuos están actualmente siendo evaluados genéticamente para definir si es una nueva especie u otra subpoblación del gecko de Lima.

Se han elaborado modelos de distribución (Maxent) para el gecko de Lima, que indican que la especie estaría limitada al departamento de Lima, con una mayor distribución al sur de la ciudad de Lima.

Los depredadores naturales son lechuzas de los arenales, serpientes, lagartijas, no obstante, en la mayoría de las localidades conocidas para el gecko de Lima estas especies ya no están presentes. Los depredadores actuales son ratas, gatos y perros. También se ha reportado eventos de canibalismo en la especie, es decir consumo de juveniles por parte de adultos.

Como es conocido para los animales ectotérmicos como los geckos, la temperatura del aire y sustrato condiciona las temperaturas corporales del gecko de Lima. Este gecko presentaría una dieta insectívora, a juzgar por los estudios realizados en especies del mismo género, filogenéticamente y geográficamente cercanas. Las hembras del gecko de Lima se caracterizan por la puesta de un huevo por año.

Se debe:

- Actualizar la distribución.
- Estandarizar las metodologías para estimar la población.
- Determinar el Estado de Conservación de las subpoblaciones.
- Establecer los protocolos para el manejo en cautiverio.

-Hacer actividades de difusión (educación ambiental), cuentos y videos, actividades lúdicas en PATPAL, colegios y huacas.

Crianza en cautiverio del gecko de Lima. Roberto Elias Piperis-Universidad Peruana Cayetano Heredia.

La crianza en cautiverio es una herramienta utilizada en muchos programas de conservación, con el gecko de Lima se ha iniciado un programa piloto que tiene como objetivo inicial mantener algunos ejemplares en cautiverio para poder establecer parámetros que permitan la reproducción en cautiverio, para iniciar un programa de reintroducción y reforzamiento de poblaciones de gecko de Lima en un futuro cercano.

Geographic range extension for the critically endangered leaf-toed gecko *Phyllodactylus sentosus* (Dixon and Huey, 1970) in Peru, and notes on its natural history and conservation status. Pablo Venegas CORBIDI

Venegas y colaboradores, presentan dos nuevos registros en la distribución del gecko de las huacas (*Phyllodactylus sentosus*). Uno de estos registros se encuentra dentro de la ciudad de Lima, y el otro amplía la distribución de la especie 318 km hacia el sur, hasta la cuenca del Río Ica. Con esta ampliación en el rango de distribución del *P. sentosus* se necesita reevaluar el estatus de conservación de la especie. Debido a su presencia en la cuenca del Rio Ica es probable que esta especie se encuentre también en los desiertos de Nasca. Se encuentra en los cerros de los alrededores de Lima. Por su morfología la población de San Fernando, a pesar de su lejanía geográfica, con las poblaciones de las huacas de Lima, no presenta suficiente variación para considerarla una especie distinta. Sin embargo, el uso de herramientas moleculares podría ayudar a despejar dudas sobre la identidad de esta población geográficamente distante. Al ser una especie de hábitos nocturnos, no se han hecho un gran esfuerzo de búsqueda de su presencia en cerros o desiertos del departamento de Lima, Ancash e Ica, por motivos de seguridad. Los esfuerzos de búsqueda se han concentrado en las Huacas que son protegidas por el estado.

Programa de educación ambiental y comunicación del Gecko de Lima, en el Patronato Parque de las leyendas – Felipe Benavides Barreda (PATPAL – FBB), Rosa Urbano Biol. Coordinadora de Desarrollo del componente educativo. División de Educación y Extensión Cultural - PATPAL

OBJETIVOS:

- Identificar al gecko de Lima (*Phyllodactylus sentosus*) como recurso patrimonial.
- Enfatizar su endemismo.
- Crear una imagen amigable (eliminando las creencias erróneas como el ser venenoso o traer mala suerte)

CONTENIDO:

Población objetivo: Público visitante y trabajadores del Parque de las Leyendas

Eslogan de la campaña: “El Gecko también es limeño”

Estrategia educativa: Charlas de sensibilización

Duración: 25 minutos; por grupos 20 – 40 personas.

Dirigido: dos grupos menores: niños entre los 4 a 12 años y grupo mayores: 12 años en adelante.

Contenido Temático: ¿Cómo es? ¿Dónde habita? ¿Por qué es importante conservarlo?

Herramientas: narración de cuentos, Hojas de trabajo sobre ciclo de vida, hábitat y alimentación, hojas para colorear, dinámicas ambientales (dados gigantes, disfraces y cartillas)

Actividades de participación:

- Encuentros con educadores ambientales.
- Ferias ambientales locales (en celebraciones ambientales)
- Visitas centros educativos (San Juan de Lurigancho, San Miguel)
- Capacitación de voluntarios colaboradores del programa.
- Encuesta de reconocimiento de la especie.

Productos:

- Elaboración de nuevos materiales didácticos con el apoyo de especialistas en Educación Ambiental (máscaras, hojas de trabajo, narración del *speech* educativo).
- Guion interpretativo asociado a circuitos arqueológicos de Lima.

Estrategias educativas para el caso del gecko de Lima. Jessica Vargas- Pontificia Universidad Católica del Perú.

Estrategias educativas para Conservar la Biodiversidad: el caso del gecko de Lima.

Propuesta pedagógica para contribuir a la preservación de la especie.

-Creación de cuentos con el apoyo de la Escuela de Educación.

-Ilustraciones: Escuela de Arte.

-Elaboración de videos con el apoyo de la Escuela de animación. Curso Digital 2.

Los cuentos se divulgaron a través de diversos medios.

El tema fue Cuidemos del gecko, dirigido a niños de 3 a 6 años.

La metodología incluyó trabajo con docentes-guía y trabajo con padres a través de los docentes

Se respetan los derechos de autor y contratos.

Taller para la Elaboración del “Plan Nacional de Conservación del gecko de Lima (*Phyllodactylus sentosus*)”

**Universidad Peruana Cayetano Heredia
Lima, Perú
8-10 de noviembre, 2017**

Sección XI

Directorio de Participantes



SERFOR

TALLER PARA LA ELABORACIÓN DEL "PLAN NACIONAL DE CONSERVACIÓN DEL GECKO DE LIMA (*Phyllotacys andreae*) EN EL PERÚ"

Fecha: Lima, 9-10 de noviembre de 2017
Lugar: Universidad Peruana Cayetano Heredia - Geck Workshop -
Av. Arceobispo 443, Miraflores (Avenida 402)

PROYECTO
www.geckodelima.org
gecko
DE LIMA

EXTINTOR

Directorio de Participantes

María del Pilar Agreda Ciruelos

Ministerio de Cultura, Zona Arqueológica El Paraíso.

(51) 964 725093

mariapia2017@hotmail.com

Katya Balta A.

Universidad Peruana Cayetano Heredia

(51) 319 0000(2407) / (51) 99 611782

Katya.balta@upch.pe

Katya_balta@yahoo.com

Diego Barrera Moscoso

Departamento de Herpetología

Museo Historia Nacional

(51) 949 023798

20140152@lamolina.edu.pe

Dayanna Carbonel Arana

Ministerio de Cultura

(51) 997 345325

dayannacarbonel@gmail.com

Elizabeth Cárdenas Cappelletti

Ministerio del Ambiente

(51) 6116000 anexo 1732

(51) 959 370808

ecardenasc@minam.gob.pe

carletti@hotmail.com

José Martín Carrasco Montoya

Ministerio de Ambiente

(51) 5116116000 Anexo 1730

(51) 999 378948

jcarrasco@minam.gob.pe

jcarrascomontoya@gmail.com

Mariela Combe

Laboratorio de Estudios en Biodiversidad-LEB
de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

Mariela.combe@upch.pe

E. Daniel Cossios

Biosfera Consultores Ambientales
(51) 2717268/ (51) 948 057016

dcossios@yahoo.com

Alex Cruz Huaranca

Servicio Nacional Forestal y de
Fauna Silvestre (SERFOR)
(51) 2259005 anexo 305

acruz@serfor.gob.pe

adcruz@hotmail.com

Carla Alejandra Delgado Vargas

Universidad Peruana Cayetano Heredia
(51) 984 918203

cdelgadovargas@yahoo.es

Renato Moyan Florio Yahllen

Parque Zoológico Huachipa
(51) 983 531089

renatoflorio@gmail.com

Roberto Gutiérrez Poblete

Museo de Historia Natural San Agustín-AQP
(51) 4729710/ (51) 993 763249

salamanqueja@gmail.com

salamanqueja@gmail.com

José Antonio Iturrizaga Shaw

Universidad Peruana Cayetano Heredia
(51) 951 486391

jose.iturrizaga5@upch.pe

Luz Karina Junes López

Universidad Peruana Cayetano Heredia

(51) 991 754556

karinajunes@yahoo.com

Camila Llerena Cayo

Universidad Peruana Cayetano Heredia

(51) 940 409862

camila.llerena.c@upch.pe

Miguel Ángel Mario Manrique Zapana

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Universidad Peruana Cayetano Heredia

(51) 997 782830

miguel.manrique.z@upch.pe

Yolanda Matamoros Hidalgo

Grupo de Especialistas en Planificación para la Conservación (CPSG)

Comisión de Sobrevivencia de Especies, UICN

(506)2233 6701/ (506) 8824 1391

yolanda@cbsgmesoamerica.org

Diego Alfonso Olivera Jara

Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos

(51) 984 209569

d.OliveiraJara@gmail.com

diego_09_1990@hotmail.com

Carolina Pedraza Chong

Patronato Parque de las Leyendas- Felipe Benavides Barreda

(51) 983 338129

pedrazavet1509@gmail.com

Roberto Elías Piperis

Universidad Peruana Cayetano Heredia

(51) 319 0039

(51) 991 666439

Roberto.elias@upch.pe

Doris Rodríguez Guzmán

Servicio Nacional Forestal y de

Fauna Silvestre (SERFOR)

(501) 99019 3919

drodriguez@serfor.gob.pe

doris.rodriguez@gmail.com

Jorge Rodríguez Matamoros

Grupo de Especialistas en Planificación para la Conservación (CPSG)

(506) 2233 6701

jorge@cbsgmesoamerica.org

Vanessa Susana Sánchez Montes

Universidad Peruana Cayetano Heredia

(51) 990 814516

vanessa.sanchez.m@upch.pe

Rosa María Urbano Cueva

Parque de Las Leyendas Felipe Benavides Barreda

(51) 644-9200 opción2

(51) 940 639 574

edu.coordinador3@leyendas.gob.pe

rosamaria.uc.bio@autlook.com

Fernando Valdez Ridoutt

Biosfera Consultores

(51) 271 7268

(51) 999 221383

info@biosfera.pe

fervaldezridoutt@gmail.com

Clara Jessica Vargas D'Uniam

Pontificia Universidad Católica del Perú

(51) 6262000 Anexo 4372

(51) 999 047944

jvargas@pucp.edu.pe

jvargas.2008@yahoo.es

Pablo Venegas Ibáñez

Centro de Ornitología y Biodiversidad

(51) 982 325573

sancarranca@yahoo.es

Yessica Elizabeth Vilca Henesa

Universidad Nacional San Luis Gonzaga (UNSLG-UNICA)

(51) 945 809965

Yessica.uh15@gmail.com

Zoo_yessi@hotmail.com