

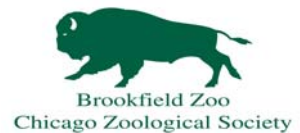
Conservación del Pingüino de Galapagos

Taller para Análisis de Viabilidad de Población y Hábitat para el Pingüino de Galápagos



Del 8 al 11 de febrero, 2005
Parque Nacional Galápagos,
Puerto Ayora, Santa Cruz, Galápagos

Patrocinado por:



En colaboración con:



fundación
Charles Darwin
foundation



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

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

Una contribución del Grupo de Especialistas en Conservación y Reproducción SSC/UICN.

Matamoros, Y., Vargas, H., Lacy, B., Byers, O., Travis, E., Montoya, G. (Editores). 2006. Taller para Análisis de Viabilidad de Población y Hábitat para el Pingüino de Galápagos. Informe Final. Parque Nacional Galápagos, Puerto Ayora, Santa Cruz, Galápagos, Ecuador.. 8-11 de febrero, 2005.

Grupo de Especialistas en Conservación y Reproducción SSC/UICN, Apple Valley, MN.

Additional copies of this publication can be ordered through the IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group, 12101 Johnny Cake Ridge Road, Apple Valley, MN 55124. E-mail: office@cbsg.org
Website: www.cbsg.org

Copyright© CBSG 2006

Contenido

Sección I	Resumen Ejecutivo y Recomendaciones Executive Summary and Recommendations
Sección II	Comunicado de Prensa Press Release
Sección III	Declaración sobre la conservación del pingüino Galápagos Penguin Declaration
Sección IV	Preguntas para los participantes
Sección V	Informe Grupo I: Modelado Poblacional Report of Group I: Population Modeling
Sección VI	Informe Grupo 2: Hábitat, Zonificación y Gobernabilidad
Sección VII	Informe Grupo 3: Impactos Humanos y Amenazas
Sección VIII	Lista de participantes
Sección IX	Mapa
Sección X	Bibliografía

Resumen ejecutivo y recomendaciones

El pingüino de Galápagos (*Spheniscus mendiculus*), una de las especies más relevantes que habita en el Parque Nacional Galápagos, es también una de las especies más amenazadas debido al declive de su tamaño poblacional. Desde el primer censo en 1970, la tendencia general de su población ha sido la declinación. El estimado mayor fue de 3000-5000 individuos registrados en 1971. El declive poblacional es más manifiesto después de períodos de El Niño, habiendo sido el más severo en 1983 cuando la población declinó a únicamente 398 individuos. La información del censo del 2004 muestra una modesta recuperación a un estimado de 858 pingüinos.

Debido a las significativas amenazas que enfrenta el pingüino de Galápagos, fue reconocida la necesidad de una reunión para discutir el estado poblacional de esta especie, por lo que se organizó un taller para realizar un análisis de viabilidad de la población y del hábitat del pingüino de Galápagos (*Spheniscus mendiculus*), el cual se verificó en el edificio La Catedral en las instalaciones del Parque Nacional Galápagos, Puerto Ayora, Santa Cruz, Ecuador, del 8 al 11 de febrero del 2005.

La organización de el taller fue posible gracias al esfuerzo de varias instituciones y ONG's que se preocupan sobre la conservación de las especies amenazadas y específicamente los pingüinos. Sea World, el proyecto Darwin Initiative, el Zoológico de San Luis, Missouri y el Zoológico de Brookfield, Illinois financiaron el taller, lo que incluyó la participación de expertos científicos provenientes de siete países. La organización y coordinación fue realizada por el Grupo de Especialistas en Conservación y Reproducción de la Comisión de Sobrevivencia de Especies de la UICN (CBSG), el Parque Nacional Galápagos y la Fundación Charles Darwin. La facilitación del taller fue hecha por el Dr. Robert Lacy, la Dra. Onnie Byers y la Licda. Yolanda Matamoros de CBSG, organización que por más de 20 años ha liderado gran cantidad de procesos de planificación de manejo para la conservación de especies amenazadas en todo el mundo.

En este taller participaron 31 personas, provenientes de 15 instituciones, la mayoría del Ecuador, aunque también hubo participantes de Sur África, Perú, Chile, Costa Rica y los Estados Unidos.

Los objetivos de este evento fueron:

Analizar la especie considerada con más posibilidades de extinción en Galápagos, debido a que tiene un mayor porcentaje de declinación que las demás especies.

Analizar la situación del hábitat en la parte oeste de las islas, utilizando esta especie como indicador.

Aprender la metodología de PHVA para utilizarla en otras especies.

Utilizar el pingüino, una especie que habita en la tierra y el mar, como ejemplo del nuevo Plan Maestro del Parque Nacional Galápagos, que va a ser tanto para la reserva marina como para la reserva acuática.

El día 8 de febrero se inició el trabajo a las 8 a.m. con las palabras del Dr. Robert Lacy, presidente del Grupo de Especialistas en Conservación y Reproducción de la Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. Posteriormente el MSc. Marco Hoyos, director del Parque Nacional Galápagos, dio la bienvenida a los participantes, así como y el director de la Estación Científica Charles Darwin. Todos se refirieron a la importancia del trabajo a realizar durante el Taller para la conservación del pingüino de Galápagos.

El Sr. Víctor Carrión, del Parque Nacional Galápagos dictó una conferencia titulada “Parque Nacional Galápagos: principales líneas de acción”, en la que explicó las principales acciones de conservación que se están realizando en este parque.

Robert Crawford del Departamento de Relaciones Exteriores y Turismo de Sur África, explicó los resultados de sus investigaciones sobre la dinámica poblacional del pingüino africano. Alejandro Simeone de la Universidad de Valparaíso, Chile expuso sobre la dinámica poblacional del pingüino de Humboldt en Chile y Dee Boersma de la Universidad de Washington dio una charla sobre sus observaciones de más de 20 años en poblaciones de pingüinos en diferentes partes de Sudamérica y los problemas ambientales que atraviesan en la actualidad.

El Dr. Robert Lacy explicó como se utiliza el VORTEX en los PHVA.

Después de almuerzo, el Dr. Lacy trabajó por dos horas con los participantes al taller en el modelo preliminar del pingüino de Galápagos.

Yolanda Matamoros presentó los aspectos generales de los grupos de trabajo, se hizo la presentación de los participantes y cada uno de ellos indicó cuál era a su juicio el mayor reto para la conservación del pingüino de Galápagos durante los próximos 25 años.

Con esta información, que se recogió en un papelógrafo, un grupo compuesto por Hernán Vargas, Pablo Guerrero y Antje Steinfurth desarrolló los temas en que los grupos iban a trabajar:

- Grupo 1. Biología de la población de pingüinos y población mínima viable
- Grupo 2. Zonificación y Gobernabilidad
- Grupo 3. Impactos humanos y amenazas

El día 9 de febrero, el trabajo se inicia con la presentación hecha por Antje Steinfurth titulada “Reproducción y comportamiento de forrajeo del pingüino de Galápagos”.

Carlos Zavalaga habló sobre la “Dinámica poblacional del pingüino de Humbolt en Perú”.

Una vez realizadas estas presentaciones, se explicó la metodología a seguir para realizar la primera tarea, que fue la identificación y definición de problemas en cada tema. Los participantes iniciaron el trabajo en los grupos que escogieron. Los integrantes del grupo de biología se dieron a la tarea de trabajar en el modelo, al que fueron incorporando la información disponible.

Después del almuerzo se dio la primera sesión plenaria en donde cada grupo expuso los problemas que habían identificado.

Posteriormente se dieron a la tarea de desarrollar los objetivos para lograr que se cambien las condiciones identificadas, el grupo uno continuó con la tarea de desarrollo del modelo.

El día 10 de febrero se inicio el trabajo con la presentación de Erica Travis del Zoológico de Saint Louis titulada “Potenciales impactos de enfermedades y parásitos de los pingüinos de Galápagos”. Seguido se dio una sesión plenaria en la que se expusieron los objetivos desarrollados hasta el momento, así como los primeros resultados del modelo producido por el grupo uno.

Después del almuerzo, Patty McGill del zoológico de Brookfield, Chicago, expuso las experiencias en educación y trabajo con la comunidad que se dan en Punta San Juan, Perú.

Inmediatamente se comenzó a trabajar en grupos para identificar las acciones a implementar para alcanzar los objetivos propuestos. El grupo de modelado recibió información de los otros grupos para que se realizaran análisis de otras variables diferentes a las que constituían el modelo base.

El día 11 de febrero se siguió trabajando en estas acciones y en las variaciones al modelo base propuestas.

En una plenaria, los grupos presentaron los resultados obtenidos. Estos resultados indicaron que el pingüino de Galápagos está amenazado por una gran variedad de factores. El aumento en la frecuencia y en la intensidad de los eventos El Niño da como resultado un aumento en las probabilidades de extinción mayores al 35% en los próximos 100 años. Recientemente han sido introducidos a Galápagos los mosquitos vectores de enfermedades potencialmente letales para los pingüinos y otras aves, tales como la malaria aviar y el virus del Oeste del Nilo. El aumento en la actividad humana, incluyendo el turismo, la pesca ilegal y los derrames de petróleo, principalmente en las áreas de alimentación y de anidamiento de los pingüinos, está afectando importantes aspectos del ciclo biológico de la especie. Adicionalmente, las redes de monofilamento

de las pesquerías costeras podrían ser comunes en el futuro cercano en las áreas habitadas por los pingüinos.

Cada grupo realizó recomendaciones, las que se discutieron en una sesión plenaria, llegándose a un consenso sobre las mismas.

Por último, el grupo 1 presentó una población modelo exitosa, con cerca de 0% de riesgo en 100 años, para lo cual se deberán alcanzar los siguientes parámetros:

- Mantener una mortalidad de los adultos en no más de 5%.
- Aumentar el número de hembras que se reproducen con éxito a 67%
- Aumentar la sobrevivencia de juveniles (salen del nido al año de edad) de 33% a 50%.
- Disminuir la mortalidad de la clase de 1 a 2 años de edad de 25% a 20%

RECOMENDACIONES

Recomendaciones de investigación (priorizadas), que fueron elaboradas por el Grupo 1, pero avaladas por todos los participantes al ser presentadas en el plenario.

- I. Continuar el monitoreo de la población; determinar el impacto de El Niño basándose en la condición corporal (mirar IVc) y sobrevivencia en diferentes tipos de edad (mirar II).
- II. Determinar las tasas de sobrevivencia de adultos y juveniles.
- III. a. Determinar los niveles de mortalidad producidos por enredarse con aparejos de pesca.
b. Determinar la dieta del pingüino de Galápagos.
- IV. a. Determinar la edad de la primera reproducción.
b. Investigar los efectos producidos al proveer nidos artificiales sobre el éxito reproductivo.
C. Investigar y documentar el estado actual en cuanto salud, condición corporal, enfermedad y parásitos.
- V. Determinar la dispersión entre las islas/ poblaciones, incluyendo el marcaje y el rastreo.
- VI. Determinar la variabilidad genética actual e histórica.
- VII. Examinar la diversidad genética y las diferencias en frecuencia genética entre las islas; estimar la estructura genética / el flujo entre poblaciones.
- VIII. Documentar la proporción de sexos entre los adultos.

Recomendaciones para el manejo:

Las siguientes recomendaciones para el manejo se obtuvieron de una discusión en el plenario en la que se consideraron las discusiones y las recomendaciones de los otros grupos de trabajo en el contexto de los resultados del modelo poblacional.

El Parque y el manejo:

- I. Crear un parque marino para Isabela y Fernandina en el que no se permita la extracción de recursos marinos.
- II. Organizar un taller con los principales líderes y expertos para decidir y evaluar las zonas más relevantes para manejo marino.
- III. Desarrollar e implementar planes para manejo adaptativo de turismo y pesca durante períodos de alto riesgo para la población de pingüinos (derrames de petróleo, eventos El Niño, enfermedad) de manera que se aminoren los impactos negativos. Esto puede incluir el cambio de itinerarios de tour o su frecuencia, programación de la pesca, etc.
- IV. Preparar planes de contingencia para la respuesta rápida a nuevas amenazas (p. E. Derrames de petróleo, animales, enfermedad) Contactar o trabajar con SANCCOB (África del Sur) para desarrollar planes específicos para la eventualidad de derrames de petróleo.

Control biológico: enfermedad y depredadores

- I. Prevenir la llegada de enfermedades nuevas. Incluir el control de insectos vectores en vuelos locales, nacionales e internacionales.
- II. Aplicación efectiva de la cuarentena a los pescadores (así como a los administradores del parque, investigadores, turistas)
- III. Aumentar el control de los desechos líquidos, incluyendo el agua de lastre y bilge, sistemas sépticos y sistema de aguas de desecho con combustibles.
- IV. Erradicar depredadores introducidos (ratas, gatos, perros y hormigas).

Aumento de la reproducción

- I. Establecer un programa para la introducción de nidos artificiales.
- II. Evaluar la posibilidad de reproducción en cautiverio.

Educación

- I. Reforzar la educación ambiental a nivel de las comunidades locales, especialmente los pescadores.
- II. Crear programas para proveer información sobre los pingüinos de Galápagos a los usuarios del parque marino.

Pesquerías

- I. Prohibir la pesca con anzuelos (utilizados en la pesca de línea larga y en la hand lining artesanal)
- II. Buscar maneras de eliminar las pesquerías a través de esquemas de buy out o alternativas de empleo.
- III. Excluir los pescadores de algunas áreas que tienen pingüinos (tierra y mar).
- IV. Regular el uso de redes de pesca de monofilamento.

Reducir la posibilidad de contaminación por petróleo

- I. Aumentar la eficiencia en la utilización del combustible en todos los botes y generadores eléctricos.

- II. Investigar e implementar programas para el uso de energías alternativas (solar, viento).
- III. Instar a la marina para que requiera la utilización de motores de cuatro stroke para la pesca y el turismo.
- IV. Demandar a Petrocomercial que haga gasolina de mejor cualidad y más pura.

Los participantes del taller esperan que la implementación de estas recomendaciones básicas permitan que sobreviva la población de pingüinos de Galápagos, aunque aumente la frecuencia de eventos catastróficos como El Niño.

Los resultados de este taller serán presentados a las autoridades del Ministerio del Ambiente del Ecuador y de las islas Galápagos.

Executive Summary and Recommendations

The Galapagos penguin (*Spheniscus mendiculus*), one of the most notable species living in the Galapagos Archipelago, is also one of the most threatened species due to its declining population size. Annual censuses of the population indicate that during 1970-1971 there were almost 2000 individuals; during the strong El Niño events of 1982-1983 and 1997-1998 there were population declines of 77% and 65% respectively. Although the population has the capacity to recover after El Niño events, during the 2004 census 858 penguins were counted, indicating a population trend to decline.

Due to the significant and diverse threats that the Galapagos penguin faces, it was recognized that a meeting was needed to discuss the conservation status of this species. A workshop to analyze the viability of the population and the habitat (PHVA) of the Galapagos penguin was organized. It was held at the Cathedral building, at Galapagos National Park, Puerto Ayora, Santa Cruz, Galapagos, Ecuador, during February 8 to 11, 2005.

The organization of this workshop was possible thanks to the effort of several institutions and NGOs worried about the conservation of threatened species and specifically the penguins. Sea World, the project Darwin Initiative, St. Louis Zoo, Missouri and Brookfield Zoo, Illinois, financed the workshop, including the participation of scientific experts from seven countries. The Conservation Breeding Specialist Group of the IUCN-The World Conservation Union's Species Survival Commission (CBSG), Galapagos National Park (GNP) and the Charles Darwin Foundation (CDF) did the organization and coordination. The facilitation was done by Dr. Robert Lacy, Dr. Onnie Byers and Licda. Yolanda Matamoros from CBSG who, for over twenty years, have been leading conservation management planning process for endangered species throughout the world.

The participants of the workshop were 31 persons representing 15 institutions, most of them from Ecuador, although there were also participants from South Africa, Peru, Chile, Costa Rica and the United States.

The goals of the workshop were:

To analyze the status of the species considered to have possibly the highest probability of extinction in Galapagos, as it has a higher % of decline than other species.

To analyze the situation of the habitat in the west part of the islands, utilizing this species as indicator.

To learn the PHVA methodology to be used in other species.

To use the penguin, a species that lives both at the sea and at the land, as a model species in the new Parque Nacional Galapagos Master Plan that is going to be both for the National Park and the Galapagos Marine Reserve.

The work was initiated on February 8 at 8 a.m. with a speech of Dr. Robert Lacy, chair of the Conservation Breeding Specialist Group of the Survival Species Commission of UICN. Later, MSc. Marco Hoyos, Director of Galapagos National Park, welcomed the participants, also Dr. Graham Watkins, Executive Director of the Charles Darwin Foundation. All of them spoke about the importance of the workshop for the conservation of the Galapagos penguin.

Mr. Victor Carrion, from the Galapagos National Park gave a speech titled "Galapagos National Park, principle action lines", during which he explained the principal conservation actions developed at the GNP. Hernan Vargas, from Oxford University, made an evaluation of the actual status of the Galapagos penguin, census methods, estimation of the populations, threats (including the effect of El Niño events) and principal research lines. Robert Crawford from the South Africa Tourism and Foreign Affairs Department explained the results of his research about the population dynamics of the African penguin. Alejandro Simeone from the Valparaiso University, Chile explained about the population dynamics of the Humbolt penguin in Chile, and Dee Boersma from Washington University, gave a speech about her observations of more than 20 years in penguin populations in different parts of South America, and the environmental problems that they have.

Dr. Robert Lacy explained how the VORTEX population modeling software program is used in PHVAs.

After lunch, Dr. Lacy worked during two hours with the participants to develop a preliminary model of the Galapagos penguin populations.

Yolanda Matamoros presented the general instructions for the working groups, the participants were introduced, and each one stated what they considered to be the major challenge for the survival of the Galapagos penguin during the next 25 years.

With the information generated, a group constituted by Hernan Vargas, Pablo Guerrero and Antje Steinfurth developed the themes of the working groups:

Group 1: Population Biology of the penguin and minimal viable population.

Group 2: Zonification and governance.

Group 3: Human impacts and threats.

The 9 of February, Antje Steinfurth made a presentation about “Reproduction and foraging behavior of the Galapagos penguin”. Carlos Zavagala spoke about “Population dynamics of the Humboldt penguin in Peru”.

Once these presentations were made, the methodology to do the first work was explained, which was the identification and definition of problems in each theme. The participants started to work in the groups of their choosing. The participants of Group 1 worked in the model of population viability (PVA) incorporating the available information.

After lunch we had the first plenary session, during which each group explained the problems identified.

Returning to the working groups, they started working in the development of objectives to solve the problems; Group 1 continued working in the PVA model.

On February 10 the work started with the presentation of Ericka Travis from Saint Louis Zoo “Potencial disease impacts and parasites of Galapagos penguins”. After that, we had a plenary session in which the objectives developed by Group 2 and group 3 were explained, also the first results of the model produced by Group 1.

After lunch, Patty McGill from Brookfield Zoo, Chicago, explained her experiences in education and work with local communities in the area of Humboldt penguins, in Punta San Juan, Peru.

The groups started to identify the actions to reach the proposed objectives. The modeling group received information from the other groups to do sensitivity tests of other variables different from the base model.

During a plenary session, the groups presented their results. These results indicated that the Galapagos penguin is threatened by a great variety of factors. The increase in the frequency and intensity of the El Niño events gave as result an extinction probability of 30% during the next 100 years. The mosquitoes, vectors of diseases potentially lethal for the penguins and other birds, such as

the avian malaria and the West Nile virus, have been introduced to Galapagos. The increase in the human activity, including tourism, illegal fishing, oil spills, especially in the nesting and foraging areas, are affecting important aspects of the biological cycle of the species. Also, the monofilament nets of the coastal fisheries could be common in the near future in the areas in which the penguins live.

Each group made recommendations, and they were discussed during the plenary session, reaching to a consensus about them.

Finally, Group 1 described a model of a successful population, with near 0% risk during the next 100 years, that required the following parameters to be reached:

In order to achieve “success”, i.e. reduce the risk of extinction to near 0% within 100 years, the following parameters need to be achieved, ranked in order of priority.

- I. Hold adult mortality at no more than 5% annually over time
- II. Increase females that successfully breed each year to 67%
- III. A. Increase juvenile (fledging to 1 yr) survival from 33% to 50%
b. Decrease mortality in the 1-2 years age class from 25% to 20%

RECOMMENDATIONS

Research Recommendations (Ranked in order of priority):

- I. Continue to monitor the population; determine impact of El Niño based on body condition (see IVc) and survival of different age classes (see II).
- II. Determine survival rates of adults and juveniles.
- III. a. Determine levels of mortality from entanglement in fishing gear.
b. Determine the diet of the Galapagos penguin.
- IV. a. Determine age of first breeding.
b. Investigate effects of providing artificial nests on reproductive success.
c. Investigate and document current status of health, body condition, disease and parasites.
- V. Determine dispersal among the islands/populations, including marking and tracking.
- VI. Document genetic variability currently and historically.
- VII. Examine genetic diversity and differences in gene frequency among islands; estimate genetic structure/flow among populations.
- VIII. Document sex ratio of adults.

Recommendations for Management:

The following recommendations for management arose from plenary discussion that considered the discussions and recommendations of the other working groups in the context of the population model results.

Parks & Management:

- I. Create a marine park with no extraction of marine resources for Isabela and Fernandina.
- II. Organize a workshop with the main stakeholders and experts to decide and evaluate the relevant zones for marine management.
- III. Develop and implement plans for “adaptive management” of tourism and fishing during periods of high risk for the penguin population (oil spills, El Niño warm event, disease) in order to ameliorate or decrease negative impacts. This may include changing tour itineraries or frequencies, fishing schedules, etc.
- IV. Prepare contingency plans for rapid response to the arrival of new threats (e.g. oil spills, animals, diseases). Contact or work with SANCCOB (South Africa) to develop specific plans for oil spill contingency.

Biological control: Disease and predators

- I. Prevent the arrival of new diseases. Include controlling insect vectors on local, national and international flights.
- II. Effective application of quarantine to fishermen (as well as park managers, researchers, tourists).
- III. Increase control of liquid waste including ballast and bilge water, septic systems, and fuel waste systems.
- IV. Eradicate introduced predators (rats, cats, dogs and ants).

Enhanced breeding

- I. Establish program to introduce artificial nests.
- II. Evaluate the possibility of breeding in captivity.

Education

- I. Reinforce environmental education at the level of local communities, especially fishermen.
- II. Create programs to provide information on Galapagos penguins for the users of the marine park.

Fisheries

- I. Prohibit fishing for bait (used in long-line fishing and artesanal hand-lining).

- II. Look for ways to eliminate fisheries through buy-out schemes or alternative employment.
- III. Exclude fishermen from specific areas that have penguins (land and sea).
- IV. Regulate the use of monofilament fishing nets.

Reduce potential for oil contamination

- I. Increase efficiency of use of fuel in all boats and electrical generators.
- II. Investigate and implement programs for use of alternative energies (solar, wind).
- III. Urge the navy to require the use of four-stroke engines for fisheries and tourism.
- IV. Demand Petrocomercial to make better quality and more pure gasoline.

The participants to the workshop hope that the implementation of this basic recommendations aloud the suvervionship of the Galapagos penguin population, although increase the frequency of catastrophic events as El Niño. The results of this workshop will be presented to the authorities of the Equatorian Environment Ministry and of the Galapagos Islands.

Boletín de Prensa
Puerto Ayora, 14 de febrero del 2005

**Taller sobre Análisis de la Viabilidad Poblacional
y de Hábitat del Pingüino de Galápagos**

El pingüino de Galápagos (*Spheniscus mendiculus*), una de las especies más relevantes que habitan en las Islas Galápagos, es también una de las especies más amenazadas en términos de su número poblacional. La tendencia general, desde el primer conteo en 1970 ha sido descendente. El mayor número de pingüinos fue reportado a inicios de la década de los 70, cuando se contaron 2000 individuos aproximadamente. Particularmente, los descensos poblacionales han sido más evidentes luego de los períodos de fenómenos de El Niño, siendo el más grave en el año 1983, cuando la población alcanzó tan solo 398 individuos. Los datos del censo del año 2004 muestran una modesta recuperación a 1500 pingüinos.

Debido a la situación de amenaza de esta especie tan carismática de las islas, se vio necesario crear un espacio para discutir el estado de conservación de la misma con énfasis en el análisis de la viabilidad de la población y del hábitat y el desarrollo de recomendaciones de manejo. Por esta razón, entre el 8 y 11 de febrero de este año se llevó a cabo en Puerto Ayora, isla Santa Cruz, el Taller sobre Análisis de la Viabilidad de la Población y del Hábitat del Pingüino de Galápagos, taller conocido como PHVA ("*Population and Habitat Viability Analysis*") por sus siglas en inglés.

La organización del taller fue posible gracias a un esfuerzo conjunto de varias instituciones y organizaciones no gubernamentales preocupadas por la conservación de especies en estado de amenaza, y particularmente de los pingüinos. Sea World, el Proyecto Darwin Initiative, la Universidad de Oxford, el Zoológico de San Luis, Missouri y el Zoológico de Brookfield, Illinois, han financiado la realización del taller y la participación en el mismo de científicos expertos en esta especie provenientes de siete países. La organización y coordinación, por su parte, estuvo a cargo del Grupo de Especialistas en Conservación y Reproducción (CBSG) de la Comisión de Sobrevivencia de Especies de la UICN, el Parque Nacional Galápagos y la Fundación Charles Darwin. Finalmente, la facilitación del taller fue la responsabilidad de los expertos de CBSG, quienes por más de 20 años se han enfocado en liderar procesos de planeamiento para la conservación, fundamentados en varias especies con peligro de extinción, en varias partes del mundo.

Este taller fue el resultado de un proceso de varios talleres precedentes facilitados por CBSG, en los cuales se ha discutido la problemática poblacional y de conservación de los pingüinos en general y de otras especies en estado de amenaza como el pingüino de Humboldt y el pingüino africano. Así, el análisis de este grupo empezó con el Taller de Asesoría y Plan de Manejo (CAMP) de los Pingüinos en 1996. Posteriormente, se realizaron los talleres PHVA para el pingüino de Humboldt (1998) y el pingüino

africano (1999). En el año, 2000 se llevó a cabo un taller integrado para identificar las similitudes y diferencias en los problemas de conservación que enfrentan las cuatro especies de *Spheniscus*. Como resultado de este taller, se confirmó la necesidad de realizar este análisis de la viabilidad poblacional y de hábitat, específico para el pingüino de Galápagos, para lo cual hubo una reunión de planificación previa en octubre del 2003.

Los resultados de este taller nos indican que el pingüino en Galápagos se encuentra amenazado por una variedad de factores. El aumento de la frecuencia e intensidad de los eventos de El Niño, da probabilidades de extinción mayores al 35% en los próximos 100 años. Además, los mosquitos, vectores de enfermedades potencialmente letales, como el virus del oeste del Nilo y la malaria aviar, han sido introducidos recientemente a Galápagos. También, en las áreas de nidificación y alimentación de los pingüinos se ha dado un alarmante y constante aumento de actividades humanas como la pesca, el turismo, las pesquerías ilegales, los derrames de combustible y la introducción de depredadores como gatos que afectan estos importantes aspectos del ciclo biológico de la especie. Por último, las redes de monofilamento de las pesquerías costeras podrían ser comunes en el futuro cercano en estas áreas.

Debido a estas amenazas, los participantes del taller redactaron y firmaron una **“DECLARACION SOBRE LA CONSERVACIÓN DEL PINGÜINO DE GALÁPAGOS”** en la cual recomiendan urgentemente:

1. La rápida implementación de regulaciones para prevenir el derrame de combustible.
2. Impulsar el proceso de declaración de la reserva Marina de Galápagos como zona especialmente sensible por parte de la Organización Marítima Internacional (OMI).
3. Establecer regulaciones que prohíban el uso de redes de monofilamento, especialmente en las áreas de alimentación y crianza de pingüinos.
4. Formular rápidamente medidas que prevengan la introducción de nuevas enfermedades a Galápagos, tales como la prohibición de vuelos internacionales directos y la fumigación permanente en los vuelos nacionales.
5. Solicitar la participación y cooperación interinstitucional en los programas de monitoreo ecológico y de salud de los pingüinos.
6. Solicitar el control y vigilancia eficientes en las áreas de alimentación y reproducción del pingüino con el fin de asegurar el estricto cumplimiento de las regulaciones de pesca.

Los participantes al taller esperan que estas medidas mínimas, que deben ser ejecutadas de inmediato, permitan a la población de pingüinos sobrevivir a eventos catastróficos cada vez mas frecuentes, debido al calentamiento global, tal como el fenómeno de El Niño. La declaración resultante de este importante taller será presentada al Ministro de Ambiente del Ecuador y a las autoridades de Galápagos.

Press Release
Puerta Ayora
February 14th, 2005

Population and Habitat Viability Analysis Workshop for the Galapagos Penguin

The Galapagos penguin, (*Spheniscus mendiculus*), one of the most relevant species living in the Galapagos Island is also one of the most threatened species due to its declining population size. Since the first census in 1970, the general trend in the Galapagos penguin population has been declining. The largest numbers of penguins were reported in the early 70's when approximately 2,000 individual estimates was 3,000-5,000 individuals were counted. The population decline was more evident after the periods of El Niño, the most severe being in 1983 when the population declined to only 398. The data of the 2004 census show a modest recovery of the population to 1500 penguins.

Due to the significant threats facing the Galapagos penguin, it was recognized that a meeting was needed to discuss the conservation status of this charismatic species, with emphasis on analysis of the viability of the population and its habitat and the development of management recommendations. On 8-11 February of this year, a Population and Habitat Viability Analysis (PHVA) workshop for the Galapagos penguin was held in Puerta Ayora, Santa Cruz Island, Galapagos, Ecuador. The organization of this workshop was possible thanks to the effort of several institutions and NGOs worried about the conservation of species in threat and specifically the penguins. Sea World, the project Darwin Initiative, the University of Oxford, St. Louis Zoo, Missouri, and Brookfield Zoo, Illinois, financed the workshop including the participation of scientific experts from seven countries. The organization and coordination was done by the Conservation Breeding Specialist Group of the IUCN-The World Conservation Union's Species Survival Commission (CBSG), Galapagos National Park and the Charles Darwin Foundation. Finally, the facilitation of the workshop was the responsibility of experts from CBSG who, for over twenty years, have been leading conservation management planning process for endangered species throughout the world.

The Galapagos Penguin PHVA workshop was the result of a series of workshops facilitated by CBSG in which population and conservation problems of penguins in general, and of other threatened species such as the Humboldt penguin and the African penguin, have been discussed. This series of meetings began with the Conservation Assessment and Management Plan for penguins in 1996. Next, PHVA's were conducted for the Humboldt penguin in 1998 and the African penguin in 1999. In 2000 an integrated workshop was held to identify the similarities and differences in the conservation problems and needs of the 4 species of *Spheniscus*. As a result of that workshop, the need for a PHVA specific for the Galapagos penguin was evident and an organizational planning meeting was held in October 2003.

The results of last week's workshop indicate that the penguin in Galapagos is threatened due to a variety of factors. The increase of the frequency and intensity of El Nino events has resulted in probabilities of extinction greater than 35% in the next 100 years. Mosquitoes,

vectors of diseases potentially lethal to the penguins and other birds such as West Nile Virus and avian malaria, have been introduced recently to Galapagos. The increasing human activity including tourism, illegal fishing and oil spills and introduced predators such as cats, particularly in the nesting and feeding areas of the penguins is affecting important aspects of the biological cycle of the species. In addition, the dangerous monofilament nets of the coastal fisheries could be common in the near future in the areas inhabited by the penguins.

Due to these threats, the participants of the workshop wrote and signed a declaration on the conservation of the Galapagos penguin in which they urgently recommend:

1. The rapid implementation of regulations to prevent oil spills;
2. Declaration of the Galapagos Marine Reserve as an especially sensitive zone by the Marine International Organization (OMI);
3. Establishment of regulations prohibiting the use of monofilament nets, especially in the penguin feeding and breeding areas;
4. Formulation of measures that prevent the introduction of new diseases to Galapagos such as to prohibit all international direct flights to the islands and fumigation of all national flights;
5. Participation and inter-institutional cooperation in the ecological and health monitoring programs of the penguins; and
6. Efficient control and inspection in the feeding and reproduction areas of the penguin to ensure that the fishing regulations are strictly adhered to.

The workshop participants hope that these minimal measures, which must be executed immediately, will allow the Galapagos penguin population to survive in spite of more frequently occurring catastrophic events due to global warming such as El Nino. The declaration containing the recommendations resulting from this important workshop will be presented to the Minister of Environment of Ecuador and to the Galapagos authorities.

Puerto Ayora, 11 de febrero del 2005

Dr. Fabián Valdivieso
Ministro del Ambiente
Quito

DECLARACIÓN SOBRE LA CONSERVACIÓN DEL PINGÜINO DE GALÁPAGOS

Considerando:

Que con la creación del Parque Nacional Galápagos en 1959, la responsabilidad de la protección de la fauna y la flora de Galápagos recayó en el Gobierno Central del Ecuador, a través del Ministerio de Ambiente y el Parque Nacional Galápagos.

Considerando:

Que con la expedición de la Ley Especial de Galápagos en 1998, y la creación de la Reserva Marina de Galápagos en el mismo año, fue claramente identificado que la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad y el uso sustentable, son metas prioritarias.

Considerando:

Que la Dirección de Áreas Protegidas de Galápagos es legalmente responsable del manejo de la Reserva Marina y del Parque Nacional Galápagos.

Considerando:

Que el SESA-SICGAL es legalmente responsable del control y prevención de la introducción de especies y del proceso de cuarentena.

Considerando:

Que la Armada del Ecuador, a través de la DIGMER, es legalmente la responsable del ordenamiento y del control de la navegación segura en el archipiélago.

Consientes:

Que el pingüino de la Galápagos es una especie extremadamente en peligro listada en el libro rojo de aves amenazadas, que es frágil y endémica a ciertas partes del archipiélago donde hay afloramientos marinos y es una especie simbólica para la Reserva Marina de Galápagos.

Preocupados:

Por las grandes fluctuaciones de la población causadas por el aumento de la frecuencia e intensidad de los eventos del Niño severos que causan mortalidades altas en el rango de 50% al 80% dando probabilidades de extinción mayores al 35%.

Preocupados:

Por el conocimiento de que los mosquitos vectores de enfermedades potencialmente letales han sido introducidos recientemente al Archipiélago.

Alarmados:

Por la posibilidad real de que nuevas enfermedades altamente contagiosas como el virus del oeste del Nilo y la malaria aviar puedan ser introducidas a las islas en el futuro cercano.

Preocupados:

Por el aumento constante de las actividades humanas (turismo y pesca), en las áreas donde los pingüinos realizan sus actividades de reproducción y alimentación.

Preocupados:

Porque las redes de monofilamento de las pesquerías costeras podrían en el futuro cercano ser comunes en las áreas de alimentación de los pingüinos.

Alarmados:

Por el aumento de las pesquerías ilegales que realizan campamentos costeros en zonas prohibidas y depositan gran cantidad de basura de forma no ordenada.

Preocupados:

Porque han ocurrido en el archipiélago derrames de combustible, y faltan planes de contingencia y respuesta rápida para contrarrestar su efecto, y además hay una creciente demanda de combustibles que podría ocasionar mas derrames en el futuro.

Extremadamente preocupados de que la suma de todos los factores arriba mencionados tienen el potencial de extinguir o llevarlo al borde de la extinción al pingüino de Galápagos.

La presente reunión internacional del taller de Análisis de Viabilidad de población y de hábitat del pingüino de Galápagos, realizado en Puerto Ayora, Santa Cruz, Galápagos entre el 8 y 11 de febrero de 2005, resolvió redactar la siguiente declaración:

Exhortar la rápida implementación de regulaciones para prevenir derrames de combustibles, las cuales deberían considerar modificaciones a los métodos de construcción de embarcaciones en lo referente al almacenamiento de combustible, el uso de mejoras técnicas a la navegación, mejores cartas náuticas, cambios en las rutas de navegación.

Recomendar se impulse el proceso de declaración de la Reserva Marina de Galápagos como zona especialmente sensible por parte de la Organización Marítima Internacional(OMI), con la finalidad de prevenir el paso de embarcaciones que transporten combustible y sustancias nocivas altamente peligrosas.

Sugerir el establecimiento de regulaciones que prohíban el uso de redes de monofilamento, especialmente de aquellas usadas para pescar lisas en las áreas de alimentación y crianza de pingüinos.

Urgir la rápida formulación de medidas que prevengan la introducción de nuevas enfermedades a Galápagos, especialmente de aquellas que son vectores de enfermedades, tales como el virus del oeste del Nilo y la malaria aviar para los cuales se sabe que los pingüinos son muy vulnerables. La prohibición de los vuelos internacionales directos es imperativa, así como la fumigación permanente en los vuelos nacionales.

Solicitar la participación y cooperación interinstitucional en los programas de monitoreo ecológico y de salud de la población del pingüino de Galápagos.

Solicitar el control y vigilancia regular y eficientes en las áreas de alimentación y reproducción del pingüino con el fin de asegurar el estricto cumplimiento de las regulaciones de pesca, especialmente en lo concerniente a los artes de pesca que son responsables de la muerte de pingüinos.

Dr. Robert Lacy
Chairman
Conservation Breeding Specialist Group
Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN-WCU)

Biol. Pablo Guerrero
Coordinador de Proyectos de Cooperación Internacional
Parque Nacional Galápagos

Biol. Hernán Vargas
Coordinador Nacional Proyecto Iniciativa de Darwin
Universidad de Oxford, Inglaterra

Adjunto Lista de Participantes

Puerto Ayora, February 11, 2005

Dr. Fabian Valdivieso
Ministro de Ambiente
Quito

GALAPAGOS PENGUIN CONSERVATION DECLARATION.

Considering:

That with the creation of Galapagos National Park in 1959, the responsibility of the protection of Galapagos fauna and flora is of the Equatorian Central Government, through the Environment Ministry and Galapagos National Park.

Considering:

That with the Galapagos Special Law (1998), and the creation of the Galapagos Marine Reserve in the same year, was clearly identified that ecosystems and biodiversity conservation and sustainable use, are priority goals.

Considering:

That the Galapagos Protected Areas Direction is legally responsible of the Marine Reserve and the Galapagos National Park management.

Considering:

That SESA-SICGAL is legally responsible of the control and prevention of species introduction and quarantine processes.

Considering:

That the Equatorian Army, through DIGMER, is legally responsible of the order and control of secure navigation in the archipelago.

Consciences:

That the Galapagos penguin is a critically endangered species, listed in the avian red book of endangered birds, that is fragile and endemic in certain part of the archipelago where there are marine raisings (afloramientos) and is a symbol species for the Galapagos Marine reserve.

Worried:

For the great population fluctuations caused by an increase in the frequency and intensity of severe El Nino events that causes high mortality rates in the rank of 50%-80%, giving extinction probabilities bigger than 35%.

Worried:

For the knowledge that the mosquitoes, vectors of potentially lethal diseases, have been introduced in the archipelago recently.

Alarmed:

For the real possibility that new diseases, highly contagious as the west Nile virus and avian malaria can be introduced to the islands in a near future.

Worried:

For the continued increase of human activities (fisheries and tourism), in the areas where the penguins reproduce and feed.

Worried:

Because the monofilament nets of the coastal fisheries could be common in the penguins feeding areas in the near future.

Alarmed:

For the increase in the illegal fisheries that have coastal camps in forbidden zones and deposit a great amount of garbage in a disordered way.

Worried:

Because there have been oil spills in the archipelago, there is a lack of contingency and rapid answer plans to avoid their effect, and also there is an increase demand of combustibles that could produce spills in the future.

Extremely worried that the sum of the factors mentioned have the potential of extinguish or take to extinction border to the Galapagos penguin.

The present international meeting of the Analysis of the Viability of the Population and the Habitat of the Galapagos Penguin, held in Santa Cruz, Galapagos during February 8-11 2005, decided to write the next declaration:

Exhort the rapid implementation of regulations to prevent oil spills, which should consider modifications to ship construction methods, specially in what refers to oil storage, the use of better navigation techniques, better nautical cards, changes in navigation routes.

Recommend the declaration of the Galapagos Marine Reserve as an especially sensitive zone by the Marine International Organization (OMI), with the goal to prevent the passage of ships that transport oil and novice substances highly dangerous.

Suggest the establishment of regulations prohibiting the use of monofilament nets, especially those used to fish lisas, in the penguin feeding and breeding areas.

Urge the rapid formulation of measures that prevent the introduction of new diseases to Galapagos such as the west Nile virus and the avian malaria to which is known that the penguins are very vulnerable. The prohibition of the direct international flights is imperative, as the permanent fumigation in national flights.

Ask the participation and inter-institutional cooperation in the ecological and health monitoring programs of the Galapagos penguin population.

Request efficient control and inspection of the feeding and reproduction areas of the penguin to ensure that the fishing regulations are strictly adhered to, specially in what is referred to fishing arts that are responsible of penguins deaths.

Dr. Robert Lacy, Chairman
Conservation Breeding Specialist Group
World Conservation Union

Biol. Pablo Guerrero
International Cooperation Programs Coordinator
Galapagos National Park

Biol Hernan Vargas
Darwin Initiative Project National Coordinator
Oxford University
England

Pregunta 1:

¿Cuál es su objetivo personal para este Taller?
¿Qué es lo que desea que se logre con este Taller?

- *Conocer un poco mas sobre el tema, y deseo que se puedan llegar a enfocar las problemáticas reales para realizar un buen plan de manejo con todos los involucrados para salvaguardar la población de pingüinos.*
- *Aportar con mis conocimientos en otras especies, a la conservación del Parque Nacional Galápagos. Quiero que se definan líneas de acción y se use para ello el conocimiento generado por la investigación.*
- *Acciones para prevenir agresiones a las poblaciones de pingüinos.*
- *Apoyar en el desarrollo del análisis de viabilidad de esta reunión. Lograr una herramienta (documento) que establezca actividades y responsabilidades sobre personas e instituciones que permita obtener una población viable.*
- *Informarme sobre los problemas que hay y obtener información sobre ellos. Encontrar soluciones a posibles problemas y problemas latentes.*
- *Identificar acciones que permitan asegurar la vida de los pingüinos de Galápagos.*
- *Que se logre un consenso entre los participantes en cuanto al manejo del pingüino de las Galápagos.*
- *Una definición de los problemas. Una resolución de preocupación sobre el destino del pingüino de Galápagos presentado a las autoridades.*
- *Entender el método del PHVA/ VORTEX. Un plan de acción para conservar el pingüino.*
- *To learn from everyone here about VORTEX modeling, about penguin biology, and to understand factors that come together to affect Galapagos penguin populations. I also specifically want to examine the potential for disease (and disease interactions with other processes) to affect populations.*
- *Learn about VORTEX and Galapagos specific parameterization. Build a preliminary model and penguin VA starting point.*
- *Future status of Galapagos penguin secured. Learn much about Galapagos penguin. Return wishing to use VORTEX.*

- *To learn about specific projects and status of Galapagos penguins, including local challenges. To contribute in any way that I can to conservation of Galapagos penguins.*
- *Provide expertise in PVA modeling techniques to assist the park, the Darwin Sta and the people of Galapagos in development management plans that will ensure a good future to Galapagos penguins.*
- *Help slow the decline of penguins.*
- *Participar con un punto de vista “fuera de la caja”. Un plan de manejo con líneas de acción para el pingüino de Galápagos.*
- *Formar parte de un acuerdo para las medidas, e indicar el proteger las poblaciones de pingüinos de Galápagos bajo variabilidad natural y un incremento de uso humano en la zona costera.*
- *Aprender más de los expertos acerca de la situación actual de los pingüinos de Galápagos. Deseo que uno de los productos del taller sea un plan estratégico de conservación de esta especie que en un momento dado, pueda ser incorporado al plan de manejo que el Parque Nacional Galápagos tiene para las áreas protegidas de Galápagos.*
- *Aprender la metodología de estos procesos, como el PHVA, que se usan en conservación, para poder ser aplicados en otras especies. También identificar la problemática del pingüino de Galápagos y ver opciones potenciales para su efectiva conservación.*
- *Intercambiar informaciones sobre el GAPE. Conocer mas sobre los talleres de PHVA y el programa VORTEX. Aprender de los especialistas sobre las otras especies de Spheniscus, de sus problemas y como podemos ayudar al pingüino de Galápagos.*
- *Tener ideas reales para la conservación.*
- *Conocer la problemática que esta atravesando el pingüino de Galápagos. Deseo que se logre la protección y conservación de esta especie.*
- *Intercambiar información, conocer el funcionamiento del programa. Identificación de prioridades de acción y necesidades para implementar en el futuro.*
- *Conocer un poco mas sobre el tema y deseo que se pueda llegar a enfocar las problemáticas reales para realizar un buen plan de manejo con todos los involucrados para salvaguardar la población de pingüinos.*

Pregunta 2:

¿Con qué quiere contribuir a este Taller?

- *Con ideas y experiencia*
- *Llevando la información, inquietudes a otras ONG's con las que se puede colaborar.*
- *Con información.*
- *Con los primeros resultados de mis estudios.*
- *Con información de la especie y apoyo a la organización.*
- *Experience in wildlife pathology and diseases, and disease ecology.*
- *Con mi experiencia en manejo de áreas protegidas.*
- *Llevar los insumos/recomendaciones e incorporarlas en el desarrollo de la Reserva Marina de Galápagos.*
- *Conocimiento científico.*
- *Information and helping with an experiment to increase high quality nesting sites.*
- *Expertise on use of VORTEX model, and processes of population dynamics.*
- *I hope that because of my experience working with Humbolt penguins and having participated in the Humbolt PHVA and Penguin CAMP workshops, having done a lot of fund-raising for Humbolt penguins, I can share helpful insights and information.*
- *Understanding population dynamics and modeling.*
- *Información sobre enfermedad*
- *Información histórica. Ideas sobre como prevenir la introducción de enfermedades.*
- *Soluciones para el manejo de la especie.*
- *Con ideas basadas en la experiencia sobre los resultados obtenidos durante los últimos cursos realizados.*
- *Diálogo y ayuda.*

- *Mi deseo de apoyar en las actividades que se planteen.*
- *Ideas para fortalecer la conservación en Galápagos, especialmente de las poblaciones de pingüinos.*
- *Con información y experiencias en una especie similar.*

Pregunta 3:

¿Cuál según su punto de vista, es el mayor reto para la conservación del pingüino en Galápagos durante los próximos 25 años?

- *Cambio climático mundial.*
- *Concienciar a la población local, sobre todo a los pescadores de que el pingüino es una especie frágil.*
- *Control del impacto humano, especialmente para asegurar la alimentación de los pingüinos y controlar su mortalidad.*
- *Falta de metas comunes a diferentes lideres.*
- *Aumento de la interacción entre humanos, animales domésticos y pingüinos.*
- *Impacto humano.*
- *Aumento de la población humana en las islas.*
- *Falta que se pongan de acuerdo los científicos y la población.*
- *Equilibrio entre las medidas de conservación y las presiones humanas.*
- *Mantener zonas de aislamiento donde los pingüinos puedan alimentarse.*
- *Identificar las causas de declinación en la población de pingüinos y frenar el proceso.*
- *Mejorar la zonificación de la Reserva Marina.*
- *Impacto humano.*
- *Desarrollo sin control.*
- *Falta de conocimiento de las necesidades vitales del pingüino.*
- *Establecimiento del Parque Nacional Marino.*
- *Impacto humano.*
- *Cambio climático.*
- *Concientización a la población.*

- *Lograr mantener una población viable en un ecosistema saludable con la menor interferencia humana.*
- *Mantener una población de pingüinos viable que pueda enfrentar amenazas.*
- *Encontrar una visión conjunta por parte de los diversos sectores.*
- *Trabajar con la comunidad y los usuarios de la Reserva marina para explicarles la problemática de los pingüinos.*
- *Identificar acciones encaminadas a examinar las amenazas.*

Se constituye un grupo de tres personas, Hernán Vargas, Pablo Guerrero y Antje Steinfurth, quienes analizan las respuestas anteriores y establecen tres temas para los grupos de trabajo:

GRUPO 1

Biología de la población de pingüinos y población mínima viable.

GRUPO 2

Hábitat, zonificación y gobernabilidad.

GRUPO 3

Impactos humanos y amenazas

Pesquerías, enfermedad, El Niño, depredadores, especies invasoras, derrames petróleo.

El Pingüino de las Islas Galápagos

Grupo de trabajo: Modelado de la población

Participantes: Bob Lacy, Hernán Vargas, Rob Crawford, Patty McGill, David Wiedenfeld, Bob Mauck, Dee Boersma, Carlos Zavalaga, Alejandro Simeone

Antecedentes: Modelado y Análisis de Viabilidad Poblacional

Un modelo es una representación simplificada de un sistema real. Utilizamos modelos en todos los aspectos de nuestras vidas, lo cual nos permite (1) extraer las tendencias importantes de procesos complejos, (2) comparar entre sistemas, (3) facilitar el análisis de las causas de los procesos que actúan en el sistema, y (4) hacer predicciones sobre el futuro. Una descripción completa de un sistema natural (si fuera posible), frecuentemente disminuiría nuestro conocimiento en relación a lo que provee un buen modelo, puesto que hay un “ruido” en el sistema que es extraño al proceso que queremos entender. Por ejemplo, la representación típica del crecimiento de una población silvestre por una tasa porcentual de crecimiento anual es un modelo matemático simple de los cambios mucho más complejos que influyen en el tamaño de la población.

Al representar el crecimiento de una población como un cambio porcentual anual, se asume un crecimiento exponencial constante, ignorando las fluctuaciones irregulares como el nacimiento de individuos o la inmigración, la muerte o la emigración. Para muchos propósitos, este modelo simplificado de crecimiento es muy útil, debido a que captura la información esencial que se requiere sobre el cambio promedio en el tamaño de la población y nos permite hacer predicciones sobre esta variable en el futuro. Una descripción detallada de los cambios exactos en el número de individuos, así como una descripción verdadera de la población, generalmente es de menor valor debido a que el patrón esencial se oscurece, y sería difícil o imposible realizar predicciones sobre el tamaño poblacional en el futuro.

Al considerar la vulnerabilidad de la población a la extinción, como es requerido frecuentemente para el planeamiento y el manejo para la conservación, el modelo simple de crecimiento de la población como una tasa constante anual de cambio, no es adecuado para nuestras necesidades. Las fluctuaciones en el tamaño de la población que se omiten en los modelos ecológicos típicos sobre cambios poblacionales, pueden causar la extinción de la población, y por lo tanto son frecuentemente la primera causa de preocupación. Para comprender y predecir la vulnerabilidad de las poblaciones silvestres a la extinción, se necesita usar un modelo que incorpore los procesos que causan fluctuaciones en la

población, así como aquellos que controlan las tendencias del tamaño de la población al largo plazo (Shaffer 1981). Existen muchos procesos que pueden causar fluctuaciones en el tamaño poblacional: variaciones ambientales (clima, provisión de alimentos, depredación), cambios genéticos (deriva genética, endogamia y respuestas a la selección natural), efectos catastróficos (enfermedades epidémicas, inundaciones, sequías), reducción de las poblaciones o de su hábitat debido a factores humanos, el azar asociado a eventos probabilísticos en la vida de los individuos (determinación del sexo, disponibilidad de parejas éxito reproductivo, sobrevivencia) e interacciones entre estos factores (Gilpin y Soule 1986).

Los modelos de dinámica poblacional que incorporan las causas de fluctuación en el tamaño poblacional, para predecir la probabilidad de extinción e identificar los procesos que contribuyen a la vulnerabilidad de la población, son usados en los “Análisis de Viabilidad Poblacional” (PVA) (Lacy 1993/1994). Para predecir la vulnerabilidad a la extinción, todos los procesos que intervienen en la dinámica de la población pueden ser importantes. Muchos de los análisis de asuntos de conservación son realizados principalmente como evaluaciones intuitivas hechas por biólogos con experiencia en el sistema. Estas evaluaciones pueden ser de gran valor y frecuentemente son contrastadas con “modelos” utilizados para evaluar la vulnerabilidad de extinción de las poblaciones. Sin embargo, dicho contraste no es válido, ya que cualquier síntesis de hechos y conocimiento de procesos constituyen un modelo, aun si es un modelo mental de un experto y talvez probablemente especificado vagamente a otras personas (o al mismo experto o experta).

Algunas de las propiedades del problema de determinar la vulnerabilidad a la extinción de una población hacen difícil confiar en modelos mentales o intuitivos. Numerosos procesos intervienen en la dinámica de la población e interactúan de una manera compleja. Por ejemplo, el aumento de la fragmentación del hábitat puede hacer más difícil encontrar parejas, el aumentar la mortalidad cuando los individuos se dispersan debido a la existencia de mayores distancias a través de hábitats no adecuados, podría aumentar la endogamia, la cual reduciría la habilidad para atraer pareja y sobrevivir. Además muchos de los procesos que influyen en la dinámica poblacional son intrínsecamente probabilísticos, con un componente del azar. La determinación sexual, enfermedades, depredación, adquisición de pareja – de hecho casi todos los eventos en la vida de un individuo – son estocásticos y ocurren con cierta probabilidad, en vez de una certeza absoluta, en un tiempo determinado. Las consecuencias de los factores que influyen sobre la dinámica poblacional a veces

son retrasadas por años o generaciones. En especies de vida larga, una población puede persistir por 20 ó 40 años después de que emerjan los factores que causan la extinción. Los humanos pueden sintetizar mentalmente solo unos pocos factores a la vez, muchas personas tienen dificultad en determinar probabilidades intuitivamente, y es difícil considerar efectos retrasados. Más aún, los datos necesarios para modelar la dinámica de la población son a veces muy inciertos. La toma de decisiones correctas es difícil cuando los datos son inciertos, ya que involucra la determinación de probabilidades cuyos valores reales se encuentran dentro de ciertos rangos, añadiendo otro componente probabilístico a la evaluación de la población.

La dificultad de incorporar en un modelo procesos probabilísticos múltiples que interactúan entre sí, y que pueden utilizar datos inciertos, ha evitado (hasta la fecha) el desarrollo de modelos analíticos (ecuaciones matemáticas desarrolladas a partir de la teoría) que abarquen más que un pequeño grupo de procesos conocidos que afectan la dinámica de una población silvestre. Es posible que los modelos mentales de algunos biólogos sean suficientemente complejos para predecir de una manera precisa las vulnerabilidades de una población a la extinción, bajo una serie de condiciones, pero no es posible determinar objetivamente la precisión de estas determinaciones intuitivas.

También es difícil transferir este conocimiento a otros que necesiten evaluar la situación. Los modelos de simulación computacionales se han usado cada vez más para asistir a los PVA, aunque no son tan elegantes como los modelos enmarcados en ecuaciones analíticas. Estos pueden funcionar bien a la hora de evaluar el riesgo de extinción. Estos modelos de simulación pueden incluir tantos factores que influyen en la dinámica poblacional como el modelador y el usuario del modelo quieran abarcar.

Las interacciones entre los procesos se pueden modelar, si la naturaleza de las mismas puede ser especificada. Los eventos probabilísticos pueden ser fácilmente simulados por programas computacionales, proveyendo información que brinda tanto el promedio como el rango o distribución de los posibles resultados. En teoría, estos programas se pueden usar para construir modelos poblacionales que incluyan todo el conocimiento del sistema que se encuentra disponible a los expertos. En la práctica, los modelos son más simples, porque algunos factores se consideran poco importantes o porque la persona que desarrolló el modelo no tuvo acceso a la totalidad del conocimiento de los expertos.

Aunque los modelos de simulación por computadora pueden ser complejos y confusos, son definidos de manera precisa y todas las suposiciones y algoritmos se pueden examinar. Por lo tanto, los modelos son objetivos, se pueden verificar, y quedan sujetos al desafío como también a las mejoras. Los modelos PVA permiten utilizar toda la información disponible acerca de la biología del taxón, facilitan examinar los efectos de datos desconocidos o inciertos, además de facilitar la comparación de los resultados de posibles opciones de manejo.

Los modelos de PVA tienen debilidades y limitaciones. Los modelos de dinámica de poblaciones no definen las metas de la planificación de la conservación, en términos de crecimiento de la población, probabilidad de persistencia, número de poblaciones sobrevivientes, diversidad genética u otras medidas del funcionamiento de la población.

Estos parámetros deben ser definidos por las autoridades de manejo antes de usar los resultados del modelo. Debido a que los modelos incorporan muchos factores, el número de posibilidades a analizar puede ser infinito y puede ser difícil determinar cuales factores analizados son más importantes para la dinámica de la población. Los modelos PVA son necesariamente incompletos. Podemos modelar solamente los factores que entendemos y a los que les podemos especificar parámetros. Por lo tanto, es importante comprender que estos modelos probablemente subestiman las amenazas que afectan a una población. Finalmente, los modelos son utilizados para predecir los efectos a largo plazo que tienen los procesos que, al presente, actúan sobre la población.

Muchos aspectos de las situaciones analizadas en el presente pueden cambiar radicalmente dentro del periodo de tiempo que se modela, por lo tanto es importante volver a analizar los datos y re-evaluar los resultados de los modelos periódicamente, con los cambios hechos ajustados al programa de conservación según sea necesario.

Modelo de Análisis Poblacional VORTEX

Para los análisis de este trabajo se utilizó el programa de computo VORTEX 9.5. Este programa modela la estocasticidad demográfica (la casualidad de la reproducción y muerte entre individuos de una población), variaciones ambientales en las tasas anuales de muertes y nacimientos, el impacto esporádico de catástrofes y los efectos de la endogamia en poblaciones pequeñas. VORTEX también permite analizar los efectos del aumento o pérdida del hábitat, cosecha o suplementación de poblaciones y el movimiento de individuos entre poblaciones locales.

La dependencia de la densidad en la mortalidad es modelada al especificar la capacidad de carga (K) del hábitat. Cuando el tamaño de la población excede este valor, se impone una mortalidad adicional a todas las clases de edad con el fin de volver la población al valor K. Este valor se puede especificar para que cambie linealmente a través del tiempo, para modelar las ganancias o pérdidas en cantidad o calidad del hábitat. La dependencia de la densidad en la reproducción es modelada al especificar la proporción de hembras adultas que se reproducen cada año como una función del tamaño de la población.

VORTEX modela la pérdida de la variación genética en la población al simular la transmisión de alelos de padres a hijos en los locus genéticos hipotéticos. Al inicio de la simulación, a cada animal se le asignan dos alelos únicos en los locus. Durante la simulación, el programa monitorea la cantidad de alelos originales que se mantienen dentro de la población, la heterocigosidad promedio y la diversidad genética (heterocigosidad esperada) relativa a los valores iniciales. VORTEX también monitorea los coeficientes de endogamia de cada animal y puede reducir la sobrevivencia juvenil de animales producto de endogamia para modelar los efectos de la depresión por endogamia.

VORTEX es un modelo basado en individuos, al crear representaciones de cada animal en su memoria y seguir el destino de cada uno a través de cada año de su vida. VORTEX mantiene un rastro del sexo, edad y parentesco de cada animal. Los eventos demográficos (nacimientos, determinación de sexos, apareamientos, dispersión y mortalidad) son modelados al determinar cuando ocurren cada uno de estos eventos para cada animal en cada año de la simulación. Los eventos ocurren de acuerdo a probabilidades específicas de edad y sexo (i.e., simulación de procesos binomiales). La estocasticidad demográfica es por lo tanto una consecuencia de la incertidumbre refiriéndose así a cada evento demográfico que ocurre a un animal específico.

En modelos basados en poblaciones (al contrario de VORTEX), el modelo rastrea el número total de animales en cada clase de edad y sexo, pero no (rastrea) el destino de cada individuo. Los números en los siguientes pasos son determinados por ecuaciones teóricas, que predicen los cambios en el tamaño de la población a partir de las tasas demográficas promedio. La estocasticidad demográfica es modelada, a menudo, dejando que las tasas demográficas usadas en las ecuaciones fluctúen, o al agregar un factor de corrección que modifique el tamaño final de la población por cantidades muestreadas de distribuciones teóricas que describen la cantidad de estocasticidad demográfica esperada.

Los modelos basados en individuos, como VORTEX se pueden ver como modelos “de abajo hacia arriba”, en donde la dinámica de la población es modelada al simular los eventos demográficos (nacimientos, dispersión, mortalidad) que generan esta dinámica. En contraste, un acercamiento “de arriba hacia abajo” usaría ecuaciones derivadas de la teoría para predecir los cambios de la población que resultarían de las tasas demográficas especificadas. Modelos de “abajo hacia arriba” pueden usarse para modelar procesos complejos y que interactúan entre si, pero pueden ser muy lentos para correr. Modelos de “arriba hacia abajo” son usualmente más rápidos y generales, pero dependen de la exactitud de ecuaciones teóricas que se basan en suposiciones simplificadas, las cuales no siempre son apropiadas.

VORTEX requiere de mucha información específica sobre la población, más que la utilización de la teoría ecológica para generar parámetros que describan los procesos poblacionales. Por ejemplo, el usuario debe especificar la cantidad de variación anual en cada tasa demográfica que es causada por fluctuaciones en el ambiente. Adicionalmente, la frecuencia de cada tipo de catástrofe (sequía, inundación, enfermedad epidémica) y los efectos de las mismas en la sobrevivencia y la reproducción deben especificarse. Las tasas de migración (dispersión) entre cada par de poblaciones locales se deben especificar, más que asumir que es una simple función de distancia u otros parámetros.

Debido a que VORTEX requiere que se especifiquen muchos parámetros biológicos, no es necesariamente un buen modelo para el análisis de la dinámica poblacional que pudiese ser el resultado de alguna historia de vida general. Es más útil aplicarlo al análisis de una población específica en un ambiente específico.

La producción del VORTEX es extensa, incluye texto, cuadros y gráficos. El programa está escrito en el lenguaje de programación C con una interfase Microsoft Visual Basic para el ingreso de información, análisis y desarrollo de los resultados. VORTEX no es una copia protegida, y se promueve a que los usuarios den copias del disco y del manual a cualquier persona que tenga necesidad de los mismos. Esta disponible en Internet en <http://www.vortex0.org/vortex.html>. Información adicional se encuentra disponible en Lacy (2000) y Miller y Lacy (2003).

Trabajando con la incertidumbre

Las estimaciones de los parámetros biológicos claves utilizados en el modelo VORTEX fueron dados por los participantes al taller del pingüino de Galápagos, que se efectuó en Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador en febrero del año 2005. Algunos de los valores fueron obtenidos del trabajo de campo, y por lo tanto había poca incertidumbre sobre el valor apropiado para utilizar en el modelo. Para algunos otros parámetros, los biólogos presentes en el taller tenían información diferente, o interpretaban la información de maneras diferentes, y consecuentemente tenían puntos de vista divergentes sobre cuales valores describían mejor la población del pingüino de Galápagos. En muchos de estos casos, información de sus congéneres (los pingüinos africanos, de Humboldt y Magallánicos) fue utilizada como estimaciones. Para algunos otros parámetros, no existen datos cuantitativos, y los biólogos de campo tuvieron que hacer conjeturas (generalmente después de “torcer brazos”) basándose en el conocimiento general de la especie y su hábitat. Cuando la incertidumbre se refería a un parámetro biológico importante, las simulaciones fueron corridas con posibles valores alternativos (análisis de sensibilidad).

Es importante reconocer que en lo referente a la incertidumbre con respecto a los parámetros biológicos ocurre a diferentes niveles y por razones independientes. La incertidumbre puede ocurrir porque los parámetros nunca han sido medidos en la población. La incertidumbre puede ocurrir debido a que los datos limitados de campo han dado estimados con potencialmente grandes errores de muestreo. La incertidumbre puede ocurrir debido a que estudios independientes han generado estimaciones discordantes. La incertidumbre puede deberse a que las condiciones ambientales o el estado de las poblaciones han ido cambiando a través del tiempo, y los estudios de campo fueron realizados durante períodos que podrían no ser representativos de los promedios a largo plazo. La incertidumbre puede ocurrir porque el ambiente cambiará en el futuro, de manera que las mediciones realizadas en el pasado podrían no predecir con exactitud las condiciones futuras.

Los análisis de sensibilidad son necesarios para determinar la magnitud en la que la incertidumbre en los parámetros que se ingresan resulta en incertidumbre con respecto al futuro destino de las poblaciones del pingüino de Galápagos. Si los valores alternativos de posibles parámetros resultan en predicciones divergentes para la población, entonces es importante tratar de resolver la incertidumbre con mejores datos. La sensibilidad de la dinámica poblacional a ciertos parámetros también indica que estos parámetros describen factores que podrían ser críticos a la hora de determinar la viabilidad poblacional. Estos factores son

entonces buenos candidatos para acciones eficientes de manejo diseñadas para asegurar la persistencia de la población.

Las categorías anteriores de incertidumbre deben ser diferenciadas de algunas fuentes de incertidumbre sobre el futuro de la población. Aunque se conozcan con precisión las tasas demográficas promedio de largo plazo, la variación en el tiempo causada por la fluctuación de las condiciones ambientales causaría incertidumbre en el destino de la población en el futuro. Esta variación ambiental debe ser incorporada en el modelo utilizado para asesorar la dinámica poblacional, y generará un rango de posibles resultados (tal vez representados por una media y una desviación estándar) a partir del modelo. Adicionalmente, la mayoría de los procesos biológicos son inherentemente estocásticos, teniendo un componente del azar. La naturaleza estocástica o probabilística de la supervivencia, determinación del sexo, transmisión de genes, adquisición de pareja, reproducción, y otros procesos impide la determinación exacta del estado futuro de la población. Esta estocasticidad demográfica debe ser incorporada al modelo poblacional, debido a que esta variabilidad aumenta nuestra incertidumbre sobre el futuro y puede también cambiar el resultado esperado relativo a lo que podría resultar si no se presentara dicha variación. Finalmente, hay “incertidumbre” que representa las acciones alternativas o intervenciones, las que pueden ser percibidas como estrategias de manejo. Se puede explorar la probable eficiencia de estas opciones de manejo probando escenarios alternativos en el modelo de dinámica poblacional, de una manera semejante a cuando los análisis de sensibilidad son utilizados para explorar los efectos de parámetros biológicos inciertos.

Preguntas a ser exploradas

Seguido hay algunas de las preguntas y problemas interrelacionados que fueron discutidos en el taller y que comenzaron a ser explorados mediante un modelo de simulación PVA.

Utilizando la mejor información disponible sobre la biología del taxón y su hábitat, están proyectadas a persistir las poblaciones naturales conocidas si todas las condiciones se mantienen como son ahora? Si la población se encuentra en riesgo de extinción, se espera que esta extinción se deba al crecimiento promedio negativo de la población (el promedio de muertes excede al promedio de nacimientos), de grandes fluctuaciones en números, de una incapacidad para recuperarse de declinaciones catastróficas periódicas, de los efectos de la endogamia acumulada, o de una combinación de estos factores? Más allá de solo la persistencia de la población, se encuentra la tasa promedio de pérdida de

variación genética dentro de los límites que son considerados aceptables? Cuáles factores tienen la mayor influencia en los resultados de las proyecciones de la población? Si son identificados factores importantes, las acciones de manejo podrían ser diseñadas para mejorar estos factores y consecuentemente mitigar los efectos negativos.

Metas

Las metas del grupo de trabajo de modelado poblacional comprendieron las siguientes actividades:

Construir un modelo(s) base que indique las proyecciones poblacionales para los pingüinos de Galápagos.

Realizar estimaciones de las poblaciones viables mínimas.

Realizar análisis de sensibilidad de los factores que creemos podrían ser más importantes para la sobrevivencia de la población de pingüinos de Galápagos.

Evaluar los resultados del modelado para determinar objetivos de manejo e investigación para el futuro.

Identificar un grupo de parámetros que podrían predecir cerca de un 0% de probabilidad de extinción en los próximos 100 años, tomando en cuenta suposiciones razonables de posibles escenarios que consideren cambios ambientales e impactos humanos; y

Reevaluar el estado de conservación según Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)

PARÁMETROS INGRESADOS PARA EL MODELADO POBLACIONAL

Los valores de los parámetros utilizados en el modelo poblacional fueron obtenidos de la literatura, fueron proveídos por los participantes al taller de trabajos de campo en progreso, o asumidos de la información disponible de otras especies del género *Spheniscus*. La sensibilidad del modelo a los diferentes parámetros fue explorada para enfatizar aquellos para los que información adicional era requerida.

El modelo fue corrido en incrementos de un año durante 100 años, debido a que la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza (UICN) utiliza la probabilidad de extinción de una especie durante este período de tiempo como

una manera de estimar su estado de conservación (criterio E, UICN 2001). Para cada parámetro específico ingresado, el modelo fue corrido 1000 veces con el fin de estimar la probabilidad de extinción y para obtener el promedio y la desviación estándar del tamaño poblacional durante el período de simulación. La “extinción” fue definida cuando las aves de un solo sexo quedaban vivas en la población.

Se corrieron análisis de sensibilidad de los parámetros que se pensaron que eran importantes para el modelo y sobre los que se tenía incertidumbre, o sobre los que los participantes creían que había algún grado de variación, con el fin de analizar su impacto en el modelo en términos del riesgo de extinción y el tamaño poblacional

La depresión por endogamia no fue incluida en el modelo. Se supuso que la especie había pasado por múltiples cuellos de botella, por lo tanto es poco probable la existencia de más depresión por endogamia, aun cuando la población experimente cuellos de botella adicionales. La diversidad genética de los pingüinos de Galápagos en muestras del loci microsatelital es 3%, cerca de 15 veces más baja que la de otras especies de *Spheniscus* (c.f., pingüinos de Maguallanes 46%; Akst *et al.* 2002) Esto podría significar que la habilidad de la especie para responder a nuevos desafíos es baja. Por lo tanto, nuevas amenazas a la población podrían ser más importantes que una población baja per. se, por ejemplo, la depresión por endogamia podría ser menos significativa que una diversidad genética baja. Sin embargo, la depresión por endogamia aún es importante. Estudios en otras especies (mamíferos) muestran que, aún para especies que han pasado un cuello de botella, cuando pasan por otro cuello de botella, la depresión de endogamia puede ser importante. Las colonias de reproducción más grandes de los pingüinos de Galápagos tienen individuos suficientes como para que la endogamia no los afecte en el futuro, a menos que otros factores causen declinaciones bruscas. La vulnerabilidad de las colonias pequeñas depende de las tasas de intercambio que tengan con otras colonias.

Sistema de reproducción. Se asumió que los pingüinos de Galápagos son monógamos, generalmente con parejas que se mantienen unidas por largo tiempo. De 50 parejas que se estudiaron durante dos temporadas de reproducción, solamente el 11% cambiaron de pareja. (Boersma 1977)

La edad de la primera reproducción no se ha determinado para el pingüino de Galápagos. Se asumió que, como promedio, las aves se reproducen por primera vez a la edad de tres años. Se analizaron también modelos con valores de dos y

tres años. En otras especies del género *Spheniscus*, la edad de la primera reproducción es: pingüino africano 3-6 años, aunque usualmente es de 4 años (Randall 1983, Crawford *et al.* 1999, Whittington, 2002); pingüino de Humboldt 3-4 años (Guerra & Oyarzo 1992 en Ellis *et al.* 1998); pingüino Magallánico las hembras a los 4-5 años (el 12.8% comienza a reproducirse a los 4 años), los machos a los 6-7 años (30.7% de los machos comienzan a reproducirse a los 5 años; Williams 1995). Pingüinos de Humboldt machos han sido fisiológicamente capaces de reproducirse a los 16 meses (McGuill, pers.comm.).

La edad máxima de reproducción fue asumida en 20 años, aunque se analizaron también valores de 15 y 10 años. No se cree que el pingüino de Humboldt se reproduzca más de 20 años en el medio silvestre (Zavalaga pers obs.); en la población en cautiverio de pingüinos de Humboldt de Norteamérica, las hembras generalmente cesan de reproducirse cerca de los 22 años, mientras que los machos pueden reproducirse en sus 30 años (Brandt 2004). Se conoce de un pingüino de Galápagos de vida silvestre que se reprodujo a los 11 años (Williams 1995).

La proporción de sexos de los polluelos al nacer fue asumida como 1:1. En cerca de 350 pingüinos de Humboldt muertos en redes de pesca en Punta San Juan, Perú, la proporción de sexos fue cercana a 1:1 (Zavalaga y Paredes 1997). Posterior al PHVA, resultados provenientes del sexado genético de pingüinos de Galápagos llevado a cabo en el laboratorio de Patricia Parker, indican un sesgo hacia la proporción de machos de 60:40. Esta desviación de la proporción de sexos puede deberse a una tasa mayor de mortalidad de las hembras durante eventos “El Niño”.(Vargas et. al. en preparación)

Tamaño máximo de la nidada- Dos huevos por nidada, sin embargo las aves pueden anidar dos veces al año.

Proporción de adultos que se reproducen- Información reciente sugiere que el 56.7% de las hembras maduras producen jóvenes con éxito en una estación de reproducción. El balance se hace de individuos que fallaron en reproducirse y aves que no intentaron reproducirse (ver el cuadro abajo, A. Steinfurth pers. comm.). Se modelaron valores de 47% y 77%. Se pensó que si el espacio para anidar es limitado, se podría aumentar la proporción de aves que se reproducen proporcionando sitios de anidación artificiales. La desviación estándar del porcentaje de reproducción se estableció en 13% utilizando información del pingüino africano (Shannon y Crawford 1999).

Éxito reproductivo-Antje Steinfurth proveyó información de nidos monitoreados por dos años, la mayoría en la isla Isabela. Entre las hembras adultas que fueron monitoreadas durante un año, el 25.8% no hicieron intentos de anidar, 42.4% hizo un intento de anidar, y el 31.8% hizo dos intentos de anidar. De 99 nidadas que fueron monitoreadas, el 33% fracasaron y el 67% tuvieron éxito en que por lo menos un volantón saliera exitosamente del nido (volantón = polluelo emplumado listo para salir del nido a nadar). De los nidos que tuvieron éxito, en el 45% produjo un volantón, y en el 55% dos volantones.

De esta información, si asumimos que el éxito de anidación es independiente entre las nidadas, podemos calcular las siguientes tasas de éxito reproductivo. (Si el éxito reproductivo no es independiente, entonces la distribución de los números de volantones por hembra podría ser diferente, sin embargo la tasa promedio de éxito reproductivo puede ser la misma que la que se indica a continuación).

Éxito por intento de anidación:

- 33% produjo 0 pichones
- 30% produjo 1 pichón (67% x 45%)
- 37% produjo 2 pichones (67% x 55%)

Éxito por hembra adulta:

- 43.2% no produjo ningún volantón [$0.258 + (0.424) \times (0.33) + (0.318) \times (0.33) \times (0.33)$]
- 19.0% produjo un volantón [$(0.424) \times (0.30) + (0.318) \times 2 \times (0.33) \times (0.30)$]
- 26.3% produjo dos volantones [$(0.424) \times (0.37) + (0.318) \times ((0.30) \times (0.30) + (2 \times (0.33) \times (0.37)))$]
- 7.0% produjo tres volantones [$(0.318) \times 2 \times (0.30) \times (0.37)$]
- 4.4% produjo cuatro volantones [$(0.318) \times (0.37) \times (0.37)$]

Por lo tanto, entre el 56.7% de hembras que se reproducen y que produjeron volantones exitosamente

- 33.5% produjo un volantón [$0.190 / 0.567$]
- 46.4% produjo dos volantones [$0.263 / 0.567$]
- 12.4% produjo tres volantones [$0.070 / 0.567$]
- 7.7% produjo cuatro volantones [$0.044 / 0.567$]

Sobrevivencia- En ausencia de información para el pingüino de Galápagos u otra especie del género *Spheniscus*, se asumió que la sobrevivencia de machos y hembras era equivalente. Si cada sexo forrajea en áreas diferentes, tal como sucede en algunos albatros y petreles (p.e. Nel *et al.* 2003), este no sería el caso.

Aunque la sobrevivencia no ha sido monitoreada directamente (por ejemplo, poniendo anillos a un gran número de aves), se puede inferir de los censos de Vargas y sus colegas en las colonias de Fernandina, Isabela y Santiago (sin publicar, aunque los datos están incluidos en los números reportados en Vargas *et al.* 2005, excluyendo las aves cuya edad no fue identificada). En el siguiente cuadro, la columna N total muestra los conteos combinados de adultos y juveniles. Tasa de retorno = N (adultos) en un año /N total del año previo. Si asumimos que no haya dispersión hacia y desde otros sitios, o el mismo número promedio dispersándose de la población que fue censada, entonces la Tasa de Retorno debería ser aproximadamente el promedio de la sobrevivencia. (Números mayores al 100% pueden ser el resultado de conteos inexactos, o de la dispersión, pero la tasa promedio a través de los años puede ser razonablemente exacta).

Año	Adultos	Juveniles	N Total	Tasa de Retorno
1993	379	237	616	
1994	643	206	849	1.044
1995	402	145	547	0.473
1996	706	113	819	1.291
1997	883	184	1067	1.078
1998	421	0	421	0.395
1999	504	169	673	1.197
2000	543	134	677	0.807
2001	632	105	737	0.934
2002	633	137	770	0.859
2003	648	63	711	0.842
2004	696	111	807	0.979

La gran variación de la Tasa de Retorno de un año a otro puede ser causada por:

Inexactitud de conteos

Dispersión de los pingüinos desde y hacia el área de censo

Estocasticidad demográfica (azar, casualidad en las fluctuaciones en la sobrevivencia)

Variación ambiental (variación en la sobrevivencia debido a fluctuaciones en la calidad del ambiente)

Aunque la tasa de retorno en cualquier año podría ser una estimación cruda de la sobrevivencia, promediada a través de los años, da una estimación razonable del

promedio de sobrevivencia. La tasa promedio de retorno de los 12 años de datos mostrados arriba es 0.900, con una desviación estándar de 0.274 a través de los años. Luego de excluir la baja sobrevivencia en 1998 después de un evento de El Niño severo, la tasa de retorno promedio fue 0.950, con una desviación estándar de 0.229. La estocasticidad demográfica esperada es 0.090 a través de los 11 años, y 0.069 a través de los 10 años en los que no hubo El Niño. Eliminando esta variación tenemos una desviación estándar de 0.265 y 0.218 para las desviaciones estándares debidas a la variabilidad ambiental y otras causas de variación.

Sin embargo, el error de muestreo (y el movimiento de los pingüinos) podrían ser responsables de al menos la mitad de esta variación, dado que las tasas de retorno > 1.00 pueden deberse a esas fuentes de error.

Para nuestro modelo, la sobrevivencia de adultos (aves > 2 años de edad) fue asumida como 0.95 por año basándose en las tendencias del número de aves contadas durante los censos realizados entre 1993 y 2004, después de omitir un evento de El Niño severo en este período (la baja sobrevivencia durante los años de El Niño se contabilizan como una “catástrofe” en el modelo Vortex-mirar más adelante). Observaciones realizadas a inicios de los años 1970 indicaban una sobrevivencia anual de cerca de 0.82 (Williams 1995), sugiriendo que en condiciones ambientales pobres, la sobrevivencia disminuye considerablemente. En nuestro análisis de sensibilidad, también fueron investigados valores de 0.94, 0.93, 0.92, 0.91, 0.90, 0.85, 0.80, 0.60 y 0.20, con el fin de probar posibles valores alternativos a las tasas de sobrevivencia corrientes y para analizar cuán rápido la población puede colapsar si la sobrevivencia era más baja. La variación anual de sobrevivencia (variación ambiental), expresada como la desviación estándar de este parámetro, se definió en 0.03, tal y como se estima para los pingüinos africanos (Shannon y Crawford 1999).

La sobrevivencia de subadultos (aves de 1 a 2 años de edad) se estableció en 0.75 por año, un valor intermedio entre el estimado para las aves jóvenes y viejas. Fueron investigados también valores de 0.20, 0.60 y 0.90. La desviación estándar para la variación a través de los años se estableció en 0.05.

La sobrevivencia de juveniles se estableció en 0.67 por año, como se midió a inicios de 1970 (Williams 1995). Se investigaron también valores de 0.50 y 0.80. La desviación estándar a través de los años fue estimada en 0.10. La desviación estándar para la sobrevivencia de pingüinos africanos juveniles se estimó en 0.11 (Shannon y Crawford 1999).

Concordancia entre reproducción y sobrevivencia- En la mayoría de los años, los factores que afectan la sobrevivencia de los pingüinos de Galápagos también probablemente afectan su reproducción. Las aves pueden escoger no reproducirse cuando las condiciones son severas. En condiciones particulares severas, las aves pueden también morir. Por lo tanto, en el modelo Vortex las fluctuaciones anuales en sobrevivencia y reproducción fueron especificadas como concordantes.

Correlación de tasas demográficas entre las poblaciones- Aunque unos pocos factores pueden afectar solamente una isla, a través de los años la mayoría de las fluctuaciones en las condiciones podrían afectar al archipiélago entero. Por lo tanto, asumimos que hay una correlación de 0.9 en las tasas de reproducción y mortalidad en todas las poblaciones.

Número de poblaciones- en el modelo se utilizaron cuatro poblaciones, con algún movimiento entre ellas. Esto se basó en tendencias recientes en números entre Fernandina e Isabela y el aislamiento relativo de las otras dos localidades de reproducción, Floreana y Bartolomé –Santiago. El comportamiento de los pingüinos de Galápagos indica que prefieren moverse a lo largo de la costa y no a través del mar abierto, aunque lo hacen ocasionalmente.

La dispersión entre colonias fue restringida a aves de un año de edad. Para aves que se encontraban en el primer año, se asumió que la emigración es la siguiente:

Entre Isabela y Fernandina	15%
Entre Isabela y Bartolomé –Santiago	1%
Entre Isabela y Floreana	0.5%
Entre Fernandina y Bartolomé –Santiago	0%
Entre Fernandina y Floreana	0%
Entre Bartolomé-Santiago y Floreana	0%

La sobrevivencia de las aves que se dispersaron se estableció en 80% del valor de aquellas que permanecieron en la localidad de nacimiento. Se consideró que las aves que se alejaban de las áreas costeras podrían encontrar una gran variedad de depredadores.

Tamaño poblacional inicial (individuos) de las cuatro poblaciones se establecieron como (Wiedenfeld y Vargas 2004):

Isabela	1000
Fernandina	400

Bartolomé	85
Floreana	15

Capacidades de carga (individuos) de las cuatro poblaciones se establecieron en:

Isabela	3000
Fernandina	1000
Bartolomé	150
Floreana	50

La capacidad de carga total se estableció en 4200 basándose en un estimado de 3386 pingüinos vivos en los inicios de 1970 (Vargas *et al.* 2005). Valores de 25% (que representan la capacidad de carga probable en condiciones de un Niño fuerte), 50%, 200% y 400% de los datos especificados arriba, fueron también examinados, para explorar los posibles impactos de la reducción o aumento de la calidad del hábitat o su utilización.

Catástrofes- Se analizaron cinco tipos de catástrofes que podrían afectar a los pingüinos de Galápagos: (1) Eventos de El Niño fuertes, eventos de El Niño débiles, epidemias, derrame de petróleo catastrófico y erupciones volcánicas. Se pensó que factores como un aumento de la mortalidad producida por capturas incidentales de las aves en las pesquerías, depredación por animales ferales, enfermedades de bajo nivel, derrames de petróleo crónicos de bajo nivel, era mejor explorarlos considerando un aumento del efecto de las tasas de mortalidad. Muchos de estos impactos podrían afectar todas las clases de edad.

Eventos de El Niño fuertes- basándose en que hubo dos fuertes eventos de El Niño (1982/83, 1997/98) entre 1965 y el 2004 (40 años) que afectaron drásticamente los pingüinos de Galápagos (Boersma 1998, Vargas *et al.* 2006) la frecuencia de ocurrencia de estos eventos se estableció en 5 cada 100 años. Durante los dos eventos de El Niño fuertes, los pingüinos de Galápagos no se reprodujeron, como consecuencia, la proporción de aves maduras reproduciéndose fue disminuída en el modelo a 0.01 de la tasa normal durante los años de Niños fuertes. El número de pingüinos disminuyó en 77% en 1983 (Valle y Coulter 1987, Boersma 1998) y en 65% en 1998 (H. Vargas datos presentados en taller y publicados Vargas *et al.* 2006 después de taller). Por lo tanto, establecimos la sobrevivencia durante Niños fuertes en 0.3 de los años en que no estaba presente este fenómeno climático.

La frecuencia de eventos de El Niño fuertes en los 40 años pasados ha sido mayor que lo reportado para los últimos 140 años. Como se ha indicado arriba,

los dos Niños más severos durante este tiempo han sido los más recientes. Este aumento probablemente se deba a cambios en las condiciones climáticas globales, pero tal vez se deban simplemente a la mala suerte. Por lo tanto, además de modelar las condiciones “actuales” con una frecuencia del 5% de eventos de El Niño fuertes, también probamos un modelo “histórico”, en el que redujimos la frecuencia a 2% como una estimación de eventos de El Niño fuertes que podrían haber ocurrido durante tiempos históricos.

Otros análisis de sensibilidad exploraron las consecuencias de Niños fuertes ocurriendo en frecuencias de 1, 3 y 8 veces cada 100 años, y aumentando la sobrevivencia a 0.50 y 0.75. El impacto de Niños fuertes en la proporción de aves reproduciéndose no fue cambiado.

Eventos de El Niño débiles- hubo 54 eventos de calentamiento El Niño entre 1726 y 1998 (Schreiber 2002). Por lo tanto la frecuencia de Niños ha sido de 20 por 100 años. Como de dos a cinco de estos se esperan sean los eventos fuertes descritos anteriormente, los Niños débiles (no fuertes) ocurren de 15 a 18 veces por 100 años. Sin embargo, en nuestro modelo se utilizó una frecuencia de 20 eventos por cada 100 años. La razón de esto es que el impacto de algunos eventos Niño persisten por más de un año (Trenberth y Hoar 1996), por lo que se eleva el número de años en los que este fenómeno impacta las poblaciones de pingüinos. Se asumió que los Niños débiles no influenciaban la sobrevivencia, pero la proporción de aves reproduciéndose disminuyó por 20% basándose en un atraso en la reproducción para la clase de reproductores más jóvenes. (P.e. aquellos de 3 años de edad, que en años normales se integrarían a la población reproductora) y un 10% de reducción en la proporción otras aves maduras que se reproducen. Otras aves marinas, incluyendo los pingüinos de Humboldt y africanos, generalmente retrasan su primera reproducción cuando el alimento es escaso.

Análisis de sensibilidad exploraron las consecuencias de un aumento significativo en la frecuencia de eventos del Niño débiles (30 por 100 años) debido a que el calentamiento global puede causar un aumento de estos eventos. La posibilidad de que estos eventos redujeran la proporción de aves reproductoras en un 40% también fue investigada.

Contaminación por petróleo- los pingüinos son particularmente sensibles a la contaminación por petróleo, la cual puede producir especial daño si el derrame de petróleo ocurre cerca de las playas. Generalmente no es la cantidad del derrame de petróleo lo que afecta a las aves marinas, es más bien el lugar donde

ocurre y el tiempo cuando ocurre. Basándose en experiencias con los pingüinos africanos (Crawford *et al.* 2000), se asumió que un derrame severo (para los pingüinos) podría reducir el éxito reproductivo en un 50% y la sobrevivencia en un 30%. Esto asume alguna intervención para minimizar la mortalidad (rescate y rehabilitación de aves llenas de petróleo). Con experiencia, puede ser posible disminuir el impacto en la sobrevivencia. No incluimos derrames de petróleo en nuestros modelos iniciales, pero posteriormente examinamos los impactos del 2% o 5% de probabilidades al año de que un derrame de petróleo ocurra en cualquier sitio, con la suposición de que los derrames afecten Fernandina e Isabela al mismo tiempo, pero que sean independientes de derrames afectando Bartolomé, Santiago o Floreana.

Enfermedades y envenenamiento-Las enfermedades y el envenenamiento de mareas rojas puede ocurrir episódicamente. Las enfermedades no fueron incluidas en nuestros modelos iniciales, pero los valores que se dan posteriormente fueron utilizados para analizar el probable impacto si una enfermedad llegara a las islas.

La información relacionada al impacto del cólera aviar (*Pasteurella multocoda*) en cormoranes del Cabo (*Phalacrocorax capensis*) en Suráfrica (Crawford *et al.* 1992, Crawford sin publicar) fue utilizada para modelar el impacto potencial de la enfermedad sobre los pingüinos de Galápagos. En Sudáfrica, brotes de cólera han ocurrido a una frecuencia de cuatro veces en 20 años (indicando una probabilidad anual del 20%), lo que ha disminuido la sobrevivencia en un promedio del 10% y ha disminuido el éxito reproductivo en 70-100%. Para nuestro modelo de una enfermedad similar al cólera, disminuimos la sobrevivencia en un 10% y disminuimos la reproducción durante el año del brote a un valor medio del 85% del normal, con diferentes brotes reduciendo la reproducción en 70% a 100%.

Información del Grupo de Trabajo en Amenazas, indicó que el Virus del Oeste del Nilo podría disminuir la sobrevivencia en 15-50% en el año del brote, y en 5% en los años siguientes, y disminuir el éxito reproductivo en 15% en el año del brote y el siguiente año. Puesto que no se ha detectado esta enfermedad en los pingüinos de Galápagos (Travis *et al.* en prensa), las estimaciones de potenciales impactos se basaron en patrones observados en pingüinos de Humboldt en cautiverio en Norteamérica conforme el Virus del Oeste del Nilo se movía a través de los Estados Unidos (McGill, obs. Pers.).

El efecto potencial de la marea roja fue modelado usando una frecuencia de dos de esos eventos en 100 años, y asumiendo que la sobrevivencia de adultos disminuía a 80% de la normal sin afectar los resultados en la reproducción.,

Se pensó que la malaria aviar (*Plasmodium sp.*) podría causar una mortalidad inicial de 400 aves, y aumentar la mortalidad de los adultos en 15% por año de ahí en adelante. Debido a que una enfermedad como la malaria podría convertirse en una fuente crónica de enfermedad, no fue modelada como una catástrofe episódica, pero sus posibles efectos pueden observarse en los modelos que analizan la sensibilidad de la población al aumento de la mortalidad anual.

Erupciones volcánicas- Una catástrofe poco frecuente pero potencialmente importante en las Islas Galápagos es la erupción de volcanes. Se asumió que Isabela y Fernandina tenían un 1% de frecuencia de erupciones volcánicas, con un 99% de sobrevivencia de los pingüinos y un 1% de depresión en la reproducción. Se asumió que Bartolomé tiene una frecuencia del 1% de erupciones volcánicas, con 50% de sobrevivencia y 50% de impacto en la reproducción. Para Floreana se asumió un 0% de riesgo volcánico.

RESULTADOS DEL MODELO: Las conclusiones sobre la viabilidad poblacional y los resultados de los análisis de sensibilidad fueron expresados principalmente como la probabilidad de extinción, y como proyecciones alteradas del promedio del tamaño poblacional en los próximos 100 años. Las probabilidades de extinción son la proporción de las simulaciones que se extinguieron en el modelo. El tiempo medio de extinción de las poblaciones simuladas es el año en el cual la probabilidad de persistencia cae a 50%. Sin embargo, *Spheniscus mendiculus* existe únicamente como una metapoblación que consiste de cuatro subpoblaciones en cinco de las islas Galápagos. Aún con una alta *probabilidad* de extinción, el pingüino de Galápagos puede tener suerte y persistir; mientras que una baja *probabilidad* de extinción no asegura la sobrevivencia de la especie. Las autoridades responsables necesitan determinar cual será la meta de la probabilidad de persistencia para los planes de manejo y las acciones de conservación.

Se debe observar que los tamaños poblacionales proyectados muestran el tamaño promediado sobre 1000 repeticiones del modelo de simulación. Las pendientes suaves de estas proyecciones no indican que estemos prediciendo que las poblaciones actuales van a seguir esas precisas trayectorias. Por el contrario, estas proyecciones promedio son la media de proyecciones individuales que se desvían grandemente de estos promedios y que fluctúan enormemente de un año al otro.

Entonces, estas proyecciones del tamaño poblacional indican los cambios promedio en el tamaño poblacional que podrían resultar de los parámetros del modelo, y comparaciones entre otros modelos indican diferencias relativas sobre como los parámetros cambiados pueden impactar las trayectorias de las poblaciones.

Viabilidad en las islas Isabela, Fernandina, Bartolomé-Santiago y Floreana:

La Figura 1 muestra los resultados del modelo base para cada una de las cuatro poblaciones de los pingüinos de Galápagos (con todos los valores ingresados como se explicó anteriormente) para la probabilidad de persistencia y promedio del tamaño poblacional, así como la declinación en la diversidad genética (o heterogeneidad, como una proporción del nivel actual) y la acumulación de la endogamia durante 100 años.

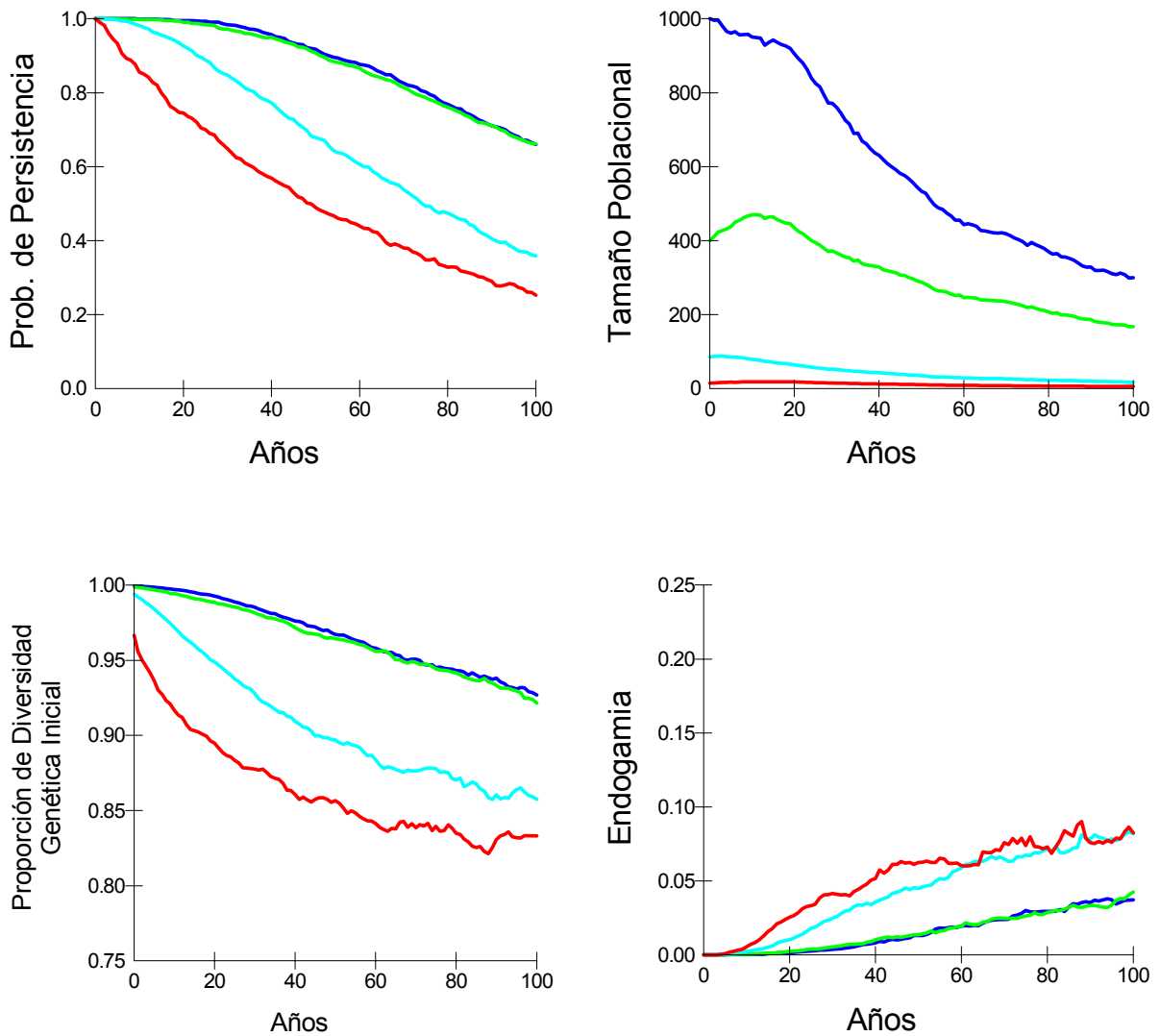


Figura 1. Probabilidades de persistencia proyectada, promedios de tamaño poblacional, diversidad genética y endogamia para cada una de las cuatro poblaciones de pingüinos de Galápagos, en función de las estimaciones de la población y las características del hábitat actuales. Las líneas, de arriba abajo para los primeros tres gráficos y de abajo hacia arriba para la endogamia, muestran los resultados de la simulación para Isabela, Fernandina, Bartolomé-Santiago y Floreana.

Según las condiciones actuales en las Galápagos, ninguna de las poblaciones tiene asegurada su persistencia en los próximos 100 años. Las poblaciones más grandes en Isabela y Fernandina, interconectadas a través del intercambio más frecuente de aves dispersándose, tienen un 66% de probabilidad de persistencia, mientras que las poblaciones en Bartolomé-Santiago y Floreana tienen 36% y 25% de probabilidades de persistencia, respectivamente. Cuando la población en Isabela o Fernandina persiste, la otra población hace lo mismo, dado que mutuamente se refuerzan a través de la dispersión. Las otras poblaciones más pequeñas están casi completamente aisladas, persisten con tamaños muy pequeños si lo hacen pierden cerca del 15% de su diversidad genética, y acumulan cerca del 10% de endogamia (un nivel que se puede esperar que comience a impactar la reproducción y la habilidad para propagar los genes)

La mayoría de los gráficos de resultados (abajo) mostrarían las probabilidades de persistencia y promedios del tamaño poblacional para la metapoblación total (incluyendo las poblaciones de las cuatro islas), pero usualmente las tendencias están dominadas por lo que suceda en las poblaciones de Fernandina e Isabela.

Frecuencia de eventos de El Niño “Actuales” vs. eventos de El Niño “Históricos” vs. “Mejor caso”

La frecuencia de los eventos de El Niño fuertes en décadas recientes ha sido de aproximadamente 5%, y utilizamos este valor para representar las condiciones actuales para los pingüinos de Galápagos. Este modelo base “actual” fue comparado con la “frecuencia histórica” (2%) de eventos de El Niño fuertes, y también al “mejor caso”, en el cual se asumió que los eventos de El Niño y otras catástrofes nunca ocurrieron (o no impactaron las poblaciones de pingüinos). El modelo Histórico demuestra nuestras estimaciones sobre la viabilidad de las poblaciones de pingüinos si los eventos El Niño no se tornaban (no continuaban siendo) fuertes. El modelo del Mejor caso puede ilustrar la viabilidad de las poblaciones de pingüinos durante años en los que no se presentaron eventos de El Niño u otras catástrofes.

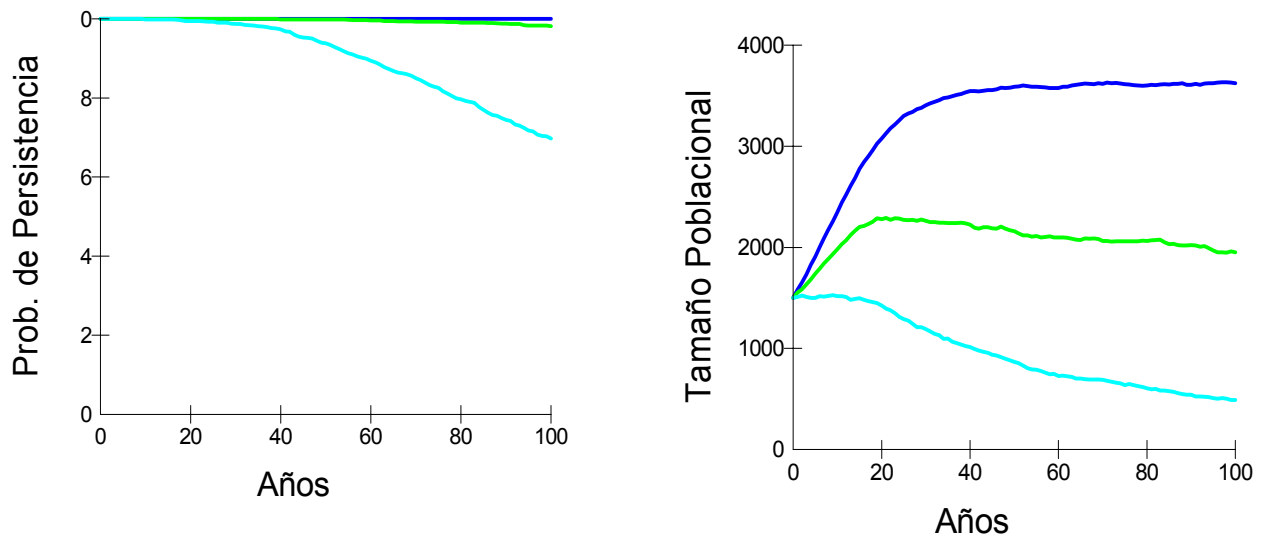


Figura 2. Probabilidades proyectadas de persistencia y promedio de tamaño poblacional para la situación “actual” estimada (líneas de abajo), la “situación histórica” (frecuencia baja de El Niño fuertes: líneas medias), y una optimista “mejor caso” del comportamiento de las especies (sin Niños: líneas de arriba).

Como se muestra en la figura 2, bajo las condiciones actuales estimadas, los pingüinos de Galápagos tienen una probabilidad proyectada de persistencia del 70%, o un 30% de probabilidad de extinción de la especie, durante los próximos 100 años. El tamaño poblacional está estimado a declinar a cerca de 500 aves, en promedio, o a cerca de 700 aves si se promedian las simulaciones en las cuales la especie persiste.

Si la frecuencia más baja de eventos El Niño fuertes en nuestro modelo Histórico fueran a continuar, entonces podríamos proyectar solamente un 2% de la probabilidad de extinción. Por lo tanto, si nuestros otros parámetros estimados están correctos, entonces el pingüino de Galápagos parece estar significativamente amenazado por el aumento de la frecuencia de los eventos de El Niño (las diferencias entre los modelos Actual e Histórico en la Fig. 2).

Bajo la condición idealizada de que no existan eventos de El Niño u otras catástrofes, la población de pingüinos de Galápagos podría estar segura, sin extinciones predecidas en nuestro modelo “Mejor caso”. Esto demuestra que las tasas estimadas de reproducción y sobrevivencia dan una población demográficamente sana (con el reclutamiento de los volantones siendo mayor que las muertes) que puede crecer hasta la capacidad de carga del hábitat en la

ausencia de declinaciones producidas por catástrofes ambientales naturales o inducidas por el hombre.

Dispersión

Las tasas de dispersión entre poblaciones en islas diferentes fueron establecidas en posibles valores en nuestro modelo base (mire los valores ingresados arriba). El grupo de trabajo se sintió cómodo con la relación relativa entre las diferentes tasas (por ejemplo, una dispersión mayor entre Isabela y Fernandina que entre estas islas y Bartolomé y Floreana), pero los valores absolutos utilizados para las tasas eran únicamente estimaciones posibles. La figura 3 muestra que la viabilidad de la metapoblación no es muy sensitiva a estas tasas exactas usadas en el modelo. Pues el duplicar o reducir a la mitad las tasas de dispersión produce un débil impacto en el resultado del modelo.

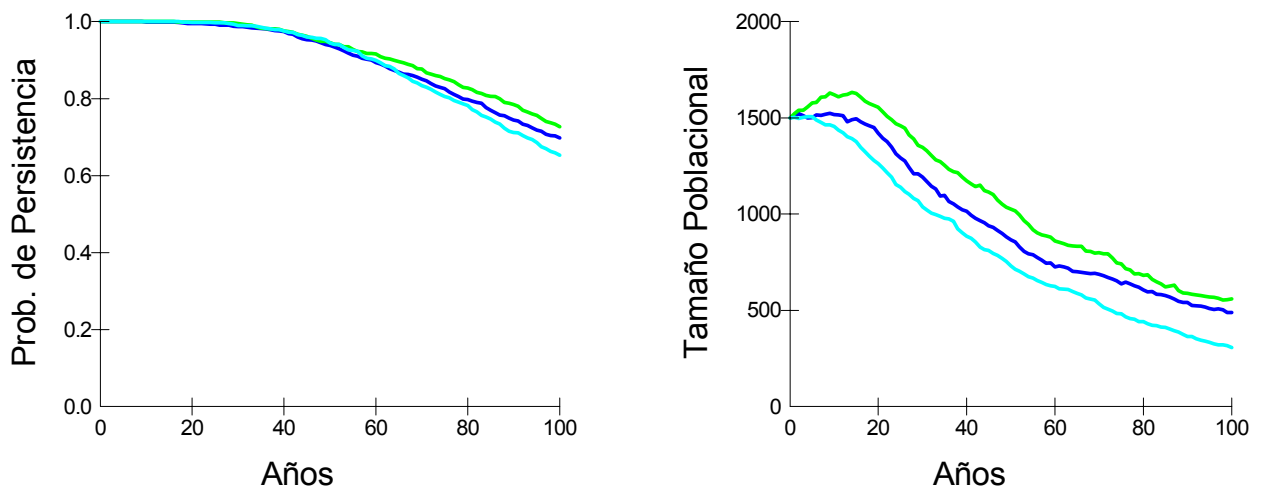


Figura 3. Probabilidades de persistencia y tamaños promedios de población resultantes luego de la incorporación de las tasas de dispersión estimadas por el grupo de trabajo (el modelo base actual: líneas medias), la mitad del valor de las tasas (líneas de abajo), o duplicación de las tasas básicas (líneas de arriba).

Aunque la metapoblación, que comprende las cuatro islas es relativamente insensible al nivel de dispersión preciso, el movimiento de las aves puede ser importante para estabilizar algunas de las poblaciones de las islas individuales, y puede ser importante para retener diversidad genética y evitar la endogamia local (de cada isla). La figura 4 muestra las probabilidades de persistencia y la diversidad genética proporcional para cada población de las islas si no hubiera dispersión de los pingüinos entre las poblaciones. La figura 5 muestra estos

resultados cuando las tasas de dispersión se fijaron en el doble de los valores utilizados en el modelo base. Comparando estos dos grupos de figuras, podemos mirar que la población en Isabela no esta aumentando por la dispersión, en realidad se comporta mejor si no hay dispersión, pues entonces las aves no dejan esta gran población. La población en Fernandina es más estable (mayor probabilidad de persistencia y mayor diversidad genética retenida) cuando intercambia algunas aves con Isabela. Las poblaciones en las islas más pequeñas se extinguen más rápido y pierden más diversidad genética (siendo mayor su endogamia) si no reciben inmigrantes.

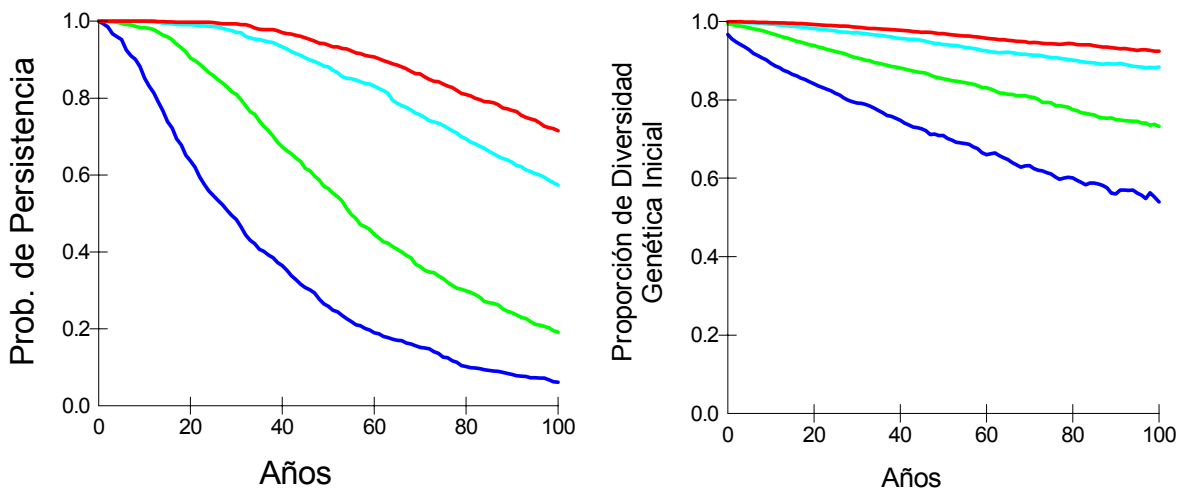


Figura 4. Probabilidades proyectadas de persistencia y proporción de diversidad genética retenida en las poblaciones de cada una de las cuatro islas (de arriba abajo: Isabela, Fernandina, Bartolomé-Santiago, Floreana) si no hay dispersión entre poblaciones.

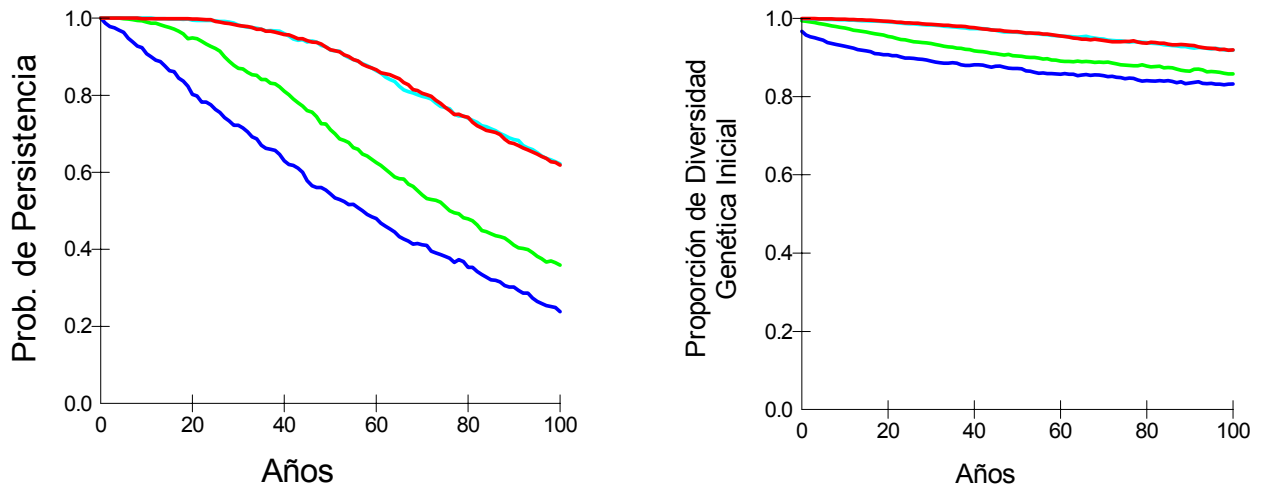


Figura 5. Probabilidades de persistencia y proporción de diversidad genética retenida en cada una de las cuatro poblaciones (de arriba abajo: Isabela, Fernandina, Bartolomé-Santiago, Floreana) si la dispersión entre las poblaciones se duplica con respecto a las tasas utilizadas en el modelo base.

Efecto de la edad de la primera reproducción:

Utilizando la misma edad de la primera reproducción para hembras y machos, avanzando de 4 años de edad a 3 años y a 2 años, conlleva a una reducción del riesgo de extinción (mirar figura 6). Aún si la reproducción se iniciara tan temprano como a los 2 años, la probabilidad de extinción se mantiene en 22%, aun tomando las mejores estimaciones para los otros parámetros del modelo. Al presente, se cree que la edad de la primera reproducción es a los 3 años; esto indica un 30% de probabilidad de extinción en el siguiente siglo. Cada año de atraso en la edad de la primera reproducción, representa un aumento del 8% en la probabilidad de extinción. Para muchas aves marinas, la edad de la primera reproducción está determinada probablemente con la disponibilidad de alimento y condiciones ecológicas, así como de la capacidad fisiológica de la especie. Este parámetro no ha sido cuantificado aún para los pingüinos de Galápagos, y fue asumido tomando como base otras especies de *Spheniscus*. Dado que una diferencia de un año de edad produce una diferencia del 8% en el riesgo de extinción proyectado, sería valioso que se hiciera investigación para entender mejor el valor normal y los factores que lo afectan.

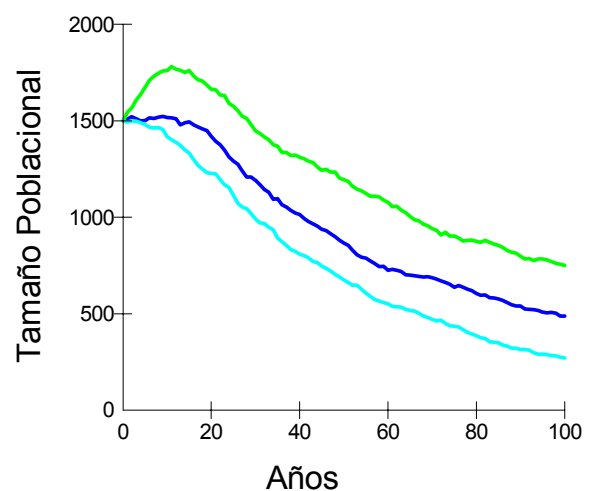
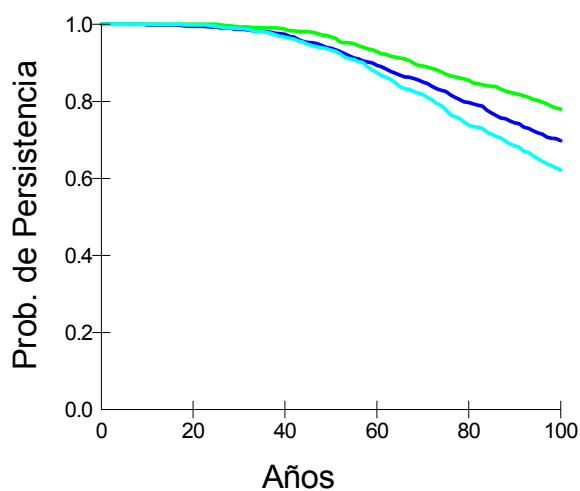


Figura 6. Probabilidades de persistencia y promedios del tamaño poblacional con la edad de la primera reproducción establecida en 2 (línea de arriba), 3 (modelo base: líneas de la mitad), o 4 años (líneas de abajo).

Porcentaje de hembras que dejan el nido jóvenes

Basándose en los datos de dos temporadas de estudios en el campo, se asumió que el 57% de las hembras producen volantones anualmente en el modelo base. Un cambio del 10% por encima o por debajo de nuestra estimación en el número de hembras que tienen éxito en la reproducción, cambia la probabilidad de extinción por aproximadamente 15% (Fig. 7).

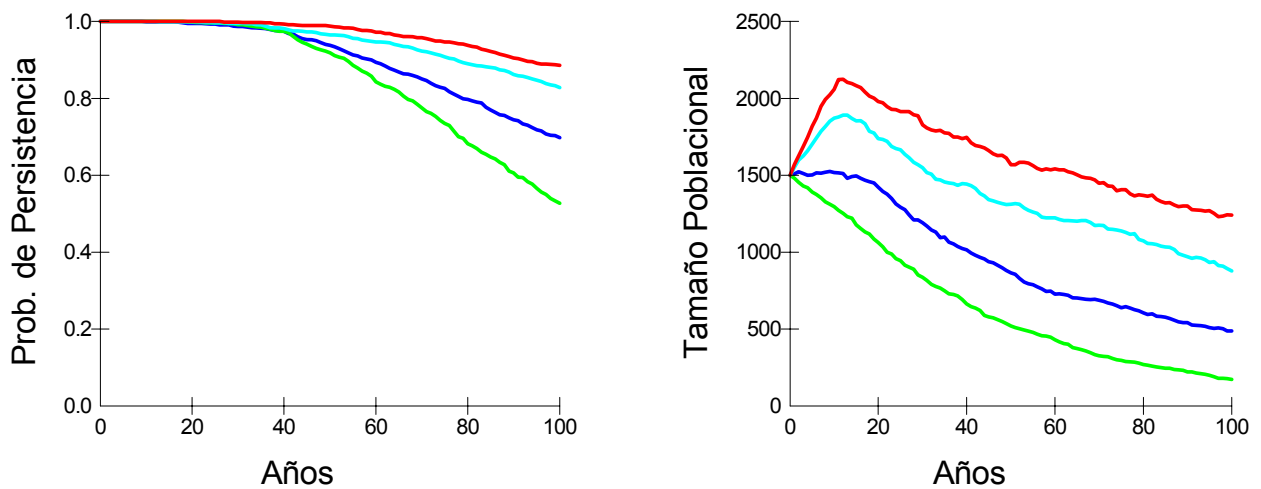


Figura 7. Probabilidades de persistencia proyectadas y promedios del tamaño poblacionales con porcentajes de hembras que se reproducen exitosamente fijado en 47%, 57% (el modelo base), 67% o 77% (de abajo hacia arriba)

Una vez que el porcentaje de hembras que se reproducen llegan cerca del 70%, es difícil reducir la probabilidad de extinción significativamente debido a otras restricciones de la población. Sin embargo, esforzándose para aumentar el número de hembras que se reproducen con éxito por lo menos al 70% (del 57% actual) podría reducir significativamente el riesgo de extinción.

Edad máxima de reproducción

Inicialmente estimamos que la edad máxima de reproducción es de 20 años, basándonos en información de otras especies de *Spheniscus* tanto en vida libre como en cautiverio. Cambiando esta variable a 15 años aumenta el riesgo de extinción proyectado por cerca del 25% durante los próximos 100 años. Es importante aumentar gradualmente la confianza para este parámetro con el fin de refinar nuestras proyecciones, pero requerirá algunos estudios a largo plazo.

Sin embargo, es importante prevenir un aumento total de la mortalidad (ver abajo), ya que esto sería equivalente a reducir el lapso de vida reproductiva para el ave promedio.

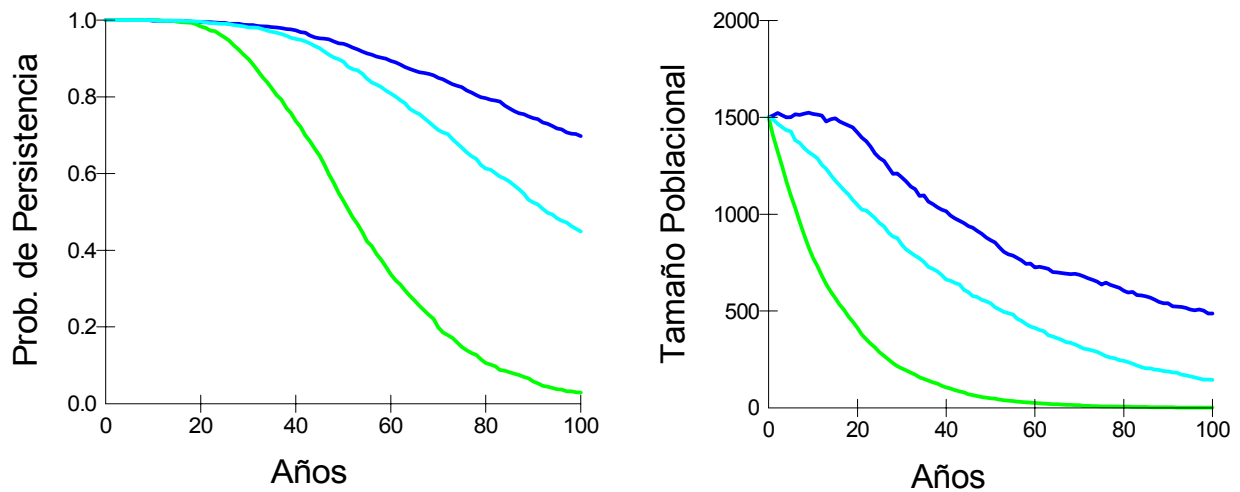


Figura 8. Proyección de las probabilidades de persistencia y promedios de tamaño poblacional con la edad máxima de reproducción establecida en 10 años, 15 años, o 20 años (de abajo a arriba):

Efecto de la mortalidad juvenil (que dejan el nido al año):

Estimaciones de mortalidad juvenil de 50% a 80% (basados en pingüinos africanos, pingüinos de Humboldt y una estimación del pingüinos de Galápagos) conducen a probabilidades de extinción entre 7% y 81% durante los próximos 100 años (mirar Fig. 9). Para los pingüinos de Galápagos, la única información proviene de un estudio realizado a inicios de los años 70. Para pingüinos *Spheniscus* y otras aves marinas, este parámetro es difícil de medir debido a que los juveniles pueden tener un amplio rango de distribución y moverse de un lugar a otro durante el primer año. Datos de otras especies sugieren que hay una gran variación en este parámetro de acuerdo con el cohorte anual.

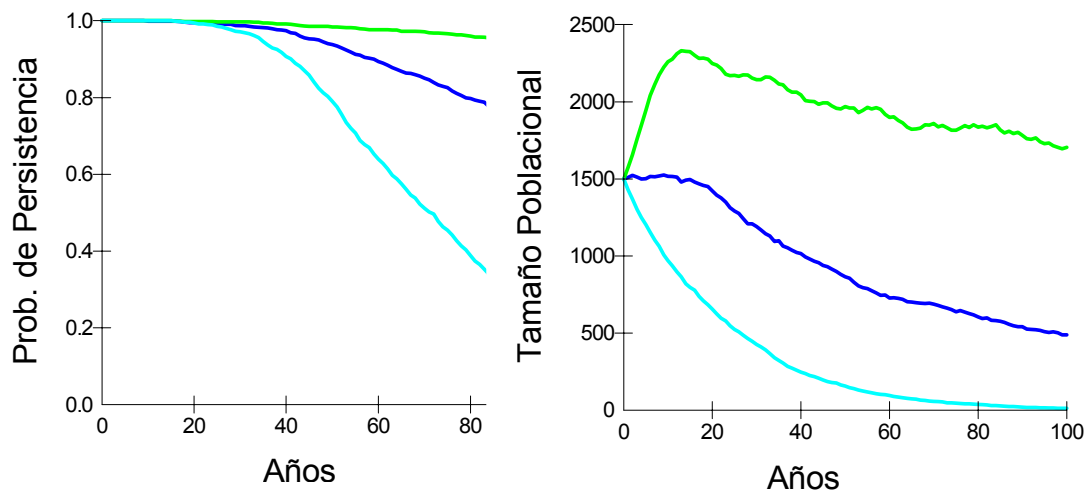


Figura 9. Probabilidades de persistencia proyectadas y promedio de tamaño poblacional con la mortalidad de los juveniles establecida en 50%, 67% (la del modelo base), u 80% (de arriba abajo).

Efecto de la mortalidad de los subadultos (1-2 años):

El aumento en la mortalidad de los subadultos también se correlaciona con un aumento de la probabilidad de extinción. Aumentos de 25% a 40% de mortalidad en la clase de edad de 1 a 2 años causa un aumento aproximado del 25% en la probabilidad de extinción. Mejorando la mortalidad de subadultos de 25% a 10% (un número cercano a la mortalidad anual estimada de adultos) proyecta una reducción en el riesgo de extinción de 18%.

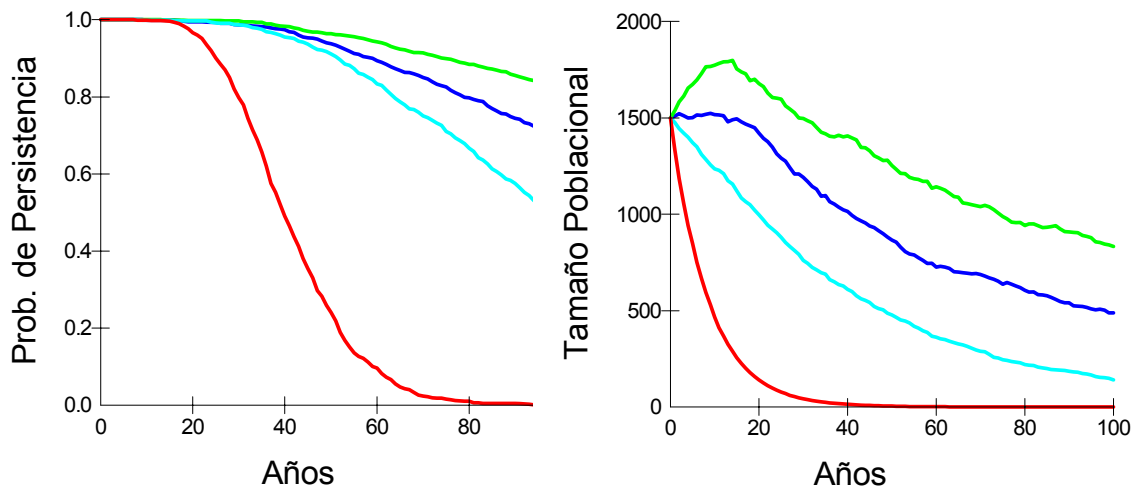


Figura 10. Probabilidad de persistencia proyectada y promedios de tamaño poblacional con la mortalidad de subadultos establecida en 10%, 25% (el modelo base), 40%, u 80% (de arriba abajo).

Efecto de la sobrevivencia de adultos:

Utilizando el modelo base con 5% de la mortalidad de adultos, los resultados de la simulación predicen una probabilidad de extinción de las poblaciones del 30% en 100 años. Si se aumenta la mortalidad de adultos el riesgo de extinción en la siguiente centuria aumenta dramáticamente. Cada 1% de aumento en la mortalidad de adultos aumenta el riesgo de extinción por aproximadamente 9-10%. Si la mortalidad de los adultos es de 15% o mayor, la probabilidad de extinción en el siglo siguiente es del 100%. Debido a que el modelo es extremadamente sensible a este parámetro, la investigación sobre estimaciones precisas de mortalidad es de alta prioridad. Estas proyecciones refuerzan la importancia de prevenir aumentos acumulativos en la mortalidad de adultos, de enfermedad, depredación, enredos en artes de pesca, etc.

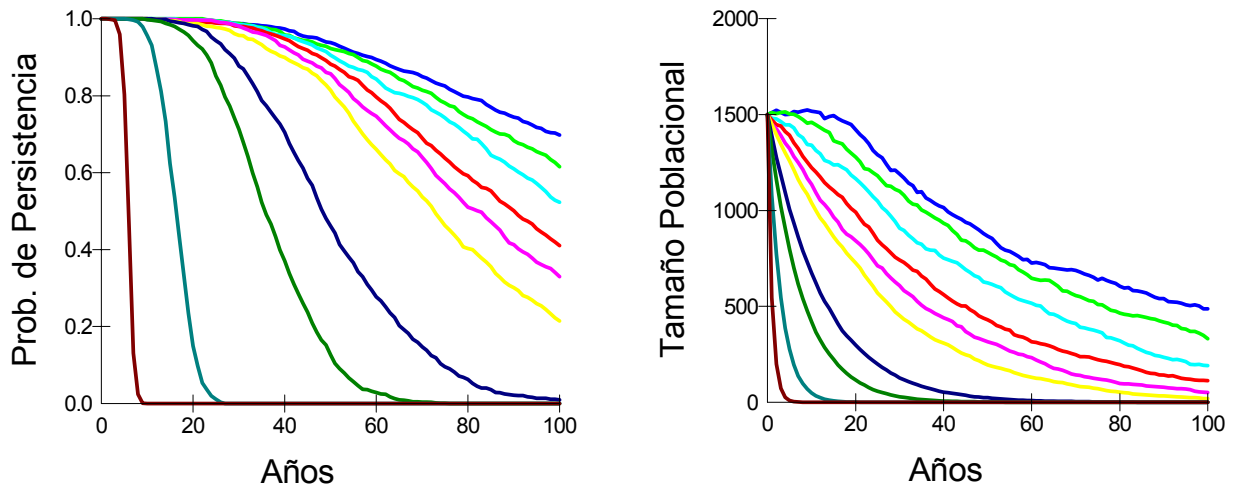


Figura 11. Probabilidad de persistencia proyectada y promedios de tamaño poblacional con la mortalidad anual establecida en 5% (modelo base), 6%, 7%, 8%, 9%, 10%, 15%, 20%, 40%, u 80% (de arriba abajo).

Capacidad de carga

Dados los otros parámetros en el modelo, las poblaciones están limitadas por otros factores y no se aproximan a la capacidad de carga. La capacidad de carga final podría afectar el número total de pingüinos de Galápagos, pero el aumento o disminuciones moderadas en esta variable tienen poco efecto en la probabilidad de extinción (Ver figura 12). Por ejemplo, disminuyendo la capacidad de carga en cada lugar a la mitad, aumenta el riesgo de extinción de 30% a 36%, mientras que los aumentos en la capacidad de carga tienen beneficios pequeños en la probabilidad de persistencia, debido a que otros factores (primordialmente la inestabilidad después de catástrofes como eventos de El Niño, ver abajo) amenazan a la población a pesar de tener un tamaño poblacional potencialmente grande. Si la capacidad del hábitat es reducida permanentemente al 25% de sus niveles actuales, la extinción se hace mucho más probable. Los cambios en la capacidad de carga sin embargo, impactan al promedio de tamaño poblacional.

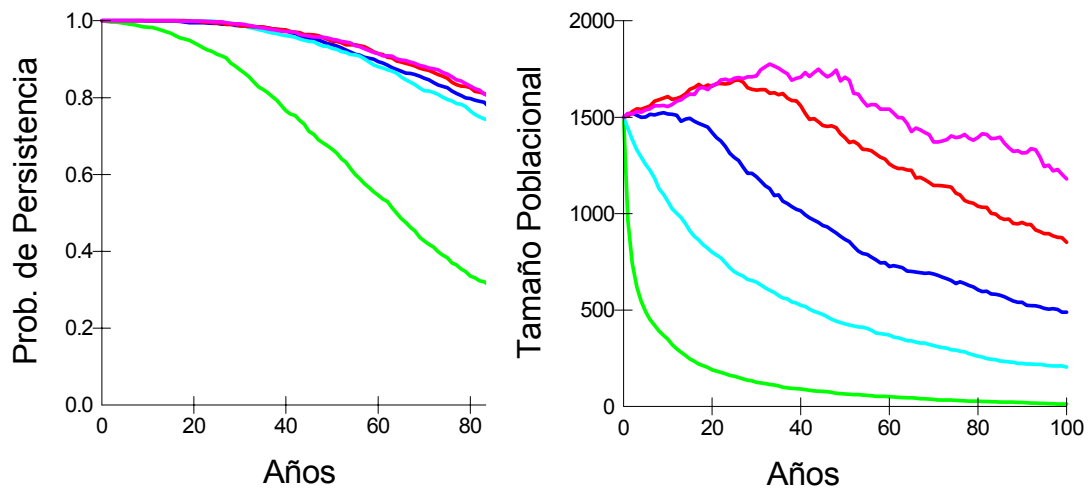


Figura 12. Probabilidad de persistencia proyectada y promedios de tamaño poblacional con capacidades de carga para las poblaciones de cada isla establecidas en 25%, 50%, 100%, 200%, o 400% (de abajo hacia arriba) de los valores estimados para el modelo base.

Catástrofes

La falta de una mejora significativa en la probabilidad de persistencia cuando se aumenta la capacidad de carga del hábitat, aún cuando los tamaños promedios de las poblaciones están respondiendo positivamente, sugiere que las poblaciones de los pingüinos de Galápagos se encuentran amenazadas por la inestabilidad relacionadas a declinaciones catastróficas periódicas en números. Las extinciones en el modelo de simulación ocurren después de declinaciones de la población de las cuales son incapaces de recuperarse antes de que la próxima catástrofe ocurra. En nuestro modelo base, incluimos los impactos de los eventos de El Niño, ocurriendo con la frecuencia y severidad que han sido observados en épocas recientes, e incluimos el impacto de erupciones volcánicas. Otras catástrofes que podrían ser causadas por humanos (p.e. derrames de petróleo) o que podrían ser producidas por actividades humanas (p.e. introducción de nuevas enfermedades) no fueron incluidas en el modelo base, pero podrían ser nuevas amenazas significativas para la especie.

Catástrofes: Eventos El Niño.

La figura 13 muestra la comparación entre el modelo base con el 5% de frecuencia de ocurrencia de eventos de El Niño fuertes y modelos con mayor o menor frecuencia de dichos eventos. La frecuencia de estos eventos fuertes tiene un gran efecto en el destino proyectado a largo plazo para el pingüino de Galápagos. Si los eventos de El Niño fuertes son raros, la proyección indica que la población va a persistir, y generalmente mantendría el mismo tamaño o lo

incrementaría. Esto está de acuerdo con lo que se obtuvo con el modelo Histórico, como se muestra en la Figura 2.

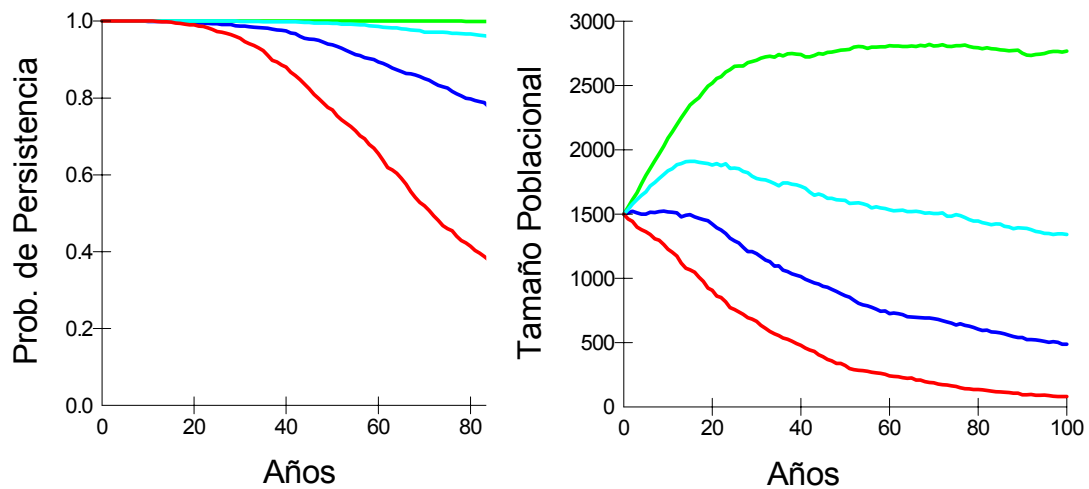


Figura 13. Probabilidades de persistencia proyectadas y promedios de tamaño poblacional con frecuencias de ocurrencia de eventos de El Niño fuertes establecidos en 1%, 3%, 5% (el modelo base), u 8% (de arriba a abajo).

Mientras que las acciones de manejo en la islas Galápagos no pueden alterar la frecuencia o severidad de los eventos de El Niño, la extrema sensibilidad de la especie a eventos de El Niño más frecuentes (y más severos) indica que se deben tomar acciones de conservación para proteger la especie de estas declinaciones periódicas. Estas acciones podrían incluir medidas de emergencia para ayudar a las poblaciones cuando ocurran eventos de El Niño o acciones de manejo que aumenten otros aspectos del comportamiento demográfico de la población de manera que pudiera recuperarse más rápido y con mayor eficiencia después de eventos de El Niño (Por ejemplo, mirar un modelo de éxito abajo).

La Figura 14 muestra los resultados proyectados si los eventos fuertes de El Niño se mantienen con la frecuencia estimada de 5%, pero causando una mortalidad menor que aquella del modelo base. Cuando los eventos de El Niño fuertes tienen impactos menores en los pingüinos, se proyecta que las poblaciones están relativamente seguras y mantienen un promedio poblacional alto- con un resultado similar al observado a cuando se modelaron los eventos con El Niño fuertes con una frecuencia menor.

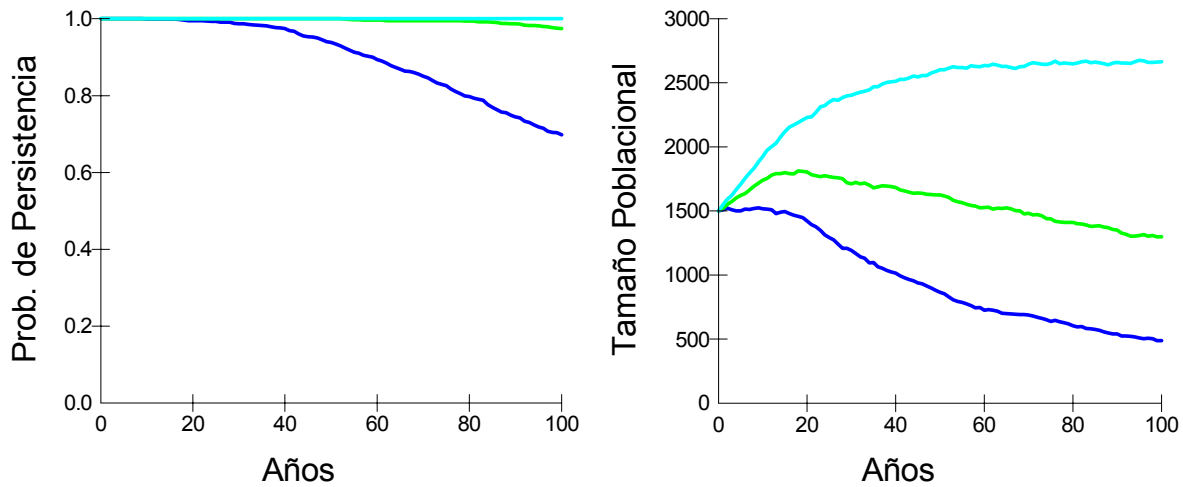


Figura 14. Probabilidades de persistencia y promedios de tamaño poblacional con la frecuencia de eventos de El Niño establecidas en 5%, 30%, 50%, o 70% (modelo base) de mortalidad durante los eventos (de arriba abajo).

Cambios en la frecuencia (Figura 15) o severidad (Figura 16) de los eventos de El Niño débiles, casi no tuvieron efecto en el resultado del modelo, lo cual indica que es el impacto de eventos fuertes lo que amenaza la estabilidad y la persistencia de la población.

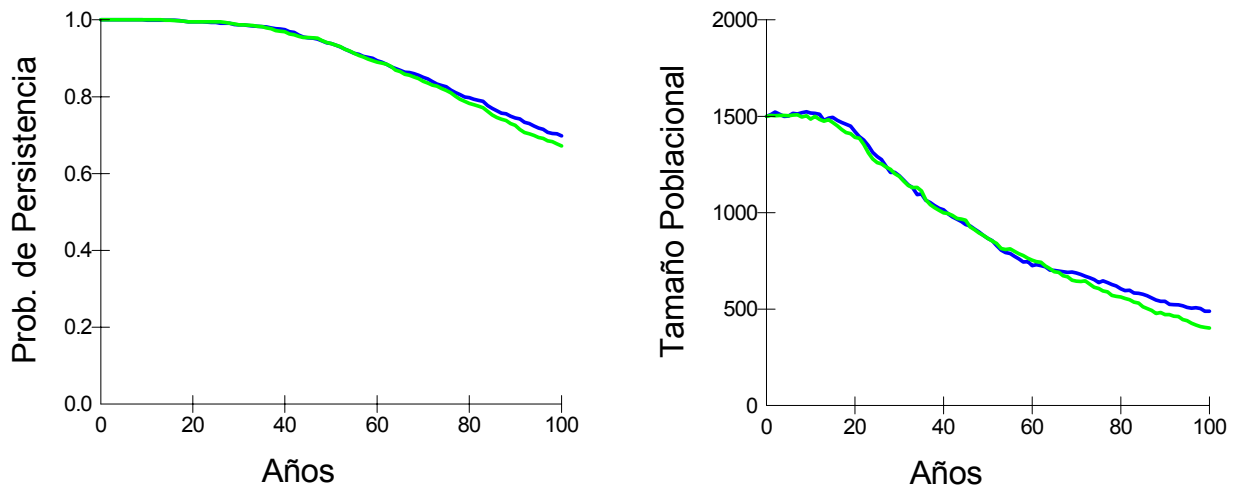


Figura 15. Probabilidades de persistencia proyectadas y promedios de tamaño poblacional con la frecuencia de ocurrencia de eventos de El Niño débiles establecidos en 20% (arriba; el modelo base) o 30% (abajo).

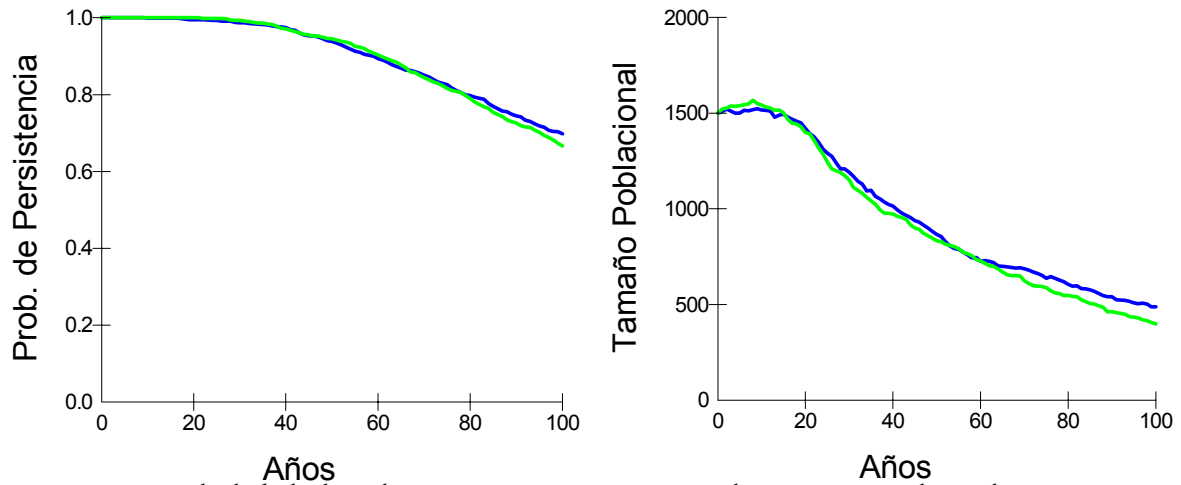


Figura 16. Probabilidades de persistencia proyectadas y promedios de tamaño poblacional con la frecuencia de eventos de El Niño débiles establecida en 20%, con una reproducción establecida en 60% (abajo) u 80% (arriba; modelo base) como la de los años en los que no hay El Niño.

Catástrofes: derrames de petróleo.

Un derrame de petróleo catastrófico puede matar muchas aves en un área determinada y puede aumentarla la probabilidad de extinción de la especie. Es difícil proyectar frecuencias probables o severidad dado que el impacto de un derrame de petróleo varía según sea la cantidad de aceite, la estación del año, las condiciones del océano, etc. Sin embargo, teniendo los impactos como estimaciones en nuestros modelos (50% de disminución en la reproducción y 30% de mortalidad cuando un derrame de petróleo ocurre localmente), los resultados en la Figura 17 ilustran el posible impacto: si un derrame de petróleo similar ocurriera cada 20 años en cada área, el riesgo de extinción de la población entera en los próximos 100 años aumenta por un 24%. En este modelo, se asume que Isabela y Fernandina serían afectadas simultáneamente por un derrame de petróleo. También se asume que Bartolomé-Santiago y Floreana son afectadas independientemente de los otros sitios.

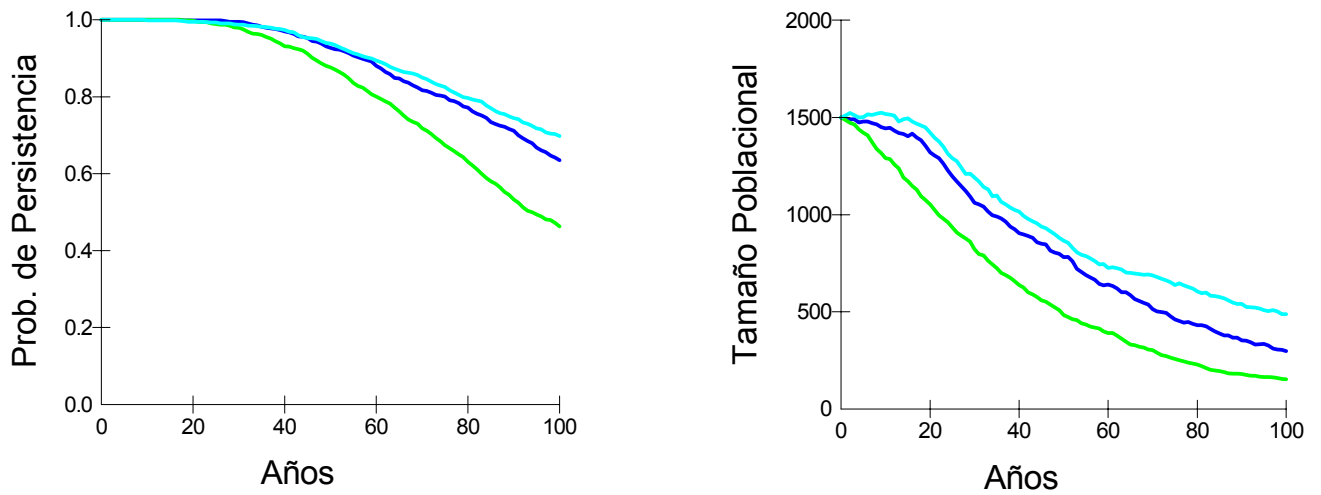


Figura 17. Probabilidades de persistencia proyectadas y promedios de tamaño poblacional con frecuencias de derrames de petróleo catastróficos de 0% (base), 2% o 5% en cada isla. (Arriba hacia abajo).

Otro problema de la polución por petróleo es la contaminación crónica de bajo nivel. Este tipo de contaminación se puede producir por la liberación de agua de centinas, derrames pequeños por cambios de aceites, vertidos menores por pangas, botes, fibras y derrames en muelles al transportar combustible, etc. Bajos niveles de contaminación puede reducir la reproducción por la reducción de intentos de reproducción y mortalidad de huevos.

Catástrofes: Enfermedad

Una variedad de enfermedades pueden conducir a serios brotes si esta especie que habita en una isla está en contacto con ellos. Se modelaron tres patrones diferentes de enfermedad. Se debe notar que efectos similares se pueden observar de una variedad de organismos productores de enfermedades que tiene patrones similares.

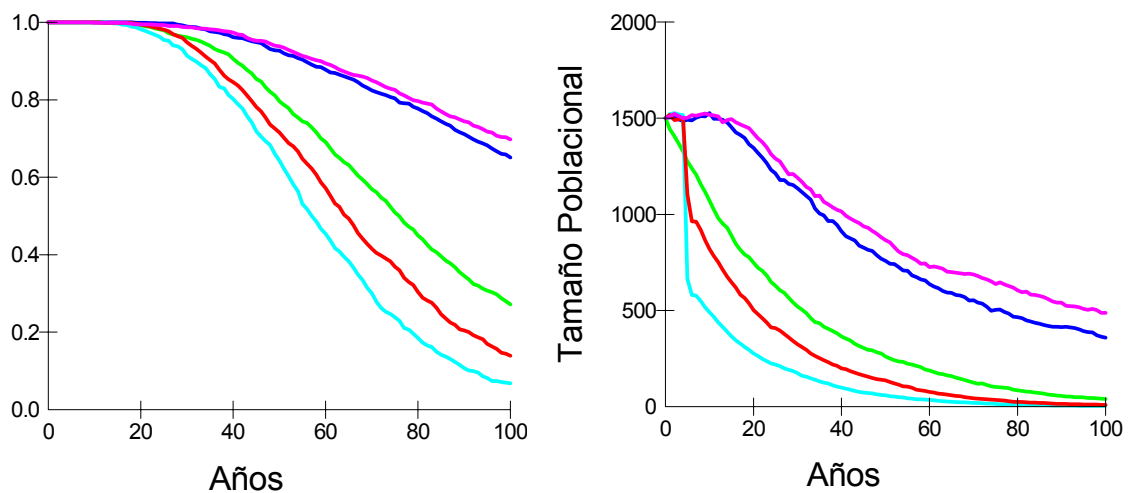


Figura 18. Probabilidades de persistencia proyectadas y promedios de tamaño poblacional para modelos que incorporan enfermedades (de arriba abajo): sin enfermedad, mareas rojas, enfermedad similar al cólera, llegada del virus del oeste del Nilo en el año 5 con un 15% de mortalidad inmediata y 5% de mortalidad en los años siguientes, o el virus del oeste del Nilo con 50% de mortalidad en el año del brote.

Enfermedad similar al cólera:

Nuestro modelo de una enfermedad similar al cólera (frecuencia de ocurrencia 20%; reducción de la reproducción a 0-30% de lo normal; sobrevivencia de adultos 90% de lo normal; brotes atacando independientemente a las diferentes poblaciones de las islas) causó un aumento en el modelo del 43% en el riesgo de extinción durante 100 años. Este 73% de probabilidad de extinción proyectada refuerza la importancia de prevenir la introducción y diseminación de nuevas enfermedades en esta pequeña población amenazada.

Enfermedad similar a la marea roja:

Una enfermedad como la marea roja, con un 2% de frecuencia, que no produce impacto en la reproducción, y la sobrevivencia reducida a 80% de lo normal, podría tener un pequeño efecto en el riesgo de extinción comparado al modelo base, debido a que las poblaciones parecen capaces de recuperarse de declinaciones poco frecuentes y de números bajos.

Enfermedad similar al virus del oeste del Nilo:

Cuando modelamos este tipo de enfermedad, con 15 a 50% de mortalidad durante un brote del virus del oeste del Nilo y una mortalidad crónica aumentada de 5% en los siguientes años (tomando como base la experiencia con pingüinos de Humboldt en cautiverio), la probabilidad de extinción durante los

próximos 100 años aumenta dramáticamente. La probabilidad de que la población persista bajo esas condiciones es de únicamente 7-14%.

Estabilidad con tamaños poblacionales pequeños.

La población más grande (en Isabela) es actualmente de cerca de $N = 1000$ con una capacidad estimada de cerca de 3000, pero algunas poblaciones (en Bartolomé- Santiago y en Floreana) son mucho más pequeñas y están más aisladas. Se quiso conocer que tan grande debe ser una población de manera que tenga una oportunidad de persistir si no está conectada por dispersión con otras poblaciones. Se analizaron modelos para una sola población aislada con una capacidad de carga de 50 a 1000, y el tamaño de la población de inicio en la mitad de esos valores (mirar figura 19). Aunque ninguna de las poblaciones en este rango tenía altas probabilidades de persistencia, las pequeñas poblaciones aisladas que pueden tener no más de 600 a 800 individuos fueron significativamente inestables en nuestros modelos. Por ejemplo, la probabilidad de persistir más de 100 años cae 50% en poblaciones aisladas con capacidad para menos de cerca de 500 aves.

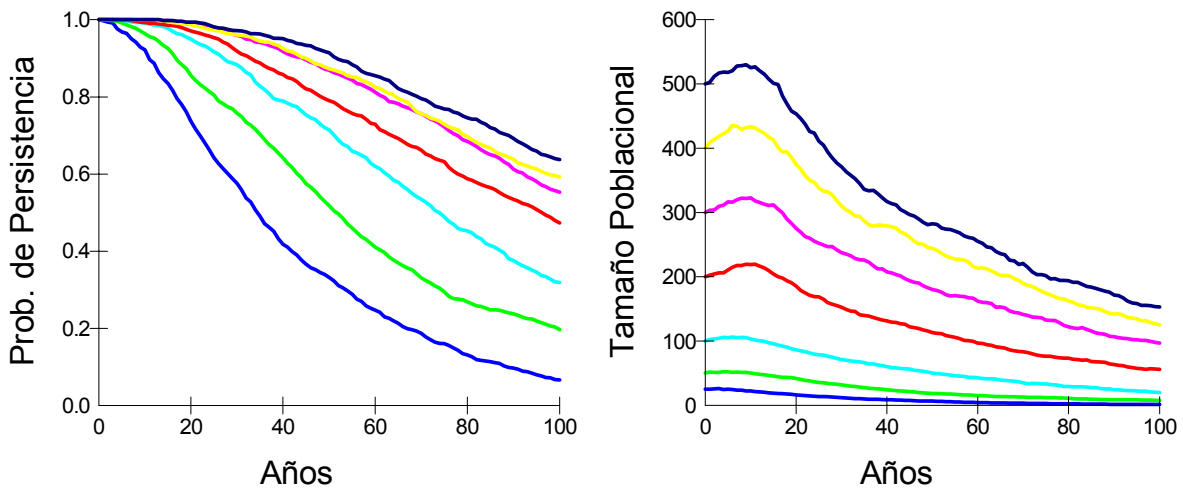


Figura 19. Probabilidades de persistencia proyectadas y promedios de tamaño poblacional para modelos de una población única aislada con una capacidad de carga de 50, 100, 200, 400, 600, 800 o 1000 (de abajo a arriba), y tamaños poblacionales iniciales establecidos a la mitad de la capacidad.

Población mínima viable-una especie se clasifica como Vulnerable si su probabilidad de extinción es $> 10\%$ en 100 años (UICN 2001, Criterio E). Con la suposición de que este estado desfavorable de conservación no es el deseado, la población mínima viable debe ser definida como una población que tiene un menor riesgo de extinción (Crawford *et al.* 2001). Sin embargo, una población

ideal debe ser mayor (Crawford 2004), basándose en la consideración de mantener las probabilidades de extinción de la población relativamente bajas en los próximos 100 años.

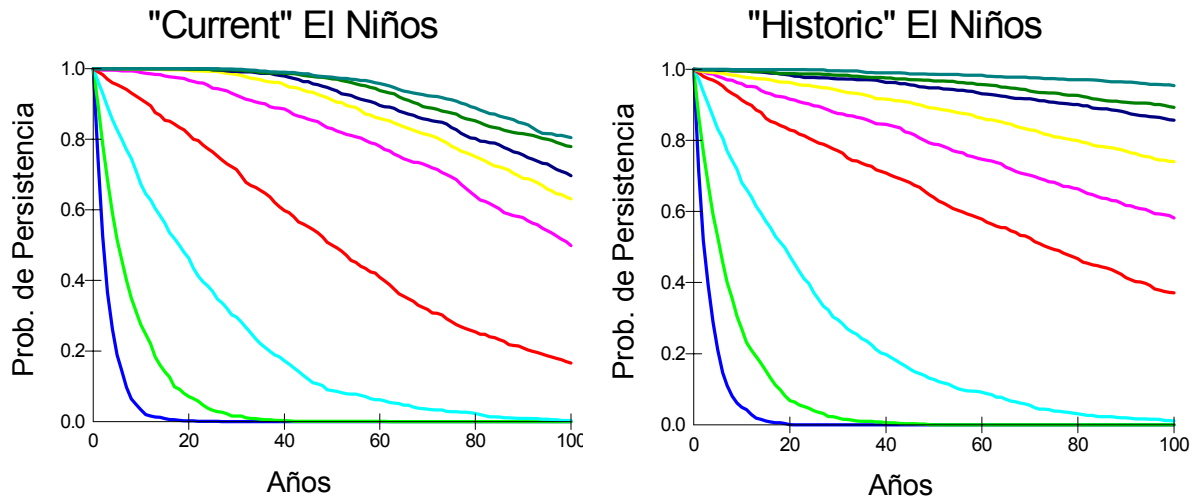


Figura 20. Probabilidades de persistencia proyectadas para modelos de una población aislada con las tasas actuales de eventos de El Niño severos (gráfico del lado izquierdo) con capacidad de carga y tamaño inicial de 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500, 2000, 2500, o 3000 (de arriba abajo), o con tasas históricas estimadas de eventos de El Niño severos (gráfico del lado derecho) con capacidad de carga y tamaño inicial de 250, 500, 750, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, o 1500.

El modelo fue corrido para varios tamaños poblacionales (con el tamaño inicial establecido igual que la capacidad de carga), mientras se utilizaba las tasas demográficas para el escenario actual, para estimar un tamaño para toda la población de pingüinos de Galápagos que tendrá una probabilidad de extinción del 10% en 100 años (comparada a la probabilidad de extinción actual del 30%).

Bajo las condiciones ingresadas que se describen anteriormente, incluyendo la frecuencia del 5% de eventos de El Niño fuertes, no existe ninguna población mínima viable tal y como se define (Figura 20. lado izquierdo). La población podría estar en declinación en el año promedio, debido a una mayor frecuencia de eventos de El Niño fuertes, conduciendo a la extinción ya que la mortalidad promedio excede al reclutamiento. Aún con tamaños poblacionales iniciales altos (p.e., $N = 3000$), hay un 20% de probabilidades de extinción en 100 años.

Bajo condiciones históricas (2% de riesgo de El Niño fuertes), la única población viable que alcanzaría los criterios de $< 10\%$ de probabilidades de extinción en

100 años sería la de 1400 individuos (Figura 20, lado derecho, segunda línea desde arriba)

Manejo en cautiverio

El escenario actual predice una gran probabilidad de que la población de pingüinos de Galápagos continúe declinando, por lo que esa población se convertiría en Extinguida en la naturaleza (riesgo de extinción proyectado del 30% en 100 años). Se debe considerar la posibilidad de desarrollar un programa de reproducción en cautiverio. Se discutió la pregunta de cuándo se debería iniciar un programa de este tipo. Se consideró que sería poco aconsejable esperar hasta que la población estuviera cercana a la extinción, y el grupo de trabajo pensó que el programa debería ser iniciado cuando hubiera un 10% de probabilidad de extinción en 50 años. En el actual modelo, con la capacidad de carga establecida en 4200, esto ocurre cuando el tamaño poblacional total se encuentra cercano a los 500 individuos.

Antes de considerar el inicio de un programa en cautiverio, se debe desarrollar un plan de acuerdo con lo Lineamientos de UICN para reproducción ex situ, y deberá desarrollarse de acuerdo con los lineamientos para el manejo en cautiverio de pingüinos del género *Spheniscus*.

ESTADO DE CONSERVACIÓN

Tal y como se define en los criterios de la Listas Rojas de la UICN (2001), la duración de la generación es la edad promedio de los padres del cohorte actual (p. e., individuos recién nacidos en la población). Por lo tanto, la duración de la generación refleja la tasa de reposición de los individuos que se reproducen en una población. La duración de la generación es mayor que la edad de la primera reproducción y menor que la edad del individuo más viejo que se reproduce, con excepción de los taxones que se reproducen únicamente una vez. De acuerdo a los parámetros utilizados en este modelo base, la duración de generación de los pingüinos de Galápagos es de 9.2 años. Según el modelo actual la probabilidad de extinción proyectada en 46 años (seis generaciones) es de 5%. En 1970-71, Boersma contó 1931 pingüinos de Galápagos; en el 2004 Vargas contó 850, lo que representa una disminución del 56% en menos de 4 generaciones. El grupo de trabajo cree que los pingüinos de Galápagos actualmente se encuentran Amenazados bajo el criterio de UICN (2001) B1a, b y c; B2a, b y c.

UN MODELO POBLACIONAL EXITOSO (cerca de 0% de riesgo de extinción en 100 años)

Con el fin de alcanzar el éxito, p.e. reducir el riesgo de extinción a cerca de 0% en 100 años, se deben alcanzar los siguientes parámetros, los cuales fueron priorizados en este orden:

Mantener la mortalidad anual de adultos por debajo del 5%

Aumentar el número de hembras que se reproducen con éxito cada año a 67%.

a. Aumentar la sobrevivencia de juveniles (los que salen del nido a 1 año) de 33% a 50%.

b. Disminuir la mortalidad en la clase de 1 a 2 años de edad de 25% a 20%.

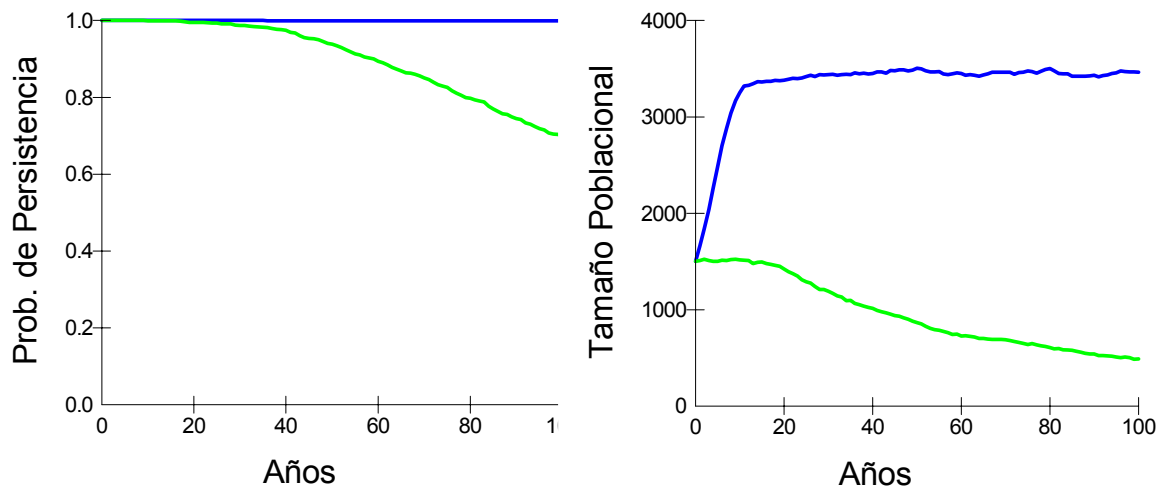


Figura 21. Probabilidades de persistencia proyectadas y promedios de tamaño poblacional para el escenario actual (líneas de abajo) comparado con la estrategia que ha sido proyectada para tener éxito en asegurar el futuro de los pingüinos de Galápagos (líneas de arriba).

Con el fin de alcanzar esta situación, el grupo de trabajo identificó una serie de necesidades de investigación y de manejo que se desprendieron del modelo poblacional resultante.

Recomendaciones de investigación (priorizadas):

- I. Continuar el monitoreo de la población; determinar el impacto de El Niño basándose en la condición corporal (Ver IVc) y sobrevivencia en diferentes clases de edad (mirar II).
- II. Determinar las tasas de sobrevivencia de adultos y juveniles.
- III. a. Determinar los niveles de mortalidad producidos por enredarse con aparejos de pesca.
b. Determinar la dieta del pingüino de Galápagos.
- IV. a. Determinar la edad de la primera reproducción.

- b. Investigar los efectos producidos al proveer nidos artificiales sobre el éxito reproductivo.
- c. Investigar y documentar el estado actual en cuanto a salud, condición corporal, enfermedades y parásitos.
- V. Determinar la dispersión entre las islas/ poblaciones, incluyendo la marcación y el rastreo.
- VI. Determinar la variabilidad genética actual e histórica.
- VII. Examinar la diversidad genética y las diferencias en frecuencia genética entre las islas; estimar la estructura genética / el flujo entre poblaciones.
- VIII. Documentar la proporción de sexos entre los adultos.

Recomendaciones para el manejo:

Las siguientes recomendaciones para el manejo se obtuvieron de una discusión en el plenario en la que se consideraron las discusiones y las recomendaciones de los otros grupos de trabajo en el contexto de los resultados del modelo poblacional.

El Parque y el manejo:

- I. Crear un parque marino para Isabela y Fernandina en el que no se permita la extracción de recursos marinos.
- II. Organizar un taller con los principales líderes y expertos para decidir y evaluar las zonas más relevantes para manejo marino.
- III. Desarrollar e implementar planes para manejo adaptativo de turismo y pesca durante períodos de alto riesgo para la población de pingüinos (derrames de petróleo, eventos de El Niño, enfermedades) de manera que se aminoren los impactos negativos. Esto puede incluir el cambio de itinerarios de cruceros de turismo o su frecuencia, programación de la pesca, etc.
- IV. Preparar planes de contingencia para la respuesta rápida a nuevas amenazas (p. e. Derrames de petróleo, animales introducidos, enfermedades) Contactar o trabajar con SANCCOB (África del Sur) para desarrollar planes específicos para la eventualidad de derrames de petróleo.

Control biológico: enfermedad y depredadores

- I. Prevenir la llegada de enfermedades nuevas. Incluir el control de insectos vectores en vuelos locales, nacionales e internacionales.
- II. Aplicación efectiva de la cuarentena a los pescadores (así como a los administradores del parque, investigadores, turistas)

- III. Aumentar el control de los desechos líquidos, incluyendo el agua de lastre y centinas, sistemas sépticos y sistema de aguas de desecho con combustibles.
- IV. Erradicar depredadores introducidos (ratas, gatos, perros y hormigas).

Aumento de la reproducción

- I. Establecer un programa para la introducción de nidos artificiales.
- II. Evaluar la posibilidad de reproducción en cautiverio.

Educación

- I. Reforzar la educación ambiental a nivel de las comunidades locales, especialmente los pescadores.
- II. Crear programas para proveer información sobre los pingüinos de Galápagos a los usuarios del parque marino.

Pesquerías

- I. Prohibir la pesca con anzuelos (utilizados en la pesca de línea larga y en la hand lining artesanal)
- II. Buscar maneras de eliminar las pesquerías a través de esquemas de buy out o alternativas de empleo.
- III. Excluir los pescadores de algunas áreas que tienen pingüinos (tierra y mar).
- IV. Regular el uso de redes de pesca de monofilamento.

Reducir la posibilidad de contaminación por petróleo

- I. Aumentar la eficiencia en la utilización del combustible en todos los botes y generadores eléctricos.
- II. Investigar e implementar programas para el uso de energías alternativas (solar, viento).
- III. Instar a la Marina Mercante para que requiera la utilización de motores de cuatro tiempos para la pesca y el turismo.
- IV. Demandar a Petrocomercial que haga gasolina de mejor calidad y más pura.

REFERENCIAS

- Akst, E.P., P.D. Boersma, and R.C. Fleischer. 2002. A comparison of genetic diversity between the Galapagos and the Magellanic Penguin. *Conservation Genetics* 3: 375-383.
- Boersma, P. D. 1977. An ecological and behavioral study of the Galapagos Penguin. *Living Bird* 15:43-93.
- Boersma, P.D. 1998. Population trends of the Galápagos penguin: impacts of El Niño and La Niña. *The Condor* 100:245-253.
- Brandt, G. 2004. Regional Studbook for the Humboldt Penguin *Spheniscus humboldti*. Brookfield, IL: Chicago Zoological Society.
- Crawford, R.J.M. 2004. Accounting for food requirements of seabirds in fisheries management – the case of the South African purse-seine fishery. *Afr. J. Mar. Sci.* 26:197-203.
- Crawford, R.J.M., D. M. Allwright and C.W. Heyl. 1992. High mortality of Cape Cormorants (*Phalacrocorax capensis*) off western South Africa in 1991 caused by *Pasteurella multocida*. *Colonial Waterbirds* 15:236-238.
- Crawford, R.J.M., J.H.M. David, L.J. Shannon, J. Kemper, N.T.W. Klages, J.-P. Roux, L.G. Underhill, V.L. Ward, A. J. Williams and A.C. Wolfaardt. 2001. African penguins as predators and prey – coping (or not) with change. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 23:435-447.
- Crawford, R.J.M., S.A. Davis, R. Harding, L.F. Jackson, T.M. Leshoro, M.A. Meyer, R.M. Randall, L.G. Underhill, L. Upfold, A.P. van Dalsen, E. van der Merwe, P.A. Whittington, A.J. Williams, and A.C. Wolfaardt. 2000. Initial impact of the Treasure oil spill on seabirds off western South Africa. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 22:157-176.
- Crawford, R.J.M., L.J. Shannon and P.A. Whittington. 1999. Population dynamics of the African penguin *Spheniscus demersus* at Robben Island, South Africa. *Marine Ornithology* 27:139-147.

Ellis, S., J.P. Croxall, and J. Cooper. 1998. Penguin conservation assessment and management plan. IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group, Apple Valley, USA.

Gilpin, M.E., and M.E. Soulé. 1986. Minimum viable populations: processes of extinction. Pages 19-34 in: Soulé, M.E. (ed.). Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity. Sunderland, MA: Sinauer Associates.

Guerra, G.G. and H. Oyarzo 1992. Efectos de la nidificación estival/invernal sobre parámetros seleccionados de la historia de vida del pingüino del Humboldt *Spheniscus humboldti*. Informe de Avance e Informe Final. Proyecto Fondecyt 90-0599.

IUCN 2001. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
Lacy, R.C. 1993/1994. What is Population (and Habitat) Viability Analysis? Primate Conservation 14/15:27-33.

Lacy, R.C. 1993/1994. What is Population (and Habitat) Viability Analysis? Primate Conservation 14/15:27-33.

Lacy, R.C. 2000. Structure of the VORTEX simulation model for population viability analysis. Ecological Bulletins 48:191-203.

Lacy, R.C., M. Borbat, and J.P. Pollak. 2005. Vortex: A stochastic simulation of the extinction process. Version 9.50. Chicago Zoological Society. Brookfield, IL, USA.

Miller, P.S., and R.C. Lacy. 2003. VORTEX: A Stochastic Simulation of the Extinction Process. Version 9 User's Manual. Conservation Breeding Specialist Group (SSC/IUCN), Apple Valley, Minnesota.

Mills, K., and H. Vargas. 1997. Current status, analysis of census methodology, and conservation of the Galapagos Penguin (*Spheniscus mendiculus*). Noticias de Galápagos 58: 8-15.

Nel, D.C., F. Taylor, P.G. Ryan, and J. Cooper. 2003. Population dynamics of the wandering albatross *Diomedea exulans* at Marion Island: longline fishing and environmental influences. Afr. J. Mar. Sci. 25:503-517.

Randall, R.M. 1983. Biology of the Jackass Penguin *Spheniscus demersus* (L.) at St. Croix Island, South Africa. PhD. Thesis. University of Port Elizabeth.

Schreiber, E. A. 2002. Climate and weather effects on seabirds. Pages 179-216 in E. A. Schreiber, and J. Burger, eds. Biology of Marine Birds. CRC Press, Boca Raton, Florida

Shaffer, M.L. 1981. Minimum population sizes for species conservation. Bioscience 1:131-134.

Shannon, L.J., and R.J.M. Crawford. 1999. Management of the African Penguin *Spheniscus demersus* – insights from modeling. Marine Ornithology 27:119-128.

Trenberth, K. E., and T. J. Hoar. 1996. The 1990-1995 El Niño-Southern Oscillation event: Longest on record. Geophysical Research Letters 23:57-60.

Travis, E.K., Vargas, F.H., Merkel, J., Gottdenker, N., Miller, E., & Parker, P.G. (en prensa) Hematology, serum chemistry, and disease surveillance of the Galápagos penguin (*Spheniscus mendiculus*) in the Galápagos Islands, Ecuador. Journal of Wildlife Diseases.

Valle, C. A., and M. C. Coulter. 1987. Present Status of the Flightless Cormorant Galapagos Penguin and Greater Flamingo Populations in the Galapagos Islands Ecuador after the 1982-83 El Niño. Condor 89:276-289.

Vargas, H., C. Loughheed, and H. Snell. 2005. Population size and trends of the Galapagos Penguin *Spheniscus mendiculus*. Ibis 147:367-374.

Vargas, F.H., Harrison, S., Rea, S., & Macdonald, D.W. 2006. Biological effects of El Niño on the Galápagos penguin. Biological Conservation, 127, 107-114.

Vargas, F.H., Lacy, R.C., Johnson, P., Steinfurth, A., Crawford, R.J.M., Boersma, P.D., & Macdonald, D.W. (en preparación). Modeling the effect of El Niño on the persistence of small populations: the Galápagos penguin as a case study.

Whittington, P.A. 2002. Survival and movements of African penguins especially after oiling. PhD thesis, University of Cape Town.

Whittington, P. A., B. M. Dyer, and N. T. W. Klages. 2000. Maximum longevities of African Penguins *Spheniscus demersus* based on banding records. *Marine Ornithology* 28:81-82.

Wiedenfeld, D.A., and H. Vargas. 2004. Penguin and Cormorant Survey 2004. Report to the Charles Darwin Research Station and the Galapagos National Park Service. Puerto Ayora: Charles Darwin Research Station.

Williams, T.D. 1995. *The Penguins*. Oxford University Press, NY.

Zavalaga, C.B. and R. Paredes. 1997. Humboldt penguins at Punta San Juan, Peru. *Penguin Conservation* 10:6-8.

Galapagos penguin

Working Group: Population Modeling

Participants: Bob Lacy, Hernan Vargas, Rob Crawford, Patty McGill, David Wiedenfeld, Bob Mauck, Dee Boersma, Carlos Zavalaga, Alejandro Simeone.

Background: Modeling and Population Viability Analysis

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

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

Models of population dynamics, which incorporate causes of fluctuations in population size in order to predict probabilities of extinction, and to help identify the processes, which contribute to a population's vulnerability, are used in "Population Viability Analysis" (PVA)

(Lacy 1993/4). For the purpose of predicting vulnerability to extinction, any and all population processes that impact population dynamics can be important. Much analysis of conservation issues is conducted by largely intuitive assessments by biologists with experience with the system. Assessments by experts can be quite valuable, and are often contrasted with "models" used to evaluate population vulnerability to extinction. Such a contrast is not valid, however, as *any* synthesis of facts and understanding of processes constitutes a model, even if it is a mental model within the mind of the expert and perhaps only vaguely specified to others (or even to the expert himself or herself).

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

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

theory, simulation programs can be used to build models of population dynamics that include all the knowledge of the system which is available to experts. In practice, the models will be simpler, because some factors are judged unlikely to be important, and because the persons who developed the model did not have access to the full array of expert knowledge.

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

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

VORTEX Population Viability Analysis Model

For the analyses presented here, version 9.50 of the VORTEX (Lacy *et. al.* 2005) computer software for population viability analysis was used. VORTEX models demographic stochasticity (the randomness of reproduction and deaths among individuals in a population), environmental variation in the annual birth and death rates, the impacts of sporadic catastrophes, and the effects of inbreeding in small populations. VORTEX also allows analysis of the effects of losses or gains in habitat, harvest or supplementation of populations, and movement of individuals among local populations.

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

VORTEX models loss of genetic variation in populations, by simulating the transmission of

alleles from parents to offspring at a hypothetical genetic locus. Each animal at the start of the simulation is assigned two unique alleles at the locus. During the simulation, VORTEX monitors how many of the original alleles remain within the population, and the average heterozygosity and gene diversity (or “expect heterozygosity”) relative to the starting levels. VORTEX also monitors the inbreeding coefficients of each animal, and can reduce the juvenile survival of inbred animals to model the effects of inbreeding depression.

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

In *population-based* models (which VORTEX is not), the model tracks the total numbers of animals in each age and sex class, but not the fates of individuals. The numbers in the subsequent time steps are determined by using theoretical equations, which predict the changes in population size from the mean demographic rates. Demographic stochasticity is often modeled by letting the demographic rates used in the equations fluctuate, or by adding a correction factor which modifies the final population sizes by amounts sampled from theoretical distributions that describe the expected amount of demographic stochasticity.

Individual-based models, like VORTEX, can be thought of as being “bottom-up” models, in which population dynamics are modeled by simulating the demographic events (e.g., births, dispersal, deaths) which generate those dynamics. In contrast, a more “top-down” approach would use equations derived from theory to predict the population changes which would result from the specified demographic rates. “Bottom-up” models can usually be made to model very complex and interacting processes, but can be rather slow to run. “Top-down” models are usually faster and more general, but rely on the accuracy of theoretical equations that are based on simplifying assumptions, which may not always be appropriate.

VORTEX requires lots of population-specific data, rather than using ecological theory to generate many parameters describing population processes. For example, the user must specify the amount of annual variation in each demographic rate caused by fluctuations in the environment. In addition, the frequency of each type of catastrophe (drought, flood, epidemic disease) and the effects of the catastrophes on survival and reproduction must be specified. Rates of migration (dispersal) between each pair of local populations are specified, rather than being assumed to be a simple function of distance or other parameters. Because VORTEX requires specification of many biological parameters, it is not necessarily a good model for the examination of population dynamics that would result from some generalized life history. It is perhaps more usefully applied to the analysis of a specific population in a specified environment.

The VORTEX outputs are extensive, including text, tables and graphs. The program is written in the C programming language with a Microsoft Visual Basic user-interface for data input, analysis, and output development. VORTEX is not copy protected, and users are encouraged to provide copies of the disk and manual to any other people who might have a need for the program. It is available on the Internet at <http://www.vortex9.org/vortex.html>. Further information on VORTEX is available in Lacy (2000) and Miller and Lacy (2003).

Dealing with uncertainty

Estimates of the key biological parameters used by the VORTEX model were provided by participants at the workshop on the Galapagos penguin, which was held in Puerto Ayora, Galapagos, Ecuador, in February 2005. Some of the values were readily obtained from field data, and there was little uncertainty in the appropriate value to use for modeling. For some other parameters, biologists at the workshop had different information, or interpreted the same data in different ways, and consequently had divergent views on what values best described the population of Galapagos penguin. In many of these cases, data from congeners (African, Humboldt, and Magellanic penguins) were used as estimates. For some other parameters, there are no quantitative data, and the field biologists had to make guesses (often, after some arm-twisting) based on general knowledge of the species and habitat. When there was uncertainty regarding an important biological parameter, analyses were run with alternative plausible values (“sensitivity testing”).

It is important to recognize that uncertainty regarding the biological parameters occurs at several levels and for independent reasons. Uncertainty can occur because the parameters have never been measured on the population. Uncertainty can occur because limited field data have yielded estimates with potentially large sampling error. Uncertainty can occur because independent studies have generated discordant estimates. Uncertainty can occur because environmental conditions or population status have been changing over time, and field surveys were conducted during periods that may not be representative of long-term averages. Uncertainty can occur because the environment will change in the future, so that measurements made in the past may not accurately predict future conditions.

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

The above kinds of uncertainty should be distinguished from several more sources of uncertainty about the future of the population. Even if long-term average demographic rates are known with precision, variation over time caused by fluctuating environmental conditions

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

Questions to be explored

Below are some of the interrelated questions and issues which were discussed at the workshop and which have begun to be explored by PVA simulation modeling.

Using the best current information on the biology of the taxon and its habitat, are the only known naturally occurring populations projected to persist if all conditions remain as they are now? If the population is at risk of extinction, is the extinction expected to result primarily from negative average population growth (mean deaths exceeding mean births), from large fluctuations in numbers, from an inability to recover from periodic catastrophic declines, from effects of accumulated inbreeding, or from a combination of these factors? Beyond just the persistence of the population, is the expected rate of loss of genetic variation within the limits that are deemed acceptable? Which factors have the greatest influence on the projected population performance? If important factors are identified, management actions might be designed to improve these factors or ameliorate the negative effects.

Goals

The goals of the population modeling working group included the following activities:

1. Build baseline model(s) that indicates population projections for Galapagos penguins;
2. Develop estimates of the minimum viable population;
3. Do sensitivity analyses of factors that we believe may be most important to the survival of the Galapagos penguin population;
4. Develop a set of findings from the modeling that helps to inform research and management objectives for the future;
5. Develop a set of factors that will predict near 0% probability of extinction within 100 years, given reasonable assumptions of possible scenarios regarding environmental change and human impacts; and
6. Re-evaluate the IUCN conservation status.

INPUT PARAMETERS FOR POPULATION MODELLING

Values for parameters used in the population model were obtained from the literature, provided by workshop participants from field studies in progress, or assumed from information available for other species of *Spheniscus* penguins. The sensitivity of the model to the different parameters was explored to highlight those parameters for which further information is especially necessary.

The model was run in increments of one year over 100 years because the World Conservation Union (IUCN) uses the probability of extinction of a species within this time period as a means of estimating its conservation status (criterion E, IUCN 2001). For each specification of input parameters, the model was run 1000 times to estimate the probability of extinction and to provide mean and standard deviation of population size throughout the simulation period. Extinction was defined as occurring when only birds of one sex remained alive in the population.

For input parameters that were thought to be important to the model and that were uncertain or over which participants felt there was some degree of variability, sensitivity analyses were run to examine their impact on the model in terms of risk of extinction and overall population size.

Inbreeding depression was not included in the model. It was supposed that the species had already been through multiple bottle-necks, hence it may be unlikely to suffer further inbreeding depression, even if it experiences additional bottlenecks. Current genetic diversity of Galapagos penguins at sampled microsatellite loci is 3%, about 15 times lower than that for other *Spheniscus* species (c.f., Magellanic penguins 46%; Akst *et al.* 2002). This may mean that the ability of the species to respond to new challenges is low. Therefore, new threats to the population may be more important than a currently low population size per se, i.e. inbreeding depression may be less significant than low genetic diversity. However, inbreeding depression may still be important. Studies of other (mammalian) species show that, even for species that have already been through bottlenecks, when they go through a new bottleneck, inbreeding depression can still be significant. The larger breeding colonies of Galapagos penguins have sufficient individuals so that significant further inbreeding is not likely, unless other factors first cause steep declines. The vulnerability of smaller colonies may depend on their rates of exchange with other colonies.

Breeding system – it was assumed that Galapagos penguins are monogamous, with generally long-lasting pair bonds. Of 50 pairs followed for two breeding seasons, only 11% switched mates (Boersma 1977).

Age at first breeding has not been measured for the Galapagos penguin. It was assumed that on average birds of both sexes breed for the first time at an age of three years. Values of two and four years were also tested. In other *Spheniscus* species age at breeding is: African penguin 3-6 years, but usually 4 years (Randall 1983, Crawford *et al.* 1999, Whittington 2002); Humboldt penguin 3-4 years (Guerra & Oyarzo 1992 in Ellis *et al.* 1998); Magellanic penguin

females 4-5 years (12.8% start breeding at 4 years), males 6-7 years (30.7% of males start breeding at 5 years; Williams 1995). In captivity, male Humboldt penguins have been physiological capable of breeding at 16 months (McGill, pers. comm.)

Maximum age at breeding was assumed to be 20 years, but values of 15 and 10 years were also tested. The Humboldt penguin in the wild is not thought to breed beyond an age of about 20 years (Zavalaga pers. obs.); in the captive North American population of Humboldt penguins, females generally cease breeding at about age 22, whereas males can breed into their 30's (Brandt 2004). A Galapagos penguin aged 11 years has been known to breed in the wild (Williams 1995).

Sex ratio of offspring at birth was assumed to be 1:1. For the Humboldt penguin, in about 350 birds killed in fishing nets at Punta San Juan, Peru, the sex ratio was close to 1:1 (Zavalaga and Paredes 1997). Subsequent to the PHVA Workshop, results derived from genetic sexing of Galapagos penguins carried out in the laboratory of Patricia Parker indicate a male-biased sex ratio of 60:40. Such a skewed sex ratio may be due to a higher mortality rate of females during El Niño events, but the impact of this has not yet been explored by modeling.

Maximum clutch size – two eggs per clutch but birds may double brood.

Proportion of adults that breed – recent information suggests that 56.7% of mature females successfully fledge young in a given breeding season. The balance is made up of failed breeders and birds that did not attempt breeding (see table below, A. Steinfurth pers. comm.). Values of 47%, 67% and 77% were also modeled. It is thought that if nesting space is limiting, it may be possible to increase the proportion of birds breeding by providing artificial nesting sites. The standard deviation of the percentage breeding was taken to be 13%, using information from the African penguin (Shannon and Crawford 1999).

Breeding success – Antje Steinfurth provided data from nests monitored for two years, mostly on Isabela. Among adult females that were monitored within a given year, 25.8% made no nesting attempts, 42.4% made one nesting attempt, and 31.8% made two nesting attempts. Among 99 clutches that were monitored, 33% failed and 67% succeeded in fledging at least one chick. Of those that succeeded, 45% fledged one chick and 55% fledged two chicks. From these data, if we assume that nesting success is independent among clutches, we can calculate the following rates of breeding success. (If success is not independent, then the distribution of numbers of fledglings per female would be different, but the overall average rate of breeding success would still be the same as given below.)

Success per nesting attempt:

33% fledge 0

30% fledge 1 (67% x 45%)

37% fledge 2 (67% x 55%)

Success per adult female:

43.2% did not fledge young $[0.258 + (0.424) \times (0.33) + (0.318) \times (0.33) \times (0.33)]$

19.0% produce 1 fledging $[(0.424) \times (0.30) + (0.318) \times 2 \times (0.33) \times (0.30)]$
 26.3% produce 2 fledglings $[(0.424) \times (0.37) + (0.318) \times ((0.30) \times (0.30) + (2 \times (0.33) \times (0.37)))]$
 7.0% produce 3 fledglings $[(0.318) \times 2 \times (0.30) \times (0.37)]$
 4.4% produce 4 fledglings $[(0.318) \times (0.37) \times (0.37)]$

Therefore, among the 56.7% of breeding females that fledge chicks:

33.5% fledge 1 chick [0.190 / 0.567]
 46.4% fledge 2 chicks [0.263 / 0.567]
 12.4% fledge 3 chicks [0.070 / 0.567]
 7.7% fledge 4 chicks [0.044 / 0.567]

Survival – In the absence of information for the Galapagos penguin or any other *Spheniscus* penguin, the survival of males and females was assumed to be equivalent. If sexes forage in different areas, as has been shown for some albatrosses and petrels (e.g., Nel *et al.* 2003), this may not be the case.

Although survival has not been monitored directly (for example, via banding large numbers of birds), it can be inferred from the censuses of Vargas and colleagues for colonies on Fernandina, Isabela, and Santiago (unpublished, but the data are included within the numbers reported in Vargas *et al.* 2005). In the table below, the total N column shows the combined adult + juvenile counts. Return Rate = N(adults) in one year / Total N from the previous year. If we assume no dispersal to or from other sites, or the same average number dispersing to as away from the censused population, then the Return Rate should approximate the average survival. (Numbers greater than 100% can result from inaccuracies of counts, or from dispersal, but the average rate across years might still be reasonably accurate.)

Year	Adults	Juveniles	Total N	Return Rate
1993	379	237	616	
1994	643	206	849	1.044
1995	402	145	547	0.473
1996	706	113	819	1.291
1997	883	184	1067	1.078
1998	421	0	421	0.395
1999	504	169	673	1.197
2000	543	134	677	0.807
2001	632	105	737	0.934
2002	633	137	770	0.859
2003	648	63	711	0.842
2004	696	111	807	0.979

The large variation in Return Rate from year to year can be caused by:

- inaccuracies of counts
- dispersal of penguins to and from the area of the census
- demographic stochasticity (random, chance fluctuations in survival)

- environmental variation (variation in survival due to fluctuations in environmental quality)

Although the Return Rate in any given year would therefore be a very crude estimate of survival, averaged across the years it may still provide a reasonable estimate of average survival. The average return rate across the 12 years of data above is 0.900, with an SD across years of 0.274. After removing the low survival in 1998 following a severe El Niño, the average Return Rate was 0.950, with an SD of 0.229. The expected demographic stochasticity is 0.090 across all 11 years, and 0.069 across the 10 non-ENSO years. Removing this variation leaves us with SD = 0.265 and 0.218 for the SDs due to environmental variability and other sources of variation. However, sampling error (and movement of penguins) might account for at least half of this variation, given that Return Rates > 1.00 must be due to such sources of error.

For our modeling, survival of adults (birds > 2 years old) was assumed to be 0.95 per annum based on the trends in numbers of birds counted during the censuses conducted between 1993 and 2004, after omitting the one severe El Niño year in this period. (The lower survival during El Niño years is accounted for as a “catastrophe” in the Vortex model – see below.) Observations made in the early 1970s indicated an annual survival of about 0.82 (Williams 1995), suggesting that in poorer environmental conditions survival might be considerably decreased. In our sensitivity testing, values of 0.94, 0.93, 0.92, 0.91, 0.90, 0.85, 0.80, 0.60 and 0.20 were also investigated, in order to test alternative plausible values for current survival rates and to test how rapidly the population could collapse if survival was much lower. The annual variation in survival (“environmental variation”), expressed as a standard deviation of this parameter, was taken as 0.03, as was estimated for African penguins (Shannon and Crawford 1999).

Survival of sub-adults (birds aged 1-2 years) was taken to be 0.75 per annum, a value intermediate between that estimated for younger and older birds. Values of 0.20, 0.60 and 0.90 were also investigated. The standard deviation for variation across years was taken to be 0.05.

Survival of juveniles was taken to be 0.67 per annum, as was measured in the early 1970s (Williams 1995). Values of 0.50 and 0.80 were also investigated. Standard deviation across years was estimated to be 0.10. For African penguins, the standard deviation for juvenile survival was estimated at 0.11 (Shannon and Crawford 1999).

Concordance between reproduction and survival – in most years, the factors that affect survival of Galapagos penguins probably also affect reproduction. In severe conditions birds may choose not to breed. In particularly severe conditions, they may also die. Thus, in the Vortex model annual fluctuations in survival and reproduction were specified to be concordant.

Correlation in demographic rates among populations

Although a few factors could affect just one island, most fluctuations in conditions across years would affect the entire archipelago. Therefore, we assumed that there is a correlation of 0.9 in rates of reproduction and mortality across populations.

Number of populations – four populations were used in the model, with some movement between them. This was based on recent different trends in numbers between Fernandina and Isabela and the relative isolation of the other two breeding localities, Floreana and Bartolome-Santiago. Behavior of Galapagos penguins is such that they prefer to move along the coast and not across channels, although they will do so occasionally.

Dispersal between colonies was restricted to birds of one year of age. For birds in their first year, emigration was assumed to be as follows:

Isabela to or from Fernandina	15%
Isabela to or from Bartolome-Santiago	1%
Isabela to or from Floreana	0.5%
Fernandina to or from Bartolome-Santiago	0%
Fernandina to or from Floreana	0%
Bartolomé-Santiago to or from Floreana	0%

Survival of dispersing birds was taken to be 80% of the value of those that remained at natal localities. It was considered that birds moving away from the coastal areas would encounter a greater variety of predators.

Initial population sizes (individuals) of the four populations were taken to be (Wiedenfeld and Vargas 2004):

Isabela	1000
Fernandina	400
Bartolome	85
Floreana	15

Carrying capacities (individuals) of the four populations were taken to be:

Isabela	3000
Fernandina	1000
Bartolome	150
Floreana	50

The overall carrying capacity was thus set at 4200, based on an estimate of 3386 alive in the early 1970s (Vargas *et al.* 2005). Values of 25% (representing the likely carrying capacity in strong El Niño conditions), 50%, 200%, and 400% of the above were also examined, to explore possible impacts of much reduced or increased habitat quality or utilization.

Catastrophes – five types of catastrophe that might affect Galapagos penguins were examined: strong ENSO, weak ENSO, disease outbreak, catastrophic oil spill, and volcanic eruption. Factors such as increased mortality brought about by incidental captures of birds in fisheries, predation by feral animals, low level disease, and low-level chronic oiling were thought to be best explored by considering the effect of increased mortality rates. Many of these impacts would affect all age classes.

Strong El Niños – based on the occurrence of two strong ENSOs (1982/83, 1997/98) between 1965 and 2004 (40 years) that drastically affected Galapagos penguins (Boersma 1998, Vargas *et al.* 2005), the frequency of occurrence of such events was set as 5 per 100 years. In both severe events monitored, Galapagos penguins did not breed. Hence, the proportion of mature birds breeding was decreased to 0.01 of the normal rate during strong El Niño years in the model. Numbers of penguins decreased by about 77% in 1983 (Valle and Coulter 1987, Boersma 1998) and 65% in 1998 (Vargas *et al.* submitted). Thus, we set survival during strong El Niño events at 0.3 of that in non-El Niño years.

The frequency of severe El Niño events in the past 40 years has been greater than that reported for the past 140 years, as the two most severe El Niño events over this time were the relatively recent ones cited above. This increase is probably due to changes in global climatic conditions, but may perhaps be due simply to bad luck. Therefore, in addition to modeling the “current” conditions with a 5% frequency of severe El Niño events, we also tested a “historic” model, in which we reduced the frequency to 2%, as an estimate of the frequency of severe El Niño events that may have occurred over historic times.

Other sensitivity tests explored the consequences of strong El Niños occurring at frequencies of 1, 3 and 8 times per 100 years, and increasing survival to 0.50 and 0.75. The impact of strong El Niños on the proportion of birds breeding was not changed.

Weak El Niños – there were 54 El Niño warm events between 1726 and 1998 (Schreiber 2002). Hence the frequency of El Niño has been 20 per 100 years. As two to five of these are expected to be the severe events described in the prior paragraphs, the non-severe El Niños occur about 15 to 18 times per 100 years. However a frequency of 20 per 100 years was used in our models. The rationale for this was that the impacts of some El Niño events persist for more than a year (Trenberth & Hoar 1996), thus elevating the number of years in which El Niño events impact the penguin populations. It was assumed there was no influence of the weaker El Niños on survival, but the proportion of birds breeding was decreased by 20% based on delayed breeding for the youngest age class of breeders (*i.e.* those aged 3 years, which in normal years would recruit to the breeding population) and a 10% reduction in the proportion of other mature birds that breed. Other seabirds, including Humboldt and African penguins, often defer their first breeding attempt when food is scarce.

Sensitivity tests explored the consequences of an increased frequency of weak El Niño events (30 per 100 years) because global warming may cause an increase in these events. The

possibility of these events reducing the proportion of breeding birds by 40% also was investigated.

Oil pollution – penguins have proved particularly sensitive to oil pollution, which is especially damaging if oil washes ashore at landing beaches. It is often not the quantity of oil spilled that affects seabirds but rather its location and timing. Based on experience with the African Penguin (Crawford *et al.* 2000), it was assumed that a severe spill (for penguins) would decrease reproductive success by 50% and survival by 30%. This assumes some intervention to minimize mortality (rescue and rehabilitation of oiled birds). With experience, it may be possible to decrease the impact on survival. We did not include oil spills in our initial models, but we did later examine the impacts of 2% or 5% annual probabilities of an oil spill affecting any given site, with the assumption that spills would affect Fernandina and Isabela simultaneously, but that oil spills affecting these two islands would be independent from spills affecting Bartolome-Santiago or Floreana.

Disease and poisoning – disease and poisoning from red tides may occur episodically. Diseases were also not included in our initial models, but the values given below were used to test the likely impacts if a disease did reach the islands.

Information relating to the impact of avian cholera *Pasteurella multocoda* on Cape cormorants *Phalacrocorax capensis* in South Africa (Crawford *et al.* 1992, Crawford unpublished) was used to model the potential impact of disease on Galapagos penguins. In South Africa, outbreaks of cholera have occurred at a frequency of four times in 20 years (indicating an annual probability of 20%), decreased survival on average by 10% and decreased reproductive success by 70-100%. For our models of a cholera-like disease, we decreased survival by 10% and decreased reproduction during the outbreak year to a mean value of 85% of normal, with different outbreaks reducing reproduction by 70% to 100%.

Information from the working group on threats indicated that West Nile virus may decrease survival by 15-50% in its outbreak year and by 5% in subsequent years, and decrease reproductive success by 15% in the year of the outbreak and the year following the outbreak. These rough estimates were based on observed patterns in captive Humboldt penguins in North America as West Nile virus moved across the U.S.A. (McGill, pers. obs.)

The potential effect of red tide was modeled using a frequency of two such events per 100 years and assuming survival of adults decreased to 80% of normal but no effect on reproductive output.

It was thought that avian malaria (*Plasmodium* sp.) may cause an initial mortality of 400 birds and increase adult mortality to 15% per year thereafter. Because a disease like malaria would likely become a chronic source of mortality, it was not modeled as an episodic catastrophe, but the possible effects can be seen in the models which test the sensitivity of the populations to increased annual mortality.

Volcanoes

One infrequent but potentially important catastrophe in the Galapagos Islands is volcanic eruption. Isabela and Fernandina were both assumed to have 1% frequency of volcanic eruptions, with 99% survival of penguins and a 1% depression in reproduction. Bartolome was assumed to have a 1% frequency of volcanic eruption, with 50% survival and 50% impact on reproduction. Floreana was assumed to have a 0% risk of volcanoes.

MODEL RESULTS: Summary conclusions about population viability and findings from sensitivity analyses were expressed primarily as the impact on likelihood of extinction, and as altered projections for the mean population size through the next 100 years. The probabilities of extinction are the proportion of the simulations that went extinct in the model. The median time to extinction of the simulated populations is the year at which the probability of persistence falls to 50%. However, *Spheniscus mendiculus* exists only as one meta-population consisting of four subpopulations on five of the Galapagos islands. Even with a high *probability* of extinction, the Galapagos penguin could be lucky and persist; while a low *probability* of extinction does not ensure that the species will survive. The responsible authorities will need to determine what probability of persistence of the Galapagos penguin should be the target for management plans and conservation actions.

It should be noted also that the projected population sizes show the size averaged over 1000 iterations of the simulation model. The smoothness of these projections does not indicate that we are predicting that the actual populations will follow those precise trajectories. Rather, these average projections are the mean of individual projections that deviate widely from these averages and fluctuate greatly from year to year. Thus, these projections of population size indicate the average changes in population size that might result from the model parameters, and comparisons among models indicate relative differences in how the changed parameters can impact population trajectories.

Viability on Isabela, Fernandina, Bartolome-Santiago, and Floreana Islands:

Figure 1 shows for each of the four populations of Galapagos penguins the results for our baseline model (with all the input values as described above) for probability of persistence and mean population size, as well as the decline in gene diversity (or heterozygosity, as a proportion of the current level) and accumulation of inbreeding over 100 years.

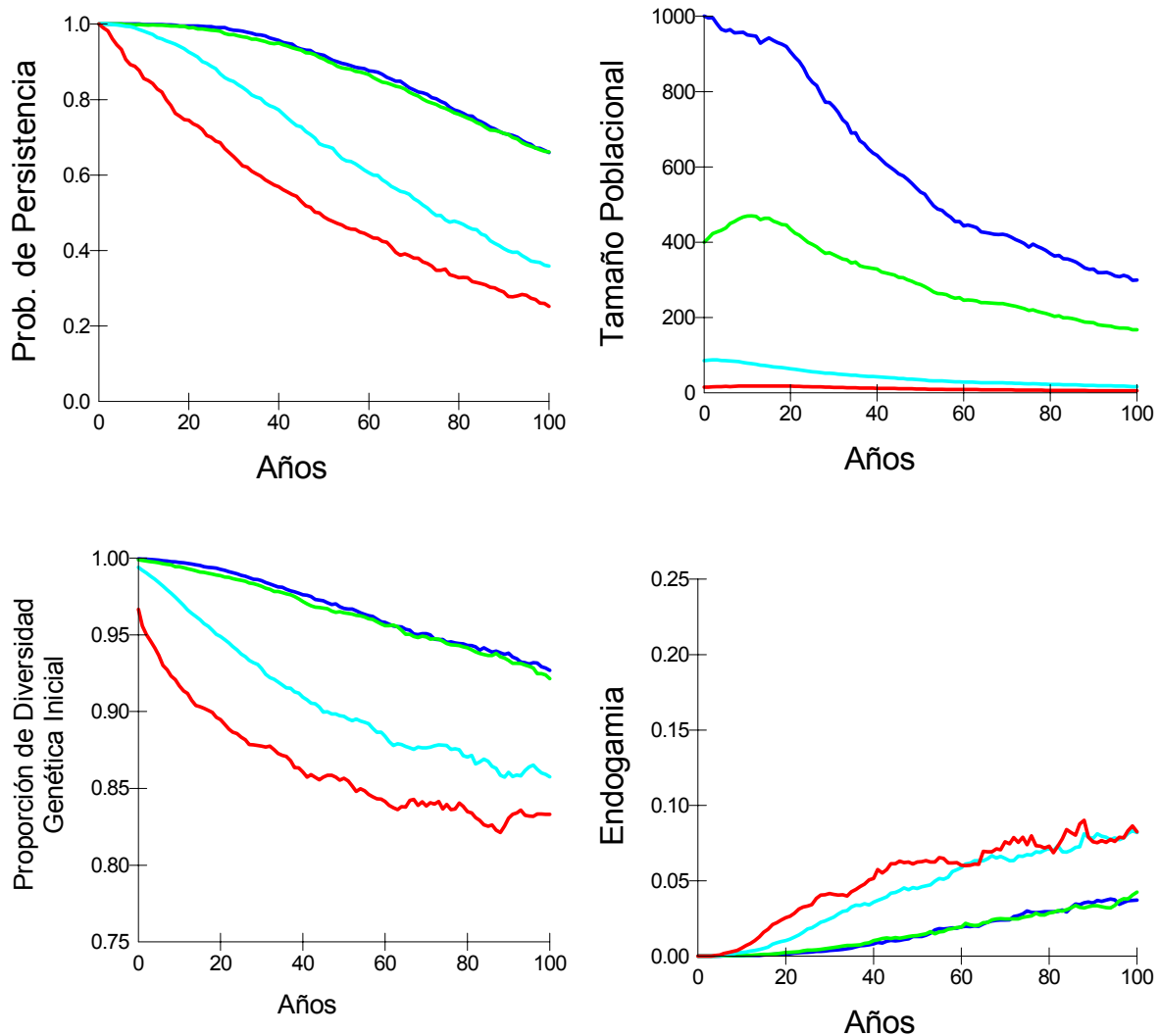


Figure 1. Projected probabilities of persistence, mean population sizes, genetic diversity, and inbreeding for each of the four populations of Galapagos penguins, under the estimated current population and habitat characteristics. Lines, from top to bottom for the first three graphs and from bottom to top for inbreeding, show the simulation results for Isabela, Fernandina, Bartolome-Santiago, and Floreana.

Under the estimated current conditions in the Galapagos, none of the four populations are assured of persisting over the next 100 years. The larger populations on Isabela and Fernandina, interconnected through the more frequent exchange of dispersing birds, have a 66% probability of persistence, while the populations on Bartolome-Santiago and Floreana have 36% and 25% probabilities of persistence, respectively. When the population on either Isabela or Fernandina persists, the other population usually does as well, because they mutually reinforce each other via dispersal. The two much smaller populations are nearly completely isolated, persist at very small sizes if at all, lose about 15% of their genetic diversity, and accumulate about 10% inbreeding (a level that might be expected to begin to impact reproduction and other aspects of fitness).

Most subsequent graphs of results (below) will show the probabilities of persistence and population sizes for the total meta-population (including all four island populations), but usually the trends are dominated by the performance of the Isabela and Fernandina populations.

“Current” vs. “Historic” vs. “Best Case” frequencies of El Niño events:

The frequency of severe El Niño events in recent decades was about 5%, and we used this value to represent the current conditions for Galapagos penguins. This “Current” baseline model was compared to the presumed “Historic” frequency (2%) of severe El Niño events, and also to a “Best Case” in which El Niño events and other catastrophes were assumed never to occur (or not to impact Galapagos penguins). The Historic model demonstrates what we estimate would have been the viability of Galapagos penguin populations if El Niño events had not become (or did not continue to be) more severe. The Best Case model can illustrate the viability of the penguin populations during years without El Niño events or other catastrophes.

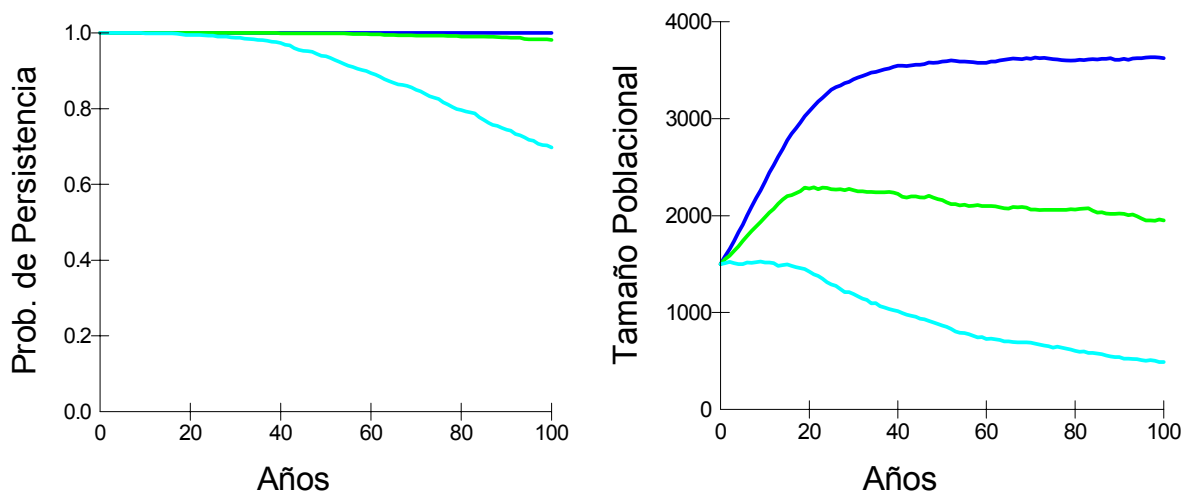


Figure 2. Projected probabilities of persistence and mean population sizes for the estimated “Current” situation (bottom lines), “Historic” situation (lower frequency of severe El Niños: middle lines), and optimistic “Best case” of species performance (no El Niños: top lines).

As shown in Fig. 2, under the conditions estimated to currently exist, the Galapagos penguins are projected to have a 70% probability of persistence, or 30% probability of species extinction, over the next 100 years. The population size is estimated to decline to about 500 birds, on average, or about 700 birds if averaged across only those simulations in which the species persists.

If the lower frequency of severe El Niño events in our Historic model were to continue, then we would project only a 2% probability of extinction. Thus, if our other parameter estimates are correct, then the Galapagos penguin appears to be significantly threatened by the increased

severity of El Niño events (the difference between the Current and the Historic models in Fig. 2).

Under the idealized condition of no El Niño events or other catastrophes, the populations of Galapagos penguins would be safe, with no extinctions predicted in our “Best Case” model. This demonstrates that the estimated rates of reproduction and survival result in a demographically healthy population (with recruitment of fledglings outpacing deaths) that can grow up to the capacity of the habitat in the absence of any declines caused by human-induced or natural environmental catastrophes.

Dispersal

The rates of dispersal among populations on different islands were set to plausible values in our baseline model (see input values, above). The Working Group felt comfortable with the relative relationships among the different rates (i.e., much greater dispersal between Isabela and Fernandina than between these islands and Bartolome and Floreana), but the absolute values used for the rates were only plausible estimates. Fig. 3 shows that the overall metapopulation viability is not very sensitive to these exact rates, with either a doubling or halving of the rates having only a weak impact on model results.

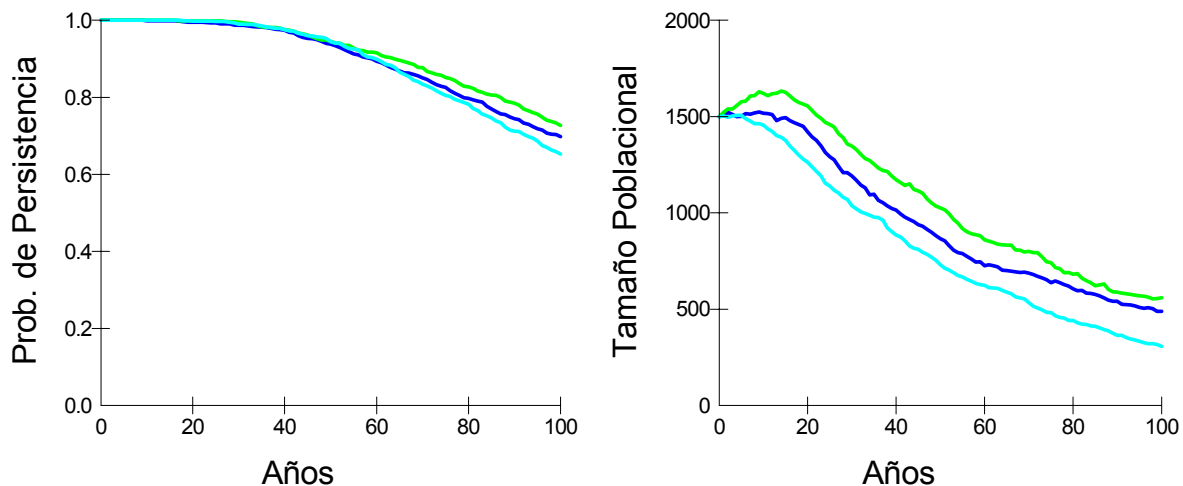


Figure 3. Probabilities of persistence and mean population sizes with inter-island dispersal set to the rates estimated by the Working Group (the Current baseline model: middle lines), half those rates (bottom lines), or double the baseline rates (top lines).

Although the meta-population, summed across the four islands, is relatively insensitive to the precise level of dispersal, movement of birds may still be important for stabilizing some of the individual island populations, and may be important for retaining genetic diversity and avoiding local inbreeding. Figure 4 shows the probabilities of persistence and the proportional gene diversity for each island population if there were no dispersal of penguins between the populations. Figure 5 shows these results when dispersal rates are set to twice the values used in the baseline model. By comparing these two sets of figures, we can see that the population on Isabela is not enhanced by dispersal, and actually performs a little better if there is no

dispersal, because then no birds leave this large population. The population on Fernandina is more stable (higher probability of persistence and greater genetic diversity retained) when it exchanges some birds with Isabela. The populations on the smaller islands go extinct more rapidly and lose more genetic diversity (becoming more inbred) if they do not receive any immigrants.

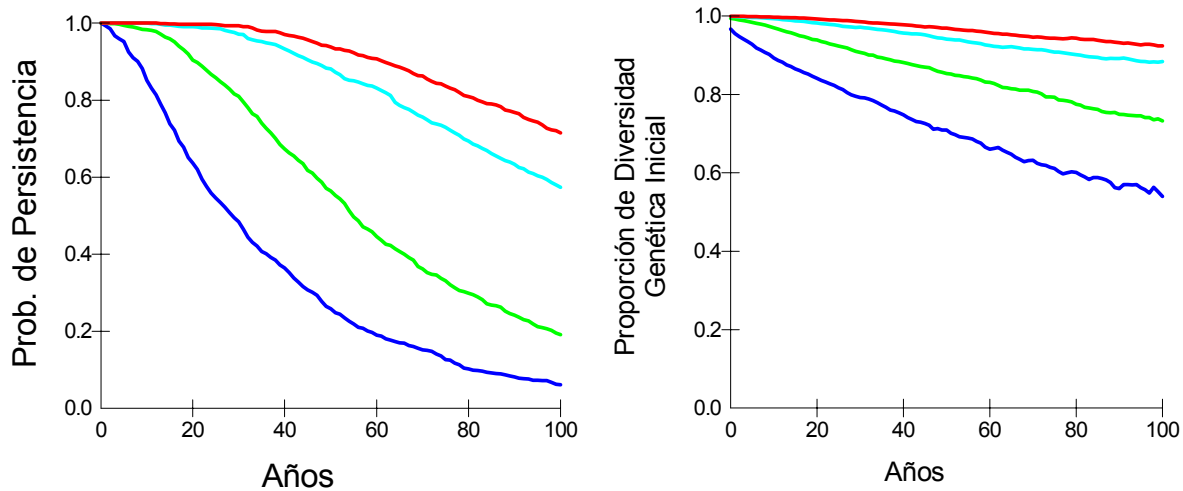


Figure 4. Projected probabilities of persistence and proportion of gene diversity retained in each of the four island populations (top to bottom: Isabela, Fernandina, Bartolome-Santiago, Floreana) if there is no dispersal among populations.

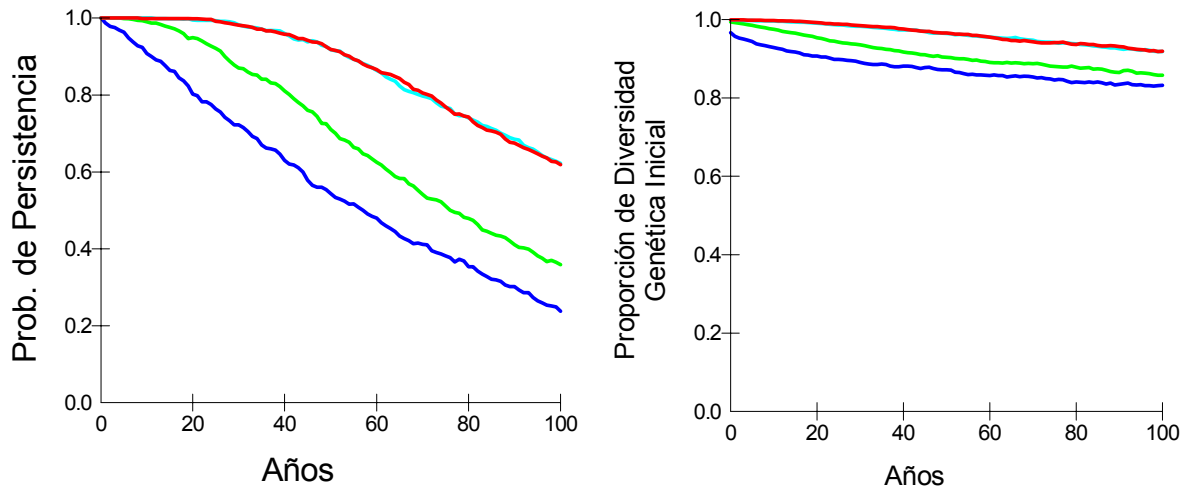


Figure 5. Probabilities of persistence and proportion of gene diversity retained in each of the four populations (top to bottom: Isabela, Fernandina, Bartolome-Santiago, Floreana) if the dispersal among populations is at double the rates used in the baseline model.

Effect of age at first breeding:

Using the same age at first breeding for both males and females, advancing from age 4 years to 3 years to 2 years leads to a reduction in the risk of extinction (see Fig. 6). Even if breeding

were to begin as early as 2 years, the probability of extinction remains at approximately 22%, given other best estimates of the model. Age at first breeding is currently believed to be about 3 years; this indicates a 30% likelihood of extinction within the next century. With every year of delay in the age of first breeding, the probability of extinction increases by about 8%. For many seabirds, the age of first breeding is probably closely tied with food supply and ecological conditions as well as the physiological capacity of the species. This parameter has not yet been quantified for Galapagos penguins, and was assumed based on data from other *Spheniscus* species. Given that a difference of one year age leads to an 8% difference in projected risk of extinction, research to better understand the typical value of and the factors affecting this variable would be valuable.

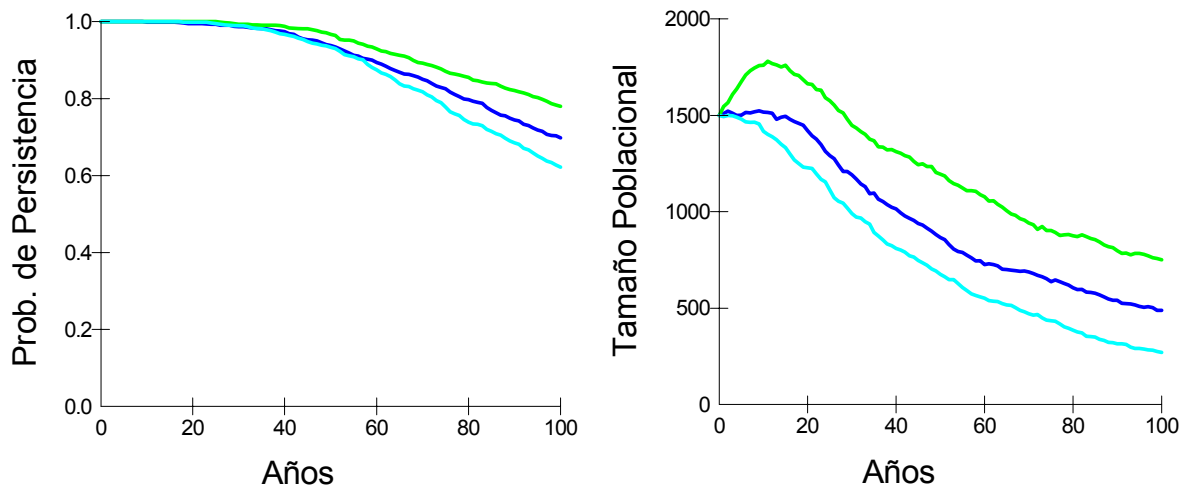


Figure 6. Probabilities of persistence and mean population sizes with age of first breeding set to 2 (top lines), 3 (the baseline model: middle lines), or 4 years (bottom lines).

Per cent of females that fledge young

Based on data from two seasons, 57% of females were assumed to fledge young annually in the baseline model. A change of 10% above or below our current estimate in the number of females that successfully breed, changes the probability of extinction by approximately 15% (see Fig. 7).

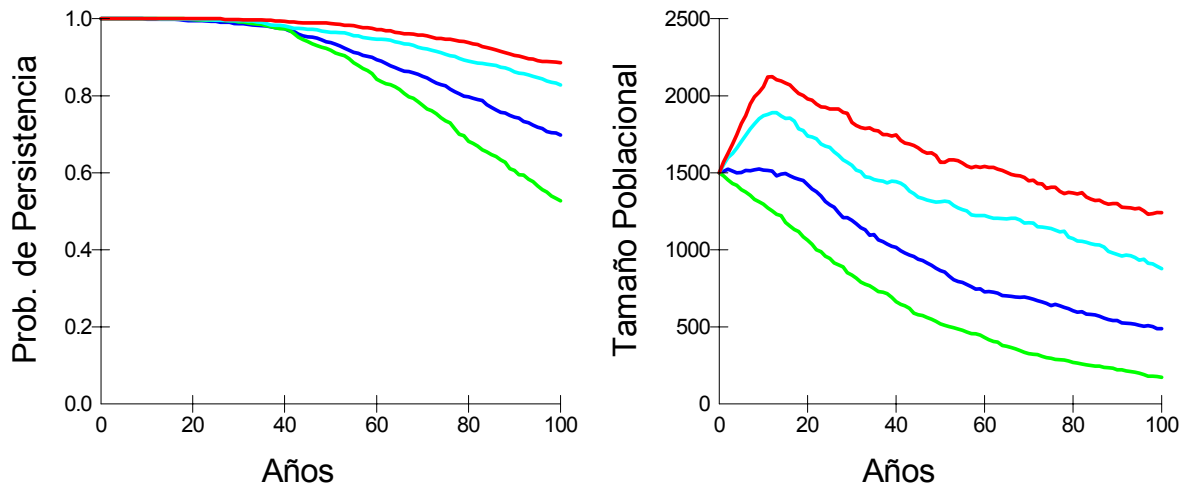


Figure 7. Projected probabilities of persistence and mean population sizes with percent of adult females successfully breeding set to 47%, 57% (the baseline model), 67%, or 77% (from bottom to top).

Once the percent of females that breed reaches about 70%, it is difficult to reduce probability of extinction significantly further due to other population constraints. However, applying effort to increasing the number of females that successfully breed to at least 70% (from the current 57%) would significantly reduce the risk of extinction.

Maximum age of breeding

We initially estimated that the maximum age of reproduction is 20 years, based on information from other *Spheniscus* species in both the wild and captivity. Changing this variable to 15 years increases the projected risk of extinction by about 25% during the next 100 years. Gradually increasing confidence in the estimate for this parameter is important in order to refine our projections, but will require some long term study. Nonetheless, it is important to prevent increased mortality overall (see below), because this would be equivalent to reducing the reproductive life span for the average bird.

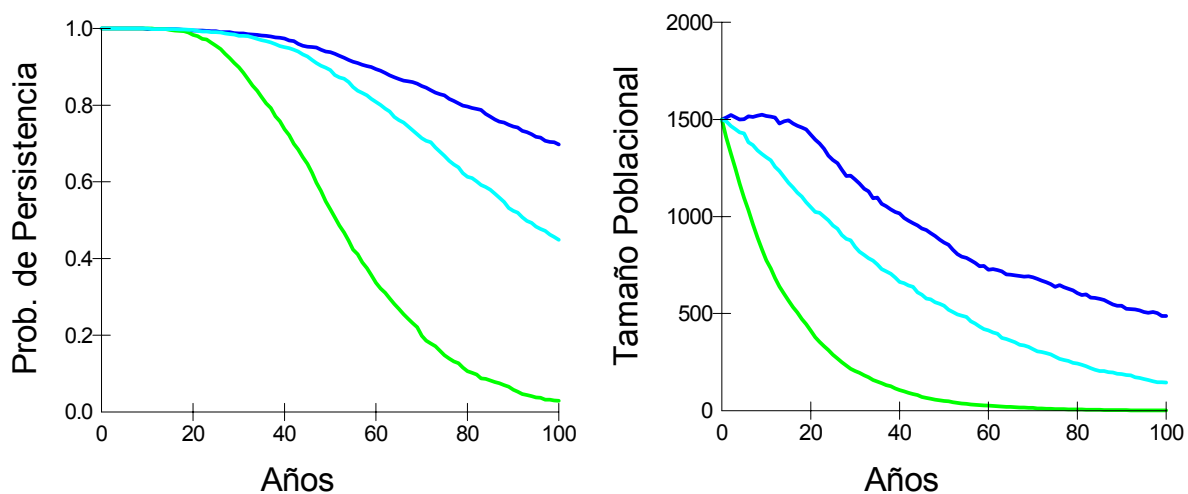


Figure 8. Projected probabilities of persistence and mean population sizes with maximum age of breeding set to 10 years, 15 years, or 20 years (from bottom to top).

Effect of juvenile mortality (fledging to 1 year):

Estimates of juvenile mortality from 50% to 80% (based on African penguins, Humboldt penguins, and one estimate for Galapagos penguins) lead to probabilities of extinction between 7% and 81% over the next 100 years (see Fig. 9). For Galapagos penguins, the only data come from a study in the early 1970s. For *Spheniscus* penguins and other seabirds, this parameter is difficult to measure because juveniles may range widely and change locations in the first year. Data from other species suggest that there is high variability in this parameter according to annual cohort.

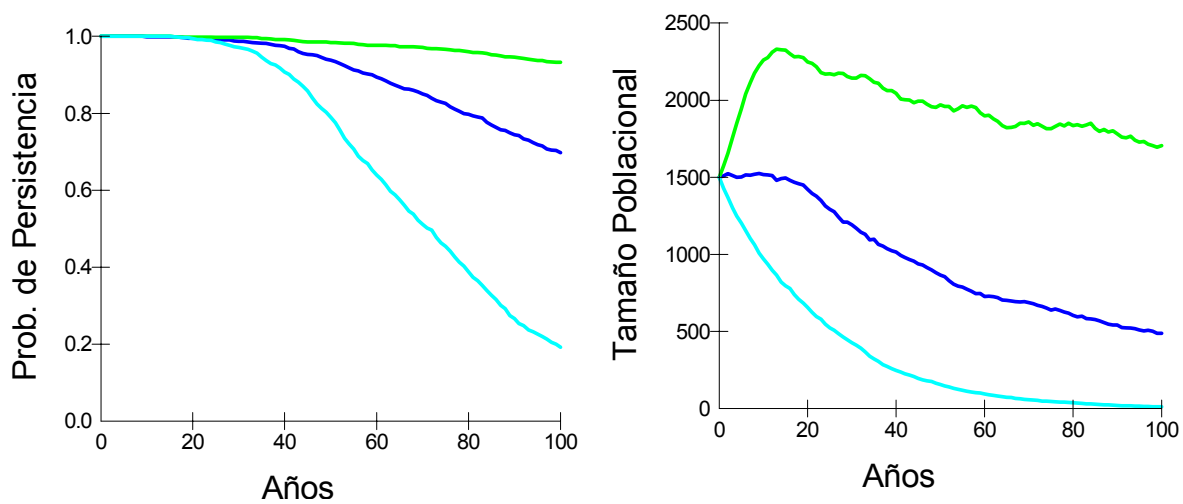


Figure 9. Projected probabilities of persistence and mean population sizes with mortality of juveniles set to 50%, 67% (the baseline model), or 80%, (from top to bottom).

Effect of sub-adult (1-2 year) mortality:

Increases in sub-adult mortality also correlate with increased likelihood of extinction. Increases from 25% to 40% mortality in the 1-2 year age class causes an approximately 25% increase in the probability of extinction. Improving sub-adult mortality from 25% to 10% (a number closer to the estimated annual mortality of adults) projects a reduction in the risk of extinction to 18%.

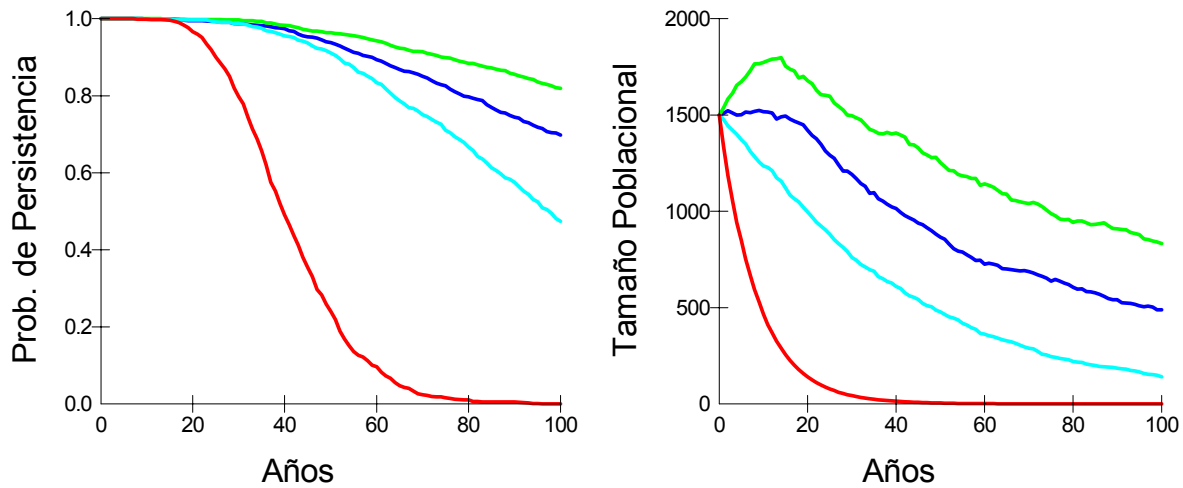


Figure 10. Projected probabilities of persistence and mean population sizes with mortality of subadults set to 10%, 25% (the baseline model), 40%, or 80% (from top to bottom).

Effect of adult survival:

Using the baseline model with 5% adult mortality, the simulation results predict a 30% probability of extinction of the populations within 100 years. With increasing adult mortality, the risk of extinction in the next century increases dramatically. Each 1% increase in adult mortality increases the probability of extinction by approximately 9-10%. If adult mortality is 15% or greater, the probability of extinction over the next century is 100%. Because the model is extremely sensitive to this parameter, research regarding precise mortality estimates is a high priority. These projections reinforce the importance of preventing cumulative increases in adult mortality, from disease, predation, entanglement in fishing gear, etc.

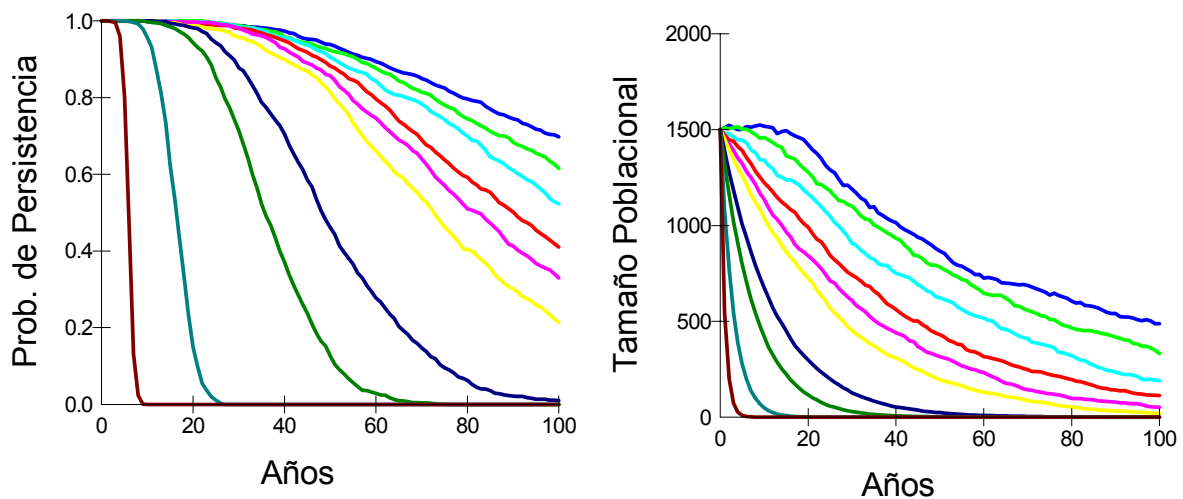


Figure 11. Projected probabilities of persistence and mean population sizes with annual mortality of adults set to 5% (the baseline model), 6%, 7%, 8%, 9%, 10%, 15%, 20%, 40%, or 80% (from top to bottom).

Carrying capacity

Given the other parameters in the model, the populations are limited by other factors and do not approach carrying capacity. The ultimate carrying capacity may affect the total numbers of Galapagos penguins, but increases or moderate decreases in this variable have little effect on

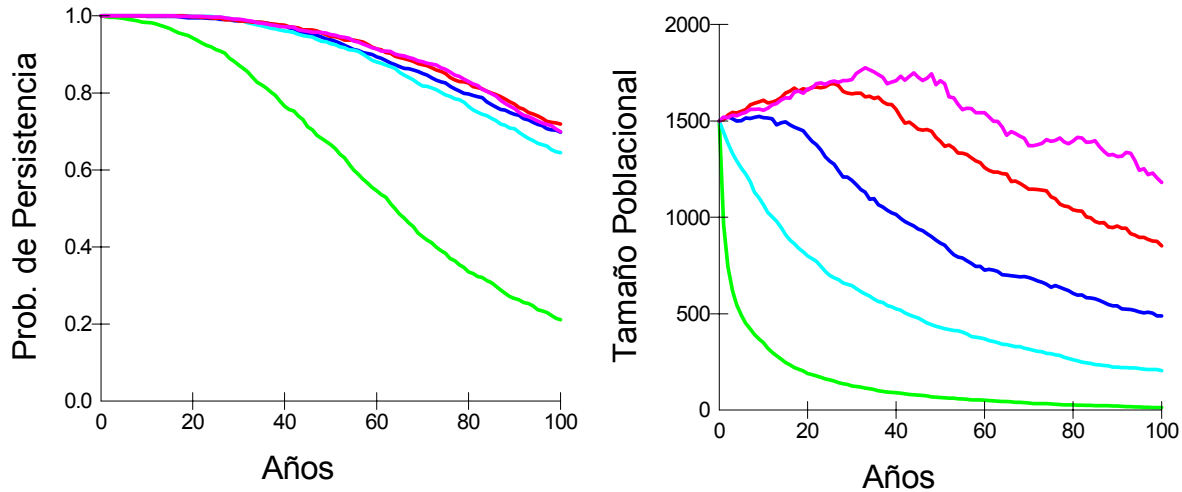


Figure 12. Projected probabilities of persistence and mean population sizes with carrying capacities for each island population set to 25%, 50%, 100%, 200%, or 400% (from bottom to top) of the values estimated for the baseline model.

probability of extinction (see Fig. 12). For example, cutting the carrying capacity at each location in half increases the risk of extinction from 30% to 36%, whereas increases in the carrying capacity have only very slight benefits to the probability of persistence, because other factors (primarily the instability following catastrophes such as El Niño events, see below) threaten the populations despite a large potential population size. If the capacity of habitat is permanently reduced to only 25% of its current levels, extinction does become much more likely. Changes in the carrying capacity do, however, impact the average population size.

Catastrophes

The lack of significant improvement in the probability of persistence when habitat carrying capacity is increased, even as mean population sizes are responding positively, suggests that the Galapagos penguin populations are threatened by the instability related to periodic catastrophic declines in numbers. Extinctions in the simulation model occur following population crashes from which the populations are unable to recover before the next catastrophes occur. In our “baseline” model, we included the impacts of El Niño events, occurring at the frequency and severity that has been observed in recent decades, and we included the impacts of volcanic eruptions. Other catastrophes that can be either caused by

humans (e.g., oil spills) or made more likely because of human activities (e.g., introduction of new diseases) were not included in the baseline model, but may be significant new threats to the species.

Catastrophes: El Niño events

Figure 13 shows the comparison between the baseline model with 5% frequency of occurrence of severe El Niño events to models with less or more frequent El Niño events. The frequency of such severe events has a large effect on the projected long-term fate of the Galapagos penguin. If strong El Niño events are rare, the population is projected usually to persist, and generally to remain at numbers at or above the current size. This is in agreement with what was seen in the “Historic” model, as shown in Figure 2.

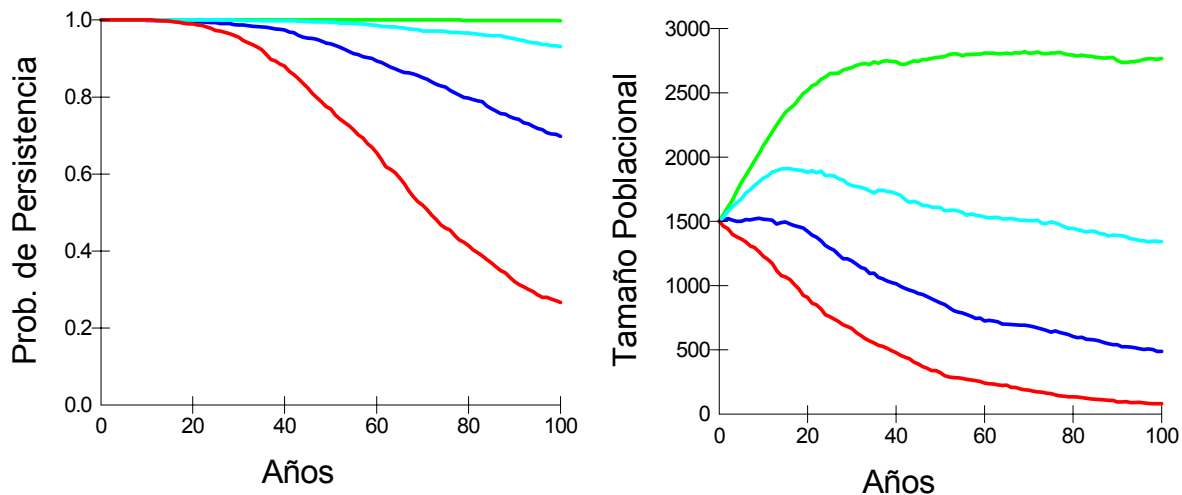


Figure 13. Projected probabilities of persistence and mean population sizes with frequencies of occurrence of strong El Niño events set to 1%, 3%, 5% (the baseline model), or 8% (from top to bottom).

While management actions within the Galapagos islands cannot alter the frequency or severity of El Niño events, the extreme sensitivity of the species to more frequent severe El Niño events indicates that conservation actions should be taken to protect the species from these periodic declines. These actions might include emergency measures to assist the populations when El Niño events occur or management actions that would improve other aspects of the demographic performance of the population so that the population could recover more quickly and effectively after El Niño events. (For example, see A MODEL OF SUCCESS, below).

Figure 14 shows the results projected if strong El Niño events remain at the estimated 5% frequency, but cause less mortality than in the baseline model. When “strong” El Niño events have lesser impacts on the penguins, the populations are projected to be relative safe and to maintain high average population size – similar to the result observed when strong El Niño events were modeled as being less frequent occurrences.

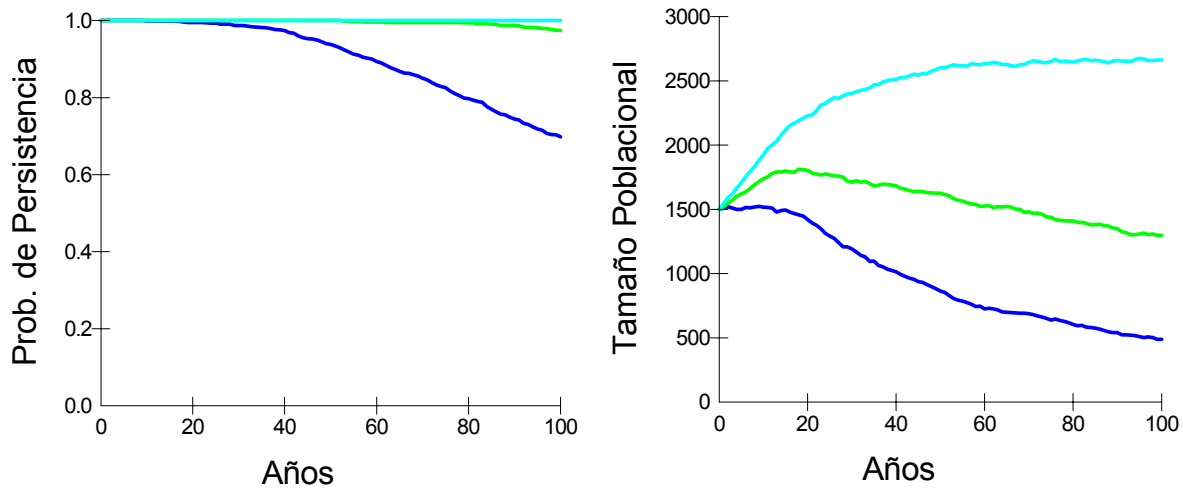


Figure 14. Projected probabilities of persistence and mean population sizes with the frequency of strong El Niño events set to 5%, with 30%, 50%, or 70% (the baseline model) mortality during the events (top to bottom).

Changes in the frequency (Figure 15) or severity (Figure 16) of the more common, weaker El Niño events had almost no effect on the model results, indicating that it is the impact of the severe events that threatens population stability and persistence.

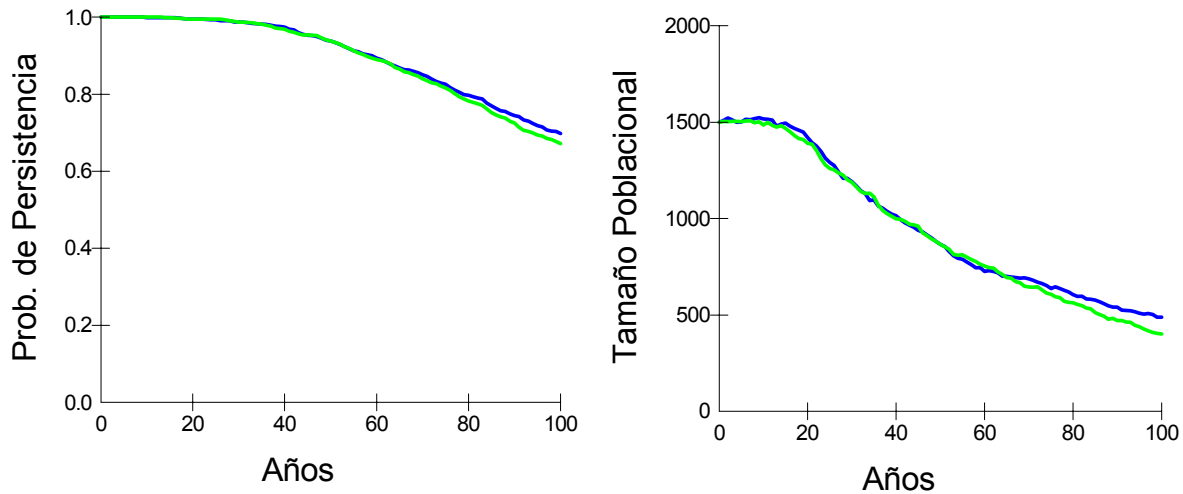


Figure 15. Projected probabilities of persistence and mean population sizes with frequencies of occurrence of weak El Niño events set to 20% (top; the baseline model) or 30% (bottom).

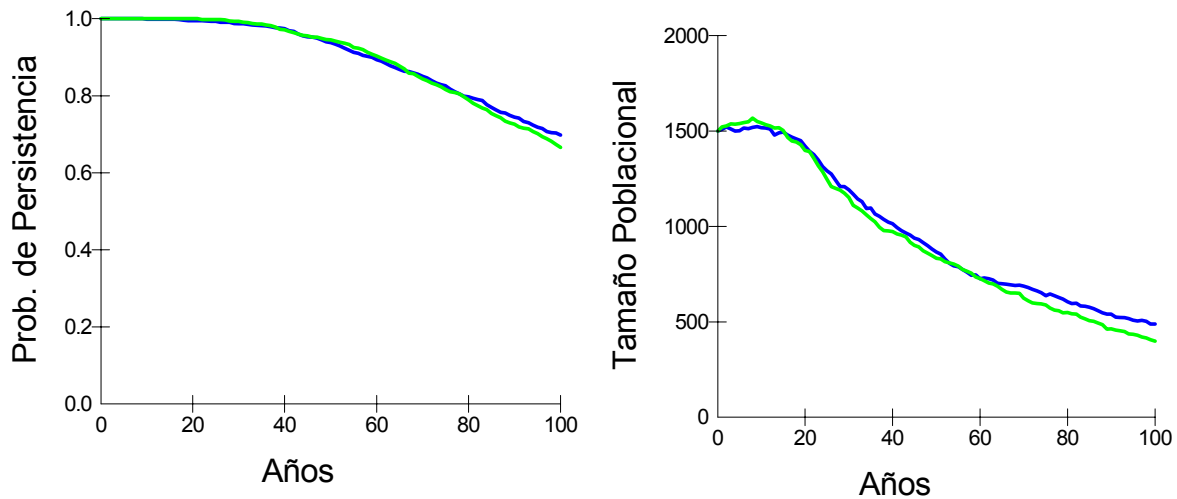


Figure 16. Projected probabilities of persistence and mean population sizes with the frequency of weak El Niño events set to 20%, and with reproduction set to 60% (bottom) or 80% (top; the baseline model) of that during non-El Niño years.

Catastrophes: Oil Spills

A catastrophic oil spill can kill many birds in a local area and can increase the likelihood of species extinction. It is difficult to project likely frequencies or severity because the impact of any oil spill varies with amount of oil, season, ocean conditions, etc. However, with the impacts as estimated in our models (50% decrease in reproduction and 30% mortality when an oil spill occurs locally), the results in Figure 17 illustrate the possible impact: if such an oil spill were to occur every 20 years at each area, the risk of extinction of the entire population in the next 100 years increases by 24%. [In this model, Isabela and Fernandina are assumed to be simultaneously affected by a catastrophic oil spill. Bartolom-Santiago and Floreana are assumed to be affected independently of the other sites.]

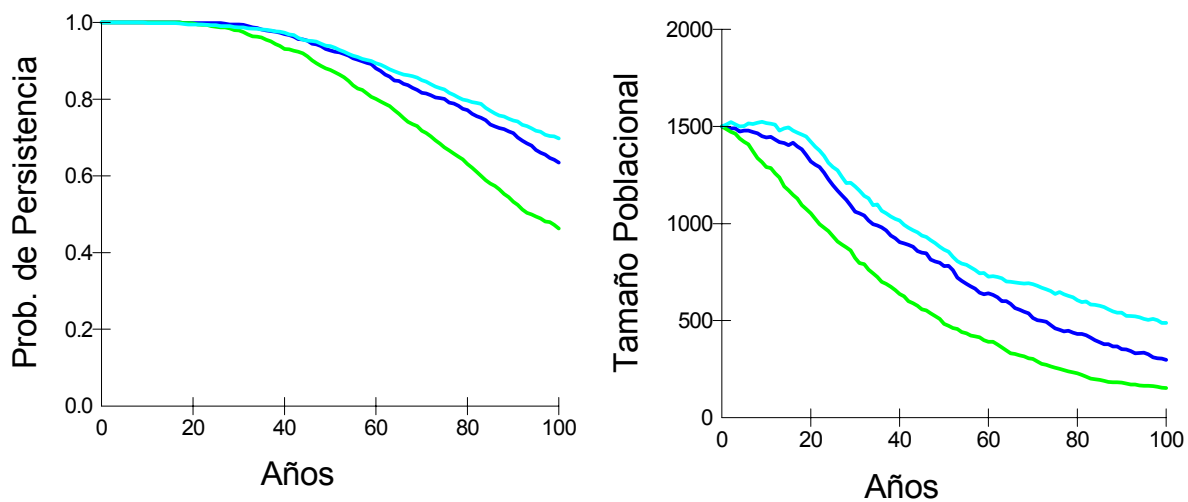


Figure 17. Projected probabilities of persistence and mean population sizes with frequencies of catastrophic oil spills of 0% (baseline), 2%, or 5% at each island (top to bottom).

Another insidious form of oil pollution is chronic low level contamination. Chronic oil contamination may come from released bilge water, minor leaks, minor spillage at fuel docks, etc. Low levels of contamination can reduce breeding through reduction in breeding attempts and mortality of eggs.

Catastrophes: Disease

A variety of diseases could lead to serious outbreaks if introduced to this island species. Three different disease patterns were modeled. It should be noted that similar effects could be seen from a variety of disease organisms that produce similar patterns.

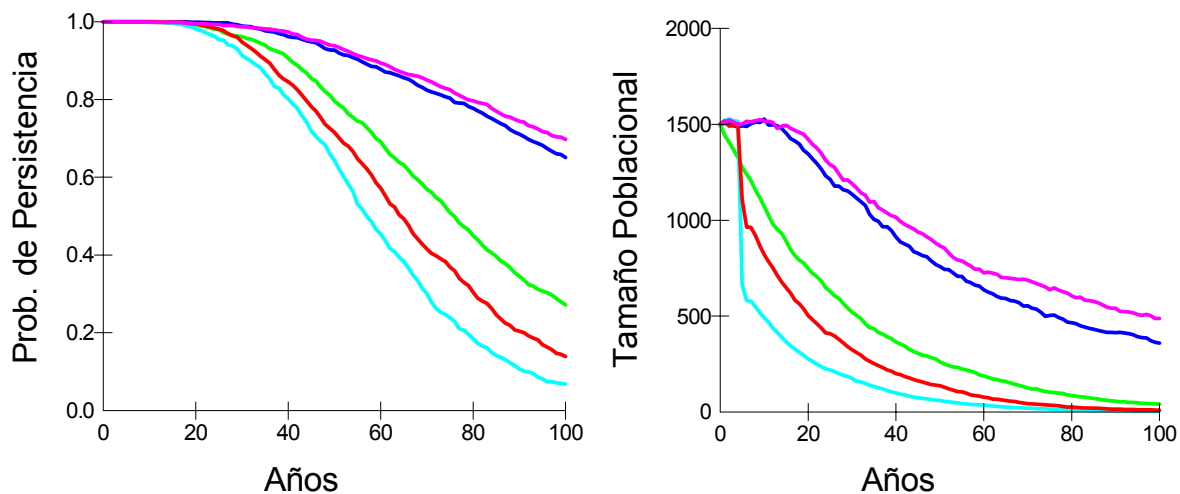


Figure 18. Projected probabilities of persistence and mean population sizes for models incorporating diseases (from top to bottom): no disease, red tides, a cholera-like disease, arrival of West Nile virus in year 5 with 15% immediate mortality and 5% mortality in subsequent years, or West Nile virus with 50% mortality in the outbreak year.

Cholera-like Disease: Our model of a disease such as cholera (frequency of occurrence 20%; reduction in breeding to 0-30% of normal; survival of adults 90% of normal; outbreaks striking different island populations independently) caused a 43% increase in risk of extinction during 100 years in the model. This projected 73% probability of extinction reinforces the imperative to prevent the introduction and spread of new diseases in such a small endangered population.

Red Tide-like Disease:

A disease such as red tide, with a 2% frequency, no impact on reproduction, and survival reduced to 80% of normal, would have little effect on risk of extinction compared to the baseline model, as the populations appear able to recover from infrequent, modest declines in numbers.

West Nile virus-like Disease:

When we modeled this type of disease, with 15 to 50% initial mortality during an outbreak of West Nile virus and an increased chronic mortality of 5% in subsequent years (based on experience with captive Humboldt penguins), the likelihood of extinction during the next 100 years increases dramatically. The likelihood of the population persisting in the face of such influences is only 7-14%.

Stability at smaller population sizes

The largest population (on Isabela) is currently at about $N = 1000$ with a capacity estimated at about 3000, but several populations (on Bartolome-Santiago and on Floreana) are much smaller and more isolated. It was desired to know how large a population must be in order for it to have a moderate chance of persisting if it was not connected to other populations by dispersal. Models were assessed for a single isolated population with carrying capacity from 50 to 1000, and starting population size at half those values (see Figure 19). Although none of the populations within this range had high probabilities of persistence, isolated small populations capable of supporting no more than about 600-800 individuals were significantly unstable in our models. For example, the probabilities of persistence over 100 years fall below 50% for isolated populations with capacities for fewer than about 500 birds.

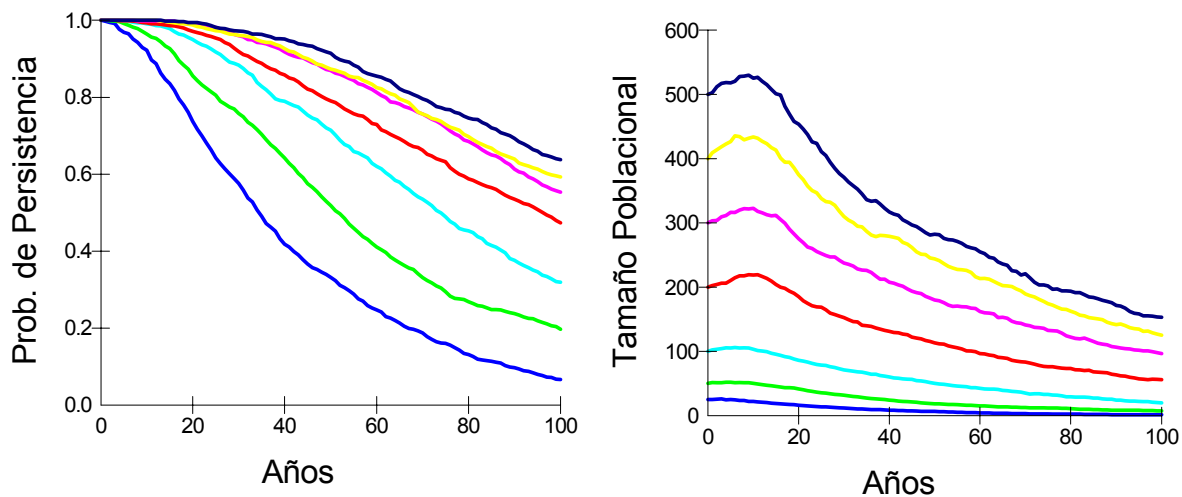


Figure 19. Projected probabilities of persistence and mean population sizes for models of a single, isolated population with carrying capacity of 50, 100, 200, 400, 600, 800, or 1000 (from bottom to top), and initial population sizes set at half of the capacity.

Minimum Viable Population – a species is classified as Vulnerable if its probability of extinction is $\geq 10\%$ in 100 years (IUCN 2001, Criterion E). On the presumption that such an unfavorable conservation status is not desired, the minimum viable population may be defined as a population having a lesser risk of extinction (Crawford *et al.* 2001). However, a desired target population may be higher (Crawford 2004), based on considerations other than just keeping the probability of species extinction relatively low for the next 100 years.

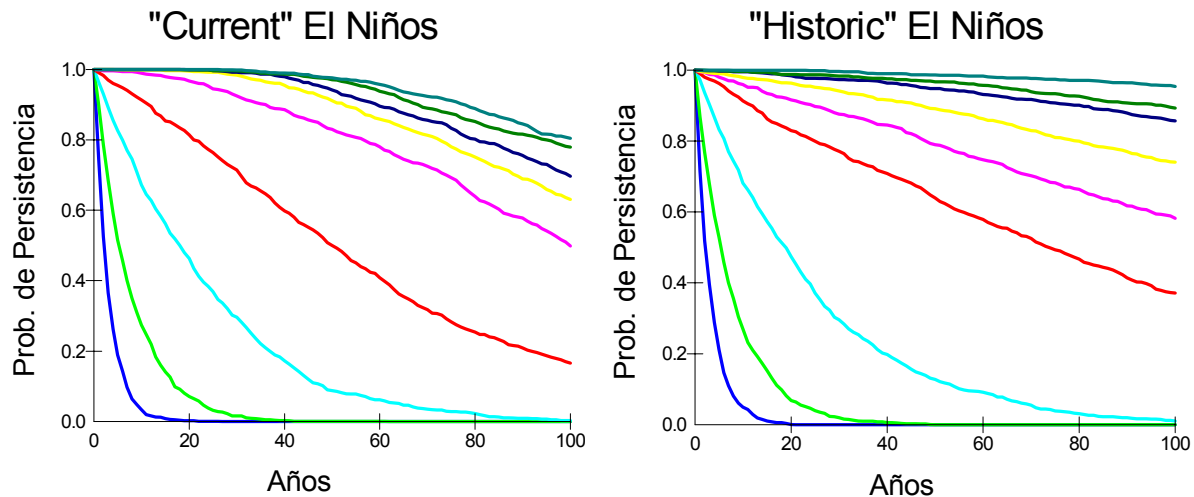


Figure 20. Projected probabilities of persistence for models of a single, isolated population subjected to estimated current rates of severe El Niño events (left side graph) with carrying capacity and initial size of 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500, 2000, 2500, or 3000 (from bottom to top), or subjected to estimated historic rates of severe El Niño events (right side graph) with carrying capacity and initial size of 250, 500, 750, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, or 1500.

The model was run for various population sizes (with initial size set to the carrying capacity), while using the demographic rates for current scenario, to estimate a size of the overall population of Galapagos penguins that would have a 10% probability of extinction in 100 years (compared to the “current” baseline probability of extinction of 30%). Under the input conditions described above, including the 5% frequency of severe El Niño events, there is no minimum viable population as defined in this way (Figure 20, left side). The population would be in decline in the average year, due to the more frequent severe El Niño events, leading ultimately to extinction because average mortality exceeds recruitment. Even at very large initial population sizes (e.g., $N = 3000$), there is a 20% probability of extinction within 100 years. Under the historical conditions (2% risk of severe El Niño), the minimum viable population that would meet the criterion of < 10% probability of extinction within 100 years would have been 1400 individuals (Figure 20, right side, second line from the top).

Captive breeding – The “current” scenario predicts a high likelihood that the overall population of Galapagos penguins will continue to decrease, and hence that the population may become Extinct in the Wild (projected 30% risk of extinction within 100 years). Consideration will need to be given to developing a captive breeding programme. Discussion addressed the question of when such programme should be initiated. It was deemed unwise to wait until the population was close to extinction, and the working group thought that the programme should be initiated when there was a 10% probability of extinction within 50 years. Under the current model, with the range-wide carrying capacity set at 4200, this occurs when the total population size is about 500 individuals.

Before any specific consideration is given to starting a captive program, a plan needs to be developed according to the IUCN Guidelines for *ex situ* breeding and should be developed in accordance with guidelines for captive management of *Spheniscus* penguins.

CONSERVATION STATUS

As defined in the IUCN Red List criteria (2001), generation length is the average age of parents of the current cohort (i.e., newborn individuals in the population). Generation length therefore reflects the turnover rate of breeding individuals in a population. Generation length is greater than the age at first breeding and less than the age of the oldest breeding individual, except in taxa that breed only once. According to the parameters used in this baseline model, the generation length for Galapagos penguins is 9.2 years. Under the current model the projected probability of extinction in 46 years (five generations) is 5%. In 1970-71, Boersma counted 1931 individual Galapagos penguins; in 2004 Vargas counted 850, which represents a 56% decrease in less than 4 generations. The working group believes that Galapagos penguins are currently Endangered under IUCN (2001) criteria B1a, b and c; B2a, b and c.

A POPULATION MODEL OF SUCCESS (near 0% risk of extinction within 100 years):

In order to achieve “success”, i.e. reduce the risk of extinction to near 0% within 100 years, the following parameters need to be achieved, ranked in order of priority.

- I. Hold adult mortality at no more than 5% annually over time
- II. Increase females that successfully breed each year to 67%
- III.
 - a. Increase juvenile (fledging to 1 yr) survival from 33% to 50%
 - b. Decrease mortality in the 1-2 years age class from 25% to 20%

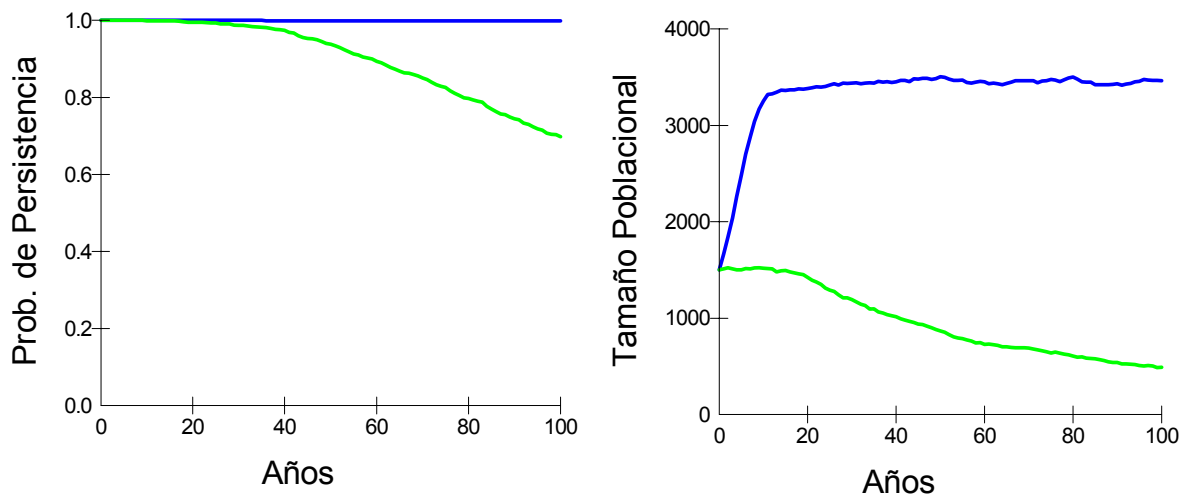


Figure 21. Projected probabilities of persistence and mean population sizes for the current scenario (bottom lines) compared to a strategy that is projected to be successful in ensuring the future of Galapagos penguins (top lines).

In order to achieve these outcomes, a variety of research and management needs were identified by this working group as arising from the population model results.

Research Recommendations (Ranked in order of priority):

- I. Continue to monitor the population; determine impact of El Niño based on body condition (see IVc) and survival of different age classes (see II).
- II. Determine survival rates of adults and juveniles.
- III.
 - a. Determine levels of mortality from entanglement in fishing gear.
 - b. Determine the diet of the Galapagos penguin.
- IV.
 - a. Determine age of first breeding.
 - b. Investigate effects of providing artificial nests on reproductive success.
 - c. Investigate and document current status of health, body condition, disease and parasites.
- V. Determine dispersal among the islands/populations, including marking and tracking.
- VI. Document genetic variability currently and historically.
- VII. Examine genetic diversity and differences in gene frequency among islands; estimate genetic structure/flow among populations.
- VIII. Document sex ratio of adults.

Recommendations for Management:

The following recommendations for management arose from plenary discussion that considered the discussions and recommendations of the other working groups in the context of the population model results.

Parks & Management:

- I. Create a marine park with no extraction of marine resources for Isabela and Fernandina.
- II. Organize a workshop with the main stakeholders and experts to decide and evaluate the relevant zones for marine management.
- III. Develop and implement plans for “adaptive management” of tourism and fishing during periods of high risk for the penguin population (oil spills, El Niño warm event, disease) in order to ameliorate or decrease negative impacts. This may include changing tour itineraries or frequencies, fishing schedules, etc.
- IV. Prepare contingency plans for rapid response to the arrival of new threats (e.g. oil spills, animals, diseases). Contact or work with SANCCOB (South Africa) to develop specific plans for oil spill contingency.

Biological control: Disease and predators

- I. Prevent the arrival of new diseases. Include controlling insect vectors on local, national and international flights.
- II. Effective application of quarantine to fishermen (as well as park managers, researchers, tourists).
- III. Increase control of liquid waste including ballast and bilge water, septic systems, and fuel waste systems.
- IV. Eradicate introduced predators (rats, cats, dogs and ants).

Enhanced breeding

- I. Establish program to introduce artificial nests.
- II. Evaluate the possibility of breeding in captivity.

Education

- I. Reinforce environmental education at the level of local communities, especially fishermen.
- II. Create programs to provide information on Galapagos penguins for the users of the marine park.

Fisheries

- I. Prohibit fishing for bait (used in long-line fishing and artesanal hand-lining).
- II. Look for ways to eliminate fisheries through buy-out schemes or alternative employment.
- III. Exclude fishermen from specific areas that have penguins (land and sea).
- IV. Regulate the use of monofilament fishing nets.

Reduce potential for oil contamination

- I. Increase efficiency of use of fuel in all boats and electrical generators.
- II. Investigate and implement programs for use of alternative energies (solar, wind).
- III. Urge the navy to require the use of four-stroke engines for fisheries and tourism.
- IV. Demand Petrocomercial to make better quality and more pure gasoline.

REFERENCES

- Akst, E.P., P.D. Boersma, and R.C. Fleischer. 2002. A comparison of genetic diversity between the Galapagos and the Magellanic Penguin. *Conservation Genetics* 3: 375-383.
- Boersma, P. D. 1977. An ecological and behavioral study of the Galapagos Penguin. *Living Bird* 15:43-93.
- Boersma, P.D. 1998. Population trends of the Galápagos penguin: impacts of El Niño and La Niña. *The Condor* 100:245-253.
- Brandt, G. 2004. *Regional Studbook for the Humboldt Penguin *Spheniscus humboldti**. Brookfield, IL: Chicago Zoological Society.
- Crawford, R.J.M. 2004. Accounting for food requirements of seabirds in fisheries management – the case of the South African purse-seine fishery. *Afr. J. Mar. Sci.* 26:197-203.
- Crawford, R.J.M., D. M. Allwright and C.W. Heyl. 1992. High mortality of Cape Cormorants (*Phalacrocorax capensis*) off western South Africa in 1991 caused by *Pasteurella multocida*. *Colonial Waterbirds* 15:236-238.

Crawford, R.J.M., J.H.M. David, L.J. Shannon, J. Kemper, N.T.W. Klages, J.-P. Roux, L.G. Underhill, V.L. Ward, A. J. Williams and A.C. Wolfaardt. 2001. African penguins as predators and prey – coping (or not) with change. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 23:435-447.

Crawford, R.J.M., S.A. Davis, R. Harding, L.F. Jackson, T.M. Leshoro, M.A. Meyer, R.M. Randall, L.G. Underhill, L. Upfold, A.P. van Dalsen, E. van der Merwe, P.A. Whittington, A.J. Williams, and A.C. Wolfaardt. 2000. Initial impact of the Treasure oil spill on seabirds off western South Africa. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 22:157-176.

Crawford, R.J.M., L.J. Shannon and P.A. Whittington. 1999. Population dynamics of the African penguin *Spheniscus demersus* at Robben Island, South Africa. *Marine Ornithology* 27:139-147.

Ellis, S., J.P. Croxall, and J. Cooper. 1998. Penguin conservation assessment and management plan. IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group, Apple Valley, USA.

Gilpin, M.E., and M.E. Soulé. 1986. Minimum viable populations: processes of extinction. Pages 19-34 in: Soulé, M.E. (ed.). *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*. Sunderland, MA: Sinauer Associates.

Guerra, G.G. and H. Oyarzo 1992. Efectos de la nidificación estival/invernal sobre parámetros seleccionados de la historia de vida del pingüino del Humboldt *Spheniscus humboldti*. Informe de Avance e Informe Final. Proyecto Fondecyt 90-0599.

IUCN 2001. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

Lacy, R.C. 1993/1994. What is Population (and Habitat) Viability Analysis? *Primate Conservation* 14/15:27-33.

Lacy, R.C. 2000. Structure of the VORTEX simulation model for population viability analysis. *Ecological Bulletins* 48:191-203.

Lacy, R.C., M. Borbat, and J.P. Pollak. 2005. Vortex: A stochastic simulation of the extinction process. Version 9.50. Chicago Zoological Society. Brookfield, IL, USA.

Miller, P.S., and R.C. Lacy. 2003. VORTEX: A Stochastic Simulation of the Extinction Process. Version 9 User's Manual. Conservation Breeding Specialist Group (SSC/IUCN), Apple Valley, Minnesota.

Mills, K., and H. Vargas. 1997. Current status, analysis of census methodology, and conservation of the Galapagos Penguin (*Spheniscus mendiculus*). *Noticias de Galapagos* 58: 8-15.

- Nel, D.C., F. Taylor, P.G. Ryan, and J. Cooper. 2003. Population dynamics of the wandering albatross *Diomedea exulans* at Marion Island: longline fishing and environmental influences. *Afr. J. Mar. Sci.* 25:503-517.
- Randall, R.M. 1983. Biology of the Jackass Penguin *Spheniscus demersus* (L.) at St. Croix Island, South Africa. PhD. Thesis. University of Port Elizabeth.
- Schreiber, E. A. 2002. Climate and weather effects on seabirds. Pages 179-216 in E. A. Schreiber, and J. Burger, eds. *Biology of Marine Birds*. CRC Press, Boca Raton, Florida
- Shaffer, M.L. 1981. Minimum population sizes for species conservation. *Bioscience* 1:131-134.
- Shannon, L.J., and R.J.M. Crawford. 1999. Management of the African Penguin *Spheniscus demersus* – insights from modeling. *Marine Ornithology* 27:119-128.
- Trenberth, K. E., and T. J. Hoar. 1996. The 1990-1995 El Niño-Southern Oscillation event: Longest on record. *Geophysical Research Letters* 23:57-60.
- Valle, C. A., and M. C. Coulter. 1987. Present Status of the Flightless Cormorant Galapagos Penguin and Greater Flamingo Populations in the Galapagos Islands Ecuador after the 1982-83 El Niño. *Condor* 89:276-289.
- Vargas, H., C. Lougheed, and H. Snell. 2005. Population size and trends of the Galapagos Penguin *Spheniscus mendiculus*. *Ibis* 147:367-374.
- Vargas, H., S. Harrison, S. Rea, and D. W. Macdonald. Submitted. Biological effects of El Niño on the Galapagos penguin.
- Whittington, P.A. 2002. Survival and movements of African penguins especially after oiling. PhD thesis, University of Cape Town.
- Whittington, P. A., B. M. Dyer, and N. T. W. Klages. 2000. Maximum longevities of African Penguins *Spheniscus demersus* based on banding records. *Marine Ornithology* 28:81-82.
- Wiedenfeld, D.A., and H. Vargas. 2004. Penguin and Cormorant Survey 2004. Report to the Charles Darwin Research Station and the Galapagos National Park Service. Puerto Ayora: Charles Darwin Research Station.
- Williams, T.D. 1995. *The Penguins*. Oxford University Press, NY.
- Zavalaga, C.B. and R. Paredes. 1997. Humboldt penguins at Punta San Juan, Peru. *Penguin Conservation* 10:6-8.

GRUPO 2 HABITAT, ZONIFICACION Y GOBERNABILIDAD

INTEGRANTES DEL GRUPO:

Susana Cárdenas, Pablo Guerrero, Gabriela Montoya, Stuart Banks, Antje Steinfurth.

La problemática analizada por el grupo para los temas del Hábitat, la Zonificación y la Gobernabilidad que fueron determinados como que afectan la conservación de los pingüinos, se enuncia a continuación:

Hábitat:

- Falta definir las áreas costeras-terrestres más importantes para anidación (5 votos)
- No hay un sistema fortalecido de monitoreo de cambio y pérdida de hábitat. (5 votos)
- Falta conocer impactos de cambios climáticos y oceanográficos en el hábitat. (4 votos)
- Falta conocimiento de necesidades de hábitat según ciclos de vida (1 voto)
- Falta definir las áreas marinas más importantes para alimentación.
- Falta conocer si el pingüino cumple un rol importante como especie ingeniero en el hábitat

Zonificación:

- Falta incluir la información de pingüinos en modelos óptimos de zonificación: (4 votos)
- Faltan consideraciones científicas para representar colonias de pingüinos con alto grado de dispersión en la ZPC.
- Falta conocer sitios de refugio de pingüinos durante eventos climáticos fuertes.
- Falta la evaluación de la efectividad e impacto de la zonificación provisional consensuada (ZPC). (3 votos)
- Zonificación provisional hecha sin fundamentos técnico-científicos. (2 votos)
- La ZPC no necesariamente considera corredores que garanticen el flujo genético. (2 votos)
- Faltan sistemas de respuestas rápidas y planes de contingencia para especies amenazadas y sensibles. (2 votos)
- Falta cumplimiento y respeto de la zonificación existente. (1 voto)
- Proceso de zonificación retrasado

Gobernabilidad:

- Interferencia política en las decisiones de manejo. (5 votos)
- Falta aplicación y proceso adecuado de la ley: no hay capacidad de control (1) poco personal, (2) línea costera extensa (3) infracciones sin sanción. (4 votos)
- Proceso de zonificación estancado en la Junta de Manejo Participativa (3 votos)
- Falta transferencia y difusión de la información sobre especies a actores y administradores de la Reserva Marina de Galápagos (2 votos)
- Falta confianza entre sectores. (1 voto)
- Lograr consenso para trabajar y modificar la zonificación.
- Escasa acción integrada de las autoridades relacionadas con control y vigilancia (con respaldo de la armada).

- Leyes no actualizadas.
- Falta análisis socio-económico de la importancia del pingüino
- Falta de financiamiento permanente/continuo para monitoreo
- Falta difusión del proceso de zonificación.

1. HABITAT

Problema 1

Falta definir las áreas costero-terrestres más importantes para anidación y las áreas marinas más importantes para la alimentación.

OBJETIVO 1:

Identificar y priorizar las zonas relevantes para la reproducción y el forrajeo.

ACCION 1:

Continuar los estudios de monitoreo de población, reproducción y alimentación (rango de forrajeo y de la dieta).

Responsable:

Parque Nacional Galápagos, Fundación Charles Darwin y colaboradores externos.

Línea de tiempo:

Permanente.

Fuente de verificación:

Base de datos, informes de análisis y monitoreo.

Colaboradores:

Científicos visitantes y entidades de cooperación.

Recursos:

Personal: 2 permanentes, 2 colaboradores, equipo de voluntarios.

Tiempo:

Monitoreo poblacional: 2 veces al año; monitoreo de la reproducción: mensual; monitoreo de la alimentación: periodos específicos.

Costos:

\$50,000-\$100,000.

Especiales:

Equipos, logres (e.g. GPS, Temperature Depth Recorders).

Consecuencias:

Zonas importantes identificadas y monitoreadas.

Obstáculos:

Financiamiento, falta apoyo del administrador del área, falta de personal.

ACCION 2:

Realizar investigaciones sobre los hábitos alimenticios y la dieta de los pingüinos.

Responsables:

Parque Nacional Galápagos, Fundación Charles Darwin y colaboradores externos.

Línea de tiempo:

Períodos específicos.

Fuente de verificación:

Informes de análisis.

Colaboradores:

Científicos visitantes.

Recursos:

Personal: 2 personas.

Tiempo:

2 monitoreos por temporada climática.

Costos:

Variables.

Especiales:

Equipos, Logger (e.g. GPS, Temperature Depth recorder).

Consecuencias:

Zonas importantes identificadas y monitoreadas.

Obstáculos:

Financiamiento, falta apoyo del administrador del área, falta de personal.

ACCION 3:

Implementar investigaciones interdisciplinarias para la identificación de las zonas de alimentación y reproducción de los pingüinos.

Responsables:

Parque Nacional Galápagos, Fundación Charles Darwin y colaboradores externos.

Línea de tiempo:

Variable.

Fuente de verificación:

Informes de análisis y monitoreo.

Colaboradores:

Científicos visitantes.

Recursos:

Personal, equipos variables.

Tiempo:

Variable.

Costos:

Variables.

Especiales:

Equipo.

Consecuencias:

Zonas importantes identificadas y monitoreadas.

Obstáculos:

Financiamiento, falta apoyo del administrador del área, falta de personal.

ACCION 4:

Realizar un taller con actores y expertos para evaluar y decidir las zonas relevantes y que sea considerado dentro del proceso.

Responsables:

Parque Nacional Galápagos, Fundación Charles Darwin y colaboradores externos.

Línea de tiempo:

Períodos específicos.

Fuente de verificación:

Memorias del taller y zonas definidas como relevantes.

Colaboradores:

Expertos.

Recursos:

Internos.

Personal:

3 personas.

Tiempo:

1 mes.

Costos:

\$30,000.

Consecuencias:

Zonas importantes identificadas y monitoreadas.

Obstáculos:

Financiamiento, falta apoyo del administrador del área, falta de personal.

OBJETIVO 2:

Asegurar fondos que permitan realizar investigación y monitoreo a corto, mediano y largo plazo.

ACCION 1:

Preparar propuestas a donantes.

Responsables:

Parque Nacional Galápagos y Fundación Charles Darwin.

Línea de tiempo:

Permanente.

Fuente de verificación:

Convenios de colaboración.

Colaboradores:

Agencias de cooperación internacional.

Recursos:

Externos.

Personal:

Personal específico de cada institución.

Tiempo:

Permanente.

Costos:

Salarios variables.

Consecuencias:

Propuestas aceptadas por los diferentes donantes y espectro de búsqueda de fondos más amplio.

Obstáculos:

Tiempo, personal.

ACCION 2:

Buscar otras fuentes de financiamiento (por ejemplo visitantes a Galápagos).

Responsables:

Parque Nacional Galápagos y Fundación Charles Darwin.

Línea de tiempo:

Permanente.

Fuente de verificación

Base de datos de donantes.

Colaboradores:

Turistas, ONGs.

Recursos:

Personal específico de cada institución.

Tiempo:

Permanente.

Costos:

Salarios variables.

Consecuencias:

Financiamiento proveniente de fuentes no tradicionales.

Obstáculos:

Tiempo, personal.

ACCION 3:

Contratar un especialista en levantamiento de fondos en la Fundación Charles Darwin; implementar la URICOP en el Parque Nacional Galápagos.

Responsables:

Parque Nacional Galápagos y Fundación Charles Darwin.

Línea de tiempo:

Permanente.

Fuente de verificación:

Contrato de trabajo.

Colaboradores:

Agencias de cooperación internacional.

Recursos:

Personal, un equipo de trabajo.

Tiempo:

Permanente.

Costos:

Salarios variables.

Consecuencias:

Propuestas aceptadas por los diferentes donantes y más amplio espectro de búsqueda de fondos.

Obstáculos:

Financiamiento.

Problema 2

Falta conocer impactos de cambios climáticos y oceanográficos en el hábitat.

OBJETIVO 1:

Promover proyectos integrados de investigación con la participación de especialistas en diferentes ramas de la ciencia.

ACCION 1:

Realizar propuestas de proyectos de investigación integrados.

Responsables:

Parque Nacional Galápagos y Fundación Charles Darwin.

Línea de tiempo:

Permanente.

Fuente de verificación:

Documentos conteniendo propuestas.

Colaboradores:

Donantes, científicos visitantes.

Recursos:

Personal, equipos de trabajo.

Tiempo:

Permanente.

Costos:

Variable.

Consecuencias:

Proyectos integrados en ejecución.

Obstáculos:

Financiamiento.

ACCION 2:

Identificar las áreas de investigación donde la Fundación Charles Darwin necesita apoyo técnico.

Responsable:

Fundación Charles Darwin y donantes.

Línea de tiempo:

Permanente.

Fuente de verificación:

Documento de necesidades de investigación.

Colaboradores:

Consultores.

Personal:

Variable.

Tiempo:

Permanente.

Costos:

Variables.

Consecuencias:

Se asegura la transferencia tecnológica que permita mejorar la gestión.

Obstáculos:

Inestabilidad política, financiamiento.

OBJETIVO 2:

Promover alianzas estratégicas técnico-científicas, a nivel de redes internacionales para realizar estudios relacionados con cambios climáticos y sus impactos.

ACCION 1:

Establecer nuevas colaboraciones con instituciones que mantengan redes de información climáticas y oceanográficas.

Responsable:

Fundación Charles Darwin.

Línea de tiempo:

Permanente.

Fuente de verificación:

Acuerdos de colaboración.

Colaboradores:

Instituciones de investigación Ej: NOAA, NASA, NCAR, CLIRSEN.

Recursos:

Internos.

Tiempo:

Más de un año.

Costos:

Variables.

Consecuencias:

Visión global de los impactos climáticos en los ecosistemas de Galápagos.

Obstáculos:

Interferencias políticas.

ACCION 2:

Realizar talleres nacionales e internacionales sobre el tema.

Responsable:

Fundación Charles Darwin.

Línea de tiempo:

Talleres nacionales: 2 veces al año; Talleres internacionales, cada 10 años.

Fuente de verificación:

Memorias del taller.

Colaboradores:

Expertos e instituciones.

Personal:

Equipo de trabajo.

Tiempo:

Talleres nacionales 15 días, talleres internacionales 1 mes.

Costos:

Variables.

Consecuencias:

Redes de especialistas conformadas y con información actualizada.

Obstáculos:

Financiamiento.

OBJETIVO 3:

Integrar la información existente para fortalecer y ampliar las investigaciones en curso sobre estos temas.

ACCION 1:

Compilar y sistematizar la información relevante sobre biología y ecología del pingüino de Galápagos.

Responsables:

Fundación Charles Darwin y Parque Nacional Galápagos.

Línea de tiempo:

Un año.

Fuente de verificación:

Base de datos.

Colaboradores:

Expertos en diferentes aspectos de la biología del pingüino .

Recursos:

Internos.

Personal:

Una persona.

Tiempo:

Un año.

Costos:

Salario de una persona.

Consecuencias:

Información integrada, actualizada y accesible sobre diferentes aspectos de la biología del pingüino.

Obstáculos:

Falta de financiamiento, personal.

2. ZONIFICACIÓN

Problema 1

Falta incluir la información de especies amenazadas en modelos óptimos de zonificación, entre la cual se resalta integrar consideraciones científicas para representar colonias de pingüinos con alto grado de dispersión en la Zona Protectora Consensuada, así como sitios de refugio de pingüinos durante eventos climáticos fuertes.

OBJETIVO 1:

Incorporar los insumos de información científica de los pingüinos en modelos holísticos que permitan desarrollar una zonificación óptima y más apropiada para las necesidades de gestión de la Reserva Marina de Galápagos

ACCION 1:

Integrar y analizar la información científica sobre pingüinos en el modelo de zonificación (Ej. MARXAN, SITES).

Responsable:

Fundación Charles Darwin.

Línea de tiempo:

Un año.

Fuente de verificación:

Modelo.

Colaboradores:

Científicos (visitantes) y administradores.

Personal:

Variable.

Tiempo:

Revisiones periódicas.

Costos:

Variables.

Especiales:

Software especializado con paquetes informáticos.

Consecuencias:

Un esquema mejorado de la zonificación que incluya información sobre especies amenazadas, entre ellas, los pingüinos.

Obstáculos:

Tiempo y personal.

ACCION 2:

Discutir los posibles escenarios de la zonificación con respecto de la viabilidad de las poblaciones de los pingüinos de Galápagos con expertos y los actores locales.

Responsables:

Parque Nacional Galápagos, Fundación Charles Darwin, usuarios de la Reserva Marina de Galápagos y colaboradores externos.

Línea de tiempo:

2 años.

Fuente de verificación:

Propuesta de zonificación.

Colaboradores:

Científicos (visitantes), administradores y sectores sociales.

Personal:

Variable.

Tiempo:

Dos años.

Costos:

Tiempo de empleo y talleres.

Consecuencias:

Insumos para el Plan de Manejo de la Reserva Marina de Galápagos.

Obstáculos:

Desinterés y compromisos políticos.

OBJETIVO 2:

Garantizar la provisión adecuada de la información técnica y científica en un lenguaje sencillo.

ACCION 1:

Contratar un comunicador social con conocimiento del tema que trabaje con los científicos

Responsables:

Fundación Charles Darwin, Parque Nacional Galápagos.

Línea de tiempo:

Permanente.

Fuente de verificación:

Elaboración de TDRs para contratación de experto y resúmenes de informes técnicos redactados de manera sencilla.

Colaboradores:

Donantes y científicos visitantes.

Personal:

Una persona.

Tiempo:

Permanente.

Costos:

\$16.000 por año.

Consecuencias:

Población permanentemente informada y de acuerdo con las decisiones de manejo.

Obstáculos:

Falta de financiamiento y poca aceptación del público.

OBJETIVO 3:

Promover la participación de los diferentes actores en la obtención y análisis de la información

ACCION 1:

Elaborar paquetes didácticos de la zonificación

Responsables:

Fundación Charles Darwin, Parque Nacional Galápagos, Sectores

Línea de tiempo:

Permanente

Fuente de verificación:

Folletos, trípticos, CDs, charlas informativas, etc.

Colaboradores:

Escuelas, colegios, Cooperativa de pesca, Cámara de Turismo, etc.

Personal:

Equipo de educadores y comunicadores.

Tiempo:

Un año.

Costos:

\$25.000.

Consecuencias:

Mejor conocimiento y más apoyo.

Obstáculos:

Actitud negativa de los usuarios y poco apoyo.

Problema 2:

Falta evaluar la efectividad e impacto de la zonificación provisional consensuada.

OBJETIVO 1:

Impulsar a que se realice la evaluación de la zonificación provisional consensuada.

ACCION 1:

Monitorear todos los ámbitos (social, ambiental, económico, etc.) de la zonificación provisional consensuada.

Responsables:

Parque Nacional Galápagos, Fundación Charles Darwin (Junta de Manejo Participativo).

Línea de tiempo:

Seis meses.

Fuente de verificación:

Informes.

Colaboradores:

ONGs, facilitadores.

Personal:

Equipo de trabajo.

Tiempo:

Revisión permanente.

Costos:

\$15.000.

Consecuencias:

Sistema estable de zonificación.

Obstáculos:

Dificultad para la consecución de fondos necesarios para realizar el monitoreo.

OBJETIVO 2:

Comprometer a todos los actores de la necesidad de realizar la evaluación de la Zona de Protección Consensuada.

ACCION 1:

Realizar reuniones de prenegociación entre los actores de la Reserva Marina de Galápagos.

Responsables:

Parque Nacional Galápagos, Fundación Charles Darwin (Junta de Manejo Participativo).

Línea de tiempo:

Reuniones periódicas.

Fuente de verificación:

Ayuda memorias de las reuniones y acuerdos.

Colaboradores:

ONGs y facilitadores.

Personal:

Equipo de trabajo.

Tiempo:

Variable.

Costos:

\$10.000.

Consecuencias:

Actores comprometidos con la zonificación.

Obstáculos:

Intereses políticos y económicos.

OBJETIVO 3:

Difundir los resultados de la evaluación de la Zona Protectora Consensuada a los actores de una manera mas adecuada.

ACCION 1:

Elaborar paquetes didácticos de la zonificación.

Responsables:

Fundación Charles Darwin, Parque Nacional Galápagos, Sectores.

Línea de tiempo:

Permanente.

Fuente de verificación:

Folletos, Trípticos, CDs, charlas informativas, etc.

Colaboradores:

Escuelas, colegios, Cooperativa de Pesca, Cámara de Turismo, etc.

Personal:

Equipo de educadores y comunicadores.

Tiempo:

Un año.

Costos:

\$25.000.

Consecuencias:

Mejor conocimiento y más apoyo.

Obstáculos:

Actitud negativa de los usuarios y poco apoyo.

3. GOBERNABILIDAD

Problema 1

Interferencia política en las decisiones de manejo en el Parque Nacional Galápagos y la Reserva Marina de Galápagos.

OBJETIVO 1:

Promover el respeto al marco legal de Galápagos.

ACCION 1:

Realizar campañas educativas y de información.

Responsables:

Parque Nacional Galápagos, Fundación Charles Darwin, ONGs.

Línea de tiempo:

Permanente.

Fuente de verificación:

Materiales de difusión, spots de TV y radio, desfiles.

Colaboradores:

Medios de comunicación, escuelas y colegios.

Personal:

Cinco personas.

Tiempo:

Permanente.

Costos:

Variable.

Consecuencias:

Mejor conocimiento y más apoyo.

Obstáculos:

Financiamiento y poca apertura de los medios.

ACCION 2:

Realizar actividades de capacitación a los comunicadores, educadores y guías.

Responsables:

Fundación Charles Darwin y Parque Nacional Galápagos.

Línea de tiempo:

Permanente.

Fuente de verificación:

Folletos de capacitación.

Colaboradores:

Asociación de Guías; municipio, escuelas, colegios, periodistas.

Personal:

Cinco personas.

Tiempo:

Permanente.

Costos:

Variables.

Consecuencias:

Mejor conocimiento y más apoyo.

Obstáculos:

Financiamiento y poca apertura de los medios.

ACCION 3:

Tener reuniones informativas constantes con las autoridades.

.

Responsable:

Coordinador de la Junta de Manejo Participativo.

Línea de tiempo:

Permanente.

Fuente de verificación:

Memorias.

Colaboradores:

ONGs, cooperantes, etc.

Personal:

Tres personas.

Tiempo:

Permanente.

Costos:

Tiempo de empleo.

Consecuencias:

Mejor conocimiento y más apoyo.

Obstáculos:

Intereses políticos, económicos y visión a corto plazo..

ACCION 4:

Crear una red de comunicadores sociales especializados en temas ambientales dirigido a mejorar el entendimiento de tomadores de decisiones.

Responsables:

Parque Nacional Galápagos, ONGs.

Línea de tiempo:

Un año.

Fuente de verificación:

Base de información.

Colaboradores:

Medios de comunicación.

Personal:

20 personas.

Tiempo:

Tres meses.

Costos:

Tiempo de empleo.

Consecuencias:

Decisiones de manejo que garanticen la conservación y el uso sustentable de la Reserva Marina de Galápagos.

Obstáculos:

Poca predisposición para apoyar la iniciativa.

ACCION 5:

Elaborar una estrategia que asegure el intercambio de información entre usuarios.

Responsables:

Coordinador de la Junta de Manejo Participativo.

Línea de tiempo:

Seis meses.

Fuente de verificación:

Propuesta de comunicación.

Colaboradores:

Facilitadores.

Personal:

Cuatro personas.

Tiempo:

Seis meses.

Costos:

Salarios del personal.

Consecuencias:

Buen flujo de información.

Obstáculos:

Falta de financiamiento, predisposición del coordinador de la Junta de Manejo Participativo.

OBJETIVO 3:

Lograr un manejo técnico estable e independiente de intereses políticos.

ACCION 1:

Establecer una organización ciudadana que de seguimiento a la gestión en las áreas protegidas y que tenga espacio en los medios de comunicación para que se conozca públicamente la evaluación del proceso.

Responsable:

Sector de turismo.

Línea de tiempo:

Permanente.

Fuente de verificación:

Informes.

Colaboradores:

Comunidad local, usuarios.

Personal:

Variable.

Tiempo:

Permanente.

Costos:

Variable.

Consecuencias:

Mejorar el grado de gestión del administrador.

Obstáculos:

Falta de interés de la comunidad.

ACCION 2:

Establecer foros de discusión a nivel internacional.

Responsables:

ONGs.

Línea de tiempo:

Permanente.

Fuente de verificación:

Lista de contactos y acciones realizados.

Colaboradores:

ONGs.

Personal:

Variable.

Tiempo:

Permanente.

Costos:

Tiempo del personal.

Consecuencias:

Mejorar el grado de gestión del administrador.

Obstáculos:

Falta de interés a nivel internacional.

Problema 2

Falta aplicación y proceso adecuado de la ley: no hay capacidad de control debido al poco personal, a una línea costera extensa y a infracciones sin sanción.

OBJETIVO 1:

Lograr que se aplique la Ley Especial.

ACCION 1:

Difusión de información respecto a la Ley.

Responsable:

Parque Nacional Galápagos.

Línea de tiempo:

Permanente.

Fuente de verificación:

Sanciones ejecutadas sobre infractores.

Colaboradores:

Donantes internacionales.

Recursos:

Externos.

Personal:

Funcionarios del Parque Nacional Galápagos y la Reserva Marina de Galápagos, medios de comunicación.

Tiempo:

Permanente.

Consecuencias:

Población en pleno conocimiento de la Ley Especial de Galápagos y con respeto hacia las decisiones que tome la autoridad.

Obstáculos:

Falta de decisión política en la ejecución de la ley. Funcionarios con poco conocimiento de la ley y por lo tanto nula ejecución.

ACCION 2:

Capacitación de autoridades.

Responsable:

Departamento Jurídico del Parque Nacional Galápagos.

Línea de tiempo:

Permanente.

Fuente de verificación:

Evaluaciones permanentes a los funcionarios.

Colaboradores:

Dirección de Asesoría Jurídica del Ministerio del Ambiente.

Recursos:

Internos.

Consecuencias:

Funcionarios del Parque Nacional Galápagos y la Reserva Marina de Galápagos en conocimiento de la Ley y los procedimientos adecuados en ejecución.

ACCION 3:

Seguimiento de procesos legales a través de veedurías.

Responsable:

Departamento de Asesoría Jurídica del Parque Nacional Galápagos.

Línea de tiempo:

Permanente.

Fuente de verificación:

Sistema de veedurías implementado y en ejecución.

Colaboradores:

Sociedad Civil organizada.

Recursos:

Externos e internos.

Tiempo:

Permanente.

Consecuencias:

Sociedad Civil satisfecha con procedimientos que ejecuta la autoridad.

Obstáculos:

Sociedad civil sin organización y con poco interés de resolver los problemas del Parque Nacional Galápagos y la Reserva Marina de Galápagos.

OBJETIVO 2:

Fortalecer a la autoridad de las áreas protegidas.

ACCION 1:

Desarrollar un proyecto de Ley que dote al Guarda parques de la capacidad de aprehensión.

Responsable:

Departamento Jurídico del Parque Nacional Galápagos.

Línea de tiempo:

Seis meses.

Fuente de verificación:

Proyecto de Ley.

Colaboradores:

Organismos donantes.

Recursos:

Externos.

Personal:

El que labore en el Departamento Jurídico del Parque Nacional Galápagos.

Tiempo:

Seis meses.

Consecuencias:

Guarda parques con respaldo legal para ejecutar penalización sobre el delito flagrante.

Obstáculos:

Falta de decisión política y donación de recursos.

ACCION 2:

Contratar tres abogados especialistas en temas ambientales.

Responsable:

Departamento Jurídico del Parque Nacional Galápagos y organismos donantes.

Línea de tiempo:

Seis meses.

Fuente de verificación:

Elaboración de TDRs para contrato de especialistas.

Colaboradores:

Organismos donantes.

Recursos:

Externos.

Personal:

Tres abogados contratados y los que laboren en el Departamento Jurídico del Parque Nacional Galápagos.

Tiempo:

Indefinido.

Obstáculos:

Falta de recursos para contratación de especialistas.

OBJETIVO 3:

Promover acción integrada de diferentes autoridades para garantizar y efectivizar el control.

ACCION 1:

Crear la base legal para el establecimiento de las UCVs Que es

RESPONSABLE

LINEA DE TIEMPO

FUENTE DE VERIFICACION

COLABORADORES

PERSONAL

TIEMPO

COSTOS
ESPECIALES
CONSECUENCIAS
OBSTACULOS

ACCION 2:

Conformar UCVs

RESPONSABLE
LINEA DE TIEMPO
FUENTE DE VERIFICACION
COLABORADORES
RECURSOS
PERSONAL
TIEMPO
COSTOS
ESPECIALES
CONSECUENCIAS
OBSTACULOS

OBJETIVO 4:

Actualizar y fortalecer los cuerpos legales e instrumentos de sanción.

ACCION 1:

Elaborar proyectos de Ley y revisar las leyes actuales para identificar vacíos.

Responsable:

Parque Nacional Galápagos.

Línea de tiempo:

Seis meses.

Fuente de verificación:

Proyecto de ley presentado y análisis jurídico de las actuales leyes.

Colaboradores:

Organismos donantes.

Recursos:

Externos.

Personal:

Contratado.

Tiempo:

Seis meses.

Consecuencias:

Que el Parque Nacional Galápagos cuente con un marco legal actualizado que responde a las necesidades que se presentan.

Obstáculos:

Falta de financiamiento.

Problema 3

El proceso de planificación se encuentra estancado y es muy problemático para la Junta de Manejo Participativo.

OBJETIVO 1:

Lograr que se considere el proceso de zonificación como una prioridad dentro de los temas de la agenda de la Junta de Manejo Participativo.

ACCION 1:

Identificar las ventajas biológicas y socio-económicas vinculados a la zonificación eficaz y exponerlo a la Junta de Manejo Participativo.

Responsable:

Responsable de la parte ambiental ante la Junta de Manejo Participativo.

Línea de tiempo:

Un año.

Fuente de verificación:

Agenda ambiental priorizada ante la Junta de Manejo Participativo.

Colaboradores:

Ninguno.

Recursos:

Internos.

Tiempo:

Un año.

Consecuencias:

Aceptación de la Junta de Manejo Participativo de un proceso participativo para discutir los temas biológicos y su relación con los temas sociales.

OBJETIVO 2:

Fortalecer la coordinación de la Junta de Manejo Participativo.

ACCION 1:

Evaluar la gestión de la actual coordinación e implementar acciones para mejorar su funcionamiento

Responsable:

Directorio de la Junta de Manejo Participativo.

Línea de tiempo:

Un mes.

Fuente de verificación:

Acciones enmendadas.

Colaboradores:

Organismos internacionales.

Recursos:

Internos.

Personal:

Directorio de la Junta de Manejo Participativo y Veeduría ciudadana.

Tiempo:

Un mes.

Consecuencias:

Junta de Manejo Participativo activa y eficaz.

Obstáculos:

Falta de decisión del Directorio de la Junta de Manejo Participativo.

OBJETIVO 3:

Proporcionar la información necesaria sobre el tema de zonificación a los actores y usuarios de la Reserva Marina de Galápagos.

ACCIÓN 1:

Establecer e implementar una estrategia de información.

Responsables:

Parque Nacional Galápagos y Fundación Charles Darwin.

Línea de tiempo:

Permanente.

Fuente de verificación:

Estrategia de información implementada.

Colaboradores:

Organismos donantes.

Recursos:

Internos y externos.

Personal:

Equipo contratado.

Tiempo:

Permanente.

Consecuencias:

Actores y usuarios informados sobre la zonificación e involucramiento en las decisiones.

Obstáculos:

Falta de recursos.

GRUPO 3: IMPACTOS HUMANOS Y AMENAZAS

Este grupo analizó el tema de impactos humanos y amenazas a la población de pingüinos de las Islas Galápagos, guiándose por los siguientes subtemas:

1. Pesquerías.
2. Enfermedades.
3. Especies invasoras.
4. Fenómeno del Niño.
5. Derrames de petróleo.
6. Otros desastres naturales.
7. Turismo.
8. Gobernabilidad

INTEGRANTES DEL GRUPO:

Onnie Byers, Erika Travis, Catherine Soos, Sixto Naranjo, Carlos Carrión, Paola Buitrón, Godfey Merlen, Solanda Rea, Marylin Cruz, Tatiana Santander, William Astudillo, Juan Carlos Valarezo.

Se realiza una priorización de los temas, quedando como se indica en la siguiente lista, donde el grado de importancia va de mayor a menor iniciando con el primer tema:

1. Fenómeno del Niño: 7
2. Pesquerías: 5
3. Enfermedades: 4
4. Depredadores: 3
5. Derrames de petróleo: 1
6. Otros desastres naturales

1. FENOMENO DEL NIÑO

Este tema fue discutido, determinando los integrantes del grupo que los principales efectos de este evento climático son:

- ❖ Disminución de las poblaciones por mortalidad.
- ❖ Disminución de las defensas inmunológicas de las aves por stress.
- ❖ Los pingüinos se encuentran propensos a contraer enfermedades.
- ❖ Pérdida de la variabilidad genética debido a la reducción del número de individuos y al riesgo de consanguinidad debido a la disminución de la población.
- ❖ Desequilibrio en la alimentación.

- ❖ Cambios climáticos que conducen a un aumento de la temperatura y de los niveles del agua.
- ❖ Interacción entre pesquería y el fenómeno del Niño.
- ❖ Disminución en la reproducción.
- ❖ Supervivencia.
- ❖ Dispersión.

La llegada de Niños fuertes causa una importante reducción en las fuentes de alimentación de los pingüinos. El resultado es una alta mortalidad de aves, además del estrés, lo que incide en una baja de la reproducción y en que los individuos sean susceptibles a las enfermedades.

Niños fuertes frecuentes posiblemente a causa del calentamiento global pueden causar la extinción de la especie. La mortalidad estimada es de un 50 a 80% durante los Niños fuertes

OBJETIVO:

Establecer un plan estratégico para proteger la población del pingüino de los efectos negativos del Niño fuerte.

ACCIONES:

Reducir el estrés antes y durante Niños fuertes ejecutando las siguientes acciones:

- a) Bajando los niveles de contaminación.
- b) Controlando actividades humanas (turismo, vedas, pesca).
- c) Previendo enfermedades.
- d) Patrullando permanentemente las zonas donde habitan los pingüinos durante el Niño.

Tiempo:

Largo plazo.

Resultados:

Los pingüinos estarán en mejor estado para enfrentar cambios climáticos y por lo tanto habrá reducción de la mortalidad.

Responsables:

Parque Nacional Galápagos, Servicio Ecuatoriano de Sanidad Animal, Sistema de Inspección y Cuarentena para Galápagos, Dirección General de la Marina Mercante del Litoral.

Recursos:

Personal y equipos de las instituciones responsables.

Costos:

\$200.000 anual.

Obstáculos:

Falta de financiamiento.

Falta de gobernabilidad y corrupción.

2. PESQUERIAS

El grupo, después de analizar el tema, definió que los principales efectos negativos de las pesquerías sobre la población de pingüinos son:

- ❖ Campamentos ilegales.
- ❖ Artes de pesca no permitidas (monofilamentos).
- ❖ Falta de conocimiento de la distribución exacta de los pingüinos (zonificación), nidos y zonas de alimentación.
- ❖ Muerte accidental de pingüinos en redes de pesca.
- ❖ Ordenamiento de las pesquerías (no existe una buena zonificación).
- ❖ Época de pesca.
- ❖ Competencia de alimento, ya que en caso de que se apruebe la pesca con palangre se necesitarán grandes cantidades de carnada, las mismas que pueden formar parte de la alimentación del pingüino.
- ❖ Aumento de la contaminación (basura, petróleo, desechos humanos).
- ❖ El incremento en el número de embarcaciones de pesca y personas causan un aumento de estrés a las aves.
- ❖ Falta de conocimiento de la especie por los usuarios de la reserva.
- ❖ Las pesquerías sin control y sin organización invaden las zonas protegidas originando problemas de contaminación y el uso de artes de pesca no permitidas. Esto causa estrés, muerte de los pingüinos y disturbios en los sitios de anidación y alimentación.
- ❖ Falta de conocimiento de la especie por los usuarios (pescadores) y por la población en general.
- ❖ Muerte de pingüinos en redes de monofilamento con una mortalidad del 0,33% al 1% (animales conocidos n = 5) .Si se incrementa el uso de este arte de pesca en el occidente de Galápagos en 5 años la mortalidad por esta causa aumentaría al 5%.
- ❖ Del 1 al 5% de los pingüinos presentarían problemas reproductivos debido a la presencia de botes de pesca asociados a campamentos ilegales en zonas de vida.

OBJETIVO 1:

Fortalecer el programa de control y vigilancia marina del Parque Nacional Galápagos para garantizar el buen estado de los ecosistemas.

ACCION 1:

Monitoreo continuo e integrado de fauna y efectos de pesquería.

Tiempo:

Largo plazo.

Resultados:

Bases de datos que permita tomar acciones para la mejor protección de la especie y revisión de la zonificación.

Responsables:

Fundación Charles Darwin, y Parque Nacional Galápagos.

Recursos:

Personal y tiempo.

Barco del Parque Nacional Galápagos y de turismo. Se incluyen 14 personas con la tripulación
Aprovechar salidas de otros proyectos.

Costos:

15 días cada tres meses. Serían \$8000 por viaje.

Obstáculos:

Falta de financiamiento.

La validez de los datos puede ser discutida por los usuarios de la Reserva Marina.

ACCION 2:

Sistema de control y vigilancia estable y transparente.

Tiempo:

Largo plazo.

Resultados:

Mejor control de pesca ilícita, control de artes de pesca.

Mejor cumplimiento de reglamentos vigentes.

Responsables:

Parque Nacional Galápagos y Apoyo de la Dirección General de la Marina Mercante.

Recursos:

Equipo del Parque Nacional Galápagos.

Avionetas, barcos y lanchas.

Costo:

\$2,000.000.

Obstáculos:

Falta de personal y financiamiento.

Falta un sistema logístico efectivo bi -institucional.

Falta de coordinación entre el Parque Nacional Galápagos y Dirección General de la Marina Mercante del Litoral. (Proceso de actualización de un convenio).

Generar información para influir en la población en general con énfasis en el sector pesquero y turístico que apoyen a la conservación.

OBJETIVO 2:

Generar información con buenas bases científicas para influir en la población en general, con énfasis en el sector pesquero y turístico, para que apoyen a la conservación.

ACCION 1:

Sistema de discusión y educación ambiental para la población en general enfocado en el pingüino y otras especies amenazadas.

Tiempo:

A largo plazo.

Resultados:

Cambio de actitud de la población.

Producción de material informativo (folletos, afiches, etc.).

Programa de televisión integrando a la población.

Incorporar un componente sobre pingüinos en el Centro de Interpretación del Parque Nacional Galápagos.

Responsables:

Parque Nacional Galápagos, ONG y comunidades.

Recursos:

Equipo y personal del Parque Nacional Galápagos y ONG's.

Espacio radial y televisivo.

Costo:

\$10 000 anuales.

Obstáculos:

Falta de financiamiento y personal.

ACCION 2:

Regulación de las artes de pesca.

Tiempo:

Largo plazo.

Resultados:

Disminución de la mortalidad de adultos por efecto directo de la pesca (llegando a 0 individuos).

Responsables:

Junta de Manejo y el Parque Nacional.

Recursos:

Reuniones y gastos operativos.

Costos:

\$500 dólares cada reunión.

Obstáculos:

Resistencia del sector pesquero.

OBJETIVO 3:

Proponer la revisión de la zonificación marina sobre la base de la generación de nueva información científica del estado poblacional, área de anidación y alimentación del pingüino.

ACCION 1:

Creación del Parque Marino entre Isabela y Fernandina.

Tiempo:

A largo plazo.

Resultados:

Mejor manejo, control y protección.

Responsables:

Ministerio del Ambiente.

Recursos:

Reuniones.

Costos:

\$1500 cada reunión.

Obstáculos:

Falta de acuerdo.

3. ENFERMEDADES

El riesgo de nuevas enfermedades que pueden ser introducidas en Galápagos por un nuevo patógeno sería muy grave. El riesgo se incrementa por el contacto con humanos, animales domésticos (gallinas), desechos humanos (basura, excrementos) y medios de transporte (barcos/aviones) que pueden traer vectores y agentes infecciosos.

Hay evidencia de dos especies de mosquitos presentes en Galápagos que pueden ser vectores de enfermedades altamente peligrosas (virus del oeste del Nilo y Malaria). También existe el riesgo de una enfermedad endémica que resurja, y el riesgo del nivel de gravedad de la enfermedad que puede ser debida a un incremento de estrés provocado por varios factores (e.g. el Niño y factores antropogénicos).

Virus del oeste del Nilo= 15 al 50% de mortalidad, permanece en la población (30 a 40%) reduce la reproducción en el próximo año y luego se recupera.

Malaria: 75 al 80% mortalidad (sin adaptación) y permanece.

Enfermedad endémica: 5 a 20% de disminución en la reproducción.
0,5 al 1% de la mortalidad en adultos y del 3 al 5% en polluelos.

OBJETIVOS:

- 1) *Prevenir el arribo de nuevas enfermedades a las Islas Galápagos, causadas por actividades humanas.*
- 2) *Reducir la magnitud y las causas que producen el estrés en las aves.*
- 3) *Fortalecer los sistemas de inspección y cuarentena.*
- 4) *Elaborar un plan de monitoreo para enfermedades y encontrar su efecto en la población. En base de esta información elaborar un plan de acción.*

OBJETIVO 1:

Prevenir el arribo de nuevas enfermedades a las Islas Galápagos, causadas por actividades humanas.

ACCION 1: Prevenir el arribo de nuevas enfermedades.

Fumigación en Quito y Guayaquil en barcos, botes y aviones para disminuir el riesgo de vectores portadores de infecciones. Al cumplir este requisito cada medio de transporte necesitara un certificado.

Tiempo:

Corto plazo – 2 años para cumplir.

Resultados.

Se debe monitorear mosquitos / ectoparásitos en los barcos y aviones antes y después de la implementación de la fumigación para determinar si es efectivo.

Responsables:

Marilyn Cruz hacia el Sistema de Inspección y Cuarentena para Galápagos y el Servicio Ecuatoriano de Sanidad Animal.

Recursos:

Para lograr esta acción debemos incrementar en 4 el número de inspectores.

Material, equipo, producto, capacitación para una eficaz fumigación.

Costo:

\$38.400 anuales para las 4 nuevas personas. Para materiales y equipos no tenemos la información necesaria para determinar el costo.

Obstáculos:

Inestabilidad en la gobernabilidad que esto va a traer atrasos en la planificación.

OBJETIVO 2:

Fortalecer los sistemas de inspección y cuarentena.

ACCION 1:

Revisar el plan de regulación, inspección y exigencia y fortalecerlo o aumentarlo, si es necesario, para minimizar el riesgo de movimiento y dispersión de agentes infecciosos.

Tiempo:

2 de 3 años para cumplir.

Resultados:

Menos agentes infecciosos introducidos a Galápagos.

Responsables:

Catherine Soos y Marilyn Cruz hacia el Sistema de Inspección y Cuarentena para Galápagos y el Servicio Ecuatoriano de Sanidad Animal, Parque Nacional Galápagos, Fundación Charles Darwin, HOSPITAL (Sanidad Humana).

Recursos:

Talleres y reuniones.

Costo:

\$1500 anuales.

Obstáculos:

Resistencia de personas responsables en determinados cargos.

OBJETIVO 3:

Reducir la magnitud y las causas que producen el estrés en las aves.

ACCION 1:

Inspeccionar los botes de pesca cada vez que salen de los puertos para evitar la presencia de animales domésticos que puedan ser vectores de agentes infecciosos.

Tiempo:

1 año para su cumplimiento.

Resultados:

La población de pingüinos va a estar menos amenazada por los perros.

Responsables:

Sistema de Inspección y Cuarentena para Galápagos y Servicio Ecuatoriano de Sanidad Animal.

Recursos:

Un Inspector para la Isla Floreana.

Costo:

\$12.000 al año.

Obstáculos:

Acciones no responsables por parte de los inspectores.

Que los inspectores no tengan el respaldo legal.

Evadir los controles por parte de los usuarios.

ACCION 2:

Disminuir del contacto entre las colonias de pingüinos con botes y humanos durante la época de anidación y crecimiento de los pichones, evitar el desembarque y que las embarcaciones no se acerquen hasta 50 metros de la costa durante estos tiempos. Que los científicos involucrados en los estudios de esta especie actúen de manera ética.

Tiempo:

2 – 3 años.

Resultados:

Para determinar el resultado primero tenemos que medir cuántas embarcaciones de pesca y turismo se acercan a los pingüinos y a qué distancia están de la costa que tiene pingüinos. Con esta información podemos evaluar si la acción ha funcionado.

Responsables:

Sixto Naranjo comunicará al Parque Nacional Galápagos.

Recursos:

Información de los Biólogos de la Fundación Charles Darwin al Parque Nacional Galápagos y usuarios de la Reserva Marina.

Obstáculos:

Los usuarios van a poner resistencia a más regulaciones.

OBJETIVO 4

Elaborar un plan de monitoreo para enfermedades y encontrar su efecto en la población. Con base en esta información elaborar un plan de acción.

ACCION 1:

Establecer un plan de acción y vigilancia para enfermedades:

Continuar la educación de los diferentes gremios (Parque Nacional Galápagos, Fundación Charles Darwin, voluntarios, pescadores, Guías de la Reserva Marina y la población en general) para monitorear la presencia de enfermedades y reportar la información al grupo apropiadamente. Colectar información sobre mortalidad.

Colectar muestras de heces y sangre para su posterior análisis en el laboratorio.

Coordinar con las lanchas del Parque Nacional Galápagos para que una persona del Parque Nacional Galápagos o de la Fundación Charles Darwin (técnico o voluntario) realice monitoreos de pingüinos con observaciones específicas y patrones estandarizados cada tres meses.

Si durante este monitoreo se encuentran animales muertos serán colectados para su estudio.

Continuar haciendo un muestreo de los pingüinos para monitorear la presencia de nuevas enfermedades y detectar si el nivel de enfermedades previamente detectadas ha cambiado. Las muestras serán colectadas por lo menos cada 2-3 años, una mayor frecuencia dependerá de los resultados de estudios previos y las necesidades de la población.

Si hay mortalidad de pingüinos, se deben utilizar investigaciones científicas (patología, aerología o biología molecular) para buscar su causa. Es necesario determinar la población en el área afectada y el porcentaje de animales muertos y afectados.

Con esta información se puede determinar el riesgo al resto de la población y valorar qué líneas de acción se van a ejecutar.

- a) Sin intervención
- b) Intervención in situ
- c) Movilización de los pingüinos a cautiverio para la protección de la especie.

Continuar haciendo un muestreo animales domésticos (gallinas) para monitorear la presencia de nuevas enfermedades y detectar si el nivel de enfermedades previamente detectadas ha cambiado. Las enfermedades que ya han sido detectadas en gallinas (estudio durante parte de 2001 y 2003, Gottdenker et al) son: adenovirus aviar tipo 1, paramyxovirus tipo 1 (Newcastle), bronquitis infecciosa, encéfalo mielitis aviar, enfermedad de Marek (herpes virus), enfermedad bursal infecciosa, *Mycoplasma gallisepticum*, *Chlamydophila psittaci* y *Toxoplasma gondii*.

La presencia de la enfermedad de Newcastle es de gran preocupación debido a sus efectos potenciales en cormoranes no voladores, pingüinos, y otras especies endémicas susceptibles.

Aunque sería ideal erradicar esta enfermedad en particular de la industria avícola, las restricciones sociales, políticas y financieras hacen que esto sea imposible. Planes inmediatos o de corto plazo incluyen la caracterización del virus, incluyendo el serotipo y la virulencia de las cepas particulares que existen en Santa Cruz y San Cristóbal. Además, sería de gran beneficio el trabajar con granjeros locales para educarles en la importancia del control de las enfermedades y en los métodos a implementar.

4. ESPECIES INVASORAS.

Los principales aspectos a analizar sobre este tema son:

1. Mortalidad de huevos de pingüinos causados por hormigas.
2. Posibilidad de ataques de gatos, perros y ratas sobre huevos y pichones.
3. Falta de continuidad en el control de especies invasoras.

La presencia de especies invasoras en especial hormigas introducidas (e.g. Solanopsis) y mamíferos ferales (e.g. gatos, ratas y perros) en áreas de anidación y cría del pingüino de Galápagos pueden originar una reducción en el porcentaje de eclosión de huevos y afectar la supervivencia de individuos juveniles y adultos en un 10%.

Los gatos producirían en una reducción del 9% de la población.

Hay un 1 % de mortalidad en pichones causado por hormigas.

OBJETIVO 1:

Exigir el cumplimiento del reglamento de control total de especies introducidas a través del, Comité Interinstitucional para el Manejo de Especies Invasoras (CIMEI).

ACCION 1:

Reforzar y unificar los esfuerzos institucionales entre el Parque Nacional Galápagos, la Fundación Charles Darwin, el Sistema de Inspección y Cuarentena para las Islas Galápagos, el Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria y la Armada Nacional para mejorar los sistemas de inspección y cuarentena en barcos de pesca, turismo y de uso científico como un programa de prevención para la llegada de especies invasoras.

Tiempo:

Largo plazo.

Resultados:

Se disminuirá la presencia de especies invasoras.

Responsables:

Parque Nacional Galápagos, la Fundación Charles Darwin, Sistema de Inspección y Cuarentena para las Islas Galápagos, Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria, Armada y Policía Ambiental.

Recursos:

Reuniones y convenios.

Costo:

\$500 por cada reunión.

Obstáculos:

Falta de comunicación y acuerdos.

ACCION 2:

Priorizar la ejecución de Programas de monitoreo ecológico periódico dirigido por el Parque Nacional Galápagos y la Fundación Charles Darwin en la Isla Fernandina para prevenir la llegada de especies introducidas en zonas de uso turístico y de campamentos clandestinos para la pesca de pepinos de mar.

Tiempo:

Largo plazo.

Resultados:

Mayor conocimiento de la ecología y biología de las especies invasoras para lograr mayor eficiencia en su control.

Responsables:

Parque Nacional Galápagos y Fundación Charles Darwin.

Recursos:

Reuniones, convenios y técnicos.

Costo:

\$200 para cada reunión.

Obstáculos:

Falta de entendimientos de las partes.

ACCION 3:

Continuar y revisar el programa de control y erradicación de especies invasoras en las principales zonas de anidación del pingüino de Galápagos. Continuar con experimentos ya establecidos.

Resultados:

Posible incremento de la población de pingüinos y se previene la llegada de enfermedades y amenazas.

Responsables:

Parque Nacional Galápagos, Fundación Charles Darwin, Sistema de Inspección y Cuarentena para Galápagos, Servicio Ecuatoriano de Sanidad Animal, Municipio.

Recursos:

Reuniones, personal y equipos para control.

Costo:

\$20.000 anuales.

Obstáculos:

Falta de financiamiento y acuerdos.

5. DERRAMES DE PETROLEO

Los principales problemas que producen los derrames de petróleo son:

1. Eliminación de la sentina desde los barcos al mar.
2. Hundimiento y varamiento.
3. Estrés y mortalidad de las aves por contaminación y presencia de embarcaciones.
4. Falta de la gobernabilidad.

Falta de un sistema de control y manejo de desechos y de combustibles, en especial en el transporte y almacenamiento de este en barcos de turismo y barcos de pesca que trabajan en la Reserva Marina.

Si existe un derrame fuerte va a producir la muerte del 80% de la población y la reproducción disminuiría de 0 a 1 polluelo por año. Si el derrame es leve o constante causaría un 5% de mortalidad y con una reproducción de 2 a 3 pichones por año.

OBJETIVO 1:

Crear un plan de prevención y mitigación para evitar los derrames.

ACCION 1:

Establecer regulaciones para el mejoramiento de los barcos de pesca existentes para evitar la contaminación.

Tiempo:

Largo plazo.

Resultados:

Disminución de los niveles de contaminación en áreas sensibles para la especie.

Responsable:

Dirección General de la Marina Mercante del Litoral.

Recursos:

Reuniones, materiales educativos.

Costo:

\$500 por cada reunión.

Obstáculos:

Falta de acuerdo.

ACCION 2:

Establecer regulaciones para la construcción de barcos, revisión de rutas y ayudas de navegación.

Tiempo:

A largo plazo.

Resultados:

Reducción del riesgo del derrame.

Responsable:

Parque Nacional Galápagos y Dirección General de la Marina Mercante del Litoral.

Recursos:

Reuniones.

Obstáculos:

Falta de acuerdos.

ACCION 3:

Impulsar el plan de respuesta rápida para derrames.

Tiempo:

Largo plazo.

Resultados:

Reducir efectos del derrame.

Responsable:

Parque Nacional Galápagos.

Recursos:

Reuniones, equipos y materiales.

Costos:

\$300.000.

Obstáculos:

Falta de financiamiento.

6. DESASTRES NATURALES

Los principales desastres naturales que podrían afectar las poblaciones de pingüinos son:

1. Erupciones volcánicas
2. Pérdida del hábitat (sitios de anidación)

Una catástrofe natural podría reducir la población y si se pierden los sitios adecuados para anidación, causaría un efecto a largo plazo. Reducción de un 0,5% de la población.

OBJETIVO 1:

Elaborar un plan de emergencia para responder rápidamente a las catástrofes que se puedan presentar.

ACCION 1:

Impulsar el plan de respuesta rápida para desastres naturales.

Tiempo:

Largo plazo.

Resultados:

Reducir los efectos de los desastres naturales.

Responsables:

Parque Nacional Galápagos.

Recursos:

Reuniones, equipos y materiales.

Costo:

\$3000

Obstáculos:

Falta de financiamiento.

Taller
Análisis de la Viabilidad de la Población
y del Hábitat del Pingüino de Galápagos
(*Spheniscus mendiculus*)
8-11 de febrero, 2005
Parque Nacional Galápagos
Santa Cruz, Ecuador

Lista de participantes

Aguirre Diógenes
Fundación Charles Darwin
Tel: 2526-146/147 ext.228
daguirre@fcdarwin.org.ec
Bellavista, Galápagos

Astudillo, William
Guía de la Reserva Marina A.G.B.
Tel; 093203167
dive_toy@yahoo.com

Banks, Stuart
Fundación Charles Darwin
Tel; 5-2-526146 ext.229
sbanks@fcdarwin.org.ec
Estación Científica Charles Darwin

Boersma, Dee
Wadsworth Endowed Chair of Conservation Science,
Department of Biology
Box 351800
University of Washington
Seattle WA 98195-1800
Tel: 206 616 2185
boersma@u.washington.edu

Bottorquez, Gaby
AGIPA- Asociación de Guías
Tel: 2527471
pimcfar@pa.ga.pro.ec

Buitrón, Paola Silvana
Gobierno Municipal de Santa Cruz
Tel: 526153 ext.15
Fax: 526 505
marsebas1@yahoo.com

Taller
Análisis de la Viabilidad de la Población
y del Hábitat del Pingüino de Galápagos
(*Spheniscus mendiculus*)
8-11 de febrero, 2005
Parque Nacional Galápagos
Santa Cruz, Ecuador

Byers, Onnie
CBSG
Tel: 952 997 9801
Fax: 952 997 9803
onnies@cbgs.org
12101 Johnny Cake Ridge Road
Apple Valley, MN 55409
USA

Cárdenas, Susana
Fundación Charles Darwin
Tel: 05 2526146
Fax: 05 2526146 ext. 3
scardenas@fcdarwin.org.ec

Carrión, Carlos
Fundación Charles Darwin
Tel: 593 (0) 97009896
Fax: 593 (5) 2527013
ccarrion@fc.darwin.org.ec
Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador

Carrión, Víctor
Parque Nacional Galápagos
Tel: 2526770
Fax: 2526511
vcarrion@spng.org.ec

Crawford, Robert
Environmental Affairs and Tourism
Tel: 27-21-4023140
Fax: 27-21-4217406
crawford@deat.gov.za
Private Bag X2
Rogge Bay
8012 South Africa

Taller
Análisis de la Viabilidad de la Población
y del Hábitat del Pingüino de Galápagos
(*Spheniscus mendiculus*)
8-11 de febrero, 2005
Parque Nacional Galápagos
Santa Cruz, Ecuador

Cruz, Marilyn
Parque Nacional Galápagos
Tel: 2-527-009
mcruz@spng.org.ec

Guerrero, Pablo
Parque Nacional Galápagos
Tel: 526511
Fax: 526190
pguerrero@spng.org.ec

Hoyos, Marco
Parque Nacional Galápagos
Tel: 052526511
Fax: 052526190
mhoyos@spng.org.ec

Jiménez, Gustavo
Fundación Charles Darwin
Tel: 2526146/147
Fax: 2526146/147
gjimenez@fcdarwin.org.ec

Lacy, Bob
CBSG
Tel: (315) 682 3571
Fax: (315) 682 3571
rlacy@ix.netcom.com
3647 Pompey Center Road
Manlius NY 13104
USA

Mauck, Robert
Kenyon College
Tel: 740 427 5076
Fax: 740 427 5741
mauckr@kenyon.edu
Biology Dept.

Taller
Análisis de la Viabilidad de la Población
y del Hábitat del Pingüino de Galápagos
(*Spheniscus mendiculus*)
8-11 de febrero, 2005
Parque Nacional Galápagos
Santa Cruz, Ecuador

Kenyon College
Gambier, OH 43022
USA

McGill, Patty
Chicago Zoological Society
Tel: 708 485 0263 ext.470
Fax: 708 485 3140
pamcgill@brookfieldzoo.org
Brookfield Zoo, 3300 Golf Rd.
Brookfield, IL 60513
USA

Matamoros, Yolanda
CBSG/UNA
Tel: 506 2560012
Fax: 506 2231817
fundazoo@racsa.co.cr
P.O.Box 11594-1000
San José, Costa Rica

Merlen, Godfrey
Parque Nacional Galápagos
Tel: 099024972
gmerlen@yahoo.co.uk

Montoya, Gabriela
Ministerio del Ambiente-Vida Silvestre
Tel: 3932 2506337
Fax: 5932 2506337
gmontoya@ambiente.gov.ec

Naranjo, Sixto
Parque Nacional Galápagos
Tel: 02526189
Fax: 02526189
snaranjo@spng.org.ec

Taller
Análisis de la Viabilidad de la Población
y del Hábitat del Pingüino de Galápagos
(*Spheniscus mendiculus*)
8-11 de febrero, 2005
Parque Nacional Galápagos
Santa Cruz, Ecuador

Rea, Solanda
Fundación Charles Darwin
Tel: 052526146 ext. 228
Fax: 052526146 ext 3
solanda@fedarwin.org.ec

Sánchez, Lorena Katherina
Parque Nacional Galápagos
Tel: 052527410/526511 ext. 130
Fax: 052 526 511/ 526189 ext. 102
ksanchez@spng.org.ec

Santander, Tatiana
Corporación Ornitológica del Ecuador-CECIA/Birdlife Internacional
Tel: 2433629
Fax: 2271800
tnsant@ecnet.ec / ceciaproyectos@yahoo.es
Casilla 17-17906
Quito, Ecuador

Simeone, Alejandro
Universidad de Valparaíso
Tel: 56 32 899001
Fax: 56 32 715514
alejandro.simeone@uv.cl
La Joya 369, Depto. 107
Renaca, Viña del Mar, Chile

Soos, Catherine
St. Louis Zoo-Univ. Missouri- St. Louis
Tel: 306 343 5908
Fax: 30-6 966 7439
cathy.soos@usask.ca
518 4th Ave N., Saskatoon,SK
S7N 2M7
Estación Charles Darwin

Taller
Análisis de la Viabilidad de la Población
y del Hábitat del Pingüino de Galápagos
(*Spheniscus mendiculus*)
8-11 de febrero, 2005
Parque Nacional Galápagos
Santa Cruz, Ecuador

Steinfurth, Antje
FCD, Universidad Kiel, Alemania
Tel: 593 (0) 97009896/593 52526146/47 ext.252
Fax: 593 (5) 2527013
asteinfurth@fcdarwin.org.ec
FCD, Puerto Ayora
Santa Cruz, Galápagos
Ecuador

Travis, Erika
St. Louis Zoo
Tel: 314 814 1989
travis@stlzoo.org
One Government Drive
St. Louis Zoo
St. Louis, Missouri 63110
USA

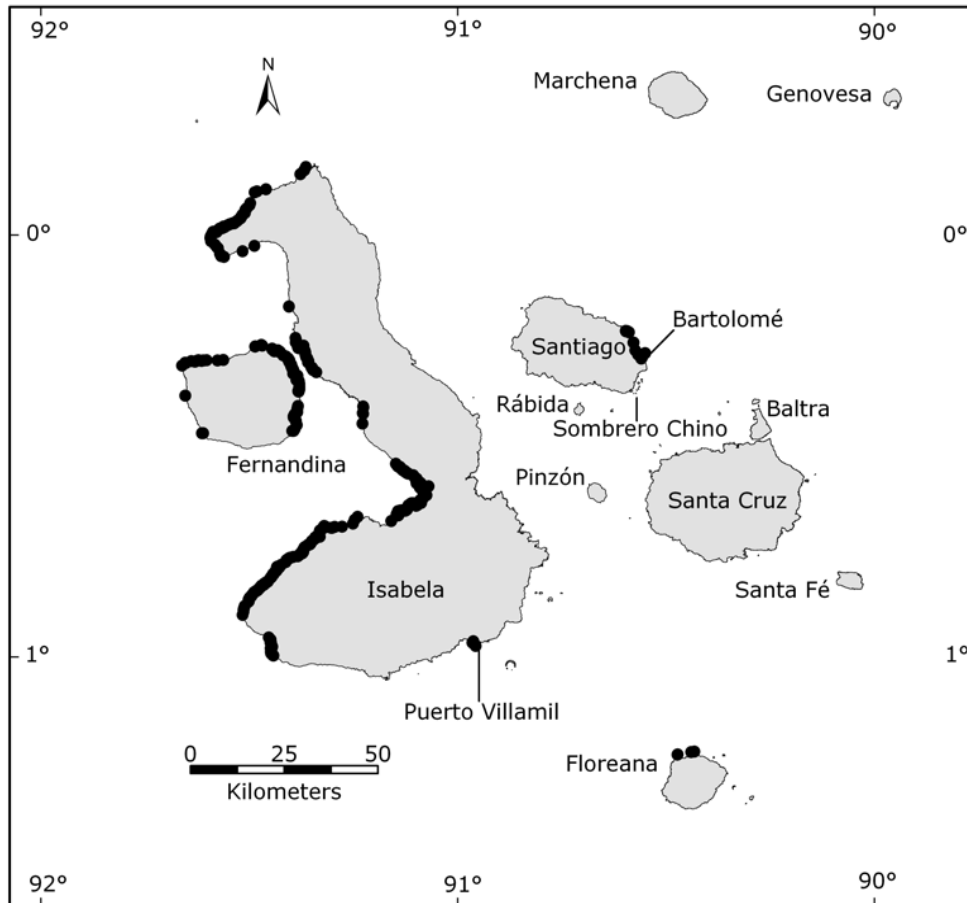
Valarezo, Juan Carlos
Estación Científica Charles Darwin
Tel: 2 2526146 ext 115
jvalarezo@fcdarwin.org.ec

Vargas, Hernán
Coordinador Nacional Proyecto Iniciativa de Darwin
Universidad de Oxford, Inglaterra
hernan.vargas@zoology.oxford.ac.uk

Wiedenfeld, David
Fundación Charles Darwin
Tel: 593 5 252 6146 x 228
Fax: 593 5 252 6146 x102
dwiedenfeld@fcdarwin.org.ec
Estación Científica Charles Darwin
Puerto Ayora, Galápagos
Ecuador

Taller
Análisis de la Viabilidad de la Población
y del Hábitat del Pingüino de Galápagos
(Spheniscus mendiculus)
8-11 de febrero, 2005
Parque Nacional Galápagos
Santa Cruz, Ecuador

Zavalaga, Carlos
University of North Carolina, Wilmington
Tel: (910)962 3357
cbz3724@uncw.edu
601 S College Road
Dept. Biological Sciences UNCW
Wilmington NC 28403-5915
USA



Mapa de distribución del pingüino de Galápagos (puntos negros) en base de posiciones geográficas (GPS) tomadas durante censos realizados en 2004 y 2005.

BIBLIOGRAFÍA

Información General

Crawford, R. J.M & Whittington, P.A. African Penguin. In *Roberts Birds of Southern Africa, 7th Edition*. Hockey, P.A.R., Dean, W.R.J., Ryan, P.G. & Maree, S. (Eds). Cape Town; John Voelcker Bird Book Fund: 631-634

Spheniscus demersus African Penguin

Galápagos Penguin data 2004. CBSG Penguin Conservation Workshop, In Press

Jiménez, G. (Compilado). I Taller de Asesoría de Población y Viabilidad del Pingüino de Galápagos (*Spheniscus mendiculus*)

Notes on the African Penguin for the Galápagos Penguin PHVA Workshop

IUCN Red List: Species Information. 2004. *Spheniscus mediculus*. [online] URL: <http://www.redlist.org/search/details.php?species=20610>

Vargas, H., Snell, H. M., Snell H. L., Miller, G., Miller, R., and Serrano, H. First Report of Penguins Nesting on Isla Floreana

Williams, T.D. 1995. The Penguins. Oxford University Press, NY.

Tendencias e Investigaciones de la Población

Boersma, P.D. 1998. Population trends of the Galápagos penguin: impacts of El Niño and La Niña. *The Condor*. 100: 245-253

Crawford, R.J.M., L.J. Shannon and P.A. Whittington. 1999. Population dynamics of the African penguin *Spheniscus demersus* at Robben Island, South Africa. *Marine Ornithology* 27:139-147.

Lacy, R.C. 1993/1994. What is Population (and Habitat) Viability Analysis? *Primate Conservation* 14/15:27-33.

Lacy, R.C. 2000. Structure of the VORTEX simulation model for population viability analysis. *Ecological Bulletins* 48:191-203.

Lacy, R.C., M. Borbat, and J.P. Pollak. 2005. Vortex: A stochastic simulation of the extinction process. Version 9.50. Chicago Zoological Society. Brookfield, IL, USA.

Mills, K. & Vargas, H. 1997. Current status, analysis of census methodology, and conservation of the Galápagos Penguin (*Spheniscus mendiculus*). *Noticias de Galápagos*, 58, 8-15.

Nel, D.C., F. Taylor, P.G. Ryan, and J. Cooper. 2003. Population dynamics of the wandering albatross *Diomedea exulans* at Marion Island: longline fishing and environmental influences. *Afr. J. Mar. Sci.* 25:503-517.

Shaffer, M.L. 1981. Minimum population sizes for species conservation. *Bioscience* 1:131-134.

Valle, C.A., and Coulter, M.C. 1987. Present status of the flightless cormorant, Galapagos penguin and greater flamingo populations in the Galapagos islands, Ecuador After the 1982-83 El Niño. *The Condor*. 89:276-281

Vargas, H., Loughheed, C., & Snell, H. 2005. Population size and trends of the Galápagos penguin *Spheniscus mendiculus*. *Ibis*, 147, 367-374.

Vargas, H. & Wiedenfeld, D. 2003. Penguin and Cormorant survey 2003. Report to the Charles Darwin Research Station and the Galápagos National Park Service. Charles Darwin Foundation, Puerto Ayora, Santa Cruz, Galápagos.

Wiedenfeld, D. & Vargas, H. 2002. Penguin and Cormorant survey 2002. Report to the Charles Darwin Research Station and the Galápagos National Park Service. Charles Darwin Research Station, Puerto Ayora, Santa Cruz, Galápagos.

Wiedenfeld, D. & Vargas, H. 2004. Penguin and Cormorant survey 2004. Report to the Charles Darwin Research Station and the Galápagos National Park Service. Charles Darwin Research Station, Puerto Ayora, Santa Cruz, Galápagos.

Manejo y Biología de Poblaciones y Ecología

Akst, E. P., Boersma, P.D., and Fleischer, R.C. 2002. A comparison of genetic diversity between the Galapagos penguin and the Magellanic penguin. *Conservation Genetic*. 3: 375-383

Appendix I, An Overview of Population Viability Analysis using VORTEX.
Vortex Version 9 Users Manual

Boersma, P.D. 1977. An ecological and behavioral study of the Galapagos penguin. *Living Bird* 15: 43-93.

Boersma, P.D. 1997. Magellanic penguins decline in south Atlantic. *Penguin Conservation* 10: 2-5.

Boersma, P.D. 1998. The 1997-1998 El Nino: impacts on penguins. *Penguin Conservation* 11: 10-19.

Boersma, P., D. 1978. Breeding Patterns of Galapagos Penguins as an indicator of Oceanographic Conditions. *Science*. Vol. 200: 1481-1483.

Brandt, G. 2004. Regional Studbook for the Humboldt Penguin *Spheniscus humboldti*. Brookfield, IL: Chicago Zoological Society.

Clarke, J., and Kerry, K. 2000. Diseases and parasites of penguins. *Penguin Conservation*. 13 (1): 5-24.

Crawford, R. J. M. 2004. Accounting for food requirements of seabirds in fisheries managements-the case of the South African purse-seine fishery. *African Journal of Marine Science*. 26:197-203

Crawford, R.J.M., D. M. Allwright and C.W. Heyl. 1992. High mortality of Cape Cormorants (*Phalacrocorax capensis*) off western South Africa in 1991 caused by *Pasteurella multocida*. *Colonial Waterbirds* 15:236-238.

Crawford, R.J.M., J.H.M. David, L.J. Shannon, J. Kemper, N.T.W. Klages, J.-P. Roux, L.G. Underhill, V.L. Ward, A. J. Williams and A.C. Wolfaardt. 2001. African penguins as predators and prey – coping (or not) with change. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 23:435-447.

Crawford, R.J.M., S.A. Davis, R. Harding, L.F. Jackson, T.M. Leshoro, M.A. Meyer, R.M. Randall, L.G. Underhill, L. Upfold, A.P. van Dalsen, E. van der Merwe, P.A. Whittington, A.J. Williams, and A.C. Wolfaardt. 2000. Initial impact of the Treasure oil spill on seabirds off western South Africa. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 22:157-176.

Ellis, S., J.P. Croxall, and J. Cooper. 1998. Penguin conservation assessment and management plan. IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group, Apple Valley, USA.

Gandy, D. 2004. Mystery illness threatens world's rarest penguin. Pro-MED Mail Post. [online] URL: http://www.birdlife.org/news/news/2004/12/yellow-eyed_penguin.html

Gilpin, M.E., and M.E. Soulé. 1986. Minimum viable populations: processes of extinction. Pages 19-34 in: Soulé, M.E. (ed.). Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity. Sunderland, MA: Sinauer Associates.

Guerra, G.G. and H. Oyarzo 1992. Efectos de la nidificación estival/invernal sobre parámetros seleccionados de la historia de vida del pingüino del Humboldt *Spheniscus humboldti*. Informe de Avance e Informe Final. Proyecto Fondecyt 90-0599.

IUCN 2001. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

Lacy, R.C. 1993/1994. What is Population (and Habitat) Viability Analysis? Primate Conservation 14/15:27-33.

Miller, G., D., Hofkin, B. V., Snell, H., Hahn, A., and Miller, R. D. 2001. Avian Malaria and Marek's disease: potential threats to Galapagos penguin *Spheniscus mendiculus*. *Marine Ornithology*. 29:43-46

Mills, K.L. 2000. Diving behaviour of two Galápagos Penguins *Spheniscus mendiculus*. *Marine Ornithology*, 28, 75-79.

Randall, R.M. 1983. Biology of the Jackass Penguin *Spheniscus demersus* (L.) at St. Croix Island, South Africa. PhD. Thesis. University of Port Elizabeth.

Schreiber, E. A. 2002. Climate and weather effects on seabirds. Pages 179-216 in E. A. Schreiber, and J. Burger, eds. Biology of Marine Birds. CRC Press, Boca Raton, Florida

Shannon, L.J., and R.J.M. Crawford. 1999. Management of the African Penguin *Spheniscus demersus* – insights from modeling. *Marine Ornithology* 27:119-128.

Scholsser, J.A., Dubach, J.M., Garner, T.W.J, Araya, B., Bernal, M., Smith, K. and Wallace, R.S. Evidence for gene flow and lack of population structure in the Humboldt penguin. In Press

Simeone, A., Bernal, M., and Meza, J. 1999. Incidental mortality fo Humboldt Penguins *Spheniscus humboldti* in gill nets, Central Chile. *Marine Ornithology*. 27: 157-161

Simeone, A. and Wilson, R.P. 2003. In-depth studies of Magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*) foraging: can we estimate prey consumption by perturbations in the dive profile?. *Marine Biology*. 143:825-831.

Simenone, A., Araya, B., Bernal, M., Diebold, E.N., Grzybowski, K., Michaels, M., Teare, A.J., Wallace, R.S., and Wills M.J. 2002. Oceanographic and climatic factors influencing breeding and colony attendance pattern of Humboldt penguins *Spheniscus humboldti* in central Chile. ~~*Inter Research*~~, *Marine Ecology Progress Series* Vol 227:43-50.

Teare, A.J., Wallace, R.S., and Wills M.J. 2002. Oceanographic and climatic factors influencing breeding and colony attendance pattern of Humboldt penguins *Spheniscus humboldti* in central Chile. *Inter Research, Marine Ecology Progress Series*. Vol 227:43-50.

Trenberth, K. E., and T. J. Hoar. 1996. The 1990-1995 El Niño-Southern Oscillation event: Longest on record. *Geophysical Research Letters* 23:57-60.

Travis, E.K., Vargas, F.H., Merkel, J., Gottdenker, N., Miller, E., & Parker, P.G. (en prensa) Hematology, serum chemistry, and disease surveillance of the Galápagos penguin (*Spheniscus mendiculus*) in the Galápagos Islands, Ecuador. *Journal of Wildlife Diseases*.

Vargas, F.H., Harrison, S., Rea, S., & Macdonald, D.W. 2006. Biological effects of El Niño on the Galápagos penguin. *Biological Conservation*, 127, 107-114.

Vargas, H., Steinfurth, A., Boersma, P.D., and Crawford, R. **VORTEX Input Data**

Vargas, F.H., Lacy, R.C., Johnson, P., Steinfurth, A., Crawford, R.J.M., Boersma, P.D., & Macdonald, D.W. (en preparación). Modeling the effect of El Niño on the persistence of small populations: the Galápagos penguin as a case study.

Whittington, P.A. 2002. Survival and movements of African penguins especially after oiling. PhD thesis, University of Cape Town.

Whittington, P. A., B. M. Dyer, and N. T. W. Klages. 2000. Maximum longevities of African Penguins *Spheniscus demersus* based on banding records. *Marine Ornithology* 28:81-82.

Wiedenfeld, D.A., 2003. Recomendaciones de Manejo de Pingüinos y Cormoranes. Estación Científica Charles Darwin.

Whiteman, N.K., Matson, K.D., Bollmer, J.L., & Parker, P.G. (en revisión) Inbreeding explains parasite load and innate antibody levels in the endemic Galápagos hawk.

Wikelski, M., Foufopoulos, J., Vargas, H., and Snell, H. 2004. Galapagos birds and diseases: invasive pathogens as Threats for Island Species. *Ecology and Society*. 9 (1):5 [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss1/art5>.

Zavalaga, C.B. and R. Paredes. 1997. Humboldt penguins at Punta San Juan, Peru. *Penguin Conservation* 10:6-8.