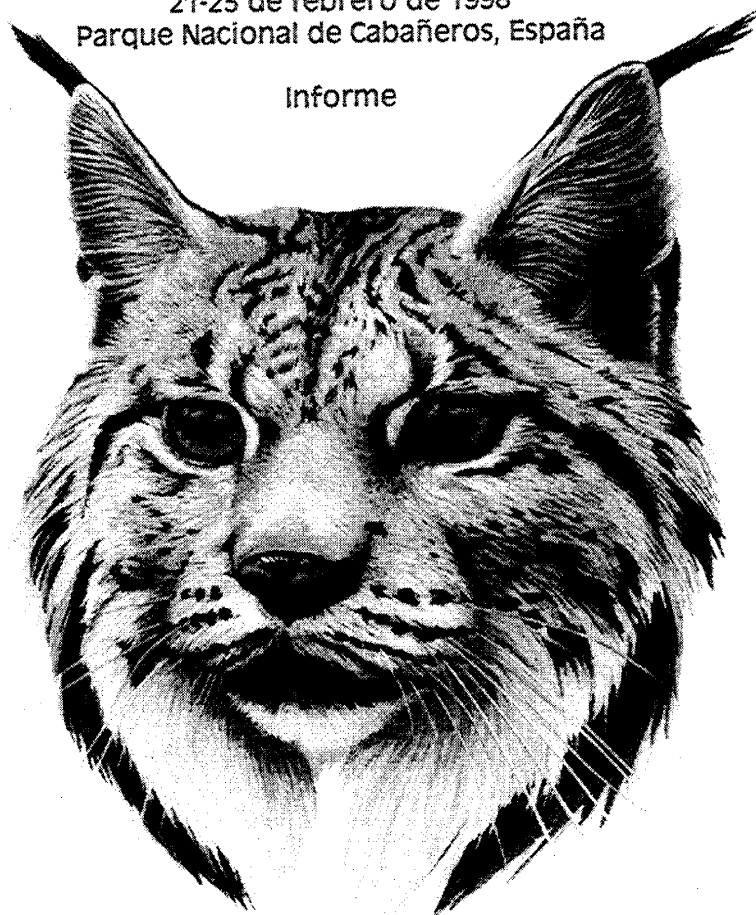


# Taller Análisis de la Viabilidad de Población y del Hábitat para el Lince Ibérico (*Lynx pardinus*)

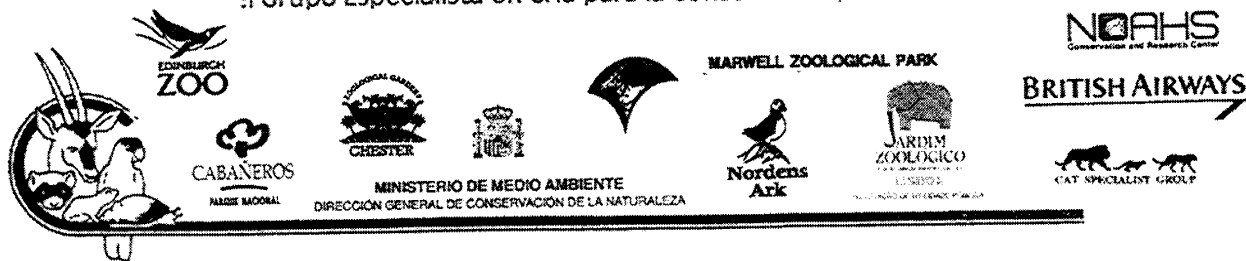
21-23 de febrero de 1998  
Parque Nacional de Cabañeros, España

Informe



Un Taller Participativo  
Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Conservación de la Naturaleza  
El Grupo Especialista en Felinos, UICN/CSE  
El Grupo Especialista en Cría para la Conservación, UICN/CSE

Patrocinado por  
British Airways  
Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Conservación de la Naturaleza  
Parque Nacional Cabañeros  
NOAHS, Conservation and Research Center, Smithsonian Institution  
Jardim Zoológico Lisboa  
Marwell Zoological Park  
Nordens Ark  
North of England Zoological Society  
Edinburgh Zoo  
El Grupo Especialista en Cría para la Conservación, UICN/CSE



Dibujo del Lince Ibérico por la cortesía de Pablo Pereira Seiso.

Una contribución del Grupo Especialista en Cría para la Conservación

Taller Análisis de la Viabilidad de Población y del Hábitat para el Lince Ibérico (*Lynx pardinus*). Informe 1999. Borja Heredia, Pilar Gaona, Astrid Vargas, Susie Ellis y Ulysses Seal (Editores). Apple Valley, MN: IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group.

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 USA. Send checks for US \$35 (for printing and shipping costs) payable to CBSG; checks must be drawn on a US bank. Visa and Mastercard also accepted.

# Taller Análisis de la Viabilidad de Población y del Hábitat para el Lince Ibérico (*Lynx pardinus*)

21-23 de febrero de 1998  
Parque Nacional de Cabañeros, España

Informe  
enero de 1999

Editado por  
Borja Heredia Armada, Pilar Gaona, Astrid Vargas, Ulysses Seal y Susie Ellis

Editores Contribuyendo  
Luis Castro, Helena Ceia, Jesús Cobo Anula, Luis Dominguez Nevado,  
Francisco José García González, Javier Nicolás Guzman López-Ocón, Peter Jackson,  
Pablo Pereira Seiso, Raphael Ruiz López de la Cova,  
Celia Sánchez Sánchez, Emilo Vírgós Cantalapiedra

Compilado por los Participantes del Taller

Un Taller Participativo  
Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Conservación de la Naturaleza  
El Grupo Especialista en Felinos, UICN/CSE  
El Grupo Especialista en Cría para la Conservación, UICN/CSE

Patrocinado por  
British Airways  
Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Conservación de la Naturaleza  
Parque Nacional Cabañeros  
NOAHS, Conservation and Research Center, Smithsonian Institution  
Jardim Zoológico Lisboa  
Marwell Zoological Park  
Nordens Ark  
North of England Zoological Society  
Royal Zoological Society of Scotland  
El Grupo Especialista en Cría para la Conservación, UICN/CSE



# The CBSG Conservation Council

These generous contributors make the work of CBSG possible

## Conservators (\$10,000 and above)

Chicago Zoological Society  
Columbus Zoological Gardens  
IUDZG - The World Zoo Organization  
Metropolitan Toronto Zoo  
Minnesota Zoological Gardens  
Omaha's Henry Doorly Zoo  
Saint Louis Zoo  
Sea World, Inc.  
Walt Disney's Animal Kingdom  
White Oak Conservation Center  
Wildlife Conservation Society - NYZS  
Zoological Parks Board of  
New South Wales  
Zoological Society of London  
Zoological Society of San Diego

## Guardians (\$5,000-\$9,999)

Cleveland Zoological Society  
Denver Zoological Gardens  
Fossil Rim Wildlife Center  
Loro Parque  
Lubee Foundation  
Toledo Zoological Society

## Protectors (\$1,000-\$4,999)

Albuquerque Biological Park  
Allwetter Zoo Munster  
Audubon Zoological Gardens  
Bristol Zoo  
Caldwell Zoo  
Calgary Zoo  
Chester Zoo  
Copenhagen Zoo  
Currumbin Sanctuary  
Detroit Zoological Park  
El Paso Zoo  
Federation of Zoological Gardens of  
Great Britain and Ireland  
Fort Wayne Zoological Society  
Fort Worth Zoo  
Gladys Porter Zoo  
Greater Los Angeles Zoo Association  
Houston Zoological Garden  
International Aviculturists Society  
Jacksonville Zoological Park  
Jersey Wildlife Preservation Trust  
Living Desert  
Marwell Zoological Park  
Milwaukee County Zoo  
North Carolina Zoological Park  
Oklahoma City Zoo  
Oregon Zoo  
Paignton Zool. & Botanical Gardens  
Parco Natura Viva Garda Zool. Park  
Perth Zoo

Philadelphia Zoological Garden  
Phoenix Zoo  
Pittsburgh Zoo  
Royal Zoological Society of Antwerp  
Royal Zoological Society of Scotland  
Royal Zoological Society of S. Australia  
San Antonio Zoo  
San Francisco Zoo  
Schonbrunner Tiergarten  
Sedgwick County Zoo  
Sunset Zoo (10 year commitment)  
Taipei Zoo  
Territory Wildlife Park  
The WILDS  
Twycross Zoo  
Union of German Zoo Directors  
Urban Services Dept. of Hong Kong  
Wassenaar Wildlife Breeding Centre  
Wilhelma Zoological Garden  
Woodland Park Zoo  
Yong-In Farmland  
Zoo Atlanta  
Zoological Parks & Gardens Board  
Of Victoria  
Zoologischer Garten Kohn  
Zoologischer Garten Zurich

## Stewards (\$500-\$999)

Aalborg Zoo  
Arizona-Sonora Desert Museum  
Auckland Zoo  
Banham Zoo & Sanctuary  
Dickerson Park Zoo  
Dutch Federation of Zoological Gardens  
Fota Wildlife Park  
Givskud Zoo  
Granby Zoo  
Great Plains Zoo  
Hamilton Zoo  
Knoxville Zoo  
Lowry Park  
National Aviary in Pittsburgh  
National Zoological Gardens of Pretoria  
Odense Zoo  
Ouwehands Dierenpark  
Prudence P. Perry  
Riverbanks Zoological Park  
Rolling Hills Refuge Conservation Center  
Rotterdam Zoo  
The Zoo  
Thrigby Hall Wildlife Gardens  
Tierpark Rheine  
Wellington Zoo  
Welsh Mountain Zoo  
World Parrot Trust  
Zoologischer Garten Rostock

## Curators (\$250-\$499)

Elaine Douglass  
Emporia Zoo  
Lincoln Park Zoo  
Marc Miller  
Orana Park Wildlife Trust  
Dr. Edward & Marie Plotka  
Racine Zoological Society  
Philip Reed  
Roger Williams Park Zoo  
Topeka Zoo, Friends of  
Zoo de la Casa de Campo

## Sponsors (\$50-\$249)

African Safari  
Alameda Park Zoo  
Alice Springs Desert Park  
Apenheul Zoo  
Arbeitskreis Natur- u. Artenschutz in den  
Belize Zoo  
Brandywine Zoo  
Sherman Camp  
Richard Chen  
Steven Conant  
Darmstadt Zoo  
Marvin Jones  
Kew Royal Botanic Gardens  
Lee Richardson Zoo  
Lisbon Zoo  
Memphis Zoo  
Miller Park Zoo  
National Birds of Prey Centre  
Steven J. Olson  
PAAZAB  
Palm Beach Zoo at Dreher Park  
Potter Park Zoo  
Safari Parc de Peaugres  
Teruko Shimizu  
Steinhart Aquarium  
Tautphaus Park Zoo  
Tokyo Zoological Park Society  
Touro Parc-France

## Supporters (\$25-\$49)

Folsom Children's Zoo & Botanical  
Garden  
Jardin aux Oiseaux  
Don Moore  
Oglebay's Good Children's Zoo

January 14, 1999

**Thank You!!!**

# **Análisis de la Viabilidad de Población y del Hábitat del Lince Ibérico (*Lynx pardinus*)**

**21-23 de febrero de 1998  
Parque Nacional de Cabañeros, España**

**Informe  
enero de 1999**

## **Indice**

<b>Resumen Ejecutivo Executive Summary (Inglés)</b>	<b>i – vi vii-ix</b>
<b>Sección 1: Introducción y Sumario</b>	
Introducción	1
El Proceso PHVA	2
Metodología PHVA para el Lince Ibérico	3
Resumen de las Recomendaciones de los Grupos	3
Manejo de Hábitat	3
Especies Presas: Conejos	5
Mortalidad	6
Modelos (VORTEX)	8
Investigación	8
Cría en Cautividad	10
Aspectos Sociopolíticos y Jurídicos	11
El Éxito del Proceso de PHVA	13
Bibliografía	13
Tabla 1. Problemas, Asuntos y Temas que Afectan a la Conservación del Lince en la Península Ibérica	14
<b>Sección 2. Informes de los Grupos de Trabajo</b>	
Manejo de Hábitat	17
Especies Presas: Conejos	23
Causas de Mortalidad	29
Modelos de la Viabilidad de las Poblaciones del Lince Ibérico (VORTEX)	34
Investigaciones	61
Cría en Cautividad	66
Aspectos Sociopolíticos y Jurídicos	74
<b>Sección 3: Apéndices</b>	
Apéndice I. Lista de Participantes en el Taller	82
Apéndice II. Referencia de VORTEX	91

# Análisis de la Viabilidad Poblacional y del Hábitat del Lince Ibérico: Resumen Ejecutivo

---

El Lince Ibérico es una especie en declive que actualmente sólo sobrevive en España y Portugal, ligada a hábitats de monte y matorral mediterráneo. De acuerdo con el *Felid Action Plan* (Nowell & Jackson, 1996) de la UICN se trata del felino como uno de los más amenazados del mundo. El Libro Rojo de los Vertebrados de España (Blanco & González, 1992) lo considera como “en peligro de extinción” y el *Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal* (Cabral *et al.*, 1990) lo incluye en la misma categoría de amenaza. Desde un punto de vista legal, en España está incluido en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas, lo que implica que debe ser objeto de medidas activas de conservación plasmadas en planes de recuperación; corresponde a las Comunidades Autónomas la redacción y ejecución de estos planes.

Desde hace ya varios años se desarrolla en Doñana un amplio programa de investigación dedicado al Lince, lo que hace que sea en este momento una de las especies mejor conocidas de la fauna ibérica, especialmente en la zona de Doñana y su entorno. Durante los últimos años se han venido desarrollando en España y Portugal programas de conservación del Lince financiados con fondos LIFE de la Unión Europea. Estos programas, recientemente finalizado, ha incluido actividades de investigación, conservación y divulgación. A pesar de los esfuerzos realizados y de los recursos económicos invertidos no se ha conseguido poner remedio a la situación del Lince, ni existe un consenso acerca de las medidas de conservación que se deben adoptar.

Como miembro de la Comisión para la Supervivencia de las Especies (CSE) de la UICN - la Unión Mundial para la Conservación, el objetivo primordial del CBSG es el de contribuir al desarrollo de estrategias de conservación holísticas y viables, así como el manejo de planes de acción. Con esta finalidad, el CBSG está colaborando con agencias y otros grupos de especialistas del mundo en el desarrollo de procedimientos con bases científicas, tanto a nivel global como regional, teniendo como meta el facilitar un enfoque integral para el manejo de especies y su conservación. Una de las herramientas para lograrlo se denomina Análisis de la Viabilidad Poblacional y del Hábitat (PHVA).

La falta de coincidencia en los criterios de conservación del Lince y la creciente preocupación por el futuro de la especie son los motivos que han llevado al Ministerio de Medio Ambiente a contactar con el Grupo de Especialistas en Cría para la Conservación y el Grupo de Especialistas en Felinos, ambos de la UICN, para llevar a cabo un taller PHVA sobre la especie.

El propósito del taller del PHVA para el Lince Ibérico fue el de asistir en el desarrollo futuro de una estrategia de conservación para la especie. Del 22 al 24 de febrero de 1998, 50 participantes de cuatro países se reunieron en el Parque Nacional de Cabañeros en España con el fin de revisar y desarrollar estrategias de conservación para el Lince Ibérico.

El taller empezó con varias presentaciones sobre la situación del Lince Ibérico. A continuación, los participantes trabajaron en sesión plenaria para identificar los problemas, asuntos y temas que

afectan a la conservación del Lince en la Península Ibérica. Estos temas fueron utilizados para conformar siete Grupos de Trabajo:

- Manejo de Hábitat
- Mortalidad
- Especies Presa: Conejos
- Modelos de VORTEX
- Investigación
- Cría en Cautividad
- Aspectos Políticosociales y Jurídicos

Cada Grupo de Trabajo elaboró un informe sobre su tema. Cada uno identificó más ampliamente los problemas más importantes en ese tema (de su punta de vista) y también desarrolló propuestas concretas para su resolución.

El Grupo sobre **Manejo de Hábitat** caracterizó los problemas en este tópico y desarrollo propuestas de acciones para resolverlos. En resumen, las acciones propuestas fueron:

- a) Elaborar criterios técnicos que orienten la adopción de medidas de conservación o restauración de hábitat para el Lince Ibérico, y aplicarlos en las áreas que se declaren como Lugares de Interés Comunitario por su importancia para las poblaciones de Lince Ibérico, en aplicación de la Directiva Hábitats. Estos deben considerar inclusión de las zonas de hábitat adecuado para el Lince, dentro de su área de distribución a finales de los años 80, tanto en áreas de presencia estable como en zonas de conexión, en la Red Natura 2000.
- b) Mantener y fomentar los aprovechamientos y prácticas agrarias beneficiosos para la conservación del hábitat del Lince con potenciación de aprovechamientos que sean compatibles con la presencia de matorral: apicultura, ganadería extensiva, etc.
- c) Informe medioambiental vinculante de los servicios técnicos de conservación para todos los expedientes de forestación.
- d) Aplicación estricta del Programa de Forestación excluyendo las tierras no agrícolas.
- e) Orientar la ejecución de la reforestación hacia un hábitat favorable para el Lince.
- f) Detener proyectos muy agresivos que amenazan en la actualidad a áreas con Lince. Además, habría que asegurar la construcción de pasos de fauna y otras medidas correctoras que favorezcan la permeabilidad de carreteras y otras infraestructuras a los movimientos transversales del Lince.
- g) Potenciar el establecimiento de corredores o de un rosario de islas de hábitat que actúen como puente potencial entre áreas de hábitat adecuado
- h) Caracterizar mejor el hábitat del Lince para asegurar la conservación de los buenos hábitats existentes y la restauración de los degradados.
- i) Conocer con precisión el área de distribución del Lince, buscando identificar en cada subpoblación las zonas fuente y sumideros, así como los corredores actuales y potenciales, y las zonas adyacentes potenciales de expansión.
- j) Conocer la relación entre calidad de hábitat y densidad de Lince
- k) El establecimiento de un régimen de Evaluación de Impacto Ambiental más severo en las áreas que sustentan poblaciones de Lince Ibérico, para aquellas actividades que puedan suponer un riesgo para la supervivencia de estas poblaciones.

El Grupo sobre **Especies Presas: Conejos** enfatizó que las estrategias o alternativas de solución que se proponen a continuación se entiende que deben ser de aplicación para todo el ámbito de distribución potencial del Lince Ibérico. En resumen, las acciones propuestas fueron:

- a) Unificación de criterios científico-técnicos para favorecer las poblaciones de conejo, incluyendo la creación de paisajes en mosaico que integren zonas de pastizal, refugios, cultivos herbáceos y matorrales en diferentes proporciones según las características específicas de cada región, todos estos factores parecen ser los componentes más favorables para la existencia de poblaciones de conejo.
- b) Compatibilizar la caza mayor con la presencia del conejo.
- c) Vincular y coordinar actuaciones agroambientales, reforestación y cinegéticas, entre las diferentes administraciones implicadas.
- d) Suprimir descastes y medias vedas para controlar mixomatosis y otras enfermedades.
- e) Control de animales domésticos asilvestrados (perros y gatos).
- f) Redacción de planes técnicos de caza con criterios rigurosos y que contemplen unas actuaciones compatibles con la existencia de poblaciones de conejo y lince.
- g) En lugares con poblaciones autóctonas de conejo que presentan bajos niveles poblacionales parece más efectivo, tanto técnica como económicamente, realizar mejoras de hábitat antes que repoblaciones o reforzamientos de poblaciones.
- h) Control genético y regulación de la procedencia de los animales que son liberados en poblaciones naturales.
- i) Recomendación de cuarentenas en todos los procesos de repoblación, evitando con ello el riesgo de introducción de enfermedades, parásitos, etc., garantizando la efectividad de la inmunidad en el proceso de vacunación.
- j) Las sueltas de conejos (repoblaciones o traslocaciones) deben realizarse en épocas y lugares donde no se afecte negativamente a poblaciones silvestres.
- k) Seguimiento riguroso por parte de la Administración de la eficacia de las vacunas existentes y tratamientos ectoparasitarios.
- l) Respecto a las nuevas vacunas se propone el sometimiento de su uso al diagnóstico que emita una comisión de expertos (virólogos, veterinarios, biólogos, etc.), de reconocido prestigio e independientes que valore la inocuidad para la fauna silvestre y/o para la salud pública.
- m) Debería crearse un Grupo de Trabajo en el seno del Comité de Fauna y Flora, estableciendo criterios de actuación, seguimiento y divulgación de las metodologías. Así mismo, debería existir una coordinación en las actuaciones entre Portugal y España.

El Grupo sobre **Mortalidad** identificó tres grupos de problemas: causas actuales (conocidas) de mortalidad, riesgos sanitarios, y otros que no son específicos. Consideró como principales problemas los siguientes: conocimiento limitado, métodos no selectivos de captura y atropellos.

En relación a las causas de mortalidad el Grupo propuso las siguientes acciones:

El Grupo sobre Mortalidad identificó tres grupos de problemas: aspectos actuales (conocidas) de mortalidad, riesgos sanitarios, y otros que son específicos, y considera como principales los siguientes:

- a) Utilizar las LICs. (Red Natura 2000) linceras para articular una idea de gestión cinegética más acorde para la conservación de la especie (aprovechamientos menos intensivos).
- b) Priorizar las actuaciones en los "puntos negros" tras su identificación.



- c) Elaboración de un protocolo por una selección de expertos consensuada de recogida de cadáveres que incluya aspectos legales y de conservación del cadáver para posterior toma de muestras, necropsia y recogida de información circunstancial.
- d) Investigación, puesta a punto e implantación de métodos selectivos de control de predadores.
- e) Prohibición del empleo de métodos para controlar predadores que no sean selectivos.
- f) Perros y disparos – evaluar la incidencia real; incrementar la vigilancia y control; sensibilización y concienciación.
- g) Profundizar en el conocimiento de la ocurrencia de atropellos. Desarrollar acciones que aseguren la permeabilidad de carreteras, solución de puntos negros, localización de nuevos puntos negros, y adecuado mantenimiento de las vallas de las vías públicas.
- h) Pozos - localización de todos los pozos tanto de riego, uso domésticos y abandonados en zonas linceras y tapado de todos ellos con malla de simple torsión por parte de la administración.
- i) Realización de un seguimiento del estado sanitario de la especie con tres fuentes de información: necropsia de todos los ejemplares de lince hallados muertos; revisiones sanitarias y recogida de muestras de animales vivos cautivos, en recuperación o capturados con otros fines; datos indirectos: patologías de otras especies de animales domésticos y silvestres en la zona, y patologías conocidas en otros felinos silvestres.
- j) Elaboración de un protocolo detallado de actuación y recogida de muestras de Lince Ibérico tanto capturados vivos como hallados muertos, o sus restos, que garantice la obtención de la máxima información posible de cada ejemplar.
- k) Realización de necropsias para determinar la causa de muerte en todos los casos siguiendo el protocolo mencionado; necesidad de elaborar un programa de seguimiento por telemetría de lince para determinar las causas de mortalidad tanto como herramienta de seguimiento como una medida para obtener información sobre tasas y causas de mortalidad en poblaciones de las que se carece de ellas; y elaboración de un protocolo consensuado sobre captura de lince tanto para fines de seguimiento como investigación y otras tareas conservacionistas.
- l) Adoptar como norma la realización de una reunión anual Ibérica sobre puesta en común en avances.
- m) Designar un "experto" que actúe como enlace de información entre las distintas entidades.

El Grupo sobre **Modelos de la Viabilidad de las Poblaciones** concluyó que la fragmentación y la reducción de la capacidad de carga del hábitat con tamaños de población pequeños es el principal factor de declive de la población total de lince y de la desaparición continua de subpoblaciones locales. El exceso de mortalidad debida a atropellos y furtivismo acelera el proceso de extinción. Poblaciones de 20-25 animales de 1 o más años probablemente no sobrevivirán 100 años, incluso con refuerzo genético. Suministrándole hábitat apropiado, un nivel de presas adecuado y una protección efectiva la especie tiene potencial para reconstituir rápidamente poblaciones mediante reproducción natural.

El Grupo sobre **Investigación** caracterizó los problemas dentro de su tópico y desarrolló propuestas de acciones para resolverlos. Estas propuestas fueron:

- a) Arbitrar formalismos que permitan y obliguen a hacer investigación aplicada sobre el lince, incluyendo todas las administraciones y sectores con responsabilidad directa en la conservación del lince. Esta estrategia se puede incluir dentro de los planes de recuperación o manejo específicos (internacionales, nacionales, regionales, comarcales, etc.) del lince.
- b) Crear una lista de prioridades de investigación.

- c) Crear una comisión coordinadora que vele por la calidad de los proyectos de investigación presentados.
- d) Destinar los recursos disponibles en función de estas prioridades.
- e) Los proyectos de investigación deberían contemplar la participación activa de miembros de los equipos de gestión del lugar o lugares donde la investigación se está llevando a cabo.
- f) Los resultados aplicados de la investigación deberían ser claramente expuestos en la documentación final presentada y presentados públicamente en el foro o foros más adecuados de la administración.
- g) Plasmar en documentos públicos los fondos que se dedican al Lince, y que porcentaje de ellos son específico de investigación.
- h) Hacer un balance que permita valorar la efectividad de las medidas adoptadas basadas en las recomendaciones de los estudios científicos realizados.
- i) Asegurar que haya un seguimiento de las poblaciones o actuaciones relacionadas con el Lince a lo largo del tiempo.
- j) Asegurar un análisis periódico de los datos obtenidos durante las actividades de seguimiento de las poblaciones o actuaciones.
- k) Exigir que las diferentes administraciones expliquen las medidas tomadas que reflejen los resultados obtenidos con los proyectos de investigación.
- l) Creación de un comité externo que valore la correcta aplicación de las medidas llevadas a cabo por las administraciones.
- m) Utilizar la productividad científica (experiencia/capacidad demostrada) del equipo investigador como un criterio importante de valoración cuando haya que decidir sobre adjudicaciones de proyectos de investigación.
- n) Crear una comisión externa que evalúe la trayectoria y calidad científicas de los responsables del proyecto.

El Grupo sobre **Cría en Cautividad** concluyó que debido a la creciente pérdida de heterocigosis que se produce en poblaciones pequeñas y fragmentadas tales como las del Lince Ibérico, es necesario y urgente el desarrollar técnicas de cría y manejo de la especie en cautividad. Para ello, se propone el desarrollo de un programa experimental de cría, cuya base sea la investigación científica, y que por tanto ayude a aumentar los conocimientos sobre la biología de esta especie y a desarrollar técnicas de manejo encaminadas a asegurar la conservación del lince en caso de que se produzca una crisis en la población silvestre. Asimismo se considera que, en ningún momento, el programa de cría deberá desplazar a la conservación "in situ" (conservación de hábitats y ecosistemas). El programa experimental de cría en cautividad del lince ibérico ha de ser paralelo a los estudios de campo y ha de apoyar los esfuerzos realizados por mantener la especie en su hábitat natural. También, el Grupo recomendó estrategias para investigación (creación de un Banco de Recursos Genómicos, reintroducción y otros), educación y coordinación. Los detalles se presenta en el informe del Grupo.

El grupo sobre **Aspectos Sociopolíticos y Jurídicos** recomendó las siguientes acciones:

- a) Elaboración de una estrategia que contenga las líneas directrices para la redacción de los planes de recuperación con cooperación entre España y Portugal, con revisión cada cinco años.
- b) El ámbito de aplicación será el área de distribución actual y potencial de la especie, incluyendo las áreas de conexión entre las distintas poblaciones.

- c) Coordinación política-administrativa: entre España y Portugal; entre administración general del estado y CC.AA. (organismos ambientales); y entre otros sectores de la administración central o autonómica y sector medioambiental del estado y de las CC.AA.
- d) Hacer asequible la información científica a todos los sectores
- e) Se crearán incentivos que contribuyan a conservar el matorral mediterráneo, mediante la financiación de medidas de mejora y conservación.
- f) En ningún caso podrán emplearse fondos públicos para subvencionar actividades que supongan eliminación drástica del matorral u otros hábitats favorables para la especie, en el área de distribución actual o potencial del lince.
- g) Todos los incentivos positivos relacionados, así como los controles que deben ejercerse para evitar alteraciones del hábitat del Lince Ibérico, derivados de otros instrumentos financieros, deberán reflejarse convenientemente en la normativa legal.
- h) No se autorizará de forma excepcional el uso de métodos masivos o no selectivos para el control de predadores o el descaste de conejos en el área de distribución actual y potencial del lince.
- i) Desarrollo reglamentario del diseño de malla cinegética para que sea permeable en toda su longitud al paso del lince, en cumplimiento de la ley 4/89 en España; y desarrollo de una normativa reguladora del vallado cinegético en Portugal.
- j) Someter a evaluación de impacto ambiental cualquier actuación que pueda implicar la alteración del hábitat o la mortalidad no natural de ejemplares, tales como: repoblaciones, carreteras, desbroces, cambios de cultivo, minicentrales, canteras, etc. Dicha evaluación deberá contar con un informe vinculante del órgano competente en materia de conservación de la naturaleza.
- k) Desarrollo de programas de sensibilización que incluyan los siguientes aspectos: identificar distintos sectores sociales que necesitan diferentes mensajes de sensibilización; investigar sobre actitudes y valores (percepción social) de los distintos grupos sociales; evaluar cuantitativamente el éxito de las campañas de sensibilización; incorporar profesionales en la materia y estimular el empleo de técnicas adecuadas.
- l) Desarrollar programas especiales de formación y sensibilización destinados a profesionales implicados en la planificación y ejecución de políticas sectoriales que pueden afectar a la conservación del lince.
- m) Promover planes de comunicación sobre las actividades y programas de conservación del lince.
- n) Subrayar el interés económico de la preservación del Lince y otras especies (generación de empleo, turismo rural, subvenciones internacionales, etc.).

# Population and Habitat Viability Assessment for the Iberian Lynx: Executive Summary

---

The Iberian lynx (*Lynx pardinus*) is considered to possibly be the most endangered cat species in the world. Restricted to the Iberian Peninsula, its persistence is threatened by highly fragmented populations. Presently, there are fewer than 1,000 individuals in nine isolated populations, each also fragmented but with their patches connected by occasional dispersers to form metapopulations. The largest population, comprised of about 60 individuals, lives in Parque Nacional de Doñana in Spain and surrounding areas.

A Population and Habitat Viability Assessment (PHVA) for the Iberian lynx, organized by the Spanish Ministry of the Environment, Office of the Director General of Nature conservation, the IUCN/SSC Cat Specialist Group and the IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group was held 21-23 February 1998 in Parque Nacional de Cabañeros, Spain. The primary aim of the PHVA was to develop a conservation plan to improve the status of the Iberian lynx on the Iberian Peninsula, which includes Spain and Portugal. Because there is no central governmental body in Spain charged with national coordination of lynx conservation efforts, developing a conservation plan which could be used as a model by local government bodies was a high priority. In Spain, each Autonomic Government (similar to state governments) is charged with developing its own plan for the conservation and management of the lynx in their areas.

Fifty-two participants from four countries worked together to identify the key issues affecting the conservation of the Iberian lynx and then dispersed into small working groups to discuss components of key issues that included socio-political and legal issues, interactions with rabbits, habitat, research, mortality, captive breeding, and life history/VORTEX modeling.

Among the most important challenges identified by several groups was the absence of a cohesive strategy for lynx conservation and also for the restoration of its habitat for future reintroductions. One of the priority recommendations was to develop an integrated management plan directly linked with a goal of recovery, and including populations both in Spain and Portugal. Another key challenge identified was the need for improved communication among the various sectors involved or interested in lynx conservation, including Autonomic Governments as well as researchers, environmental organizations, and the general public. Many of the working groups also placed high emphasis on the development of education programs designed to sensitize local populations to the plight of the lynx.

Fragmented habitat has made the Iberian lynx especially susceptible to the risk of extinction. A high priority is to define the actual habitat of the lynx and minimal conditions necessary for survival. Workshop participants recommended that the precise distribution of the lynx must be determined, identifying each subpopulation's area and home range, potential and actual corridors that might allow genetic exchange, and adjacent zones that might be used for expansion. Presently, there are numerous political and socioeconomic factors that influence the composition and structure of habitat available to lynx. Within the mountainous habitat in which the lynx

lives, for example, there are few incentives for private landowners either for habitat conservation or restoration. The recommendation was made to create incentives for landowners to conserve and/or restore habitat that is favorable for the species.

Development of research priorities, with creation of a central research committee and an external review committee, also was recommended. High priority research might include: genetics; reproduction; population structure; causes of mortality; factors contributing to the abundance of rabbits; habitat regulation; translocation; migration corridor design; predator control; and interspecific interaction.

The development of an experimental captive population with clearly defined objectives and timelines for management activities also was recommended. It was suggested that an initial in-country program be developed with 12 founders, with a long-term goal of two to three populations of 30-50 animals total to serve both as a research population and for the development of techniques relevant to the conservation of the species.

**Análisis de la Viabilidad de Población y del Hábitat  
del Lince Ibérico (*Lynx pardalis*)**

**21-23 de febrero de 1998  
Parque Nacional de Cabañeros, España**

**Informe  
enero de 1999**

**Sección 1  
Introducción y Sumario**

# Análisis de la Viabilidad Poblacional y del Hábitat del Lince Ibérico: Introducción y Sumario

---

## Introducción

El Lince Ibérico es una especie en declive que actualmente sólo sobrevive en España y Portugal, ligada a hábitats de monte y matorral mediterráneo. De acuerdo con el *Felid Action Plan* (Nowell & Jackson, 1996) de la UICN se trata del felino más amenazado del mundo. El Libro Rojo de los Vertebrados de España (Blanco & González, 1992) lo considera como “en peligro de extinción” y el *Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal* (Cabral *et al.*, 1990) lo incluye en la misma categoría de amenaza. Desde un punto de vista legal, en España está incluido en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas, lo que implica que debe ser objeto de medidas activas de conservación plasmadas en planes de recuperación; corresponde a las Comunidades Autónomas la redacción y ejecución de estos planes.

Desde hace ya varios años se desarrolla en Doñana un amplio programa de investigación dedicado al Lince, lo que hace que sea en este momento una de las especies mejor conocidas de la fauna ibérica, especialmente en la zona de Doñana y su entorno. Fuera de Doñana es necesario destacar el inventario realizado durante los años 1987 y 1988 (Rodríguez & Delibes, 1990), en el cual se realizó una estima del tamaño poblacional y se delimitaron los principales núcleos con presencia de la especie. Estas estimaciones poblacionales nacionales no se ha vuelto a repetir, pero censos realizados a nivel regional indican que se está produciendo un descenso poblacional y que la especie ya no existe en áreas donde estaba presente hace 10 años. La fragmentación de la población es muy acusada y existen algunos núcleos en los que los Linces se reproducen bien, pero cuando los jóvenes se dispersan aparece que sufren una elevada mortalidad que impide su conexión con otras poblaciones.

Durante los últimos años se ha venido desarrollando en España y en Portugal un programa de conservación del Lince financiado con fondos LIFE de la Unión Europea. Este programa, recientemente finalizado, ha incluido actividades de investigación, conservación y divulgación. A pesar de los esfuerzos realizados y de los recursos económicos invertidos no se ha conseguido poner remedio a la situación del Lince, ni existe un consenso acerca de las medidas de conservación que se deben adoptar.

Desde 1992 está en funcionamiento en el Parque Nacional de Doñana un centro de cría en cautividad que ha venido albergando aquellos ejemplares que aparecían heridos o enfermos, en su mayoría hembras. La ausencia de machos en buenas condiciones físicas ha hecho imposible por el momento conseguir la reproducción, a pesar de que las instalaciones parecen adecuadas para este fin. Tampoco existe un consenso entre los expertos acerca de como debe funcionar el centro de cría, especialmente en lo que atañe a la integración de los objetivos de investigación y conservación.

Como miembro de la Comisión para la Supervivencia de las Especies (CSE) de la UICN - la Unión Mundial para la Conservación, el objetivo primordial del CBSG es el de contribuir al

desarrollo de estrategias de conservación holísticas y viables, así como el manejo de planes de acción. Con esta finalidad, el CBSG está colaborando con agencias y otros grupos de especialistas del mundo en el desarrollo de procedimientos con bases científicas, tanto a nivel global como regional, teniendo como meta el facilitar un enfoque integral para el manejo de especies y su conservación. Una de las herramientas para lograrlo se denomina Análisis de la Viabilidad Poblacional y del Hábitat (PHVA).

La falta de coincidencia en los criterios de conservación del Lince y la creciente preocupación por el futuro de la especie son los motivos que han llevado al Ministerio de Medio Ambiente a contactar con el Grupo de Especialistas en Cría para la Conservación y el Grupo de Especialistas en Felinos, ambos de la UICN, para llevar a cabo un taller PHVA sobre la especie.

## **El Proceso PHVA**

La eficacia de las acciones de conservación para una especie amenazada se basa, entre otras cosas, en la revisión crítica del conocimiento y en el uso de la mejor información biológica disponible, pero depende también de la actitud de las personas que viven en las mismas áreas en las que vive la especie.

Al comienzo de cada taller PHVA los participantes se ponen de acuerdo en los objetivos de la reunión, que consisten en prevenir la extinción de la especie y mantener una población viable. El proceso del PHVA pasa por un examen a fondo de la ecología de la especie, población, estado de conservación, amenazas y medidas de conservación.

Uno de los resultados primordiales del PHVA es la información no publicada que se reúne. Se estima que un 80% de la información útil sobre una especie determinada se encuentra en la cabeza de los expertos y nunca llegará a ser publicada. Esta información aportará las bases para construir simulaciones de cada población y a través del uso de un sólo modelo permitirá el análisis de efectos determinísticos y estocásticos así como de la interacción de factores genéticos, demográficos, ambientales y catastróficos sobre la dinámica de la población y sobre el riesgo de extinción. El proceso de formulación de información para ser incluida en el modelo requiere que tanto las suposiciones hechas como los datos disponibles para sostener estas suposiciones sean explicadas. Este proceso lleva a la construcción de un modelo básico de la especie producto de consenso. El modelo simula la biología de la especie, tal como se conoce actualmente, y permite continuar la discusión de alternativas de manejo y el manejo adaptativo de la especie o la población conforme se va obteniendo más información sobre la misma. Finalmente permite establecer programas de manejo que, a manera de ejercicios científicos a través de la evaluación continua de la nueva información, proporciona una estrategia en las prácticas de manejo y el beneficio de poder ajustarlas como sea necesario.

En un PHVA todos los participantes son iguales y se reconocen las contribuciones de todos para el éxito del proceso. La información que aportan guardas, cazadores, investigadores y gestores tiene igual importancia. Un valor del proceso PHVA también reside en la comunicación. A menudo hay distintas personas que han estado trabajando con la misma especie durante años pero nunca han discutido aspectos importantes cara a cara. Durante el



taller PHVA los participantes trabajan en pequeños grupos de trabajo para discutir aquellos temas que han sido previamente identificados como cruciales para la recuperación. Estos temas pueden incluir, por ejemplo, la prevención de las causas de mortalidad, la conservación del hábitat, el manejo de especies presa, la cría en cautividad, etc.

## **Metodología PHVA para el Lince Ibérico**

El propósito del taller del PHVA para el Lince Ibérico fue el de asistir en el desarrollo futuro de una estrategia de conservación para la especie. Del 22 al 23 de febrero de 1998, 50 participantes de cuatro países se reunieron en el Parque Nacional de Cabañeros en España con el fin de revisar y desarrollar estrategias de conservación para el Lince Ibérico. La lista de participantes del taller se presenta como Apéndice I en la Sección 3.

El taller empezó con varias presentaciones sobre la situación del Lince Ibérico. A continuación, los participantes trabajaron en sesión en común para identificar los problemas, asuntos y temas que afectan a la conservación del Lince en la Península Ibérica. De acuerdo con un procedimiento clásico, cada participante escribió los problemas que consideraron más urgentes de resolver y el conjunto de todos se colocó para su clasificación en papel y los pusieron en un panel adhesivo. A todos los problemas así extraídos se les concedió el mismo valor. Un grupo pequeño los organizó en temas básicos. Estos están listados en la Tabla 1. Estas temas fueron usados para conformar siete Grupos de Trabajo:

- Manejo de Hábitat
- Mortalidad
- Especies Presas: Conejos
- Modelos de VORTEX
- Investigación
- Cría en Cautividad
- Aspectos Sociopolíticos y Jurídicos

Cada Grupo de Trabajo produjo un informe sobre su tema (Sección 2), Cada uno identificó de mayor profundidad los problemas más importantes bajo su punta de vista y también desarrolló propuestas de acción para resolverlos.

## **Resumen de las Recomendaciones de los Grupos**

Los detalles de estas recomendaciones se presentan en la Sección 2. En este resumen se presentan sólo las ideas principales.

### **GRUPO SOBRE MANEJO DE HABITAT**

El Grupo sobre Manejo de Hábitat caracterizó los problemas en su tópico y desarrolló propuestas de acciones para resolverlos. Estas fueron:

- 1. AUSENCIA DE UNA ESTRATEGIA EFICAZ PARA LA CONSERVACION Y RESTAURACION DEL HABITAT DEL LINCE IBERICO.**

### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Elaborar criterios técnicos que orienten la adopción de medidas de conservación o restauración de hábitat, y aplicarlos en las áreas calificadas como Lugares de Interés Comunitario.
- b) Mantener y fomentar los aprovechamientos y prácticas agrarias beneficiosos para la conservación del hábitat del Lince.
- c) La administración deberá gestionar las fincas públicas de acuerdo con estos objetivos de mantenimiento y restauración del hábitat del Lince, constituyéndose como modelos de referencia o proyectos piloto de gestión de hábitat.
- d) Establecer un procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental más riguroso en las áreas con presencia actual o potencial de Lince

## **2. EXISTEN FACTORES POLITICOS Y SOCIOECONOMICOS QUE ALEJAN LA COMPOSICION Y ESTRUCTURA DE LA VEGETACION DE LA QUE ES OPTIMA PARA EL LINCE.**

### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Inclusión de las zonas de hábitat adecuado para el Lince, dentro de su área de distribución a finales de los años 80, tanto en áreas de presencia estable como en zonas de conexión, en la Red Natura 2000.
- b) Potenciación de aprovechamientos que sean compatibles con la presencia de matorral: apicultura, ganadería extensiva...
- c) Las actividades que supongan eliminación o alteración del hábitat adecuado para el Lince deberían de ser informadas por los técnicos de conservación de las administraciones competentes.
- d) Se proporcionará información sobre áreas sensibles a las entidades que trabajen en la elaboración de proyectos que supongan alteración de hábitat.
- e) Regulación del ocio (rutas todoterreno, rallies, excursionismo y otros deportes) en espacios naturales susceptibles de albergar Linces.

## **3. INCORRECTA APLICACION DEL PROGRAMA DE FORESTACION DE TIERRAS AGRARIAS.**

### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Informe medioambiental vinculante de los servicios técnicos de conservación para todos los expedientes de forestación.
- b) Aplicación estricta del Programa de Forestación excluyendo las tierras no agrícolas.
- c) Orientar la ejecución de la reforestación hacia un hábitat favorable para el Lince.

## **4. AISLAMIENTO POBLACIONAL**

### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Detener proyectos muy agresivos que amenazan en la actualidad a áreas con Lince. Además, habría que asegurar la construcción de pasos de fauna y otras medidas correctoras que favorezcan la permeabilidad de carreteras y otras infraestructuras a los movimientos transversales del Lince.
- b) Potenciar el establecimiento de corredores o de un rosario de islas de hábitat que actúen como puente potencial entre áreas de hábitat adecuado

- c) Previendo un posible problema de permeabilidad causado por vallados, favorecer la sustitución de las cercas cinegéticas con poca luz en los cuadros inferiores por mallas con luz suficiente para el paso de Lince en los cuadros más próximos al suelo. Las mallas deben ser permeables para el Lince en toda su longitud, para evitar problemas de furtivismo.

**5. PROFUNDIZAR EN LAS INVESTIGACIONES QUE ACLAREN EN QUE CONSISTE EL HABITAT DE CRIA Y DE DISPERSION DEL LINCE IBERICO.**

**ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Caracterizar mejor el hábitat del Lince para asegurar la conservación de los buenos hábitats existentes y la restauración de los degradados.
- b) Conocer con precisión el área de distribución del Lince, buscando identificar en cada subpoblación las zonas fuente y sumideros, así como los corredores actuales y potenciales, y las zonas adyacentes potenciales de expansión.
- c) Conocer la relación entre calidad de hábitat y densidad de Lince

**GRUPO SOBRE ESPECIES PRESAS: CONEJOS**

Las estrategias o alternativas de solución que se proponen a continuación se entienden que deben ser de aplicación para todo el ámbito de distribución potencial del Lince Ibérico.

**1. RECUPERACION DE USOS DEL MEDIO QUE PROPICIEN LA PRESENCIA DE CONEJO**

**ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Unificación de criterios científico-técnicos para favorecer las poblaciones de conejo: La creación de paisajes en mosaico que integren zonas de pastizal, refugios, cultivos herbáceos y matorrales en diferentes proporciones según las características específicas de cada región, parecen ser los componentes más favorables para la existencia de poblaciones de conejo.
- b) Compatibilizar la caza mayor con la presencia del conejo.
- c) Vincular y coordinar actuaciones agroambientales, de reforestación y cinegéticas, entre las diferentes administraciones implicadas, para favorecer la presencia del conejo.

**2. GESTION CINEGETICA CORRECTA QUE INCREMENTE LAS POBLACIONES DE CONEJOS Y LINCES INCENTIVANDO A LAS SOCIEDADES DE CAZADORES Y GESTORES DE CAZA.**

**ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Suprimir descastes y medias vedas para controlar mixomatosis y otras enfermedades.
- b) Control de animales domésticos asilvestrados (perros y gatos).
- c) Planes técnicos de caza con criterios rigurosos y que contemplen unas actuaciones compatibles con la existencia de poblaciones de conejo y lince.
- d) Estudiar la adecuación de los períodos de veda a las características de cada zona y a la fenología reproductiva, demografía, etc., de cada población.

- e) Incentivos a los cazadores o gestores de caza orientados a mejoras del hábitat, campañas de sensibilización, etc.

### **3. ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS Y NORMAS BASICAS (protocolo) PARA REPOBLACIONES, TRASLOCACIONES, ETC. Y SEGUIMIENTO DE POBLACIONES DE CONEJO EN LA NORMATIVA CORRESPONDIENTE.**

#### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) En lugares con poblaciones autóctonas con bajos niveles poblacionales parece más efectivo, tanto técnica como económicamente, realizar mejoras de hábitat antes que repoblaciones o reforzamientos poblacionales.
- b) Control genético y regulación de la procedencia de los animales que son liberados en poblaciones naturales.
- c) Recomendación de cuarentenas en todos los procesos de repoblación, evitando con ello el riesgo de introducción de enfermedades, parásitos, etc., garantizando la efectividad de la inmunidad en el proceso de vacunación.
- d) Las sueltas de conejos (repoblaciones o traslocaciones) deben realizarse en épocas y lugares donde no se afecte negativamente a poblaciones silvestres, evitando la época de reproducción, llevándose a cabo en lugares restaurados y controlados.

### **4. NECESIDAD DE ESTUDIOS SANITARIOS**

#### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Seguimiento riguroso por parte de la Administración de la eficacia de las vacunas existentes y tratamientos ectoparasitarios.
- b) Respecto a las nuevas vacunas se propone el sometimiento de su uso al diagnóstico que emita una comisión de expertos (virólogos, veterinarios, biólogos, etc.), de reconocido prestigio e independientes que valore la inocuidad para la fauna silvestre y/o para la salud pública.

### **5. CREACION DE UN GRUPO DE TRABAJO SOBRE EL CONEJO**

#### **ACCION PROPUESTA**

Debería crearse en el seno del Comité de Fauna y Flora, estableciendo criterios de actuación, seguimiento y divulgación de las metodologías. Así mismo, debería existir una coordinación en las actuaciones entre Portugal y España.

### **GRUPO SOBRE MORTALIDAD**

El Grupo sobre Mortalidad identificó tres grupos de problemas: aspectos actuales (conocidas) de mortalidad, riesgos sanitarios, y otros que so son específicos, y considera como principales los siguientes:

1. **CONOCIMIENTO LIMITADO.** Es necesario obtener estimas reales de la incidencia de cada causa de mortalidad y agilizar los flujos de información sobre las mismas y las medidas correctoras.

2. **METODOS NO SELECTIVOS DE CAPTURA: CEPOS, LAZOS Y JAULAS TRAMPA.** Utilizados en caza furtiva y para control de predadores en fincas cinegéticas. No son siempre ilegales, a pesar de su alta incidencia sobre la especie.
3. **ATROPELLOS.** Podría ser una de las principales causas de mortalidad, aunque puede estar sobrevalorado. Depende de la densidad de carreteras y volumen de tráfico en ellas.

Propone las siguientes acciones:

## 1. ASPECTOS GENERALES

### ACCIONES PROPUESTAS

- a) Utilizar las LICs. (Red Natura 2000) linceras para articular una idea de gestión cinegética más acorde para la conservación de la especie (aprovechamientos menos intensivos).
- b) Priorizar las actuaciones en los "puntos negros" tras su identificación.
- c) Elaboración de un protocolo por una selección de expertos consensuada de recogida de cadáveres que incluya aspectos legales y de conservación del cadáver para posterior toma de muestras, necropsia y recogida de información circunstancial.

## 2. CAUSAS ACTUALES DE MORTALIDAD

### ACCIONES PROPUESTAS

- a) Modificación de la actual utilización de Métodos selectivos de control de predadores.
- b) Actuaciones contra el empleo de métodos no selectivos de control de predadores.
- c) Perros y disparos – evaluar la incidencia real; incrementar la vigilancia y control; sensibilización y concienciación.
- d) Profundizar en el conocimiento de la ocurrencia de atropellos. Desarrollar acciones que aseguren la permeabilidad de carreteras, solución de puntos negros, localización de nuevos puntos negros, y adecuado mantenimiento de las vallas de las vías públicas.
- e) Pozos - localización de todos los pozos tanto de riego, uso domésticos y abandonados en zonas linceras y tapado de todos ellos con malla de simple torsión por parte de la administración.

## 3. RIESGOS SANITARIOS

### ACCIONES PROPUESTAS

- a) Realización de un seguimiento del estado sanitario de la especie con tres fuentes de información: necropsia de todos los ejemplares de lince hallados muertos; revisiones sanitarias y recogida de muestras de animales vivos cautivos, en recuperación o capturados con otros fines; datos indirectos: patologías de otras especies de animales domésticos y silvestres en la zona, y patologías conocidas en otros felinos silvestres.
- b) Elaboración de un protocolo detallado de actuación y recogida de muestras de Lince Ibérico tanto capturados vivos como hallados muertos, o sus restos, que garantice la obtención de la máxima información posible de cada ejemplar.

## **OTROS: CARENCIA DE INFORMACIÓN**

### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Falta de conocimiento: necesidad de hacer necropsias para determinar la causa de muerte en todos los casos siguiendo el protocolo mencionado; necesidad de elaborar un programa de seguimiento por telemetría de lince para determinar las causas de mortalidad tanto como herramienta de seguimiento como una medida para obtener información sobre tasas y causas de mortalidad en poblaciones de las que se carece de ellas; y elaboración de un protocolo consensuado sobre captura de lince tanto para fines de seguimiento como investigación y otras tareas conservacionistas.
- b) Falta de agilidad en los flujos de información: adoptar como norma la realización de una reunión anual Ibérica sobre puesta en común en avances y designar un "experto" que actúe como enlace de información entre las distintas entidades.

## **GRUPO SOBRE LOS MODELOS (Vortex)**

El Grupo sobre los modelos concluyó que la fragmentación y la reducción de la capacidad de carga del hábitat con tamaños de población pequeños es el principal factor de declive de la población total de lince y de la desaparición continua de subpoblaciones locales. El exceso de mortalidad debida a atropellos y furtivismo acelera el proceso de extinción. Poblaciones de 20-25 animales de 1 o más años de edad probablemente no sobrevivirán 100 años, incluso con refuerzo genético. Suministrándole hábitat apropiado, una nivel de presas adecuado y una protección efectiva la especie tiene potencial para reconstituir rápidamente poblaciones mediante reproducción natural.

## **EL GRUPO SOBRE INVESTIGACION**

El Grupo sobre Investigación caracterizó los problemas en su tópico y desarrolló acciones propuestas para resolverlos. Estas fueron:

1. **RECONOCER QUE LA INVESTIGACION ES NECESARIA E IMPRESCINDIBLE PARA UN CORRECTO Y EFICAZ MANEJO Y CONSERVACION DE LAS POBLACIONES DE LINCE. MEDIDAS DE GESTION NO BASADAS EN DATOS FIABLES Y ESPECIFICOS A CADA PROBLEMA PUEDEN, A MEDIO Y LARGO PLAZO, DESPILFARRAR LOS ESCASOS RECURSOS DISPONIBLES.**

### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Arbitrar formalismos que permitan y obliguen a hacer investigación aplicada sobre el lince.
- b) Estos formalismos deberían incluir a todas las administraciones y sectores con responsabilidad directa en la conservación del lince, y podrían quedar plasmados en acuerdos o convenios entre las administraciones y organismos de investigación. El convenio debe dejar claro el papel de cada organismo.
- c) Esta estrategia se puede incluir dentro de los planes de recuperación o manejo específicos (internacionales, nacionales, regionales, comarcales, etc.) del lince.

**2. NO EXISTE UN PLAN DIRECTOR DE PRIORIDADES EN LA INVESTIGACION DEL LINCE Y UNA COORDINACION ADECUADA CON LOS GESTORES.**

**ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Crear una lista de prioridades de investigación, otorgar una importancia fundamental, en el planteamiento de los proyectos de investigación, a asegurar la aplicabilidad de sus resultados a corto plazo al diseño de las acciones de conservación del Lince Ibérico.
- b) Crear una comisión coordinadora que vele por la calidad de los proyectos de investigación presentados.
- c) Destinar los recursos disponibles en función de estas prioridades.
- d) Los proyectos de investigación deberían contemplar la participación activa de miembros de los equipos de gestión del lugar o lugares donde la investigación se esta llevando a cabo.
- e) Los resultados aplicados de la investigación deberían ser claramente expuestos en la documentación final presentada.
- f) Los investigadores y responsables del proyecto deberían presentar públicamente los resultados más significativos de la investigación en el foro o foros mas adecuados de la administración.

**3. LOS RECURSOS DESTINADOS A LA INVESTIGACION SON MUY ESCASOS Y DISCONTINUOS EN EL ESPACIO Y EN EL TIEMPO.**

**ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Plasmar en documentos públicos los fondos que se dedican al Lince, y que porcentaje de ellos es específicos de investigación.
- b) Hacer un balance que permita valorar la efectividad de las medidas adoptadas basadas en las recomendaciones de los estudios científicos realizados.
- c) Asegurar que haya un seguimiento de las poblaciones o actuaciones relacionadas con el Lince a lo largo del tiempo.
- d) Asegurar un análisis periódico de los datos obtenidos durante las actividades de seguimiento de las poblaciones o actuaciones.

**4. LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION SON RARAMENTE APLICADOS.**

**ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Exigir que las diferentes administraciones expliquen las medidas tomadas que reflejen los resultados obtenidos con los proyectos de investigación.
- b) Creación de un comité externo que valore la correcta aplicación de las medidas llevadas a cabo por las administraciones.

**5. A MENUDO LOS INVESTIGADORES NO PUBLICAN SUS RESULTADOS EN REVISTAS CIENTIFICAS DE RECONOCIDO PRESTIGIO NACIONAL O INTERNACIONAL.**

**ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Utilizar la productividad científica (experiencia/capacidad demostrada) del equipo investigador como un criterio importante de valoración cuando haya que decidir sobre adjudicaciones de proyectos de investigación.
- b) Crear una comisión externa que evalúe la trayectoria y calidad científicas de los responsables del proyecto.

## **GRUPO SOBRE CRIA EN CAUTIVIDAD**

Debido a la creciente pérdida de heterozigosis que se produce en poblaciones pequeñas y fragmentadas tales como las del Lince Ibérico, el Grupo considera necesario y urgente el desarrollar técnicas de cría y manejo de la especie en cautividad. Para ello, se propone el desarrollo de un programa experimental de cría en cautividad (a pequeña escala) cuya base sea la investigación científica y la aplicación de técnicas ya empleadas con éxito en otras especies de felinos salvajes, al objeto de servir para aumentar los conocimientos sobre la biología de esta especie y a desarrollar mas ampliamente técnicas de manejo encaminadas a asegurar la conservación del Lince en caso de que se produzca una crisis en la población silvestre.

### **ACCIONES PROPUESTAS PARA LA FASE INICIAL DEL PROGRAMA EXPERIMENTAL DE CRÍA:**

- a) Utilizar el Centro Experimental de Cría del Acebuche (a partir de ahora nos referiremos a él como Centro del Acebuche o Centro), situado en el Parque Nacional de Doñana, para desarrollar las fases iniciales del programa experimental de cría.
- b) Retirar los dos animales que tienen la menor capacidad reproductiva del Centro del Acebuche (hembras de 6 y 11 años).
- c) Iniciar, con carácter inmediato, el programa experimental de cría con un total de 7 animales (3 machos y 4 hembras). Utilizar 2 de las hembras presentes en el Centro del Acebuche y capturar 5 linceas adicionales (3 machos y 2 hembras) de poblaciones tan diversas como sea posible, cuando el conocimiento de la densidad y estructura de estas poblaciones permita suponer que la extracción de ejemplares de las mismas no conlleve riesgo para su supervivencia.
- d) Los linceas capturados han de ser jóvenes en edad reproductiva (entre 1 y 3 años).
- e) Antes de incorporar los animales a las instalaciones de cría del Centro del Acebuche, estos han de ser sometidos a un periodo mínimo de 6 semanas de cuarentena.
- f) Tan pronto se incorporen los animales al Centro, recoger todos los materiales biológicos que sean posibles (muestras de sangre, orina, heces y, en el caso de los machos, semen). Todas las muestras de semen deberán ser criopreservadas. Es imperativo recoger muestras de plasma sanguíneo tan pronto como los animales entren en el Centro.
- g) Marcar a todos los animales que entran en el Centro con tatuajes y microchips (transponders).
- h) Mantener un studbook como base de datos para el manejo genético y demográfico de la población cautiva. Llevar a cabo los cruces entre animales basándose en las recomendaciones genéticas indicadas en SPARKS (programa necesario para mantener un studbook).
- i) Todos los animales han de estar establecidos en el Centro antes de finalizar el año 1999.
- j) Determinar desde un principio qué se va a hacer con la progenie cautiva una vez los cachorros se independicen de la madre (traslado a nuevos Centros de Cría, desarrollo de



técnicas para la reintroducción, exhibiciones en zoológicos, etc.). Las decisiones y trámites necesarios para dar salida a la progenie cautiva se han de negociar antes de iniciar la cría en cautividad para evitar problemas de hacinamiento y de mantener a los animales en condiciones inaceptables.

- k) Procurar producir al menos 2 camadas durante los dos primeros años de cría.
- l) Durante estos dos primeros años, hacer un estudio intensivo de los animales cautivos (mantener registros que incluyan conducta animal y fisiología reproductiva (recoger muestras de heces para analizar esteroides fecales, recoger muestras de semen trimestralmente).

### **ACCIONES PROPUESTAS PARA LA SEGUNDA FASE DEL PROGRAMA EXPERIMENTAL DE CRÍA:**

Seleccionar 2-3 Centros adicionales para la cría en cautividad del lince. Estos Centros han de ser capaces de albergar al menos 10 animales (preferiblemente 15) cada uno. Se recomienda mantener un mínimo de 30 (o un máximo de 50) linceos cautivos a partir de la población de 12 fundadores. Este número (30) incluye los 8 presentes in Doñana. El manejo genético de estas poblaciones se reforzará con aportes genómicos a partir de semen de machos de las poblaciones silvestres.

- a) Considerar la incorporación de 5 nuevos linceos (2 machos y 3 hembras) para contribuir al núcleo de fundadores, en un plazo de 4 años.
- b) A la hora de seleccionar los nuevos Centros de Cría, dar especial preferencia a centros ubicados en el área de distribución del lince.
- c) Aplicar los conocimientos aprendidos durante la fase inicial del programa durante el establecimiento y el desarrollo de prioridades para la investigación de estas nuevas subpoblaciones cautivas.
- d) Recomendar que las partidas presupuestarias para la cría en cautividad no procedan de las mismas fuentes que los fondos destinados a la conservación en el campo. Los fondos destinados a apoyar el programa de cría no han de diezmar los fondos destinados a la conservación del hábitat y de las poblaciones silvestres de lince.

También, el Grupo recomendó estrategias para investigación (creación de un Banco de Recursos Genómicos, reintroducción y otros), educación y coordinación. Los detalles se presenta en el reporte del Grupo.

### **EL GRUPO SOBRE ASPECTOS SOCIOPOLITICOS Y JURIDICOS**

1. **AUSENCIA DE UNA ESTRATEGIA IBÉRICA PARA LA CONSERVACIÓN DEL LINCE.** Es necesaria una estrategia común de actuaciones para la conservación del Lince Ibérico en toda su área de distribución, y la financiación para su ejecución.

#### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Elaboración de una estrategia que contenga las líneas directrices para la redacción de los planes de recuperación con cooperación entre España y Portugal.
- b) El ámbito de aplicación será el área de distribución actual y potencial de la especie, incluyendo las áreas de conexión entre las distintas poblaciones.
- c) Revisión y actualización de la estrategia cada 5 años.

**2. INSUFICIENTE COORDINACIÓN ENTRE DISTINTAS ADMINISTRACIONES Y EN EL SENO DE CADA ADMINISTRACIÓN, Y FALTA DE MECANISMOS ADECUADOS PARA EVITAR O RESOLVER CONFLICTOS. ASÍ MISMO, FALTA DE COORDINACIÓN CON OTROS SECTORES.**

**ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Coordinación política-administrativa: entre España y Portugal; entre administración general del estado y CC.AA. (organismos ambientales); y entre otros sectores de la administración central o autonómica y sector medioambiental del estado y de las CC.AA.
- b) Hacer asequible la información científica a todos los sectores, mediante: integración de investigadores en el equipo redactor, director y de seguimiento de la estrategia; participación en debates, estrategias y planes; y animar a los investigadores a divulgar sus resultados en jornadas, mesas redondas, revistas, etc. de amplio espectro.

**3. INSUFICIENTES INCENTIVOS PARA CONSERVAR EL MONTE MEDITERRÁNEO, HÁBITAT DEL LINCE, Y PRESENCIA DE INCENTIVOS PARA TRANSFORMACIÓN.**

**ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Se crearán incentivos que contribuyan a conservar el matorral mediterráneo, mediante la financiación de medidas de mejora y conservación.
- b) En ningún caso podrán emplearse fondos públicos para subvencionar actividades que supongan eliminación drástica del matorral u otros hábitats favorables para la especie, en el área de distribución actual o potencial del lince.
- c) Todos los incentivos positivos relacionados, así como los controles que deben ejercerse para evitar alteraciones del hábitat del Lince Ibérico, derivados de otros instrumentos financieros, deberán reflejarse convenientemente en la normativa legal.

**4. FALTA DE ADECUACIÓN DE LA NORMATIVA EN MATERIA CINEGÉTICA (EJEMPLO: MALLAS), EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.**

**ACCIONES PROPUESTAS**

- a) No se autorizará de forma excepcional el uso de métodos masivos o no selectivos para el control de predadores o el descaste de conejos en el área de distribución actual y potencial del lince.
- b) Desarrollo reglamentario del diseño de malla para que sea permeable en toda su longitud al paso del lince, en cumplimiento de la ley 4/89 en España; y desarrollo de una normativa reguladora del vallado cinegético en Portugal.
- c) Someter a Evaluación de Impacto Ambiental según el procedimiento establecido en el R.D. 1302/86 de 28 de junio, aquellas actuaciones de cierta relevancia que se desarrollen en zonas que sustenten poblaciones linceras, y que puedan implicar la alteración del hábitat o la mortalidad no natural de ejemplares (replantaciones carreteras, canteras, embalses, etc.), ampliando para ello el listado de actividades incluidas en el Anexo I del referido Real Decreto, en estas áreas. En cuanto a otras actividades de menor relevancia que puedan tener repercusiones desfavorables sobre la población de Lince Ibérico, (cambios de cultivo o desbroces de reducida superficie, creación de cortaderos, cortafuegos, caminos de pequeña longitud, etc.), exigir un

informe vinculante del órgano medioambiental, como requisito imprescindible para su autorización. Es importante unificar criterios para el uso de todas las Comunidades Autónomas.

## **5. INSUFICIENTE INFORMACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN A DISTINTOS NIVELES, ASÍ COMO BAJO NIVEL TÉCNICO EN LA PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN EN ÉSTAS TAREAS.**

### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Desarrollo de programas de sensibilización que incluyan los siguientes aspectos: identificar distintos sectores sociales que necesitan diferentes mensajes de sensibilización; investigar sobre actitudes y valores (percepción social) de los distintos grupos sociales; evaluar cuantitativamente el éxito de las campañas de sensibilización; incorporar profesionales en la materia y estimular el empleo de técnicas adecuadas.
- b) Desarrollar programas especiales de formación y sensibilización destinados a profesionales implicados en la planificación y ejecución de políticas sectoriales que pueden afectar a la conservación del lince.
- c) Promover planes de comunicación sobre las actividades y programas de conservación del lince.
- d) Subrayar el interés económico de la preservación del Lince y otras especies (generación de empleo, turismo rural, subvenciones internacionales, etc.).

## **El Éxito del Proceso de PHVA**

El éxito del proceso consiste en conseguir un producto en el que todos los participantes estén de acuerdo, a pesar de sus diferentes ideas e intereses, de manera que todos “ganen” con el proceso y la especie resulta también beneficiada por este consenso. Es importante que las soluciones adoptadas se apliquen al nivel local y que sean los gestores de cada territorio los que se ocupen de aplicar sobre el terreno las medidas de conservación.

## **Bibliografía**

- Blanco, J.C. & González, J.L. (1992). *Libro Rojo de los Vertebrados de España*. ICONA, Madrid.
- Cabral, M.J.M.; Magalhaes, C.P.; Oliveira, M.E.; Romao, C. (1990). *Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal*. Serviço Nacional de Parques, Reservas e Conservação da Natureza. Lisboa.
- Nowell, K. & Jackson, P. (1996). *Status Survey and Conservation Action Plan, Wild Cats*. IUCN, Gland.
- Rodríguez, A. & Delibes, M. (1990). *El Lince Ibérico en España; distribución y problemas de conservación*. ICONA, Madrid.

---

## **Tabla 1. Problemas, Asuntos y Temas que afectan a la Conservación del Lince en la Península Ibérica**

La lista compilado por los participantes trabajaron en sesión en común para identificar los problemas, asuntos y temas que afectan a la conservación del Lince en la Península Ibérica. A todos los problemas as extraídos se les concedió el mismo valor. Un grupo pequeño los organizó en temas básicos que siguen.

### **Investigación/Estudios**

- Recuperación de ejemplares muertos, o sus restos para investigación (protocolos únicos y garantías de almacenamiento de materiales y datos)
- Incrementar el conocimiento de las otras poblaciones de Lince y equipararlo al de Doñana
- Protección y estudios de las poblaciones silvestres de Montes de Toledo y Sierra Morena Oriental
- Estudios sobre la variabilidad genética de las poblaciones silvestres
- Intercambio genético entre poblaciones (forzarlo)
- Determinación del riesgo de epizootias en Lince favorecido por el pequeño tamaño de las metapoblaciones, por endogamia, incremento de homocigosis, etc.
- Seguimiento y monitoreo
- Metodologías para conocer parámetros vitales de las pequeñas poblaciones de Lince

### **Cría en Cautividad**

- Cría en cautividad
- Desarrollo de técnicas de cría en cautividad
- Programa de reproducción en cautividad
- Miedo al fracaso o a recibir críticas en las actuaciones/falta de toma de decisiones

### **Aislamiento**

- Fragmentación de poblaciones (2)
- Pequeño tamaño poblacional
- Variabilidad en relación con la estructura espacial
- Medios para asegurar el mantenimiento de la máxima variabilidad genética de la especie

### **Mortalidad**

- Causas de mortalidad (lazos, cepos, atropellos, etc.)
- Predadores en cotos de caza menor
- Actividad cinegética
- Furtivismo
- Control de las medidas de control de predadores
- Mortalidad de origen antrópico

- Mortalidad no natural

### **Especies Presas: Conejos**

- Escasez de presas (conejos)
- Disminución de los conejos (2)
- Falta de conejos
- Alimentación, pérdida de presas
- Recuperación del conejo
- Poblaciones de conejos demasiado afectadas por enfermedades y cambios de uso del hábitat

### **Problemas Sociales a Nivel Local y General / Sensibilización**

- Formación y sensibilización de sectores (no ambientales) que realizan actuaciones con alta incidencia en el medio natural
- Falta de interés de las poblaciones locales
- Interés de la sociedad en la conservación del Lince
- Educación, sensibilización, implicación de colectivos y organismos implicados en la gestión de la naturaleza: guardería forestal y privada y colectivos de cazadores
- Sensibilización de la población local.

### **Aspectos Sociopolíticos y Jurídicos**

- Intereses personales ajenos a la conservación
- Cooperación y dialogo entre gestores e investigadores
- Planificación, coordinación de actividades, optimización de esfuerzos (España - Portugal - Europa; comunidades autónomas - Madrid; investigación, gestión, etc.)
- Modificación de la legislación
- Optimización de los recursos destinados a conservar el Lince
- Incentivos a la gestión privada
- Gestión y coordinación del programa nacional
- Gente (cazadores, ganaderos, políticos, gestores, gente que ama los animales, científicos, gestores de vida silvestre)
- Comunicación coordinada de actuaciones
- Proceso permanente de prevención de conflictos para la aplicación de una medida
- Puesta en común entre organismos y personas competentes y voluntad política
- Coordinación de administraciones y ONGs
- Determinar las medidas prioritarias de conservación
- Aplicación coordinada de actuaciones prioritarias
- Priorización de inversiones de conservación
- Priorización de los intereses políticos

**Análisis de la Viabilidad de Población y del Hábitat  
del Lince Ibérico (*Lynx pardinus*)**

**21-23 de febrero de 1998  
Parque Nacional de Cabañeros, España**

**Informe**

**Sección 2  
Informes de Los Grupos de Trabajo**

# Manejo del Hábitat: Informe del Grupo

---

*Participantes: Rafael Arenas González, Victor M. Diez Urbano, Antonio Franco Ruiz, Margarida Lopes Fernandes, Julian Martin Garde, Jose Maria Narciso Diaz, Borja Palacios Alberti, Blanca Ramos Losada, Alejandro Rodríguez Blanco, Rafael Ruiz Lopez de la Cova*

Bajo este tópico, los temas identificados en sesión común por los participantes fueron:

1. Repoblaciones forestales
2. Mejora y conservación del hábitat
3. Destrucción o pérdida de hábitat
4. Fragmentación del hábitat
5. Modificación del hábitat
6. Desaparición de usos tradicionales
7. Planificación de usos del suelo
8. Desbroces
9. Pérdida de interés económico de las áreas Linceras

El Grupo empezó con una discusión sobre la pregunta “¿Que es un hábitat Lincero?” El Lince esta muy ligado al hábitat. Este hábitat lo seleccionará de acuerdo a sus necesidades: de caza, de aislamiento, tranquilidad, puntos de agua y la definición de estos recursos es una cuestión de cada escala particular. Dentro del hábitat optimo para el Lince hay que determinar el mínimo de supervivencia. Es fundamental conocer la relación hábitat-densidad ideal para la especie, para tomar las decisiones adecuadas para la conservación de la especie.

Con la información disponible, el hábitat del Lince puede caracterizarse por elementos favorables para la especie y por elementos negativos:

1. Elementos de hábitat favorables son:
  - el dominio de las formaciones arbustivas en el paisaje, especialmente cuando se distribuye en mosaicos con hábitats abiertos que tienda a maximizar la longitud del borde o interfase.
  - la presencia de conejos en una densidad mínima anual estimada alrededor de 1 conejo/ha (a falta de una mejor estima).
2. Elementos negativos son:
  - la ausencia de matorral
  - el dominio de los hábitats sin cobertura arbustiva en el paisaje
  - la presencia de eucaliptales
  - la densidad de población humana
  - la densidad de núcleos urbanos permanentemente habitados (por pequeños que sean)
  - la densidad de vías de acceso de todo tipo

Por otro lado, una necesidad fundamental para la conservación de especies que, como el Lince, tienen una distribución fragmentada, es que exista comunicación física entre poblaciones separadas. Los hábitats subóptimos que permiten el paso pero no la cría de los Linces son poco conocidos. No obstante, es esencial preservar la función de estos hábitats subóptimos y desarrollar una estrategia para su conservación, similar a la que presentamos a continuación, en cuanto sus características sean descritas.

El Grupo amplió los temas en su tópico que son importantes para la conservación del Lince en la Península Ibérica:

1. **Definir qué es el hábitat del Lince.** Es necesario identificar los elementos o componentes del hábitat que, si están presentes, impiden que haya Linces (elementos negativos) y los componentes del hábitat imprescindibles para que haya Linces (elementos positivos). Es importante determinar estas mínimas condiciones necesarias para que el Lince pueda vivir.
2. **Identificar la escala a la que operan los distintos elementos del hábitat** que determinan la presencia o ausencia de Linces. Conocer esta información es muy importante para decidir en su caso medidas de manejo que afecten a:
  - poblaciones enteras
  - a unos cuantos individuos en un área localizada
  - la calidad del microhábitat dentro del área de campeo de un individuo.
3. Sería deseable conocer la relación entre calidad y cantidad de los elementos del hábitat y la densidad de Linces para responder a la siguiente cuestión clave en conservación: conociendo la calidad de hábitat en una localidad **¿cuál es el tamaño del área susceptible de manejo necesaria para albergar una población viable?**
4. **Definir las características de los hábitats que, no siendo adecuados para la cría o presencia estable del Lince, permiten el intercambio natural de individuos que viven en poblaciones separadas.** Es importante definir este hábitat en términos cualitativos y cuantitativos (calidad y espesor de las barreras).
5. Identificar qué elementos negativos del hábitat pueden eliminarse o minimizarse, y qué elementos positivos del hábitat pueden generarse o potenciarse mediante medidas de manejo. ¿Todos? ¿Sólo algunos?
6. Discutir y proponer **medidas de manejo del hábitat**, clasificándolas en:
  - medidas cuya eficacia se conoce razonablemente.
  - medidas cuya eficacia es incierta.
  - medidas que aún no se han ensayado pero que podrían ser útiles para mejorar el hábitat o para optimizar la gestión.
7. **Toma de decisiones en la gestión.** ¿En qué condiciones es recomendable emplear medidas de manejo de hábitat y qué protocolo puede ayudar a elegir las medidas más adecuadas?



**El Grupo amplificó los problemas siguientes y recomendó acciones para cada uno.**

**1. AUSENCIA DE UNA ESTRATEGIA EFICAZ PARA LA CONSERVACION Y RESTAURACION DEL HABITAT DEL LINCE IBERICO.**

Pese a que algunas áreas son de gestión pública, la conservación del hábitat depende en gran medida de la gestión en fincas privadas, y una estrategia de conservación ha de pasar por incentivar las iniciativas privadas respetuosas con el hábitat del Lince.

**ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Elaborar criterios técnicos que orienten la adopción de medidas de conservación o restauración de hábitat, y aplicarlos en las áreas calificadas como Lugares de Interés Comunitario. Estos criterios se emplearían también en los planes autonómicos de recuperación de la especie, en los Planes de Ordenación de Recursos Naturales, los Planes Rectores de Uso y Gestión de los espacios naturales protegidos, y en general en cualquier instrumento de planificación que afecte al área de distribución de la especie.
- b) Mantener y fomentar los aprovechamientos y prácticas agrarias beneficiosos para la conservación del hábitat del Lince,
  - i. promoviendo un programa específico en el marco del Plan Nacional de Medidas Agroambientales, y
  - ii. estableciendo los siguientes incentivos a la gestión privada:
    - desarrollar desde la administración sistemas de subvención o cooperación con los propietarios interesados en mantener o generar hábitats favorables para el Lince
    - exenciones fiscales a las fincas colaboradoras
    - reconocer públicamente la contribución de esta gestión a la conservación del Lince.
- c) La administración deberá gestionar las fincas públicas de acuerdo con estos objetivos de mantenimiento y restauración del hábitat del Lince, constituyéndose como modelos de referencia o proyectos piloto de gestión de hábitat.
- d) Establecer un procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental más riguroso en las áreas con presencia actual o potencial de Lince

**2. EXISTEN FACTORES POLITICOS (Política Agraria Común - PAC, etc.) Y SOCIOECONOMICOS (rentabilidad que provocan los cambios de aprovechamiento) QUE ALEJAN LA COMPOSICION Y ESTRUCTURA DE LA VEGETACION DE LA QUE ES OPTIMA PARA EL LINCE.**

Algunos cambios, como el abandono de ciertos usos ganaderos o la tendencia a aumentar la densidad de ciervos en cotos de caza mayor, tienden a favorecer que la densidad de matorral aumente, alejándose de la estructura en mosaico deseable. Otros, como algunos tratamientos selvícolas o los cambios de cultivo tienden a eliminar o aclarar excesivamente las formaciones arbustivas. Estos cambios muy probablemente afectan al Lince directamente a través de la reducción en la disponibilidad de refugios o indirectamente a través de eventuales reducciones en la disponibilidad de conejos que

suelen ser escasos en el matorral cerrado. Debajo damos una lista de las actividades concretas que pueden resultar en una alteración de hábitat ligada a la abundancia y estructura de las formaciones arbustivas y que deben ser objeto de atención especial en las áreas ocupadas por el Lince a finales de los años 80 y de las áreas vacías que las conectan.

- Cambio de aprovechamiento cinegético principal de caza menor a mayor, en el que se prima más el número de reses que la calidad de los trofeos. Cortaderos de caza.
- Repoblaciones forestales. Tratamientos selvícolas. Cortafuegos.
- Incendios forestales.
- Infraestructuras lineales de transporte (carreteras, tendidos, canales, caminos...). Grandes infraestructuras, como los embalses y centrales hidroeléctricas.
- Creación de pastos y cultivos en grandes extensiones. Abandono de cultivos en pequeñas parcelas en áreas dominadas por monte mediterráneo. Concentraciones parcelarias. Agresiones a la vegetación riparia.
- Urbanización
- Sobrecarga ganadera o cinegética
- Extracción de áridos, minería en general

#### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Inclusión de las zonas de hábitat adecuado para el Lince, dentro de su área de distribución a finales de los años 80, tanto en áreas de presencia estable como en zonas de conexión, en la Red Natura 2000. Regulación de las actividades arriba indicadas en los planes de uso y gestión de los lugares de importancia comunitaria (LICs). Esta definición espacial del área de actuación es sólo orientativa; la distribución del Lince es dinámica y susceptible de aumentar o disminuir por ocupación o extinción de las áreas de hábitat adecuado. Por tanto, creemos que es fundamental preservar el hábitat adecuado allí donde exista, tanto si hay Linces en la actualidad o los ha habido en el pasado reciente como si no los ha habido. Este hábitat sería susceptible de programas de reintroducción o introducción, si la estrategia general de conservación así lo aconsejara. Hay que priorizar las áreas de alguna manera para estas actividades.
- b) Potenciación de aprovechamientos que sean compatibles con la presencia de matorral: apicultura, ganadería extensiva, cultivos en pequeñas parcelas, etc.
- c) Las actividades que supongan eliminación o alteración del hábitat adecuado para el Lince deberían de ser informadas por los técnicos de conservación de las administraciones competentes.
- d) Se proporcionará información sobre áreas sensibles a las entidades que trabajen en la elaboración de proyectos que supongan alteración de hábitat.
- e) Regulación del ocio (rutas todoterreno, rallies, excursionismo y otros deportes) en espacios naturales susceptibles de albergar Linces.

### **3. INCORRECTA APLICACION DEL PROGRAMA DE FORESTACION DE TIERRAS AGRARIAS.**

El espíritu de este Programa consiste en la retirada de las tierras de cultivo y sus sustitución por masas forestales de nueva implantación. En cambio, a menudo lo que se sustituye es el matorral.

#### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Informe medioambiental vinculante de los servicios técnicos de conservación para todos los expedientes de forestación.
- b) Aplicación estricta del mencionado Programa excluyendo las tierras no agrícolas.
- c) Orientar la ejecución de la reforestación hacia un hábitat favorable para el Lince.

### **4. AISLAMIENTO POBLACIONAL**

Sólo por hecho de estar aisladas, las poblaciones de Lince estan sometidas a un mayor riesgo de extinción que las que no lo estan. Es deseable reducir este riesgo, que puede venir tanto de alteraciones de hábitat como de estructuras lineales.

#### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Detener proyectos muy agresivos que amenazan en la actualidad a áreas con Lince (ver Tabla 2). Además, habría que asegurar la construcción de pasos de fauna y otras medidas correctoras que favorezcan la permeabilidad de carreteras y otras infraestructuras a los movimientos transversales del Lince, así como su seguimiento posterior.
- b) Potenciar el establecimiento de corredores o de un rosario de islas de hábitat que actúen como puente potencial entre áreas de hábitat adecuado.
- c) Previendo un posible problema de permeabilidad causado por vallados, favorecer la sustitución de las cercas cinegéticas con poca luz en los cuadros inferiores por mallas con luz suficiente para el paso de Lince en los cuadros más próximos al suelo. Esta medida tendría una utilidad añadida, que sería diluir el riesgo de muerte por colocación de lazos en pasos localizados en puntos concretos de la malla. También, esta medida puede ser clave para la conservación del Lince en gran parte de Península Ibérica.

### **5. PROFUNDIZAR EN LAS INVESTIGACIONES QUE ACLAREN EN QUE CONSISTE EL HABITAT DE CRIA Y DE DISPERSION DEL LINCE IBERICO.**

Hasta el momento se tiene evidencia de que hay elementos de hábitat favorables para la especie, que son el dominio de las formaciones arbustivas en el paisaje, especialmente cuando se distribuye en mosaicos con hábitats abiertos que tienda a maximizar la longitud del borde o interfase, y la presencia de conejos en una densidad mínima anual estimada alrededor de 1 conejo/ha (a falta de una mejor estima). Factores negativos conocidos son la ausencia de matorral, el dominio de los hábitats sin cobertura arbustiva en el paisaje, la

presencia de eucaliptales, las densidades de población humana, de núcleos urbanos permanentemente habitados (por pequeños que sean) y de vías de acceso de todo tipo.

No obstante creemos que es preciso:

- a) Caracterizar mejor el hábitat del Lince para asegurar la conservación de los buenos hábitats existentes y la restauración de los degradados.
- b) Conocer con precisión el área de distribución del Lince, buscando identificar en cada subpoblación las zonas fuente y sumideros, así como los corredores actuales y potenciales, y las zonas adyacentes potenciales de expansión.
- c) Conocer la relación entre calidad de hábitat y densidad de Lince

---

## **Tabla 2. Listado de Proyectos Ambientalmente Agresivos que se van a Desarrollar en Áreas Linceras.**

### **ESPAÑA**

Embalse Breña II (Córdoba)  
Embalse Andévalo (Huelva)  
Variante de El Rocio (Huelva)  
Embalse Melonares (Sevilla)  
Embalse Irueña (Salamanca)  
Recrecimiento embalse Navalcan (Toledo)  
Reforma Carretera C-403 Puerto del Milagro (Toledo)  
Centrales Hidroeléctricas Alto-Alagón (Salamanca)  
Planes forestales en El Rebollar y Sierra de Francia (Salamanca)  
N-630 tramo Puerto Bejar-Aldeanueva del Camino (Cáceres)  
Autovía N-620 (Salamanca)  
Autovía C-501 San Martin de Valdeiglesias (Madrid)  
Carretera CR-501 de Mestanza a Mino Diógenes (Ciudad Real)  
Carretera CR 500 del límite de provincia con Jaén a Mino Diógenes (Ciudad Real)

### **PORTUGAL**

Embalse de Alqueva (Alentejo)  
Embalse Odélouca (Algarve)  
Embalse Abrilongo (Alto Alentejo)  
Autoestrada do Sul (Autopista A2) (Alentejo-Algarve)  
Itinerário Complementar 4 (Carretera IC-4) (Alentejo-Algarve)

# Especies Presas: Conejos: Informe del Grupo

---

*Participantes: Isidro Barroso Carrasco, Rafael Cadenas de Llano Aguilar, Rafael Castro, Jesús Cobo Anula, Victor García Matarranz, J. Nicolas Guzmán López-Ocón, Borja Palacios Alberti, María Jesús Palacios González, Rafael Villafuerte Fernández*

El Grupo identificó dos factores principales que afectan a la disminución de las poblaciones de conejo. Estos fueron:

1. Cambios en el uso del medio.
2. Falta de criterios y desinformación en la gestión del conejo.

El Grupo amplió los temas del tópico que son importantes para la conservación del Lince en la Península Ibérica:

## 1. CAMBIOS EN EL USO DEL MEDIO.

A lo largo de los años el abandono de las tierras y sobre todo de los métodos de manejo de las zonas de matorral, ha provocado una reducción significativa en la distribución y densidad de las poblaciones de conejo. La pérdida de las técnicas de manejo tradicionales (rozas manuales, huertos, quemadas controladas, etc.), así como determinados factores naturales, han producido la reducción de las disponibilidades tróficas para este lagomorfo.

- **Capacidad de carga y distribución de poblaciones.** El clima y el tipo de suelo han determinado la distribución espacial y la abundancia del conejo en la Península Ibérica. Las poblaciones en las zonas "marginales" han sido las que han sufrido mayor regresión, incluso llegando a desaparecer.
- **Enfermedades.** La aparición de las dos enfermedades (mixomatosis y RHD) ha diezmando la población de conejo. No obstante, tanto las poblaciones de conejo como los propios virus se han adaptado comúnmente produciendo menores mortandades y mayor resistencia con el transcurso del tiempo. La baja densidad poblacional alcanzada por algunas poblaciones la hacen especialmente sensible a otros factores de mortandad.
- **Presión cinegética.** La presión cinegética que en la actualidad se realiza en determinadas fincas o cotos está impidiendo una recuperación progresiva de las poblaciones, cuando estas se encuentran en bajos niveles de densidad. Especial mención requiere la existencia de la media veda y descastes del conejo, que con la excusa de poder realizar un aprovechamiento cinegético anterior a la aparición de la mixomatosis, está provocando un daño grave a los conejos, ya que se elimina tanto a los ejemplares enfermos como los sanos, extremadamente importantes para incrementar la inmunidad de la población ante el virus.

- **Destrucción o manejo inadecuado de hábitat.** La destrucción de los hábitats favorables para el conejo, así como la realización de manejos inadecuados del mismo producen un significativo impacto sobre las poblaciones de conejo (desforestaciones, incendios, cambios de cultivos, vallados, etc.).

La gestión de los cotos de caza, realizada básicamente por propietarios privados o sociedades de cazadores, que afecta a una gran superficie del hábitat del lince, no parece que esté beneficiando claramente al conejo.

La gestión de la caza mayor, tal y como se está realizando en la actualidad, no es compatible con el mantenimiento de poblaciones de conejo y Lince a largo plazo, ya que las altas densidades de ungulados, las cercas, control de predadores, el manejo de la cubierta vegetal en grandes superficies, no parecen favorecer una recuperación y/o mantenimiento de las poblaciones de conejo.

## 2. FALTA DE CRITERIOS Y DESINFORMACION EN LA GESTION DEL CONEJO.

Los gestores, tanto de la caza como de la vida silvestre en general, no disponen de criterios y metodologías básicas para la mejora de las poblaciones de conejo.

- **Falta de control de las repoblaciones, traslocaciones y vacunaciones de poblaciones de conejo, por parte de las administraciones.** Las repoblaciones, traslocaciones o vacunaciones de conejos que se realizan por gestores de caza, propietarios de fincas, o las Administraciones no están suficientemente controladas, ni reúnen, en la mayoría de los casos, las condiciones de garantía de origen, sanitarias, cuarentenas, épocas de suelta, etc.

Especial mención requiere la existencia de vacunas de uso habitual para la mixomatosis y RHD. No obstante, el uso de estas vacunas, así como la aparición de otras nuevas plantean dudas éticas además de sobre su eficacia e inocuidad con otras especies.

- **Falta de criterios unificados para la realización de seguimiento de la población de conejo.** Hasta el momento, no se ha generalizado el uso de métodos de seguimiento de las poblaciones de conejo, utilizándose, además, muy distintos métodos que impiden la comparación de resultados entre estudios. Por ello, es necesario establecer un método de seguimiento que sin ser extremadamente complejo, fácilmente repetitivo y que no implique demasiado esfuerzo, pueda ser realizado por los gestores de forma rutinaria, tanto para las labores de seguimiento de la efectividad del manejo del hábitat, medidas en función de la respuesta de la población de conejos, como de los manejos directos de las poblaciones de conejos (repoblaciones, traslocaciones, vacunaciones, etc.).
- **Descoordinación de las actuaciones de las administraciones y gestores de caza.** Se observa que la definición de las épocas de veda, sobre todo de la media veda, de los métodos de manejo o protección de hábitat, no es coincidente entre Comunidades

Autónomas colindantes ni entre España y Portugal, situación que se ve agravada entre distintos cotos de caza en los que se utilizan muy diversos criterios de gestión (autorización de descastes, de cepeos, prolongación de vedas, etc.).

## **ESTRATEGIAS PARA LA MEJORA DE LAS POBLACIONES DE CONEJO**

Las estrategias o alternativas de solución que se proponen a continuación se entiende que deben ser de aplicación para todo el ámbito de distribución potencial del Lince Ibérico.

### **1. RECUPERACION DE USOS DEL MEDIO QUE PROPICIEN LA PRESENCIA DE CONEJO**

#### **ACCIONES PROPUESTAS**

Unificación de criterios científico-técnicos para favorecer las poblaciones de conejo:

- a) La creación de paisajes mosaico que integren zonas de pastizal, refugios, cultivos herbáceos y matorrales en diferentes proporciones según las características específicas de cada región, parecen ser los componentes más favorables para la existencia de poblaciones que hay que definir claramente de conejo.
- b) Los manejos de hábitat dirigidos a la recuperación de las poblaciones de conejo, una vez que se determina su necesidad, deben tener en cuenta, al menos, los siguientes objetivos:
  - i. Los manejos deben tender a incrementar o, en su caso, establecer poblaciones de conejos en áreas extensas, no parece muy adecuado crear pequeñas superficies con una alta densidad ya que esto no supone la recuperación de la población en su conjunto.
  - ii. La creación y mantenimiento de ambientes heterogéneos parecen permitir una mejor disponibilidad de alimento suficiente y continuada en el tiempo, la existencia y disponibilidad de refugios (matorral, vivar en su caso, etc.) debe estar relacionada con las características del substrato del área que se considere, permitiendo y facilitando, en su caso, la accesibilidad de los linces a sus presas.
- c) Según experiencias contrastadas, hasta la fecha, la metodología que inspire el manejo de las áreas de matorral debería tener en cuenta criterios como los que siguen:
  - i. Los desbroces de matorral deben realizarse de forma que las zonas descubiertas de matorral (que ofertan menos protección para el conejo) no excedan de 40/50 m de anchura máxima, maximizando la zona de borde o interfase, e intentando integrarlas en el paisaje.
  - ii. Adaptación de los desbroces a la topografía y texturas del suelo, de forma que se minimicen los efectos erosivos previsibles según el método usado (destrozadora, gradeo, quema controlada, etc.).
  - iii. El tratamiento deberá respetar la vegetación de matorral noble existente en la zona así como áreas anexas con suficiente cobertura vegetal, que pudieran servir de refugio y tal vez cría para el lince.

- iv. Previo y durante el diseño y desarrollo de dichos tratamientos debe existir una permanente y continuada supervisión técnica para garantizar una correcta ejecución.
- d) Compatibilizar la caza mayor con la presencia del conejo. Se sugiere que la gestión cinegética en los cotos de caza mayor, actualmente realizada con métodos intervencionistas, en los que se prima la existencia de grandes densidades de ungulados silvestres, debería reorientarse hacia una gestión que integre criterios como los indicados en el punto anterior. De esta forma se realizaría una mejora integral del medio con la que no se perjudicaría la caza mayor, sino que al contrario se beneficiaría el conjunto de especies presentes en dichos cotos.
- e) Vincular y coordinar actuaciones agroambientales, reforestación y cinegéticas, entre las diferentes administraciones implicadas, para favorecer la presencia del conejo.
- f) Las actuaciones de manejo agroforestales o cinegéticas que se lleven a cabo en áreas linceras deberán contemplar e incorporar criterios del apartado (a)., para ello deberá potenciarse la coordinación de las distintas políticas sectoriales a través de las distintas administraciones competentes.

## **2. GESTION CINEGETICA CORRECTA QUE INCREMENTE LAS POBLACIONES DE CONEJOS Y LINCES INCENTIVANDO A LAS SOCIEDADES DE CAZADORES Y GESTORES DE CAZA.**

Entre estas actuaciones podrían incluirse la supresión de descastes y medias vedas, control de los perros de caza, elaboración y estricto control de Planes Técnicos de Caza, adecuación de períodos de veda, etc.:

### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Descastes y medias vedas. Puesto que se ha demostrado que la mixomatosis puede ser superada naturalmente por una amplia proporción de conejos afectados, que de esta manera quedarían inmunizados frente a posteriores epizootias, no es justificable la caza durante las fechas en la que esta enfermedad es más virulenta. Por lo tanto se recomienda la supresión de esta práctica cinegética donde se pretenda incrementar o mantener las poblaciones de conejo, o las medidas compensatorias existentes en la legislación vigente.
- b) Control de animales domésticos asilvestrados (perros y gatos). Deberá realizarse un control de los ejemplares de estas especies por personal especializado de la administración.
- c) Planes técnicos de caza. Las administraciones deberán velar por que los Planes Técnicos de Caza se elaboren con criterios rigurosos y contemplen unas actuaciones compatibles con la existencia de poblaciones de conejo y lince.



- d) Adecuación de vedas. Debe estudiarse la adecuación de los períodos de veda a las características de cada zona y a la fenología reproductiva, demografía, etc., de cada población.
- e) Incentivos a los sectores implicados:  
Los incentivos para los cazadores o gestores de caza estarían orientados a mejoras del hábitat, campañas de sensibilización, etc.

### **3. ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS Y NORMAS BASICAS (protocolo) PARA REPOBLACIONES, TRASLOCACIONES, ETC. Y SEGUIMIENTO DE POBLACIONES DE CONEJO EN LA NORMATIVA CORRESPONDIENTE.**

#### **ACCIONES PROPUESTAS**

Entre estos criterios, y sin un orden de importancia previamente establecido, pueden citarse las siguientes soluciones:

- a) En lugares con poblaciones autóctonas con bajos niveles poblacionales parece más efectivo, tanto técnica como económicamente, realizar mejoras de hábitat antes que repoblaciones o reforzamientos poblacionales.
- b) Control genético y regulación de la procedencia de los animales que son liberados en poblaciones naturales. Para ello es necesario reconocer la distribución natural de las dos subespecies de conejo (*Oryctolagus cuniculus algirus* y *O. c. cuniculus*), así como la de las fincas o granjas cinegéticas que pudieran servir de fuente. Prohibición de sueltas de conejos domésticos o híbridos, así como de especies alóctonas.
- c) Recomendación de cuarentenas en todos los procesos de repoblación, evitando con ello el riesgo de introducción de enfermedades, parásitos, etc., garantizando la efectividad de la inmunidad en el proceso de vacunación.
- d) Las sueltas de conejos (repoblaciones o traslocaciones) deben realizarse en épocas y lugares donde no se afecte a poblaciones silvestres, evitando la época de reproducción, llevándose a cabo en lugares restaurados y controlados.

### **4. NECESIDAD DE ESTUDIOS SANITARIOS**

#### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Seguimiento riguroso por parte de la Administración de la eficacia de las vacunas existentes y tratamientos ectoparasitarios.
- b) Respecto a las nuevas vacunas se propone el sometimiento de su uso al diagnóstico que emita una comisión de expertos (virólogos, veterinarios, biólogos, etc.), de reconocido prestigio e independientes que valore la inocuidad para la fauna silvestre y/o para la salud pública.

## **5. CREACION DE UN GRUPO DE TRABAJO DEL CONEJO**

Debería crearse en el seno del Comité de Fauna y Flora, estableciendo criterios de actuación, seguimiento y divulgación de las metodologías. Así mismo, debería existir una coordinación en las actuaciones entre Portugal y España.

# Causas de Mortalidad: Informe del Grupo

---

*Participantes: Jorge Bernard Danzberger, Pablo Ferreras, Borja Heredia, Miguel Ángel Maneiro, Isabel Redondo, Joaquín Reina, Celia Sánchez*

El Grupo empezó con la identificación de problemas y causas de mortalidad en el Lince Ibérico. Identificó tres grupos de problemas: causas actuales (conocidas) de mortalidad, riesgos sanitarios, y otros que no son específicos.

## 1. CAUSAS ACTUALES:

a) Naturales (en algunos casos en relación con el hábitat)

b) De origen humano

- Actividades ilegales:

- Disparos
- Cepos
- Lazos
- Jaulas-trampa
- Perreros

- Causas accidentales

- Atropellos
- Pozos

## 2. RIESGOS SANITARIOS (pocos conocidos)

## 3. OTROS PROBLEMAS - CARENCIA DE INFORMACIÓN

- Falta de conocimientos sobre causas de mortalidad reales.
- La propia causa de la muerte puede facilitar o dificultar la detección del cadáver.
- Fiabilidad del diagnóstico de la causa de la muerte variable (no siempre se hace verdadero diagnóstico).
- Escasez de conocimientos en algunas (y posiblemente casi todas) poblaciones.
- Falta de priorizar actuaciones en función de la efectividad para la especie.
- Falta de agilizar flujos de información sobre causas de mortalidad detectadas y medidas correctoras.

El Grupo resume estos temas en las siguientes prioridades.

## 1. CONOCIMIENTO LIMITADO

Es necesario obtener estimas reales de la incidencia de cada causa en la mortalidad total y agilizar los flujos de información sobre el personal implicado en la conservación de la especie sobre éstos y las medidas correctoras.

## **2. METODOS NO SELECTIVOS DE CAPTURA: CEPOS, LAZOS Y JAULAS TRAMPA**

Utilizados en caza furtiva y para control de predadores en fincas cinegéticas. No son siempre ilegales, a pesar de su alta incidencia sobre la especie.

## **3. ATROPELLOS**

Podría ser una de las principales causas de mortalidad aunque puede estar sobrevalorado (por la facilidad de localización de cadáveres). Depende de la densidad de carreteras y volumen de tráfico en ellas.

## **CAUSAS DE MORTALIDAD: ACCIONES PROPUESTAS**

### **1. ASPECTOS GENERALES**

#### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Utilizar las LICs. (Red Natura 2000) linceras para articular una idea de gestión cinegética más acorde para la conservación de la especie (aprovechamientos menos intensivos).
- b) Priorizar las actuaciones en "puntos negros" tras su identificación.
- c) Elaboración de un protocolo por una selección de expertos consensuada de recogida de cadáveres que incluya aspectos legales y de conservación del cadáver para posterior toma de muestras, necropsia y recogida de información circunstancial.

### **2. CAUSAS ACTUALES**

#### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Métodos selectivos de control de predadores
  - i. Hacer ver que las poblaciones de predadores son difíciles de controlar artificialmente y es más adecuado aplicar métodos naturales como es la adecuación de hábitat y el control interespecífico de los predadores generalistas como el lince.
  - ii. Una posibilidad para el control de predadores es el establecimiento de un sistema de "tramperos" formados y "concienciados" mediante cursos y pruebas, costeados conjuntamente por las administraciones y los cazadores. La actividad de estos tramperos debería realizarse con una serie de garantías que se establecerían en su momento siempre manteniéndose dentro de la legislación vigente.
  - iii. Las jaulas-trampa no son un método efectivo para la reducción de densidades de zorros y su utilización debe ser más con una finalidad "sociológica." Por otro lado, es muy difícil su control efectivo. En cualquier caso si se concede autorización ha de ser de forma muy excepcional y deberían ser realizadas por técnicos especializados (tramperos).

- b) Métodos no selectivos de control de predadores (las medidas propuestas beneficiarían también a otras especies protegidas).
  - i. Prohibición absoluta para la gestión cinegética en zonas linceras de cepos y lazos. Se entenderá por "zonas linceras" las zonas de asentamiento estable, dispersión, zonas donde ha desaparecido recientemente, así como una franja de seguridad cuya anchura sería función de las distancias de dispersión de la especie.
  - ii. Implementación de una normativa que establezca expresamente la responsabilidad subsidiaria de titulares del aprovechamiento cinegético en la utilización de cepos y lazos. (Se apuntó por un miembro del grupo la necesidad de extender la responsabilidad subsidiaria al caso de linceos muertos por disparos, aunque no existía mayoría en este punto).
  - iii. Sensibilización y concienciación a colectivos concretos: cazadores, gestores de cotos, productores de caza, técnicos competentes, agricultores, ganaderos y escolares. En el caso de los cazadores sería interesante involucrar a los propios colectivos (especialmente Federación de Caza) en las campañas de sensibilización.
  - iv. Vigilancia y control, priorizando en "puntos negros" e incrementando los recursos humanos y materiales.
  - v. Incentivos a la "buena" gestión cinegética (económicos, fiscales, administrativos, mejoras en la gestión, asesoramiento técnico).
  - vi. Preparar un dispositivo de asesoría jurídica y técnica a entidades públicas y privadas.
- c) Perros y disparos
  - i. Su incidencia no es bien conocida por lo que conviene evaluar su importancia real. En cualquier caso parecen frecuentes los disparos a linceos.
  - ii. Vigilancia y control. El control incluiría el registro de perros para eliminación de perros asilvestrados y para la determinación de responsabilidades. Eliminación y/o control de fuentes alternativas de alimento (basureros, etc.); ésto también beneficiaría al control de zorros. Vigilancia de monterías. Obligatoriedad de notificar las fechas de celebración de descastes de conejos y realizar una vigilancia estrecha de la actividad cinegética por agentes de la autoridad (también ver el informe del Grupo de Especies Presas: Conejos).
  - iii. Sensibilización y concienciación (como en el punto anterior).
- d) Atropellos
  - i. Hacer normativa que la permeabilidad de nuevas carreteras esta asegurado.

- ii. Solución de estos puntos en función de sus características específicas: pasos a desnivel, señalización de limitación de la velocidad, bandas sonoras). Es importante el seguimiento de la efectividad para la especie de estas medidas.
  - iii. Localización de nuevos puntos negros.
  - iv. Seguimiento y mantenimiento de las vallas de las vías que cuenten con ellas (carreteras, vías ferroviarias, etc.).
- e) Pozos
- i. Localización de todos los pozos tanto de riego como de uso doméstico y abandonados.
  - ii. Tapado de todos ellos con malla de simple torsión por parte de la administración.

### **3. RIESGOS SANITARIOS**

#### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Realización de un seguimiento del estado sanitario con tres fuentes de información:
- necropsia de todos los ejemplares de lince hallados muertos.
  - revisiones sanitarias y recogida de muestras de animales vivos cautivos, en recuperación o capturados con otros fines.
  - datos indirectos: patologías de otras especies de animales domésticas y silvestres en la zona, y patologías conocidas en otros felinos silvestres.
- b) Elaboración de un protocolo de actuación y recogida de muestras de Lince Ibérico tanto capturados vivos como hallados muertos, o sus restos. Debe tratarse de un protocolo que combine la totalidad de procedimientos, criterios, y muestras, desde el punto de vista sanitario y biológico, de forma que garantice la obtención de la máxima información posible de cada ejemplar.

### **4. OTROS: CARENCIA DE INFORMACIÓN**

#### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Falta de conocimientos
- i. Necesidad de hacer necropsias para determinar la causa de muerte en todos los casos siguiendo el protocolo mencionado.
  - ii. Necesidad de elaborar un programa de seguimiento por telemetría de lince para determinar las causas de mortalidad tanto como herramienta de seguimiento como una medida para obtener información sobre tasas y causas de mortalidad en poblaciones de las que se carece de ellas.

- iii. Elaboración de un protocolo consensuado sobre captura de lince tanto para fines de seguimiento como investigación y otras tareas conservacionistas.
- b) Falta de agilidad en los flujos de información.
  - i. Reunión anual Ibérica sobre puesta en común de avances.
  - ii. Contratar/establecer un "experto" que actúe como enlace de información entre las distintas entidades.

### **Tema que el Grupo Propone para Discusión en el Futuro**

Ante la existencia de datos científicos que orientan hacia que es frecuente que, en el caso de camadas de tres ejemplares, el de menor tamaño muere durante el primer año de vida, en el caso de camadas previamente localizadas durante el transcurso de otras actividades de seguimiento e investigación, y que cuenten con tres ó más ejemplares, se plantea la posibilidad de extraer al de menor tamaño, criarlo hasta la edad de independencia trófica, y tratar de reintroducirlo (traslocarlo) en otra zona previamente seleccionada. La medida puede, al tiempo que reducir la mortalidad infantil, permitir intercambio genético entre poblaciones. Esta idea merece más discusión como método de conservación.

# Modelos de la Viabilidad de las Poblaciones del Lince Ibérico: Informe del Grupo

---

*Participantes: Margarida Fernández, Pilar Gaona, Francisco José García, Ulysses Seal*

## Introducción

La necesidad y los efectos de las estrategias de manejo intensivas de especies pueden ser investigadas mediante modelos de simulación para sugerir que prácticas pueden ser las más efectivas para alcanzar las metas del manejo. En este caso, los objetivos son las poblaciones fragmentadas de *Lynx pardinus* en España y Portugal. Esta especie es considerada el felino más amenazado del Mundo y el mamífero más amenazado de Europa. El Lince vive en terrenos públicos y privados con una distribución altamente fragmentada con subpoblaciones en declive en buena parte de su rango. Esta especie no ha tenido generalmente buena consideración por parte de los cazadores.

Este Lince está actualmente clasificado como una especie distinta del Lince Europeo, *Lynx lynx*. El Lince Ibérico depende básicamente del conejo europeo, *Oryctolagus cuniculus*, su presa principal. El conejo ha sufrido dos severos descensos poblacionales en los 40 últimos años debidos a 2 enfermedades epidémicas, la mixomatosis y una enfermedad hemorrágica pobremente definida. Debido a ello sus poblaciones se han visto enormemente mermadas en la mayoría del rango de distribución del Lince Ibérico. Otras causas de declive del Lince incluyen los atropellos en proporción a la densidad de carreteras, caídas en pozos, caza y fragmentación del hábitat por actividades agrícolas. La reducción de la población y su fragmentación también son de interés por la pérdida de variación genética, con el riesgo de depresión por endogamia incrementando el riesgo de extinción en las poblaciones pequeñas aisladas.

Los objetivos de manejo y opciones para el Lince Ibérico incluyen: 1) mantener una población o metapoblación viable a largo plazo de la especie en libertad, 2) gestionar para conseguir los tamaños de población deseados, 3) determinar los factores ecológicos y humanos que deben ser manejados para conseguir la viabilidad de cada una de las metapoblaciones, 4) restaurar las poblaciones de conejo donde sea necesario, 5) mejorar la calidad y cantidad del hábitat, 6) reducir los excesos de mortalidad, 7) elaborar directrices para el establecimiento de estrategias de manejo en cada una de las áreas donde la especie está presente y 8) determinar si son necesarias traslocaciones, suplementaciones o reintroducciones para restablecer o mantener subpoblaciones viables.

VORTEX, un programa de modelado mediante simulación escrito por Robert Lacy y Kim Hughes, es usado como herramienta para estudiar las interacciones de múltiples variables poblacionales tratadas estocásticamente. El propósito es explorar que parámetros demográficos podrían ser más sensibles a las prácticas de manejo y analizar los efectos de posibles escenarios de manejo. El programa VORTEX es un simulador de Monte Carlo de los efectos de factores determinísticos así como de sucesos estocásticos demográficos, ambientales y genéticos sobre las poblaciones silvestres. El VORTEX modela la dinámica poblacional como sucesos



secuenciales y discretos (por ejemplo, nacimientos, muertes, catástrofes, etc.) que ocurren de acuerdo a probabilidades definidas. Las probabilidades de los sucesos son modeladas como constantes o como variables aleatorias con distribuciones que han de ser especificadas. VORTEX simula una población paso a paso a través de la serie de sucesos que describen los ciclos de vida típicos de organismos diploides con reproducción sexual.

VORTEX no intenta dar respuestas absolutas, ya que proyecta estocásticamente las interacciones de los muchos parámetros que intervienen en el modelo y debido a los procesos aleatorios implicados en la naturaleza. La interpretación de los resultados depende del conocimiento de la biología del Lince Ibérico y de sus poblaciones, las condiciones que afectan a las poblaciones y posibles cambios en las condiciones naturales, amenazas y manejos futuros.

Las salidas del modelo, como con cualquier modelo, están limitadas por las entradas. La información biológica para el Lince Ibérico procede de los estudios de Delibes y colaboradores en el Parque Nacional de Doñana, de personas que trabajan en las diferentes regiones donde la especie está presente, de ONGs, de personal del Ministerio de Medio Ambiente y de personas que participaron en este Taller de PHVA.

### **Valores de los Parámetros de entrada para las Simulaciones VORTEX**

*Edad de primera reproducción y sistema de apareamiento:* Estos valores fueron establecidos en 2 años para hembras y 3 años para machos; sistema de reproducción polígamo con todos los machos adultos como reproductores potenciales. Machos y hembras son territoriales.

VORTEX define la edad de reproducción como la edad de los padres cuando nacen las crías, no la edad de madurez sexual. El Lince Ibérico puede reproducirse a lo largo del año, aunque hay un pico en Marzo y Abril. En la población estudiada en el Parque Nacional (PN) de Doñana la primera reproducción ocurre cuando las hembras tienen, por término medio, dos años de edad. VORTEX usa la media o la mediana de la edad de primera reproducción (con una estima de la variación, como se discute más abajo) más que la edad más temprana de producción de crías. Del mismo modo, mientras los machos son capaces fisiológicamente de reproducirse a los 2 años de edad, presiones sociales pueden limitar la reproducción a animales más viejos. El grado de presión social puede variar con la densidad y la estructura de la población. En este modelo nosotros elegimos los tres años como la edad media a la que los machos tienen descendencia por primera vez. Ya que el sistema de apareamiento de los machos es polígamo, las poblaciones tienen que ser extremadamente pequeñas para que la edad reproductiva de los machos tenga un efecto demográfico significativo en el modelo.

*Producción de crías:* El tamaño medio de camada = 2.9; porcentaje de hembras adultas que anualmente no producen crías = 20%; razón de sexos al nacer = 0.5 y todos los machos adultos pueden reproducirse.

VORTEX combina el número de crías por camada, el intervalo entre camadas y la proporción de hembras adultas que producen crías en una variable simple llamada tamaño de camada. Según los datos de campo de 15 camadas de lince, ninguna fue de una sola cría, el 20% contaba con 2 crías, el 70% con 3 crías y el 10% con 4 crías.

El intervalo de nacimientos entre camadas exitosas es de alrededor de un año con 12 de 15 hembras produciendo una camada en un periodo de 12 meses. El intervalo entre nacimientos probablemente variará como una función de la disponibilidad de presas y la densidad poblacional del lince. La denso-dependencia de la proporción de hembras reproduciéndose fue modelada con  $P(0)=95\%$ ,  $P(K)=80\%$ ,  $B=2.0$ ,  $A=1$ , y  $K$  (capacidad de carga) como una variable. La denso-dependencia fue incluida en todos los modelos. El periodo de gestación es de alrededor de 90 días.

La variación anual en la reproducción de las hembras es modelada en VORTEX introduciendo una desviación típica (DT) para el porcentaje de hembras que producen camadas de cero crías. Hay pocos datos disponibles para lincees individuales. Esta variación, la cual puede ser debida a fluctuaciones en la abundancia de comida, a variaciones en la edad en la cual las hembras alcanzan la madurez sexual, infertilidad en algunos animales y variaciones demográficas aleatorias, fue establecida en 12.5%. VORTEX determina el porcentaje de reproductores cada año de la simulación muestreando de una distribución binomial con la media especificada (95% a 80% en el módulo denso-dependiente) y DE (12.5). Las proporciones relativas de camadas de 1 a 4 crías son mantenidas constantes. La razón de sexo al nacer fue considerada 0.5 basado en la asunción de igual número de machos y hembras al nacer, como ha sido registrado en varias poblaciones cautivas y salvajes de *Lynx spp.*

*Edad de Senescencia Reproductiva:* Establecida en 9 años. VORTEX asume que los animales pueden reproducirse (en la tasa normal) a lo largo de la vida adulta. El Lince puede vivir más de 12 años, pero la reproducción parece cesar a los nueve años en el campo, y pocos animales es probable que vivan más allá de esta edad. Nosotros usamos 9 años como la edad máxima en el modelo. Un efecto de la edad máxima en el modelo determinista, basado sobre el algoritmo matricial de Leslie, es un incremento en el tiempo de generación incrementando la expectativa de vida, ya que la edad máxima posible de reproducción será extendida.

*Mortalidad:* Desde el nacimiento hasta 1 año de edad = 33, 44, 55 ó 66% para las crías; 1 2 años (juveniles)= 26, 36 ó 46% para hembras y 39,49 ó 59% para machos; la mortalidad adulta fue ajustada a 10, 20 ó 30%. Las mortalidades pueden ser introducidas en VORTEX de cuatro formas: 1) como el porcentaje esperado de animales muertos por año en cada clase de edad-sexo, con una correspondiente varianza; 2) como un número fijo extraído (por ejemplo, cosechado) en cada clase de edad-sexo; 3) como un suceso catastrófico que reduce la tasa de supervivencia normal en alguna cantidad fijada y 4) cuando  $K$  (capacidad de carga) es excedida, todas las clases de edad son proporcionalmente reducidas para truncar la población al valor determinado por  $K$ .

La supervivencia de las crías (clase de edad de 0 a 1 año) es altamente variable entre las poblaciones de felinos salvajes. Además, los factores que afectan esta variable pueden diferir en importancia entre poblaciones y en el tiempo para una misma población. Los factores que han sido identificados en el Lince incluyen cambios en la disponibilidad de presas, enfermedades, atropellos en las carreteras, caza y posiblemente depresión por endogamia, dada la pérdida sospechada de heterocigosidad en algunas de las subpoblaciones aisladas. Una mortalidad de crías estimada de 33 a 66% fue usada en los escenarios del modelo sobre la base de los datos del PN de Doñana relativos el descenso en el tamaño de camada para animales entre 3 semanas y 12 meses de edad.

La supervivencia de lince subadultos (1 a 2 años para hembras y 1 a 3 años para machos) y adultos (2 o más años para hembras y 3 o más años para machos) en España y Portugal está fuertemente relacionada con la conducta dispersiva y las influencias humanas, incluyendo mortalidad en carreteras, caza y muertes en fincas privadas y disponibilidad de presas.

Los datos han sido obtenidos a partir de la mortalidad de lince individuales como parte de un estudio de seguimiento y radiotelemedría. Nosotros modelamos los efectos de considerar la misma tasa de mortalidad para los dos sexos tanto para las crías como para los adultos y tasas de mortalidad mayores para los machos dispersantes (39, 49 y 59%) que para las hembras dispersantes (29, 36, y 46%). Un efecto de la mortalidad selectiva de machos sobre la población puede ser reducir el grupo de machos reproductores y el tamaño de población efectiva genéticamente.

*Catástrofes:* Suceso con una frecuencia de un 5%, un 40% de descenso en la reproducción y un 20% de descenso en la supervivencia en el año de la catástrofe. Las catástrofes son sucesos singulares que sobrepasan la frontera de la variación ambiental normal afectando a la reproducción (definida en VORTEX como reclutamiento de individuos en la población reproductora) y supervivencia (definida en VORTEX como mortalidad de adultos) independientemente o en combinación. Ejemplos de catástrofes naturales son sequías, enfermedades, descensos abruptos en las poblaciones de presas, extracciones, inundaciones, fuegos o una combinación de sucesos. Las catástrofes son modeladas asignando una probabilidad de ocurrencia y un factor de severidad que va de 0.0 (efecto absoluto o máximo) a 1.0 (sin efecto). También es posible modelar efectos positivos de un año inusualmente bueno para la reproducción asignando al factor de severidad un valor superior a 1.0.

Las enfermedades han producido un declive en la población de conejos el cual está correlacionado con un declive en la población de lince generalizado en su área de distribución. Este suceso puede ser modelado como un suceso catastrófico. La probabilidad de ocurrencia de este tipo de suceso fue asumida en un 5%. También hay indicios de que las enfermedades catastróficas podrían afectar directamente a las poblaciones de lince, con una frecuencia incrementada en los próximos 100 años. Sin embargo, estas no han sido modeladas. Esto está basado en la potencialidad de difusión a través de gatos domésticos y la posibilidad de que las enfermedades afecten a todas las poblaciones de felinos salvajes. No existen datos serológicos disponibles en este taller para permitir una evaluación de los posibles sucesos históricos.

*Capacidad de Carga:* Establecida en 10, 25, 50, 100 ó 200 individuos. Ninguna variación ambiental (EV) en K fue considerada. Ninguna tendencia en K fue modelada. La capacidad de carga, 'K' define un límite superior para el tamaño de la población, por encima del cual una mortalidad adicional es impuesta proporcionalmente a las diferentes clases de edad para volver a la población al valor fijado por K. VORTEX usa K para imponer densidad-dependencias sobre las tasas de supervivencia. La capacidad de carga puede aumentar o descender con relación a la ocurrencia o duración de fluctuaciones en la densidad de presa y cambios en el hábitat.

Nosotros usamos valores de K en el rango de 10 a 200 para abarcar el rango de valores posibles para los fragmentos de población aislados. Este rango de valores de K tendría efectos sustanciales sobre las tasas de pérdida de heterocigosidad en el periodo de 100 años de estas proyecciones.

*Depresión Endogámica:* Los equivalentes letales (LE) son ajustados a 3.14, el valor medio para las especies de mamíferos con 0.5 de los alelos no eliminados por selección. La depresión endogámica fue considerada para los tamaños poblacionales 10, 25 y 50, ya que las tasas de pérdida serán rápidas en estas poblaciones y muchos de los fragmentos de población están en este rango.

La pérdida de variabilidad genética en la población de Doñana viene sugerida por su aislamiento durante unos 50 años, su pequeño tamaño alrededor de 50 animales con 12-15 hembras reproductoras, la desaparición de dos fenotipos de color de pelo desde 1960, el posible nivel de anomalía espermática en unas pocas muestras de semen y una indicación de bajo nivel de heterocigosidad por análisis molecular. La endogamia puede afectar a la vulnerabilidad de las poblaciones salvajes a las enfermedades, reducir el peso al nacer, reducir la capacidad inmune e incrementar la aparición de anomalías estructurales tales como defectos cardíacos y cryptorquidismo.

La pérdida de heterocigosidad en 100 años, desde el inicio de las simulaciones, en las poblaciones en este rango de tamaño oscilará entre el 10 y el 60% del nivel inicial de heterocigosidad o tanto como un 4% por generación. Esta tasa y magnitud de pérdida podría tener un efecto adicional significativo sobre la mortalidad de los juveniles o sobre otros parámetros poblacionales independientemente del nivel de heterocigosidad en la población inicial o el número medio de equivalentes letales por individuo en la población al inicio de las simulaciones. El modelo suministra y registra información sobre la tasa de pérdida de heterocigosidad, la tasa de pérdida alélica y la tasa de endogamia de cada escenario.

*Edad Inicial y Distribución de Sexo:* Iniciamos las simulaciones con una distribución de edades estable que distribuye la población total entre las clases de edad-sexo de acuerdo con los valores de mortalidad y reproducción asignados en el escenario, usando un algoritmo de Matriz de Leslie determinista. Los valores deterministas para la tasa de crecimiento de la población, tiempo de generación, razón de sexo adulta y estructura de edad son calculados.

*Tamaño de Población Inicial:* Ajustados en 10, 25, 50, 100 ó 200 animales, los valores usados para K. Usamos tamaños de población iniciales de 10, 25, 50, 100 y 200 linceos representando el rango de posibles tamaños poblacionales en la población fragmentada. La población total es estimada en 600-1000 animales con alrededor de 800 registrados por los participantes en el taller.

*Iteraciones y Tiempo de Proyección:* 500 repeticiones y 100 años para cada proyección. Cada escenario fue repetido 500 veces y las proyecciones fueron hechas para 100 años. Los resultados fueron resumidos en intervalos de 10 años, como se representa en las figuras. Cada escenario tabulado en las tablas tiene un número de archivo correspondiente para referencia y para recuperación de otros resultados, si fuese necesario. Las simulaciones fueron hechas usando las versiones 7.41 y 8.0 de VORTEX.

*Ejemplo de Archivos de Entrada y Salida:* Un ejemplo de archivo de entrada para iniciar el modelo, correspondiente a uno de los escenarios básicos para la población de Lince Ibérico, es incluido al final de esta sección (Tabla 1). La información inicial para cada pregunta y las preguntas son mostradas en el orden en el que aparecen en el programa. Un archivo de salida para este archivo de entrada es mostrado en la Tabla 2.

## Resultados deterministas

Listamos los valores de la 'r' estocástica para cada escenario de las tablas. Los valores de las 'r' estocásticas son generalmente más bajos, pero nunca más altos, que los valores de las 'r' deterministas, los cuales no son registrados aquí. Las salidas deterministas de cada escenario incluyen valores para la tasa de crecimiento de la población ( $r$ ,  $\lambda$  y  $R_0$ ), los tiempos de generación para machos y hembras, la distribución de edades estable y la razón de sexo adulta macho/hembra (Tabla 2). La tasa de crecimiento determinista fue calculada mediante un algoritmo de matriz de Leslie. Valores positivos de 'r' son necesarios para que una población sobreviva o crezca y, en principio, un valor cero caracteriza una población estable. Valores negativos sostenidos inevitablemente llevan a la extinción. La tasa de crecimiento determinista no es sensible a cambios en el tamaño de población inicial,  $K$  o la variación ambiental, pero varía con el nivel de mortalidad, valores reproductivos y la mortalidad adicional impuesta por las catástrofes. Los tiempos de generación para las hembras variaron entre 4.1 y 4.8 años y entre 4.6 y 6.2 años para los machos. Este valor es una función de la edad de primera reproducción, edad máxima de reproducción y el intervalo entre nacimientos. Así, hay entre 20 y 23 generaciones de linces en 100 años.

## Resultados Estocásticos

### Escenario base

Las medias (y desviaciones estandar para  $r$  y  $N$ ), calculadas a partir de las 500 repeticiones de 100 años, son dadas para las tasas de crecimiento de población estocásticas ( $r$  estoc), las probabilidades de extinción ( $P_e$ ), tamaño de población final ( $N$ ), retención de heterocigosidad genética ( $Het$ ) y tiempo medio de extinción ( $T_e$ ) (Tablas 3-9, Figs. 3-14). Los efectos de la adición de depresión endogámica para poblaciones de 10, 25 y 50 animales se presenta en Tablas 8-10. La tasa de crecimiento estocástica y la probabilidad de extinción son sensibles a los valores y las varianzas de cada uno de los parámetros demográficos y reproductivos.

Una primera aproximación como escenario base fue construida con una *mortalidad natural* del 10% para las clases de edad hembras y machos adultos con una catástrofe con una frecuencia de un 5% y un efecto de severidad de 0.80 sobre la supervivencia y de 0.60 sobre la reproducción de los supervivientes. La proporción de hembras que no se reproducen varió de acuerdo con una función denso-dependiente desde el 95 al 80%, el tamaño medio de camada fue 2.9, el tamaño de población inicial ( $N$ ) y la capacidad de carga ( $K$ ) fue 50 y la mortalidad en el primer año del 33%. Este conjunto de condiciones determinó una  $r=0.248$  o una tasa de crecimiento de la población de alrededor de un 28% anual. Este escenario produjo una probabilidad de extinción cero en 100 años, un tamaño de población medio a los 100 años ajustado a la capacidad de carga de 50 y una pérdida de heterocigosidad de un 46% en 100 años. Las poblaciones, bajo estas condiciones, se doblarían en tamaño en 3 o 4 años, si el crecimiento no estuviese restringido. Alternativamente, estas poblaciones podrían mantener la extracción de 6 a 10 animales, de la estructura de sexo y edad apropiada, cada año y aún mantendrían el tamaño de 50 animales.

Ya que esta es una especie polígama, relativamente fecunda, la tasa de mortalidad de las hembras adultas será un factor crítico limitante del crecimiento poblacional, como será demostrado en escenarios posteriores. Ya que las hembras adultas (en edad reproductiva)

constituyen alrededor del 35% de la población de animales de 1 ó más años, bajo estas condiciones, la pérdida de hembras adulta de la población debería ser limitada. Doblar la tasa de mortalidad del 10 al 20% supondría que se perderían anualmente 4 en lugar de 2 hembras.

Hemos explorado los efectos sobre las características de crecimiento de la población de variar la mortalidad adulta, el tamaño de población inicial y la capacidad de carga (Tabla 4-9) y la mortalidad juvenil y de las crías. Los valores de los parámetros producen una probabilidad de extinción significativa o una baja o negativa tasa de crecimiento poblacional o una reducción mantenida en el tamaño de la población dando una idea de las limitaciones de la población de lince para responder a variaciones en la mortalidad, e indican qué condiciones son necesarias para mantener una población estable.

### ***Probabilidad de Extinción***

La extinción se define como una población reducida a cero animales o animales supervivientes de un sólo sexo. Uno de los objetivos necesarios en el manejo del Lince Ibérico es un grado aceptable del riesgo de extinción en un periodo de tiempo especificado. Un objetivo de menos de un 5%Pe o riesgo de extinción en 100 años puede servir como ejemplo.

Ninguna población limitada a 10 animales (Tablas 3 y 11) puede cumplir este objetivo. Las poblaciones limitadas a 10 animales llegan a extinguirse en 100 años bajo todas las condiciones con una probabilidad de un 50% de extinción en 30 años. Sólo dos escenarios (Tabla 4, #s 128 y 140) en poblaciones limitadas a 25 animales cumplirían este criterio y si la depresión por endogamia es añadida a estos escenarios con 25 animales (Tabla 9) entonces ninguna población cumpliría el criterio de 5% Pe. Incrementos en el tamaño medio de la población o en la capacidad de carga a 50 animales dan lugar a 18 de 36 escenarios de población cumpliendo el criterio (Tabla 5). La adición de endogamia a la población reduce este resultado a 11 escenarios (Tabla 10). Incrementos en la capacidad de carga a 100 animales aumentan el número de escenarios supervivientes a 26 de 36 (Tabla 6) y un incremento a 200 animales aumenta el número a 28 (Tabla 7). Así un tamaño de población medio de unos 100 animales (de 1 y más años) parece ser un valor crítico mínimo para la capacidad de carga y el tamaño de población para la viabilidad en términos de extinción en 100 años bajo las condiciones de estos escenarios.

Los escenarios estudiados incluyen mortalidad variable de hembras y machos en un rango de 10-30% anualmente. Las probabilidades de extinción de la población en 100 años con una mortalidad anual media de las hembras adultas de un 20% o más baja era cero excepto en los escenarios extremos con un 66% de pérdidas de crías. Escenarios con un 30% de mortalidad de hembras adultas tenían probabilidades de extinción entre un 14% a un 100% dependiendo del tamaño de la población y la mortalidad en las otras clases de edad (Tablas 3-10; Figuras 1-3 y 5). Variaciones en las tasas de mortalidad de los machos tenían poco efecto sobre el riesgo de extinción, como es esperado de una especie polígama. La mortalidad de las crías (desde el nacimiento hasta el primer año) varió desde un 33 a un 66% representando la pérdida de 1 o 2 crías de una camada de 3 hasta la edad de un año. La mortalidad juvenil es alta, reflejando las pérdidas que tienen lugar durante la dispersión. Estas pérdidas son más altas para los machos dispersantes. Los valores cambiaron del mismo modo para las hembras y los machos juveniles (26 y 39%, 36 y 49% y 59%) para reflejar esta diferencia en la mortalidad de machos y hembras. Los escenarios fueron modelados para todas las combinaciones de mortalidad adulta, juvenil y de las crías en cada una de las capacidades de carga (Tablas 3-7; Figuras 1-6).

## *Tasa de Crecimiento Estocástica*

### Efectos de la mortalidad

Las tasas de crecimiento de la población son sensibles a las tasas de mortalidad 'natural' en cada uno de las clases de edad y sexo, a los efectos añadidos de variación ambiental de las tasas de mortalidad, a la mortalidad añadida inducida por el hombre y a la mortalidad añadida inducida por las catástrofes. Los valores de la  $r$  estocástica descienden cuando se incrementa la mortalidad de todas las clases de edad (Figuras 4 y 6). Un incremento de un 10% en la mortalidad de las hembras adultas produce un descenso en  $r$  de alrededor de 0.06. Un incremento similar en la mortalidad juvenil produce un descenso de 0.033 y para las crías el descenso es de 0.033. Así cambios en la mortalidad de las hembras adultas tienen el mayor efecto sobre las tasas de crecimiento y de extinción de la población.

### Efectos de la Tasa de Reproducción

Las tasas reproductivas son sensibles a la edad de primera reproducción, el tamaño medio de camada y a la proporción de hembras con tamaño de camada=0 cada año (intervalo entre nacimientos). Cada una de estas tasas es también susceptible a los efectos de la variación ambiental.

Nosotros no modelamos cambios en la edad de primera reproducción o en el tamaño medio de camada. Usamos una función denso-dependiente para permitir incrementos en la reproducción (descensos en el intervalo entre nacimientos) cuando el tamaño de población está por debajo de la capacidad de carga. Esto incrementa la capacidad de las poblaciones de responder a incrementos en las poblaciones de conejo o a su propio declive debido a factores de mortalidad directos. El intervalo entre nacimientos puede llegar a ser más corto en condiciones de hábitat óptimo durante un periodo de nutrición incrementada (mediante un incremento en la capacidad de carga y un cambio sobre la curva de reproducción denso-dependiente) pero un intervalo entre nacimientos más corto no es considerado probable bajo las condiciones reinantes de bajos niveles en las poblaciones de conejo.

### Catástrofes

Los resultados de la simulación indican que la tasa de crecimiento de la población de lince está afectada por catástrofes ocurriendo con una frecuencia (probabilidad de ocurrencia) tan baja como un 5% dependiendo de la severidad de sus efectos sobre la supervivencia y la reproducción. Un rápido declive en la población de conejos producido por enfermedades puede persistir durante varios años y llevar a un declive más prolongado en la población de lince o incluso a su extinción local. Los efectos adversos de las catástrofes más severas sobre el tamaño y las tasas de crecimiento de la población, debidas a enfermedades, muertes o descensos rápidos en la población de conejos, podrían ser amortiguados reduciendo las tasas de extracción de la población o específicamente reduciendo la tasa de muerte de los juveniles y hembras adultas mientras la población se está recuperando. No está claro que nivel de mortalidad debida a un suceso de enfermedad sería detectado con las capacidades actuales de seguimiento o mediante entrevistas a las gentes del lugar. Sin embargo, la experiencia con una epidemia que ha afectado a los leones del Serengeti sugiere que incluso una pérdida de un 30% en un año podría ser difícil de detectar, a menos que los animales fuesen recuperados mediante un estudio de

telemetría poco tiempo después de la muerte y una necropsia fuese realizada. Alternativamente muestras de sangre y tejido podrían ser obtenidas para estudios serológicos.

### Efectos de la Capacidad de Carga y el Tamaño de Población Inicial

Variaciones en la capacidad de carga y en el tamaño de población inicial sobre un rango de 10 a 200 tienen efectos significativos sobre la tasa de crecimiento estocástica de la población ( $r$ ) (Tabla 11; Figuras 4 y 6). Comenzamos todas las simulaciones con el tamaño de población inicial igual a la capacidad de carga; el excedente de animales es extraído equitativamente de todas las clases de edad.

#### ***Tamaño de Población***

El tamaño medio de población superviviente proyectado ( $N$ ), con su desviación estandar, en 100 años con relación a la capacidad de carga constituye un indicador del impacto de la interacción de todos los parámetros y sus variaciones sobre el riesgo de extinción de la población. Así el seguimiento del tamaño de la población de lince o alguna estima de la densidad media pueden constituir una base para el manejo. Estimaciones de densidad de la población de conejos, estimaciones de la mortalidad añadida inducida por el hombre y datos serológicos suministrarían información útil sobre posibles mecanismos de fluctuaciones inusuales. Un importante factor limitante para la estima de las fluctuaciones de la población de lince será la magnitud del error en las técnicas de muestreo usadas. Los modelos de población son una herramienta para evaluar la información de campo frente a las proyecciones y suministran una base para evaluar los efectos de las opciones de manejo seleccionadas. Los modelos están sujetos a revisión continua y a una modificación a partir de los nuevos datos de las poblaciones individuales. Los tamaños de población fluctúan ampliamente durante el tiempo de proyección de las simulaciones, como es indicado por la magnitud de la desviación estandar, sugiriendo una gran incertidumbre sobre el tamaño de población de las poblaciones individuales y la necesidad de una evaluación controlada de las técnicas de seguimiento usadas. Las poblaciones pueden estabilizarse, de media, en niveles por debajo de la capacidad de carga estimada debido a las catástrofes o a condiciones ambientales ampliamente fluctuantes.

El grado de fragmentación de las poblaciones de Lince Ibérico parece ser muy alto, con la mayoría de los fragmentos con una capacidad de carga estimada en el rango de 10 a 25 animales. Estas poblaciones son muy vulnerables a los factores estocásticos (mortalidad inducida por el hombre, accidentes, enfermedades, fluctuaciones en la población de conejos) y a la variación ambiental normal. Así cuando la capacidad de carga es estimada en unos 10 animales la probabilidad de extinción en 100 años es superior al 90% bajo la mayoría de los escenarios optimistas (Figuras 7 y 8; Tabla 3). Hay un 50% de probabilidades de que estas extinciones ocurran antes de 30 años. La revisión de los cambios de distribución y los números de lince ibérico en los pasados 30 años sugiere que este proceso de fragmentación ha sido un factor significativo en el declive global de la especie.



Tabla 11: Resumen de los Efectos de la Capacidad de Carga sobre la Dinámica de la Población de Lince Ibérico en 36 escenarios para cada valor de K con valores variables de la mortalidad adulta, juvenil y de las crías.

Parámetro		Capacidad de Carga				
		10	25	50	100	200
r	Media	.015	.054	.072	.080	.083
	D.E.	.072	.087	.088	.087	.086
Pe	Media	.991	.537	.278	.167	.121
	D.E.	.020	.379	.369	.319	.279
Heterocigosidad remanente:						
	Media	3.9	21.7	47.9	67.0	79.9
	D.E.	9.3	9.6	11.0	14.6	15.9
Tiempo medio hasta la 1ª extinción- Años (N= número de los 36 escenarios con extinciones)						
	Media	17.4	43.1	50.0	53.2	60.4
	D.E.	7.7	12.9	10.5	12.2	10.6
	N	36	36	26	20	1

#### Efectos de la tasa de crecimiento de la población

El crecimiento potencial de una población de linces en un hábitat bueno con una población de conejos saludable y sin mortalidad añadida causada por el hombre, podría ser del 15-30% anual. Esto permitiría que la población se doblara en 3 a 5 años. La denso-dependencia de la reproducción frenaría este crecimiento dependiendo de los factores limitantes del hábitat. Si ningún suceso catastrófico adicional es incluido en el modelo, las poblaciones de 50 o más animales podrían soportar entre un 10 y un 15% de mortalidad añadida para las hembras y mantendrían una tasa de crecimiento positiva. La adición de una catástrofe con una frecuencia media de un 5% (una vez cada 20 años) reduce el nivel sostenible de mortalidad anual de hembras a menos del 10%. El riesgo de extinción en 100 años incrementa rápidamente cuando estas tasas de mortalidad son excedidas. Actuar sobre la mortalidad de las crías y de las hembras adultas es crítico para aumentar el tamaño de la población a través del manejo de las tasas de crecimiento de la población. Disminuir cualquier mortalidad debida a causas humanas ayudaría a la recuperación de la población después de un declive o pérdida de población catastrófica.

#### Capacidad de carga y tamaño de población deseado

Incrementar el tamaño de población retarda el tiempo medio de extinción bajo cualquier escenario de condiciones de mortalidad y reproducción (Tabla 11). Las poblaciones con 10 animales tienen un 50% de probabilidad de extinción en 30 años y así sin intervención puede

desaparecer relativamente en poco tiempo. El incremento en la capacidad de carga a 25-50 animales reduce enormemente el riesgo de extinción temprana bajo condiciones de buen hábitat. Estos tamaños de poblaciones mayores tienen más tiempo y más capacidad de recuperarse de periodos de mortalidad incrementada debidos a factores climáticos, pérdida de presas o mortalidad inducida por el hombre. Sin embargo en ellos se produce una pérdida de variación genética alta (Figuras 9 y 10; Tablas 4,5 y 11). Las poblaciones con 25 animales pierden el 70% de su heterocigosidad en 100 años, esto es un 3% por generación lo que incrementará su riesgo de depresión por endogamia. Las poblaciones de alrededor de 50 animales perderán alrededor del 50% de su variabilidad genética en 100 años lo que también aumenta el riesgo de depresión por endogamia. Estos resultados indican que en las poblaciones con este tamaño será necesario el seguimiento de la depresión por endogamia y emprender medidas de manejo para permitir el flujo genético entre los fragmentos de población aislados. Hay muchas formas en las que el flujo genético puede ocurrir, el establecimiento de corredores adecuados para los lince con protección para los animales jóvenes dispersantes frente a la mortalidad causada por el hombre, la translocación deliberada de animales y el uso de métodos artificiales. Una población de lince requiriendo un mínimo de manejo, necesitará tener una capacidad de carga de al menos 100 lince.

### ***Retención de Heterocigosidad***

Hubo un 15-80% de pérdida de heterocigosidad en 100 años en las poblaciones con tamaños entre 25 y 200 y con tasas de crecimiento estocástico de 2% o más (Figuras 9 y 10; Tablas 3-10). Las poblaciones de 10 animales no sobrevivieron 100 años. Estas tasas de pérdida reflejan el hecho de que poblaciones de estos tamaños y con estas tasas de crecimiento reproduciéndose aleatoriamente no son suficientemente grandes para evitar la pérdida de variabilidad genética debida a los efectos de deriva aleatorios. Estas tasas de pérdida de heterocigosidad serían de 0.8 al 4% por generación lo que produciría un rápido incremento en el coeficiente de endogamia (Figura 10) y podrían dar lugar a efectos endogámicos adversos detectables en 100 años. Los valores de heterocigosidad en estos escenarios pueden infraestimar la tasa de pérdida de heterocigosidad dependiendo de la estructura reproductora de la población, la proporción de machos reproductores disponibles y la distribución del éxito reproductivo a lo largo de la vida de machos y hembras. Esta rápida pérdida de variación genética puede ser una amenaza significativa para la viabilidad a largo plazo de estas poblaciones fragmentadas llevándolas más rápidamente a una espiral de extinción.

### **Resumen**

La fragmentación y la reducción de la capacidad de carga del hábitat con tamaños de población pequeños es el principal factor de declive de la población total de lince y de la desaparición continua de subpoblaciones locales. El exceso de mortalidad debida a atropellos y furtivismo acelera el proceso de extinción. Poblaciones de 20-25 animales de 1 o más años probablemente no sobrevivirán 100 años, incluso con refuerzo genético. Suministrándole hábitat apropiado, un nivel de presas adecuado y una protección efectiva la especie tiene potencial para reconstituir rápidamente poblaciones mediante reproducción natural.

**Tabla 1. Lynx escenario #020 archivo de VORTEX (input)**

```

LYNX020      ***Output Filename***
Y      ***Graphing Files?***
N      ***Each Iteration?***
500     ***Simulations***
100     ***Years***
10      ***Reporting Interval***
0      ***Definition of Extinction***
1      ***Populations***
N      ***Inbreeding Depression?***
Y      ***EV concordance between repro and surv?***
2      ***Types Of Catastrophes***
P      ***Monogamous, Polygynous, or Hermaphroditic***
2      ***Female Breeding Age***
3      ***Male Breeding Age***
9      ***Maximum Age***
0.500000  ***Sex Ratio***
4      ***Maximum Litter Size (0 = normal distribution) *****
Y      ***Density Dependent Breeding?***
95.000000  ***Density dependence term P(0)***
80.000000  ***Density dependence term P(K)***
2.000000   ***Density dependence term B***
1.000000   ***Density dependence term A***
12.500000  ***EV--Reproduction***
0.000000   ***Population 1: Percent Litter Size 1***
20.000000  ***Population 1: Percent Litter Size 2***
70.000000  ***Population 1: Percent Litter Size 3***
33.000000  *FMort age 0
10.000000  ***EV--FemaleMortality***
26.000000  *FMort age 1
8.000000   ***EV--FemaleMortality***
10.000000  *Adult FMort
3.000000   ***EV--AdultFemaleMortality***
33.000000  *MMort age 0
10.000000  ***EV--MaleMortality***
39.000000  *MMort age 1
13.000000  ***EV--MaleMortality***
20.000000  *MMort age 2
5.000000   ***EV--MaleMortality***
10.000000  *Adult MMort
3.000000   ***EV--AdultMaleMortality***
5.000000   ***Probability Of Catastrophe 1***
0.600000   ***Severity--Reproduction***
0.800000   ***Severity--Survival***
1.000000   ***Probability Of Catastrophe 2***
1.000000   ***Severity--Reproduction***
1.000000   ***Severity--Survival***
Y      ***All Males Breeders?***
Y      ***Start At Stable Age Distribution?***
50     ***Initial Population Size***
50     ***K***
0.000000  ***EV--K***
N      ***Trend In K?***
N      ***Harvest?***
N      ***Supplement?***
Y      ***AnotherSimulation?***

```

**Tabla 2. Archivo de VORTEX para escenario LYNX020 (output)**

VORTEX -- simulation of genetic and demographic stochasticity

LYNXA20: Sun Feb 22 11:13:30 1998

1 population(s) simulated for 100 years, 500 iterations

Extinction is defined as no animals of one or both sexes.

Inbreeding depression modeled with 3.14000 lethal equivalents per individual, comprised of 1.57000 recessive lethal alleles, and 1.57000 lethal equivalents not subject to removal by selection.

First age of reproduction for females: 2 for males: 3

Age of senescence (death): 9

Sex ratio at birth (proportion males): 0.50000

Population 1:

Polygynous mating; all adult males in the breeding pool.

Reproduction is assumed to be density dependent, according to:

% breeding =  $(95.00 * [1 - ((N/K)^{2.00})] + (80.00 * [(N/K)^{2.00}])) * (N / (1.00 + N))$

EV in reproduction (% adult females breeding) = 12.50 SD

Of those females producing litters, ...

0.00 percent of females produce litters of size 1

20.00 percent of females produce litters of size 2

70.00 percent of females produce litters of size 3

10.00 percent of females produce litters of size 4

33.00 percent mortality of females between ages 0 and 1

EV in % mortality = 10.00 SD

26.00 percent mortality of females between ages 1 and 2

EV in % mortality = 8.00 SD

10.00 percent mortality of adult females (2<=age<=3)

EV in % mortality = 3.00 SD

33.00 percent mortality of males between ages 0 and 1

EV in % mortality = 10.00 SD

39.00 percent mortality of males between ages 1 and 2

EV in % mortality = 13.00 SD

20.00 percent mortality of males between ages 2 and 3

EV in % mortality = 5.00 SD

10.00 percent mortality of adult males (3<=age<=4)

EV in % mortality = 3.00 SD

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

EV in reproduction and mortality will be concordant.

Frequency of type 1 catastrophes: 5.000 percent

with 0.600 multiplicative effect on reproduction

and 0.800 multiplicative effect on survival

Frequency of type 2 catastrophes: 1.000 percent

with 1.000 multiplicative effect on reproduction

and 1.000 multiplicative effect on survival

Initial size of Population 1: 50  
(set to reflect stable age distribution)

Age	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total	
11	4	3	2	1	1	1	1	0	0	23	Males
11	5	4	3	1	1	1	1	1	0	27	Females

Carrying capacity = 50

EV in Carrying capacity = 0.00 SD

Deterministic population growth rate (based on females, with assumptions of no limitation of mates, no density dependence, and no inbreeding depression):

$r = 0.306$        $\lambda = 1.358$        $R_0 = 3.628$   
 Generation time for: females = 4.22      males = 5.00

Stable age distribution:	Age class	females	males
	0	0.233	0.233
	1	0.114	0.114
	2	0.062	0.051
	3	0.040	0.030
	4	0.027	0.019
	5	0.017	0.013
	6	0.011	0.008
	7	0.007	0.005
	8	0.005	0.004
	9	0.003	0.002

Ratio of adult ( $\geq 3$ ) males to adult ( $\geq 2$ ) females: 0.472

Population 1

Year 10

N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000  
 N[Surviving] = 500, P[S] = 1.000  
 Population size = 48.58 ( 0.21 SE, 4.70 SD)  
 Expected heterozygosity = 0.931 ( 0.001 SE, 0.014 SD)  
 Observed heterozygosity = 0.971 ( 0.001 SE, 0.026 SD)  
 Number of extant alleles = 23.59 ( 0.13 SE, 2.90 SD)  
 Lethal alleles / diploid = 1.48 ( 0.02 SE, 0.41 SD)

In 500 simulations of Population 1 for 100 years:

0 went extinct and 500 survived.

This gives a probability of extinction of 0.0000 (0.0000 SE),  
 or a probability of success of 1.0000 (0.0000 SE).

Mean final population for successful cases was 48.08 (0.22 SE, 4.95 SD)

Age 1	2	Adults	Total	
8.06	3.96	9.98	21.99	Males
7.99		18.10	26.09	Females

Across all years, prior to carrying capacity truncation,  
 mean growth rate ( $r$ ) was 0.1948 (0.0009 SE, 0.2118 SD)

Final expected heterozygosity was 0.5777 ( 0.0069 SE, 0.1542 SD)  
 Final observed heterozygosity was 0.5957 ( 0.0075 SE, 0.1682 SD)  
 Final number of alleles was 3.87 ( 0.05 SE, 1.10 SD)  
 Number of lethal alleles per diploid 0.28 ( 0.01 SE, 0.28 SD)

Tabla 3. Efectos interactivos de la mortalidad de adultos, subadultos y crías sobre la dinámica de la población y sobre el riesgo de extinción, con una limitación de tamaño de población (a causa del hábitat) de 10 animales, un año y mayores.

Simulaciones Estocásticas de las Dinámicas de Población  
de *Lynx pardina*

Tamaño de Población y Capacidad de Carga = 10

Arch#	Mortal % Adultos	% Crías	r estoc Media	r D.E.	Pe	Media. Población	Tamaño D.E.	Hetero	Extinción Medio Año
Subad:H=26, M=39 %									
164	10	33	0.166	0.36	0.918	8	2.5	7	35
165	20		0.103	0.375	0.978	9	1.4	0	25.7
166	30		0.045	0.403	1	0	0.0	0	16
167	10	44	0.131	0.336	0.916	9	2.3	5	32
168	20		0.072	0.354	0.99	8	1.9	10	24.4
169	30		0.021	0.382	1	0	0.0	0	14.3
170	10	55	0.091	0.324	0.966	8	2.2	2	30.3
171	20		0.03	0.345	1	0	0.0	0	19.3
172	30		-0.038	0.372	1	0	0.0	0	11.1
173	10	66	0.043	0.311	0.99	9	2.3	10	25.1
174	20		-0.025	0.332	1	0	0.0	0	14.2
175	30		-0.083	0.366	1	0	0.0	0	9.4
Subad: =36, M=49 %									
176	10	33	0.133	0.373	0.966	9	2.0	3	30.5
177	20		0.073	0.394	0.998	11	0.0	50	20.8
178	30		0.014	0.409	1	0	0.0	0	12.3
179	10	44	0.096	0.361	0.978	8	1.5	9	26.7
180	20		0.037	0.378	1	0	0.0	0	18.2
181	30		-0.017	0.407	1	0	0.0	0	11.1
182	10	55	0.06	0.339	0.992	8	1.9	23	24.5
183	20		-0.001	0.367	0.998	2	0.0	0	14.8
184	30		-0.061	0.38	1	0	0.0	0	9.8
185	10	66	0.013	0.328	1	0	0.0	0	19.1
186	20		-0.049	0.347	1	0	0.0	0	11.8
187	30		-0.099	0.374	1	0	0.0	0	8.3
Subad:H=46, M=59 %									
188	10	33	0.095	0.399	0.99	10	2.3	10	24.6
189	20		0.037	0.412	1	0	0.0	0	14.7
190	30		-0.023	0.439	1	0	0.0	0	10.1
191	10	44	0.067	0.374	0.994	9	0.6	13	20.9
192	20		0.002	0.39	1	0	0.0	0	13.4
193	30		-0.045	0.423	1	0	0.0	0	8.9
194	10	55	0.032	0.36	1	0	0.0	0	18.9
195	20		-0.032	0.385	1	0	0.0	0	11.6
196	30		-0.092	0.4	1	0	0.0	0	7.8
197	10	66	-0.017	0.339	1	0	0.0	0	15.2
198	20		-0.082	0.364	1	0	0.0	0	9.9
199	30		-0.131	0.393	1	0	0.0	0	6.9

Tabla 4. Efectos interactivos de la mortalidad de adultos, subadultos y crías sobre la dinámica de la población y sobre el riesgo de extinción, con una limitación de tamaño de población (a causa del hábitat) de 25 animales, un año y mayores.

Simulaciones Estocásticas de las Dinámicas de la Población de  
*Lynx pardina*  
Tamaño de Población y Capacidad de Carga = 25

Arc #	Mortal % Adultos	Crías	r estoc Media	r D.E.	Pe	Media de Población	Tamaño D. E.	Hetero	Media Extinción
Subad:H=26, M=39 %									
128	10	33	0.23	0.264	0.024	24	3.2	29	53.9
129	20		0.175	0.278	0.074	23	4.0	28	57.1
130	30		0.108	0.316	0.368	21	6.1	21	52.4
131	10	44	0.187	0.253	0.026	24	3.4	30	45.2
132	20		0.126	0.271	0.12	22	4.7	28	55.9
133	30		0.056	0.319	0.69	20	6.1	22	46
134	10	55	0.137	0.247	0.058	23	4.1	32	51.7
135	20		0.073	0.27	0.328	20	5.8	26	51.2
136	30		0.002	0.325	0.918	18	6.5	19	36.3
137	10	66	0.078	0.246	0.196	21	5.3	33	58.4
138	20		0.011	0.279	0.798	15	7.0	24	43.7
139	30		-0.061	0.326	1	0	0.0	0	23
Subad:H=36, M=49 %									
140	10	33	0.192	0.279	0.03	24	3.4	30	37.9
141	20		0.132	0.297	0.158	22	4.6	26	47.4
142	30		0.063	0.339	0.69	19	6.2	16	45.3
143	10	44	0.151	0.268	0.052	23	4.3	31	62.7
144	20		0.088	0.292	0.272	21	5.7	26	54.5
145	30		0.018	0.341	0.886	18	6.1	17	38.6
146	10	55	0.1	0.264	0.14	22	4.7	33	47.8
147	20		0.036	0.293	0.66	19	6.7	26	50
148	30		-0.037	0.344	0.986	15	8.6	15	26.8
149	10	66	0.04	0.267	0.464	18	6.3	27	53.8
150	20		-0.025	0.301	0.978	12	9.1	23	35.4
151	30		-0.093	0.348	1	0	0.0	0	17.6
Subad:H=46, M=59 %									
152	10	33	0.149	0.301	0.104	23	4.5	27	55.7
153	20		0.086	0.329	0.438	21	5.4	23	52.2
154	30		0.011	0.37	0.938	14	6.9	11	33.3
155	10	44	0.11	0.29	0.182	22	4.8	27	54.9
156	20		0.044	0.319	0.678	18	7.1	18	46.6
157	30		-0.034	0.367	0.996	11	6.4	16	26.1
158	10	55	0.066	0.284	0.348	21	5.1	30	51.2
159	20		-0.006	0.323	0.918	17	6.1	22	36.7
160	30		-0.08	0.364	1	0	0.0	0	18.7
161	10	66	0.008	0.29	0.808	16	7.3	29	44.2
162	20		-0.06	0.321	0.996	14	7.8	15	24.7
163	30		-0.131	0.366	1	0	0.0	0	13.7

Tabla 5. Efectos interactivos de la mortalidad de adultos, subadultos y crías sobre la dinámica de la población y sobre el riesgo de extinción, con una limitación de tamaño de población (a causa del hábitat) de 50 animales, un año y mayores.

Simulaciones Estocásticas de las Dinámicas de la Población  
de *Lynx pardina*

Tamaño de Población y Capacidad de Carga = 50

Arc #	Mortal Adultos	% Crías	r estoc Media	r D.E.	Pe	Media de Población	Tamaño D. E.	Hetero	Media Extinción
Subad:H=26, M=39 %									
020	10	33	0.248	0.225	0	49	4.7	54	0
021	20		0.192	0.234	0	48	4.9	53	0
022	30		0.13	0.266	0.026	44	8.9	50	51.8
023	10	44	0.203	0.22	0	48	4.9	57	0
024	20		0.143	0.234	0.002	47	6.2	55	49
025	30		0.08	0.27	0.124	41	10.6	47	57.9
026	10	55	0.151	0.216	0	48	5.2	59	0
027	20		0.091	0.232	0.008	44	8.6	56	49.8
028	30		0.02	0.284	0.534	35	14.4	43	54
029	10	66	0.091	0.215	0.008	45	6.8	60	55.5
030	20		0.025	0.242	0.27	36	12.5	51	57.2
031	30		-0.047	0.305	0.944	16	12.7	30	38.2
Subad:H=36, M=49 %									
032	10	33	0.209	0.236	0	48	5.6	53	0
033	20		0.152	0.249	0	46	7.1	51	0
034	30		0.089	0.284	0.106	42	10.9	46	54.6
035	10	44	0.167	0.231	0	48	5.3	57	0
036	20		0.107	0.246	0.01	45	7.3	54	60.8
037	30		0.04	0.292	0.366	37	13.5	41	56.5
038	10	55	0.117	0.229	0	46	6.8	58	0
039	20		0.055	0.247	0.082	40	12.1	51	57.7
040	30		-0.019	0.306	0.846	27	14.5	39	46.2
041	10	66	0.059	0.228	0.046	42	10.1	57	59.4
042	20		-0.009	0.269	0.668	31	13.2	40	53.3
043	30		-0.085	0.322	0.998	26	0.0	49	27.6
Subad:H=46, M=59 %									
044	10	33	0.168	0.251	0	47	5.8	54	0
045	20		0.107	0.266	0.012	45	8.2	49	46.3
046	30		0.041	0.312	0.406	37	13.7	38	53.7
047	10	44	0.127	0.245	0	46	6.5	56	0
048	20		0.064	0.266	0.08	41	10.7	48	59.7
049	30		-0.007	0.324	0.778	30	14.3	35	47.6
050	10	55	0.079	0.245	0.018	44	8.4	56	59.4
051	20		0.015	0.276	0.438	33	13.4	45	53.4
052	30		-0.064	0.334	0.992	17	9.9	40	31.8
053	10	66	0.022	0.253	0.282	36	12.9	50	58.7
054	20		-0.05	0.295	0.974	22	13.0	41	40.3
055	30		-0.124	0.345	1	0	0.0	0	20.3



Tabla 6. Efectos interactivos de la mortalidad de adultos, subadultos y crías sobre la dinámica de la población y sobre el riesgo de extinción, con una limitación de tamaño de población (a causa del hábitat) de 100 animales, un año y mayores.

Simulaciones Estocásticas de las Dinámicas de la Población  
de *Lynx pardina*  
Tamaño de la Población y Capacidad de Carga = 100

Arc #	Mortal Adultos	% Crías	r estoc Media	r D.E.	Pe	Media de Población	Tamaño D. E.	Hetero	Media Extinción
Subad:H=26, M=39 %									
056	10	33	0.254	0.208	0	99	7.6	73	0
057	20		0.198	0.219	0	97	8.6	74	0
058	30		0.14	0.245	0	93	13.2	71	0
059	10	44	0.207	0.207	0	98	6.9	76	0
060	20		0.151	0.215	0	96	9.1	74	0
061	30		0.091	0.249	0.006	87	18.4	72	52.3
062	10	55	0.154	0.203	0	97	8.5	78	0
063	20		0.097	0.216	0.002	92	12.4	74	80
064	30		0.032	0.261	0.15	72	26.8	64	60.7
065	10	66	0.094	0.203	0	92	12.6	79	0
066	20		0.035	0.219	0.038	76	22.9	73	49.5
067	30		-0.037	0.287	0.81	36	26.7	51	50.8
Subad:H=36, M=49 %									
068	10	33	0.215	0.219	0	98	7.8	74	0
069	20		0.159	0.228	0	96	9.3	73	0
070	30		0.1	0.259	0.006	89	16.5	69	36
071	10	44	0.172	0.215	0	96	9.3	76	0
072	20		0.114	0.228	0	93	12.5	74	0
073	30		0.053	0.263	0.034	78	23.7	66	61
074	10	55	0.122	0.215	0	94	10.6	78	0
075	20		0.065	0.225	0.004	86	17.6	73	54.5
076	30		-0.004	0.278	0.454	55	29.3	58	57
077	10	66	0.064	0.213	0.002	88	15.0	78	47
078	20		0.001	0.242	0.28	56	27.6	65	62.8
079	30		-0.078	0.31	0.98	23	15.6	47	37.1
Subad:H=46, M=59 %									
080	10	33	0.174	0.232	0	96	9.4	74	0
081	20		0.115	0.242	0	93	12.4	72	0
082	30		0.053	0.276	0.04	77	24.7	64	57.3
083	10	44	0.132	0.231	0	94	11.8	75	0
084	20		0.074	0.241	0.002	87	18.5	71	41
085	30		0.006	0.29	0.396	59	28.4	58	59.9
086	10	55	0.085	0.227	0	91	12.9	75	0
087	20		0.024	0.248	0.076	69	25.1	67	63.6
088	30		-0.052	0.314	0.91	41	27.1	41	46.1
089	10	66	0.03	0.23	0.036	76	22.6	72	67.6
090	20		-0.039	0.273	0.802	32	22.4	55	54
091	30		-0.12	0.331	1	0	0.0	0	26.8

Tabla 7. Efectos interactivos de la mortalidad de adultos, subadultos y crías sobre la dinámica de la población y sobre el riesgo de extinción, con una limitación de tamaño de población (a causa del hábitat) de 200 animales, un año y mayores.

Simulaciones Estocásticas de las Dinámicas de la Población  
de *Lynx pardina*  
Tamaño de Población y Capacidad de Carga = 200

Arc #	Mortal % Adultos	% Crías	r estoc Media	r D.E.	Pe	Media de Población	Tamaño D. E.	Hetero	Media Extinción
Subad:H=26, M=39 %									
092	10	33	0.255	0.202	0	197	11.8	86	0
093	20		0.2	0.211	0	195	14.4	86	0
094	30		0.141	0.237	0	187	23.9	85	0
095	10	44	0.21	0.198	0	196	12.6	87	0
096	20		0.154	0.207	0	191	18.6	86	0
097	30		0.093	0.24	0	178	31.1	85	0
098	10	55	0.158	0.195	0	194	14.3	88	0
099	20		0.1	0.206	0	185	24.8	87	0
100	30		0.039	0.245	0.018	152	48.0	82	62.3
101	10	66	0.096	0.195	0	187	20.9	89	0
102	20		0.037	0.209	0.004	157	41.0	86	56
103	30		-0.029	0.27	0.59	71	51.3	68	63.6
Subad:H=36, M=49 %									
104	10	33	0.217	0.211	0	196	12.2	86	0
105	20		0.162	0.221	0	191	19.2	85	0
106	30		0.102	0.247	0	181	29.4	84	0
107	10	44	0.174	0.208	0	195	15.2	87	0
108	20		0.116	0.217	0	187	22.2	86	0
109	30		0.056	0.25	0.004	159	43.1	82	72
110	10	55	0.125	0.205	0	191	18.0	88	0
111	20		0.064	0.218	0	174	32.0	86	0
112	30		0.002	0.262	0.182	106	59.7	73	64.9
113	10	66	0.067	0.206	0	179	28.6	88	0
114	20		0.006	0.226	0.088	117	58.3	79	72.3
115	30		-0.074	0.299	0.96	30	27.4	54	47.1
Subad:H=46, M=59 %									
116	10	33	0.175	0.225	0	193	18.2	85	0
117	20		0.117	0.234	0	186	23.1	85	0
118	30		0.058	0.262	0.006	162	41.0	81	50
119	10	44	0.134	0.221	0	191	17.8	87	0
120	20		0.075	0.231	0	180	27.4	85	0
121	30		0.013	0.27	0.142	125	55.5	74	65.6
122	10	55	0.087	0.218	0	185	21.8	87	0
123	20		0.03	0.233	0.004	151	44.5	82	66
124	30		-0.044	0.297	0.778	55	52.9	62	57.2
125	10	66	0.033	0.219	0.002	162	40.2	86	67
126	20		-0.031	0.254	0.566	60	51.2	67	66.9
127	30		-0.116	0.318	1	0	0.0	0	34

Tabla 8. La adición de depresión endogámica a los efectos interactivos de la mortalidad de adultos, subadultos y crías sobre la dinámica de la población y sobre el riesgo de extinción, con una limitación de tamaño de población (a causa del hábitat) de 10 animales, un año y mayores.

**Simulaciones Estocásticas de las Dinámicas de la Población  
de *Lynx pardina*  
Tamaño de Población y Capacidad de Carga = 10  
Efectos de Depresión Endogámica  
LE = 3.14**

Arc #	Mortal % Adultos	% Crías	r estoc Media	r D.E.	Pe	Media de Población	Tamaño D. E.	Hetero	Media Extinción
Subad:H=26, M=39 %									
A164	10	33	0.094	0.319	0.98	7	2.6	12	30.9
A165	20		0.052	0.346	1	0	0.0	0	20.3
A166	30		0.005	0.381	1	0	0.0	0	12.3
A167	10	44	0.07	0.308	0.99	8	3.0	10	27.5
A168	20		0.019	0.334	1	0	0.0	0	17.9
A169	30		-0.02	0.367	1	0	0.0	0	11.7
A170	10	55	0.037	0.303	1	0	0.0	0	24.3
A171	20		-0.012	0.328	1	0	0.0	0	15.1
A172	30		-0.053	0.362	1	0	0.0	0	10.5
A173	10	66	0.001	0.294	1	0	0.0	0	19.8
A174	20		-0.045	0.319	1	0	0.0	0	12.3
A175	30		-0.096	0.355	1	0	0.0	0	8.8
Subad:H=36, M=49 %									
A176	10	33	0.067	0.338	0.996	8	2.8	0	25.4
A177	20		0.022	0.365	1	0	0.0	0	15.6
A178	30		-0.022	0.398	1	0	0.0	0	10.1
A179	10	44	0.044	0.336	1	0	0.0	0	21.3
A180	20		0	0.344	1	0	0.0	0	14.7
A181	30		-0.045	0.381	1	0	0.0	0	10
A182	10	55	0.016	0.32	0.998	5	0.0	0	20
A183	20		-0.029	0.349	1	0	0.0	0	12.9
A184	30		-0.078	0.372	1	0	0.0	0	8.9
A185	10	66	-0.018	0.309	1	0	0.0	0	15.6
A186	20		-0.072	0.338	1	0	0.0	0	10.7
A187	30		-0.127	0.366	1	0	0.0	0	7.5
Subad:H=46, M=59 %									
A188	10	33	0.043	0.366	1	0	0.0	0	19.7
A189	20		0.004	0.385	1	0	0.0	0	13.5
A190	30		-0.044	0.406	1	0	0.0	0	8.7
A191	10	44	0.02	0.347	1	0	0.0	0	18.3
A192	20		-0.028	0.375	1	0	0.0	0	11.3
A193	30		-0.071	0.398	1	0	0.0	0	8.4
A194	10	55	-0.006	0.348	1	0	0.0	0	15.3
A195	20		-0.051	0.367	1	0	0.0	0	11
A196	30		-0.115	0.389	1	0	0.0	0	7.4
A197	10	66	-0.04	0.33	1	0	0.0	0	12.9
A198	20		-0.098	0.359	1	0	0.0	0	9.1
A199	30		-0.166	0.381	1	0	0.0	0	6.6

Tabla 9. La adición de depresión endogámica a los efectos interactivos de la mortalidad de adultos, subadultos y crías sobre la dinámica de la población y sobre el riesgo de extinción, con una limitación de tamaño de población (a causa del hábitat) de 25 animales, un año y mayores.

Simulaciones Estocásticas de las Dinámicas de la Población  
de *Lynx pardina*

Tamaño de Población y Capacidad de Carga = 25

Efectos de Depresión Endogámica

LE = 3.14

Arc #	Mortal Adultos	% Crías	r estoc Media	r D.E.	Pe	Media de Población	Tamaño D. E.	Hetero	Media Extinción
Subad:H=26, M=39 %									
A128	10	33	0.148	0.24	0.052	23	4.3	34	70.7
A129	20		0.087	0.261	0.336	19	6.4	30	66.9
A130	30		0.03	0.312	0.936	12	8.0	20	47.8
A131	10	44	0.111	0.235	0.086	21	5.2	35	67.9
A132	20		0.049	0.263	0.636	16	6.8	30	62.5
A133	30		-0.004	0.315	0.998	5	0.0	32	37.5
A134	10	55	0.067	0.234	0.322	19	5.9	35	69.4
A135	20		0.009	0.269	0.914	12	6.6	21	50.5
A136	30		-0.042	0.317	1	0	0.0	0	26.3
A137	10	66	0.018	0.243	0.79	14	6.5	34	58.4
A138	20		-0.033	0.272	0.998	14	0.0	0	34.2
A139	30		-0.086	0.32	1	0	0.0	0	18.3
Subad:H=36, M=49 %									
A140	10	33	0.114	0.254	0.122	21	5.3	31	65.2
A141	20		0.049	0.281	0.638	17	6.4	26	58
A142	30		0.001	0.336	0.994	12	5.8	32	36.1
A143	10	44	0.078	0.251	0.272	19	6.0	32	65.5
A144	20		0.018	0.286	0.904	11	7.2	31	51.2
A145	30		-0.029	0.329	1	0	0.0	0	28.1
A146	10	55	0.038	0.253	0.636	16	7.0	30	63
A147	20		-0.013	0.289	0.996	24	1.4	57	37.7
A148	30		-0.07	0.334	1	0	0.0	0	21
A149	10	66	-0.005	0.261	0.952	10	5.0	28	47.6
A150	20		-0.06	0.293	1	0	0.0	0	25
A151	30		-0.116	0.337	1	0	0.0	0	15
Subad:H=46, M=59 %									
A152	10	33	0.072	0.275	0.34	19	6.3	28	62.7
A153	20		0.015	0.311	0.94	11	6.1	19	46.1
A154	30		-0.032	0.358	1	0	0.0	0	25.7
A155	10	44	0.042	0.274	0.612	16	6.6	28	61.2
A156	20		-0.01	0.311	0.996	8	4.2	24	37.1
A157	30		-0.064	0.355	1	0	0.0	0	20
A158	10	55	0.006	0.276	0.93	11	6.2	33	53
A159	20		-0.045	0.307	1	0	0.0	0	27.2
A160	30		-0.109	0.354	1	0	0.0	0	15.1
A161	10	66	-0.032	0.285	0.998	5	0.0	0	34.4
A162	20		-0.079	0.31	1	0	0.0	0	20.2
A163	30		-0.152	0.356	1	0	0.0	0	12.4

Tabla 10. La adición de depresión endogámica a los efectos interactivos de la mortalidad de adultos, subadultos y crías sobre la dinámica de la población y sobre el riesgo de extinción, con una limitación de tamaño de población (a causa del hábitat) de 50 animales, un año y mayores.

Simulaciones Estocásticas de las Dinámicas de la Población  
de *Lynx pardina*

Tamaño de Población y Capacidad de Carga = 50

Efectos de Depresión Endogámica

LE = 3.14

Arc #	Mortal % Adultos	% Crías	r estoc Media	r D.E.	Pe	Media de Población	Tamaño D. E.	Hetero	Media Extinción
Subad:H=26, M=39 %									
A20	10	33	0.195	0.212	0	48	5.0	58	0
A21	20		0.132	0.224	0.006	45	7.1	57	81.7
A22	30		0.066	0.264	0.208	36	13.0	49	73.4
A23	10	44	0.153	0.207	0	47	5.5	60	0
A24	20		0.093	0.222	0.024	43	9.6	57	72
A25	30		0.018	0.277	0.638	24	15.3	44	65
A26	10	55	0.107	0.205	0	45	7.4	61	0
A27	20		0.039	0.229	0.232	33	13.3	53	70
A28	30		-0.028	0.29	0.98	19	16.8	47	49
A29	10	66	0.049	0.207	0.084	37	12.7	60	75.3
A30	20		-0.02	0.248	0.886	18	13.1	52	56.7
A31	30		-0.077	0.303	1	0	0.0	0	29.6
Subad:H=36, M=49 %									
A32	10	33	0.158	0.222	0	47	5.6	57	0
A33	20		0.094	0.238	0.028	43	10.1	54	74.5
A34	30		0.024	0.284	0.604	29	14.8	42	64.9
A35	10	44	0.12	0.218	0	46	7.0	60	0
A36	20		0.053	0.238	0.128	35	13.2	53	74.2
A37	30		-0.016	0.297	0.938	16	13.3	40	53.2
A38	10	55	0.073	0.217	0.026	42	10.1	59	70.5
A39	20		0.005	0.25	0.622	25	14.5	44	66
A40	30		-0.056	0.307	1	0	0.0	0	36
A41	10	66	0.017	0.224	0.336	29	14.2	54	70.8
A42	20		-0.045	0.266	0.994	7	2.5	26	44.7
A43	30		-0.103	0.317	1	0	0.0	0	23.6
Subad:H=46, M=59 %									
A44	10	33	0.117	0.236	0.004	45	7.7	56	84
A45	20		0.052	0.259	0.202	35	14.0	50	72.6
A46	30		-0.015	0.312	0.94	16	11.2	36	52.1
A47	10	44	0.078	0.235	0.04	42	9.8	57	75.2
A48	20		0.01	0.265	0.588	26	14.2	45	66.2
A49	30		-0.05	0.321	0.998	25	0.0	50	36.8
A50	10	55	0.035	0.236	0.188	34	13.0	54	72.8
A51	20		-0.03	0.28	0.956	14	12.8	44	51.7
A52	30		-0.092	0.332	1	0	0.0	0	25.5
A53	10	66	-0.016	0.251	0.818	18	11.7	51	61.2
A54	20		-0.075	0.287	1	0	0.0	0	31.8
A55	30		-0.149	0.34	1	0	0.0	0	17.4

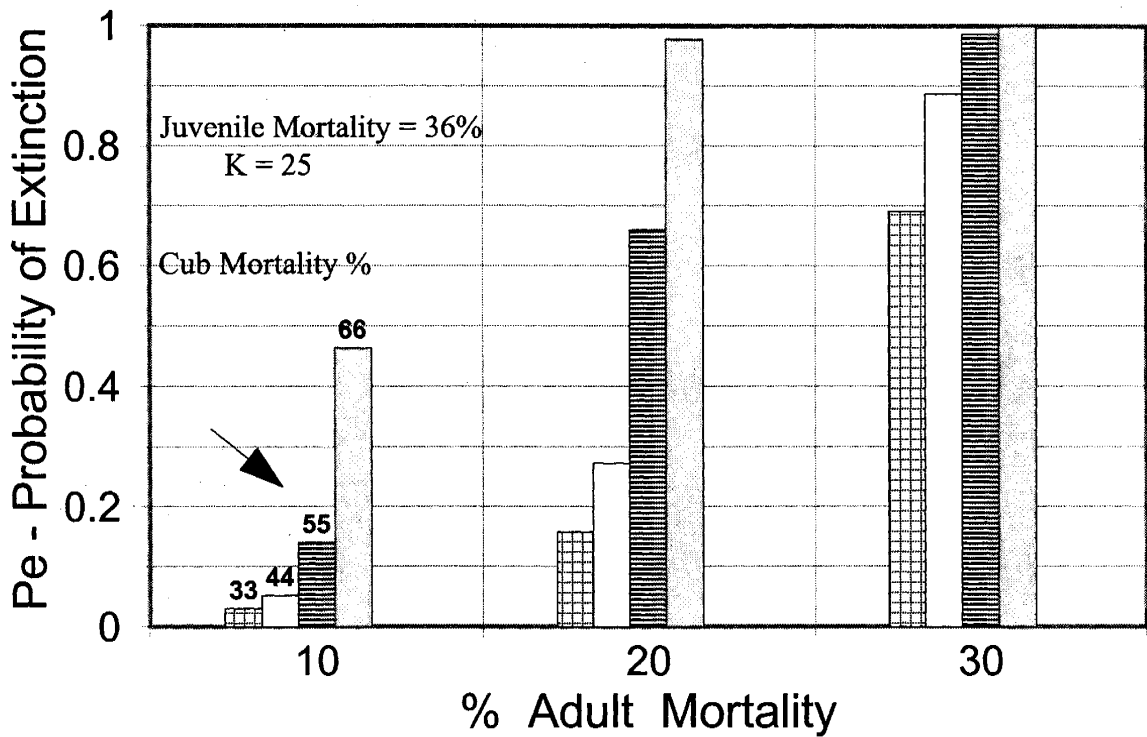


Figura 1. Probabilidad de extinción ( $P_e$ ) como una función de la mortalidad adulta (10, 20 y 30%) y la mortalidad de las crías (33, 44 y 66%) con una mortalidad juvenil de un 36% para las hembras y una capacidad de carga de  $K = 25$  animales de 1 o más años.

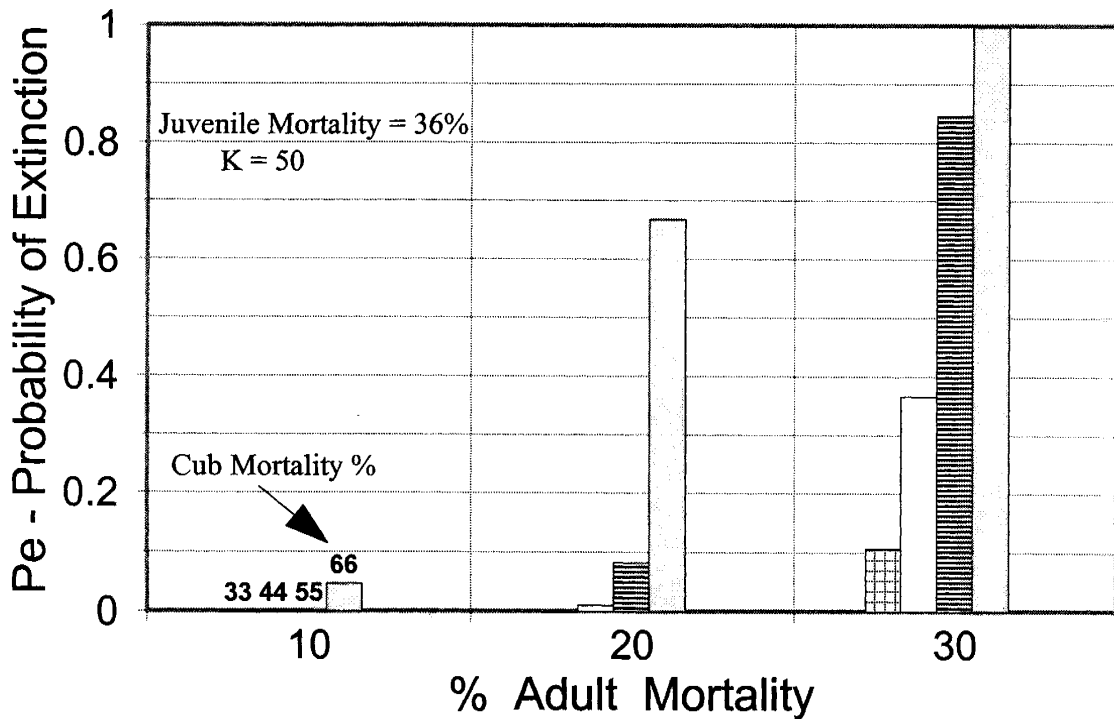


Figura 2. Probabilidad de extinción ( $P_e$ ) como una función de la mortalidad adulta (10, 20 y 30%) y la mortalidad de las crías (33, 44 y 66%) con una mortalidad juvenil de un 36% para las hembras y una capacidad de carga de  $K = 50$  animales de 1 o más años.

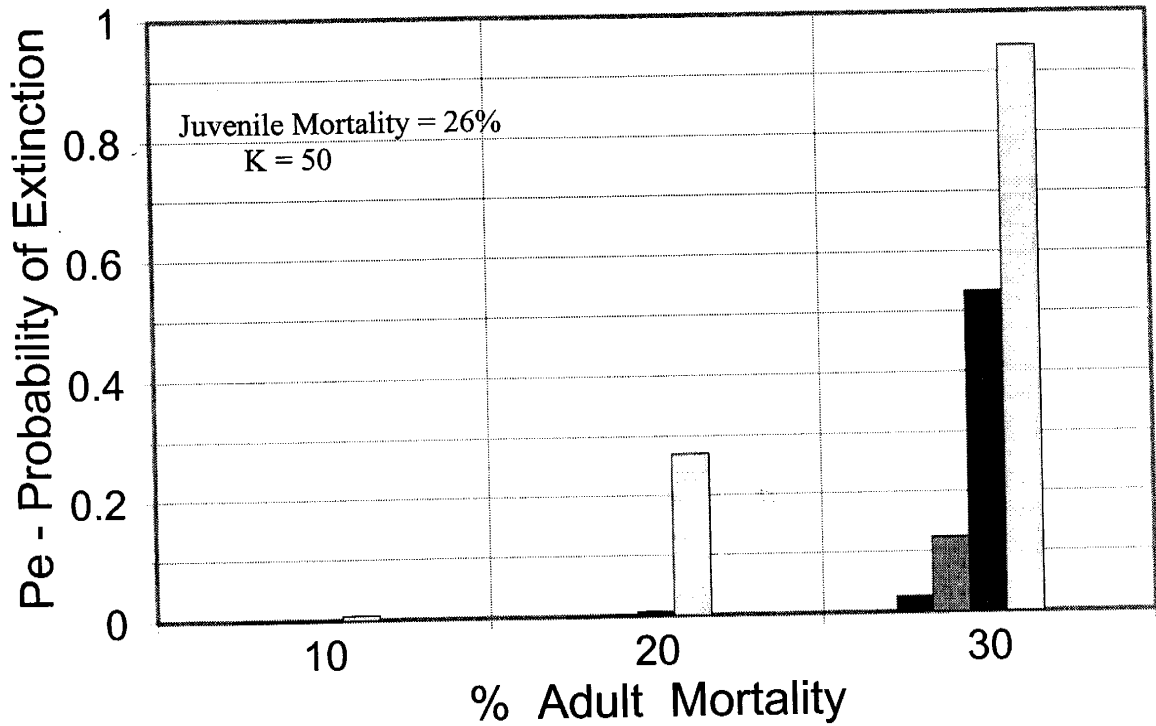


Figura 3. Probabilidad de extinción ( $P_e$ ) como una función de la mortalidad adulta (10, 20 y 30%) y la mortalidad de las crías (33, 44 y 66%) con una mortalidad juvenil de un 26% para las hembras y una capacidad de carga de  $K = 50$  animales de 1 o más años.

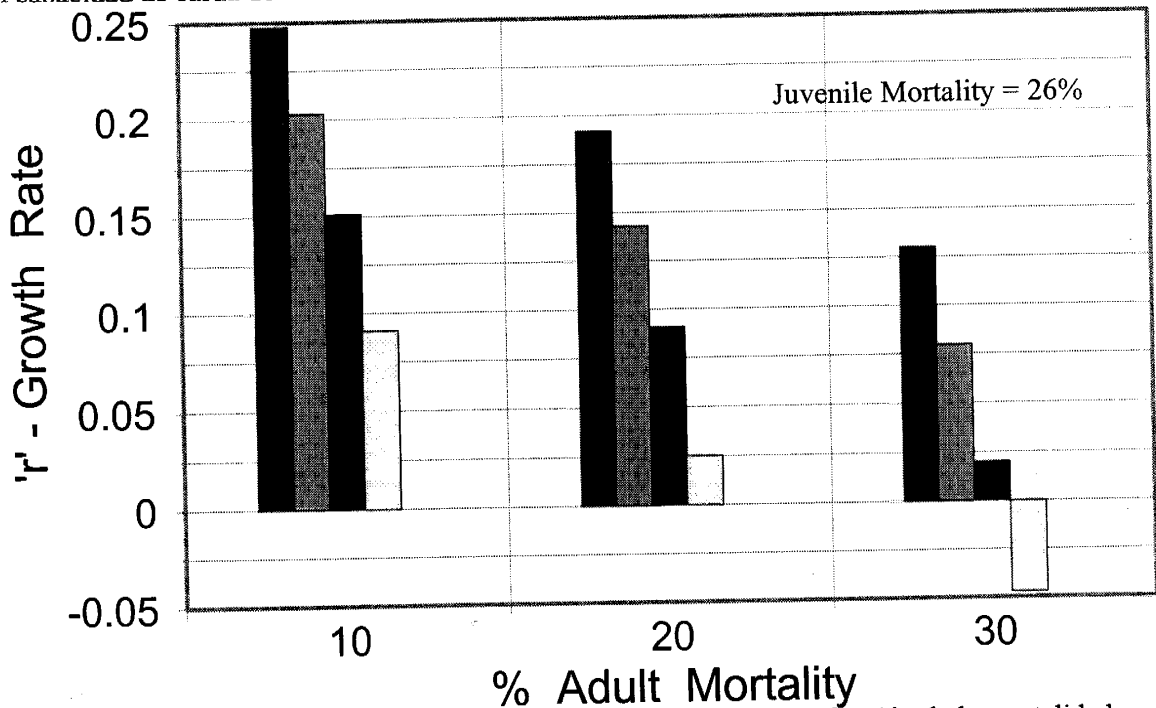


Figura 4. Tasa de crecimiento de la población ( $r$  estocástica) como una función de la mortalidad adulta (10, 20 y 30%) y la mortalidad de las crías (33, 44 y 66%) con una mortalidad juvenil de un 26% para las hembras y una capacidad de carga de  $K = 50$  animales de 1 o más años.

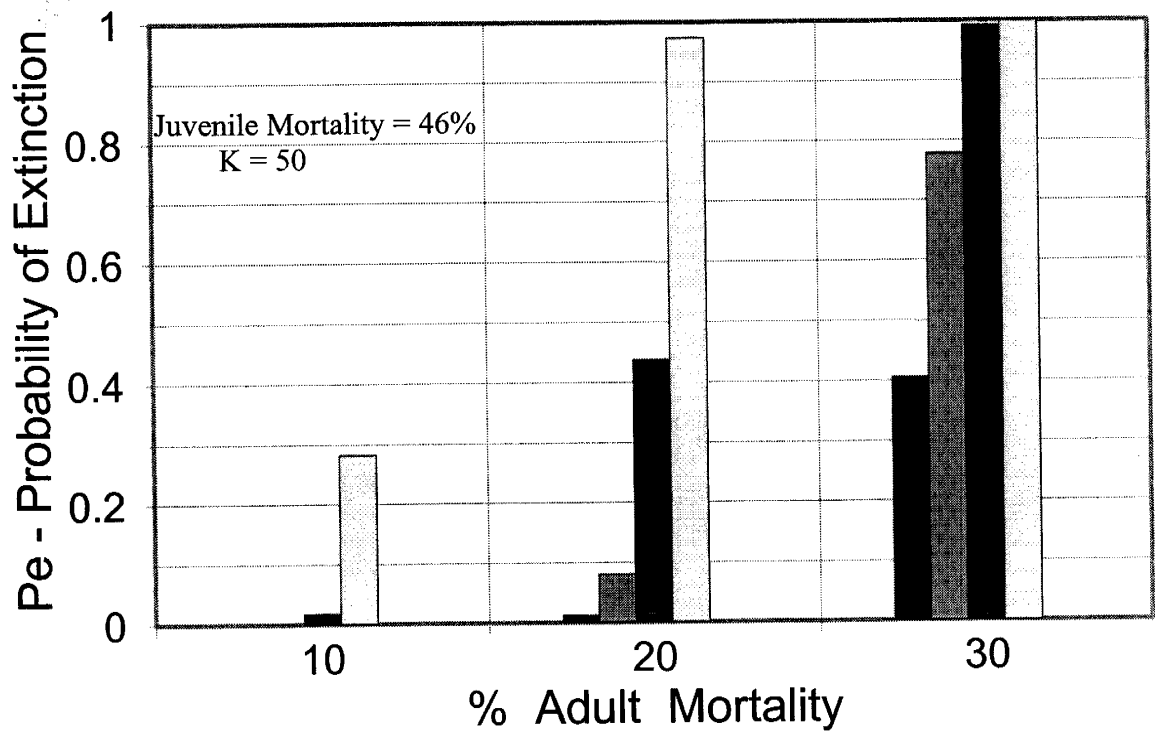


Figura 5. Probabilidad de extinción ( $P_e$ ) como una función de la mortalidad adulta (10, 20 y 30%) y la mortalidad de las crías (33, 44 y 66%) con una mortalidad juvenil de un 46% para las hembras y una capacidad de carga de  $K = 50$  animales de 1 o más años.

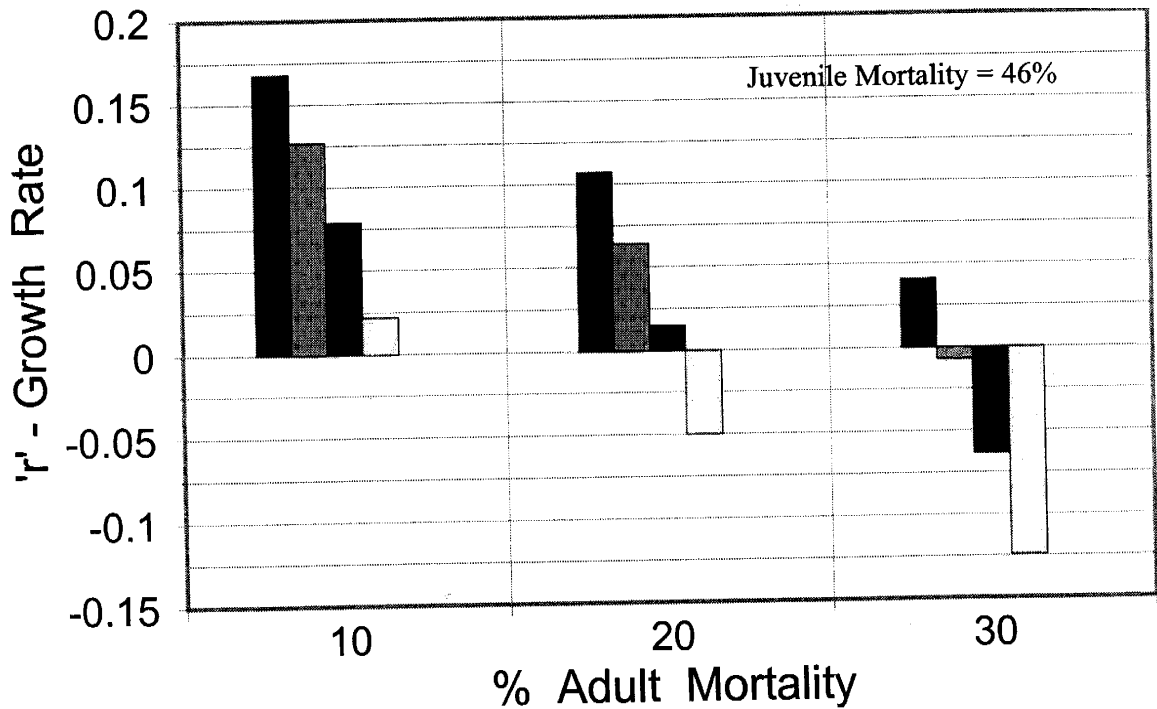


Figura 6. Tasa de crecimiento de la población ( $r$  estocástica) como una función de la mortalidad adulta (10, 20 y 30%) y la mortalidad de las crías (33, 44 y 66%) con una mortalidad juvenil de un 46% para las hembras y una capacidad de carga de  $K = 50$  animales de 1 o más años.



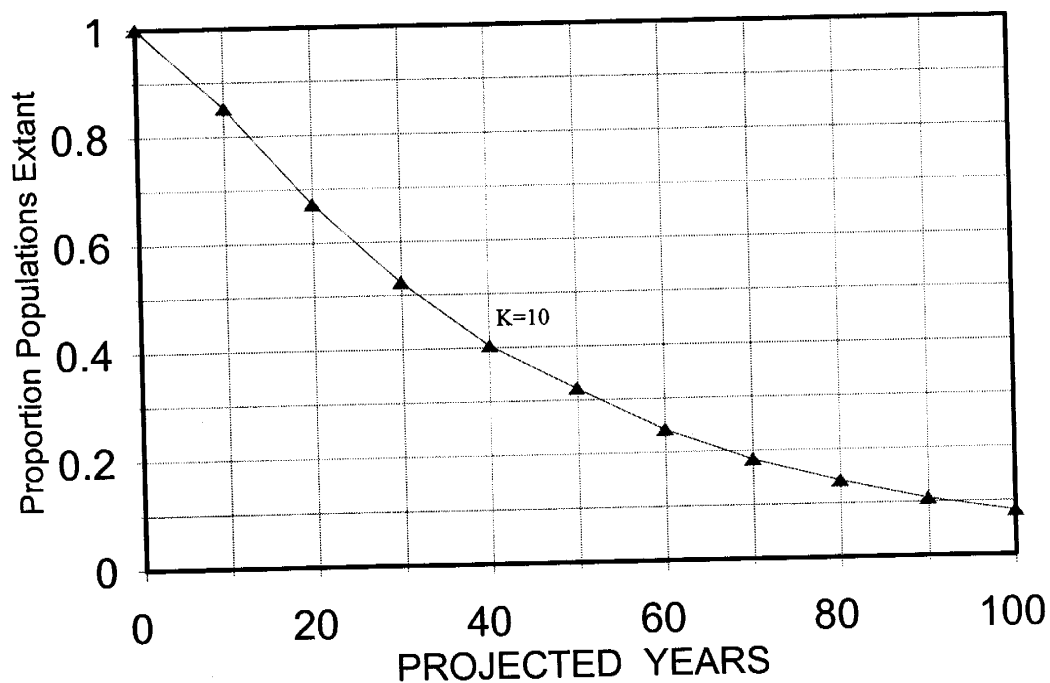


Figura 7. Probabilidad de extinción de la población de lince con capacidad de carga de 10 animales en intervalos de 10 años durante 100 años.

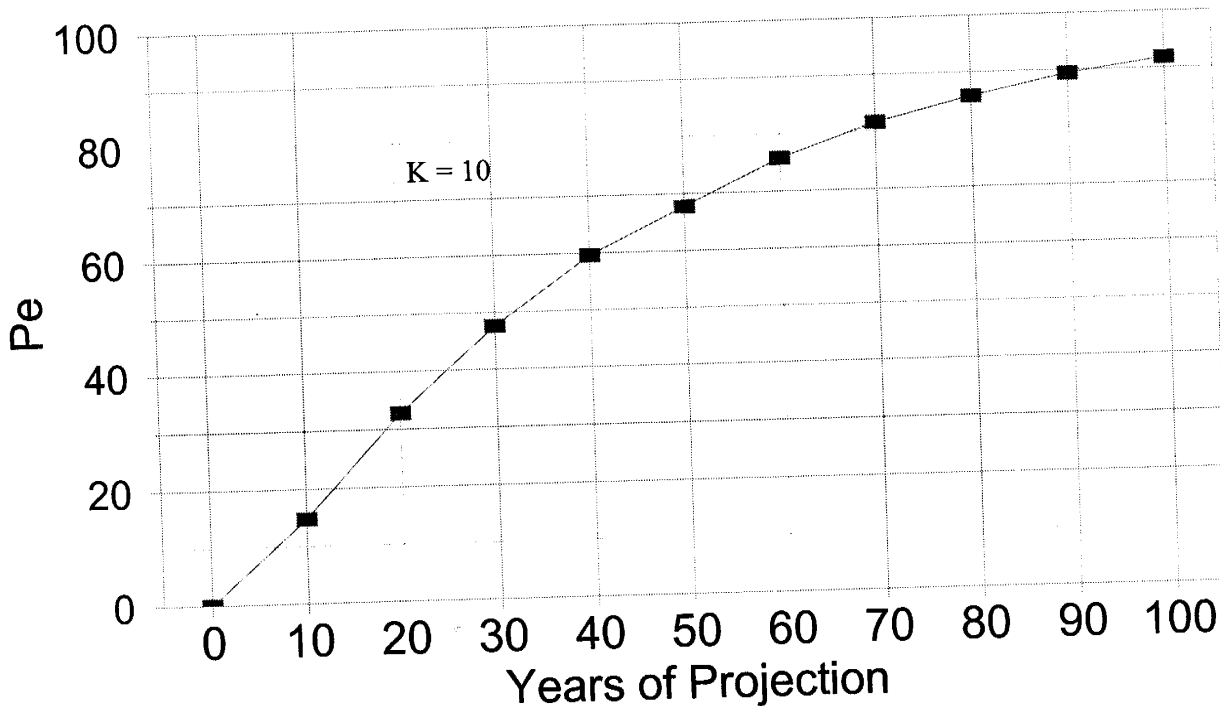


Figura 8. Proporción de poblaciones de lince que persisten con capacidad de carga de 10 animales en intervalos de 10 años durante 100 años. Los valores son las medias de 500 iteraciones del escenario.

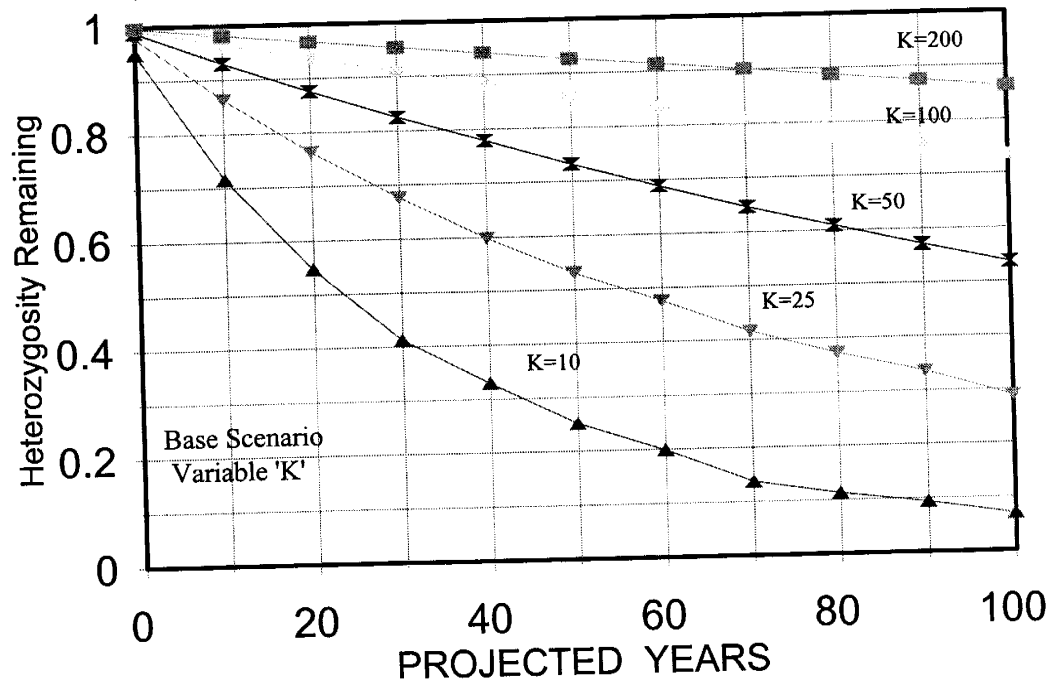


Figura 9. Declive en la heterocigosidad media a lo largo de 100 años, en el escenario base, como una función del tamaño de la población definida por la capacidad de carga del hábitat en el rango de 10-200 animales de 1 y más años. El tiempo de generación para las hembras es aproximadamente 4.5

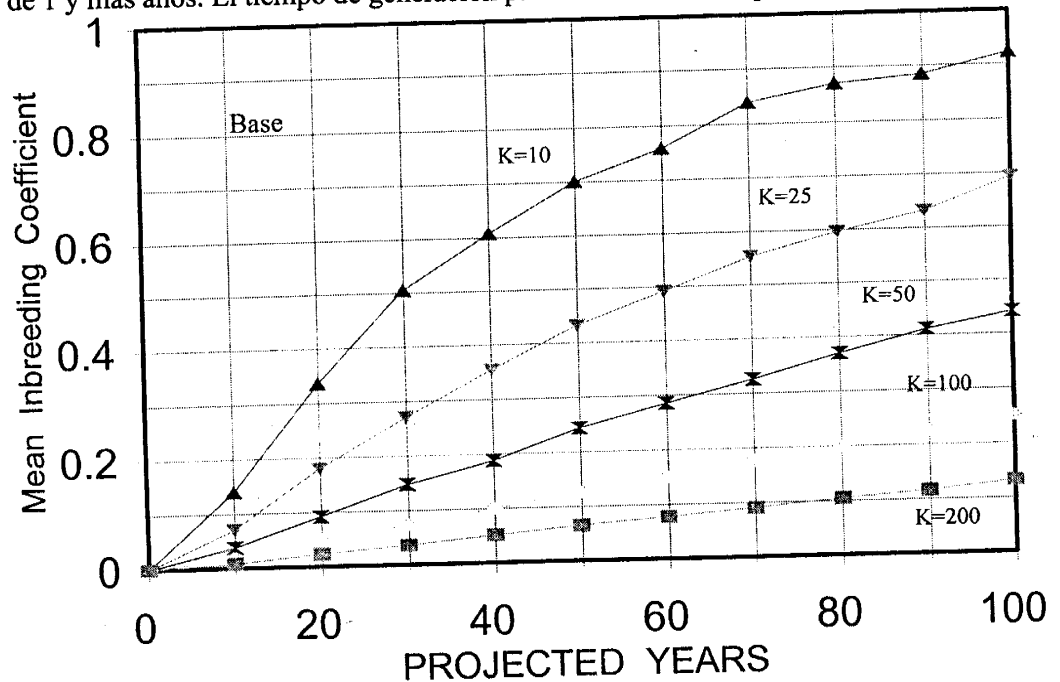


Figura 10. Crecimiento en el coeficiente endogámico medio a lo largo de 100 años, en el escenario base, como una función del tamaño de la población definida por la capacidad de carga del hábitat en el rango de 10-200 animales de 1 o más años. El tiempo de generación para las hembras es aproximadamente 4.5 años.

# Investigaciones: Informe del Grupo

---

*Participantes: Julio Gisbert, Paco Robles, Emilio Virgos, Luis Dominguez, Francisco Palomares*

El Grupo identificó los temas más importantes sobre el tópico de investigación. Estos fueron:

1. Reconocer que la investigación es necesaria e imprescindible para un correcto y eficaz manejo y conservación de las poblaciones de lince.
2. No existe un plan director de prioridades en la investigación del Lince y una coordinación adecuada con los gestores.
3. Los recursos destinados a la investigación son muy escasos y discontinuos en el espacio y en el tiempo.
4. Los resultados de la investigación son raramente aplicados. En muchos casos son soluciones a medio y largo plazo difíciles de aplicar in situ que no parece recomensar las medidas que hay que tomar.
5. A menudo los investigadores no publican sus resultados.

El Grupo amplió estos temas y desarrolló propuestas de acción para cada uno.

1. **RECONOCER QUE LA INVESTIGACION ES NECESARIA E IMPRESCINDIBLE PARA UN CORRECTO Y EFICAZ MANEJO Y CONSERVACION DE LAS POBLACIONES DE LINCE. MEDIDAS DE GESTION NO BASADAS EN DATOS FIABLES Y ESPECIFICOS A CADA PROBLEMA PUEDEN, A MEDIO Y LARGO PLAZO, DESPILFARRAR LOS ESCASOS RECURSOS DISPONIBLES.**

## **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Arbitrar formalismos que permitan y obliguen a hacer investigación aplicada al lince. Por ejemplo, se podría contemplar la obligatoriedad de dedicar un porcentaje de los recursos para la investigación.
- b) Estos formalismos deberían incluir a todas las administraciones y sectores con responsabilidad directa en la conservación del lince, y podrían quedar plasmados en acuerdos o convenios entre las administraciones y organismos de investigación. El convenio debe dejar claro el papel de cada organismo.
- c) Esta estrategia se puede incluir dentro de los planes de recuperación o manejo específicos (internacionales, nacionales, regionales, comarcales, etc.) del lince.

2. **NO EXISTE UN PLAN DIRECTOR DE PRIORIDADES EN LA INVESTIGACION DEL LINCE Y UNA COORDINACION ADECUADA CON LOS GESTORES. LA INVESTIGACION DESCOORDINADA REPERCUTE EN UNA PERDIDA DE EFECTIVIDAD EN LA TOMA DE DATOS IMPRESCINDIBLES PARA LA CONSERVACION DEL LINCE. NO EXISTE COMUNICACION FLUIDA ENTRE LOS COLECTIVOS DE LOS INVESTIGADORES Y LOS GESTORES QUE FACILITE LA IDENTIFICACION DE LOS PROBLEMAS REALES QUE LOS CIENTIFICOS DEBEN ABORDAR. SE DEBERIA DE PROMOVER UNA REUNION EN LA QUE DELIMITAR LAS PRIORIDADES DE INVESTIGACION, TANTO SOBRE TEMAS CONCRETOS COMO LAS AREAS DONDE DEBERIAN SER REALIZADOS.**

#### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Crear una lista de prioridades de investigación.
- i. Desarrollar la técnica o técnicas que permitan 1) conocer y confirmar la presencia de lince, y 2) estimar el tamaño de sus poblaciones, a ser posible con una metodología estandarizada.
  - ii. Estudio de la variabilidad genética de la población de lince en la Península.
  - iii. Reproducción del Lince en el campo: productividad, supervivencia de las crías, tamaño de camada, razón de sexos, edad de la primera y última reproducción, éxito reproductivo de por vida, fisiología de la reproducción, etc.
  - iv. Identificar la estructura de la población en las zonas más representativas del área de distribución del Lince en la Península: fuentes, sumideros, etc.
  - v. Causas de mortalidad en áreas montañosas.
  - vi. Factores que determinan la abundancia y distribución del conejo.
  - vii. Estudio sanitario de las poblaciones de lince y otros carnívoros silvestres y domésticos simpátricos.
  - viii. Características de los requerimientos de hábitat en áreas montañosas: estructura de la vegetación, relación entre la densidad de población y la abundancia de conejos, etc.
  - ix. Posibilidad de extracciones de lince del campo y translocación a otros lugares.
  - x. Diseño de corredores que faciliten la conexión entre poblaciones.
  - xi. Técnicas de mejora de las poblaciones de conejos: mejora del hábitat, repoblaciones, etc.
  - xii. Métodos de control de depredadores: efectos potenciales sobre las poblaciones de lince.
  - xiii. Estudio experimental de la cría en cautividad.
  - xiv. Factores socioeconómicos que han determinado la degradación del hábitat para el lince.
  - xv. Efecto de la estructura del paisaje sobre la viabilidad de las poblaciones o metapoblaciones de lince: uso de modelos espacialmente explícitos.
  - xvi. Patrones de dispersión en áreas montañosas.
  - xvii. Permeabilidad de barreras potenciales.
  - xviii. Identificación de los colectivos menos sensibles al problema de la conservación del lince.
  - xix. Efecto real de las enfermedades en el conejo y extracciones antropogénicas (gestión de la caza).
  - xx. Interacciones con otras especies.

- Incidencias de la actividad humana sobre los lince: actividades tradicionales, agropecuarias, turismo rural, grandes infraestructuras, etc.
  - Sistemas de apareamiento.
  - Coevolución parasito-hospedador.
  - Buscar métodos de individualización.
  - Estudio de la variabilidad genética del conejo
  - Estudios sobre procesos evolutivos: heterocronias en el Lince Ibérico.
  - Historia evolutiva en el Lince Ibérico.
  - Relaciones filogenéticas con otros felinos del linaje de los panterinos.
  - Evolución taxonómica de las poblaciones y variación geográfica.
- b) Crear una comisión coordinadora que vele por la calidad de los proyectos de investigación presentados.
- c) Destinar los recursos disponibles en función de estas prioridades.
- d) Los proyectos de investigación deberían contemplar la participación activa de miembros de los equipos de gestión del lugar o lugares donde la investigación se está llevando a cabo.
- e) Los resultados aplicados de la investigación deberían ser claramente expuestos en la documentación final presentada.
- f) Los investigadores y responsables del proyecto deberían presentar públicamente los resultados mas significativos de la investigación en el foro o foros mas adecuados de la administración.

**3. LOS RECURSOS DESTINADOS A LA INVESTIGACION SON MUY ESCASOS Y DISCONTINUOS EN EL ESPACIO Y EN EL TIEMPO. HAY QUE TENER EN CUENTA QUE ESTOS RECURSOS SOLO SUPONDRAN UNA MINIMA PARTE DE LO QUE SE ESTA GASTANDO EN REALIDAD PARA CONSERVAR AL LINCE IBERICO, Y SIN EMBARGO PUEDEN DETERMINAR EL EXITO O FRACASO DE LAS ACTIVIDADES DE MANEJO. LOS ESTUDIOS A MEDIO Y LARGO PLAZO EN DIFERENTES AREAS SON FUNDAMENTALES PARA ENTENDER LOS FACTORES CAUSANTES DEL DECLIVE DE ESPECIES DE LARGA VIDA COMO EL LINCE.**

**ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Plasmar en documentos públicos los fondos que se dedican al lince, y que porcentaje de ellos son específicos de investigación.
- b) Hacer un balance que permita valorar la efectividad de las medidas adoptadas basadas en las recomendaciones de los estudios científicos realizados.
- c) Asegurar que haya un seguimiento de las poblaciones o actuaciones relacionadas con el Lince a lo largo del tiempo.
- i. Utilizar métodos estandarizados en el tiempo y espacio.
  - ii. Debe haber presupuestos específicamente asignados a las actividades de seguimiento.
  - iii. Los seguimientos básicos que deben siempre mantenerse serian: número de lince y conejos y variaciones geográficas y en el tiempo.

- d) Asegurar un análisis periódico de los datos obtenidos durante las actividades de seguimiento de las poblaciones o actuaciones.

**5. LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION SON RARAMENTE APLICADOS. EN MUCHOS CASOS SON SOLUCIONES A MEDIO Y LARGO PLAZO DIFICILES DE APLICAR IN SITU QUE NO PARECE RECOMPENSAR LAS MEDIDAS QUE HAY QUE TOMAR. EN OTROS MUCHOS CASOS PARECE QUE HAY FALTA DE VOLUNTAD POLITICA PARA APLICAR LAS MEDIDAS PROPUESTAS.**

**ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Exigir que las diferentes administraciones expliquen las medidas tomadas que reflejen los resultados obtenidos con los proyectos de investigación.
- b) Creación de un comité externo que valore la correcta aplicación de las medidas llevadas a cabo por las administraciones.

**6. A MENUDO LOS INVESTIGADORES NO PUBLICAN SUS RESULTADOS. LA PUBLICACION DE LOS RESULTADOS EN REVISTAS CIENTIFICAS DE RECONOCIDO PRESTIGIO NACIONAL O INTERNACIONAL HACE ACCESIBLE LOS RESULTADOS A LOS GESTORES Y DA GARANTIA DE CALIDAD.**

**ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Utilizar la productividad científica (experiencia/capacidad demostrada) del equipo investigador como un criterio importante de valoración cuando haya que decidir sobre adjudicaciones de proyectos de investigación.
- b) Crear una comisión externa que evalúe la trayectoria y calidad científicas de los responsables del proyecto. Las comisiones externas a las que se hace referencia en diferentes partes del escrito podrían quedar representadas en un Comité Científico dentro del Grupo de Trabajo del Lince, o por el propio Grupo.

**CONCLUSIONES**

Se considera conveniente arbitrar una serie de fórmulas administrativas para llevar a la práctica las medidas de conservación del Lince con una base científica, mediante la adopción de convenios o acuerdos específicos entre las administraciones gestoras y los centros de investigación. Se enfatiza la necesidad de establecer una lista de prioridades en los temas a los que hay que destinar los fondos para investigación, y se recomienda que en los equipos de investigación tomen parte activa miembros de la administración gestora con el fin de mejorar la coordinación. Se manifiesta la necesidad de potenciar en duración, diversidad geográfica, y cantidad los fondos dedicados a la investigación aplicada a la conservación del lince, así como garantizar el desarrollo de programas de seguimiento de las poblaciones de lince y conejos. Hay que velar porque los resultados de la investigación sean correctamente

aplicados, así como adecuadamente difundidos a las administraciones encargadas de la gestión, la sociedad, y la comunidad científica nacional e internacional.

# Cría en Cautividad: Informe del Grupo

---

*Participantes: Antonio Aranda, Juan Manuel Blanco, Jesús Garzón, Luis Mariano González, Ursula Höfel, Pablo Pereira, Melody Roelke, Astrid Vargas, David Wildt*

## Introducción

A la hora de desarrollar un programa de cría en cautividad para especies en peligro de extinción, es necesario desarrollar objetivos claros y bien definidos. En primer lugar hay que desarrollar buenas técnicas de cría y manejo de la población cautiva, y desde un principio tener claro si estas técnicas van a ser utilizadas como recurso de conservación a pequeña o a gran escala.

1. **A pequeña escala:** desarrollo y puesta a punto de técnicas de cría en cautividad para poder producir el mayor número de animales posible, en situaciones de crisis, cuando sea necesario el uso de todos los medios al alcance para reforzar la población silvestre. La finalidad principal de la población cautiva será la de servir como núcleo para la investigación y desarrollo de técnicas de manejo importantes para la conservación de la especie. La cría en cautividad a pequeña escala supone mantener 2-3 centros de cría con el suficiente número de animales en cada uno para poder realizar los trabajos de investigación pertinentes.
2. **A gran escala:** desarrollo de un programa de cría cuya finalidad sea el establecimiento de una población cautiva viable y autosuficiente, que sirva para preservar la variabilidad genética de la especie, y cuya meta final sería la reintroducción de animales en áreas de distribución histórica. Estos planes a gran escala (en los que se basan la mayoría de los Species Survival Plans de los EE.UU.), suelen tener como objetivo el mantener un 90% de la variabilidad genética existente en estado silvestre durante un periodo de 200 años. El desarrollo de semejante programa de cría en cautividad supone la adquisición de suficiente espacio para mantener entre 100-200 ejemplares de Lince en cautiverio, aunque este número siempre dependerá del grado de interacción (intercambio genético) entre las poblaciones silvestres y la población cautiva.

Teniendo en cuenta la pérdida potencial de adaptabilidad a la vida silvestre de los animales cautivos, y que las técnicas de cría en cautividad desarrolladas hasta la fecha no son muy efectivas, y sí muy costosas, parece poco recomendable desarrollar un programa de cría de Lince a gran escala en este momento. Sin embargo, debido a que el Lince Ibérico es una especie muy vulnerable y en declive, es importante comenzar a desarrollar técnicas de cría y manejo en cautividad que sean viables y efectivas, es decir, establecer un programa de cría experimental a pequeña escala. La puesta a punto de dichas técnicas podrá servir de base para preparar un plan de acción en caso de que haya que recurrir a la cría artificial como medida de urgencia para la conservación de la especie. A su vez, la población cautiva experimental ayudará a desarrollar técnicas de conservación de material genético que, en un futuro, pueden ser de gran utilidad para el manejo de poblaciones silvestres. Los animales cautivos también se podrán utilizar con fines educativos y para la creación de documentales y



reportajes fotográficos encaminados a aumentar los apoyos sociales y gubernamentales necesarios para la conservación de la especie.

## **¿POR QUÉ NECESITAMOS UN PROGRAMA DE CRÍA?**

- Para tener lince en cautividad que ayuden a concienciar al público y aumenten el apoyo necesario para conservar esta especie. Sin apoyo público, no se conseguirá la ayuda necesaria para conservar las poblaciones y el hábitat del Lince de modo efectivo.
- Como recurso para la investigación, para aumentar los conocimientos biológicos sobre la especie y para refinar las técnicas de manejo necesarias para su conservación.
- Para ayudar a conservar la variabilidad genética y, en un futuro, favorecer el intercambio genómico entre poblaciones aisladas.
- Para poder repoblar/reforzar poblaciones silvestres en caso de que estas se extingan (siempre que las causas originales que causaron el declive de la especie hayan desaparecido del área destinada a la reintroducción de lince criados en cautividad).
- Para tener cierto "seguro de vida" frente a la posible extinción del Lince en estado silvestre.

## **PROBLEMAS**

1. Hasta la fecha, no ha habido consenso sobre las necesidades y la viabilidad de iniciar un programa de cría para el Lince Ibérico.
2. No existe una población cautiva adecuada para el desarrollo de buenas técnicas de manejo e investigación.
3. No existe ninguna estrategia para conservar el material genético de las actuales poblaciones de Lince Ibérico.
4. No existen los conocimientos suficientes sobre técnicas de reproducción y manejo en cautividad que ayuden a producir animales viables para desarrollar un posible programa de reintroducción en el caso de que esta técnica de manejo sea necesaria para la futura recuperación de la especie.
5. No existen buenas técnicas de captura (excepto para la población de Doñana) que aseguren la obtención de suficientes animales para desarrollar un Banco de Recursos Genómicos o para la captura de suficientes animales en caso de que se produzca una crisis.

## **PRIORIDADES**

1. Definir claramente los objetivos y el calendario de acciones para desarrollar el Programa Experimental de Cría en Cautividad del Lince Ibérico. Crear un plan de manejo e investigación en cautividad que sea consensuado por los participantes en el Programa de Recuperación y también otros especialistas en la especie.
2. Minimizar el número de lince capturados en estado silvestre para el desarrollo y mantenimiento de un programa de cría experimental para el Lince Ibérico.

3. Teniendo en cuenta que las poblaciones silvestres pueden estar perdiendo diversidad genética a un ritmo vertiginoso (U. Seal, resultados preliminares del modelo VORTEX para el Lince Ibérico), se recomienda desarrollar el programa de cría a partir de 12 fundadores (dos de ellos se encuentran ya en cautividad, y los 10 restantes serán los únicos animales "extraídos" del campo para el programa de cría). A largo plazo, el programa de cría procurará mantener de 2 a 3 poblaciones cautivas con un mínimo de 30 (y hasta un total de 50) lince que sirvan como recurso para la investigación y el desarrollo de técnicas relevantes para la conservación de la especie.
4. Refinar las técnicas de captura en poblaciones distintas a la de Doñana para así poder: a) realizar el seguimiento de las diversas poblaciones silvestres; b) capturar los fundadores necesarios para el programa de cría; c) recoger las muestras necesarias para mantener el material genómico de las poblaciones silvestres.
5. Crear un Banco de Recursos Genómicos para la ayudar a conservar la diversidad genética existente en las poblaciones silvestres. Para ello, es prioritario colaborar con gestores y biólogos de campo para poder obtener el mayor número de muestras de las poblaciones silvestres que aseguren el mantenimiento de la mayor heterocigosis posible.
6. Desarrollar técnicas de reintroducción. Como parte del programa experimental se considera importante poner a punto técnicas viables de reintroducción, por si llega el caso en que haya que recurrir a esta técnica para reforzar poblaciones silvestres.
7. Desarrollar campañas de sensibilización y educación utilizando animales mantenidos en cautividad para concienciar al público sobre la importancia de conservar al Lince y al hábitat del que este depende.
8. Asegurar fondos para apoyar dichas prioridades. Consideramos importante que los fondos que se dediquen al programa de cría no compitan con aquellos destinados a la conservación del hábitat y de las poblaciones silvestres de lince, que han de ser el objetivo prioritario del Programa de Recuperación.
9. Considerar el Programa Experimental de Cría en Cautividad como una parte del Programa Ibérico de Recuperación, crear un Grupo de Trabajo para la Cría en Cautividad del Lince Ibérico y fomentar la comunicación y colaboración entre las distintas partes involucradas en la conservación del lince.

### **PLAN DE ACCIONES PARA DESARROLLAR UN PROGRAMA EXPERIMENTAL DE CRÍA EN CAUTIVIDAD PARA EL LINCE IBÉRICO**

El objetivo fundamental es desarrollar un programa experimental de cría (a pequeña escala) cuya base sea la investigación científica y la aplicación de técnicas ya empleadas con éxito en otras especies de felinos salvajes, al objeto de servir para aumentar los conocimientos sobre la biología de esta especie y a desarrollar mas ampliamente técnicas de manejo encaminadas a asegurar la conservación del Lince en caso de que se produzca una crisis en la población silvestre. Para ello hace falta:

1. Analizar y consensuar un programa de cría en cautividad para el Lince Ibérico. Se recomienda utilizar esta propuesta como base y evaluar otras propuestas desarrolladas hasta la fecha.
2. Establecer una población cautiva inicial con animales saludables y en edad reproductiva.
3. Mantener en cautividad el suficiente número de lince para poder llevar a cabo las investigaciones pertinentes.
4. Mantener el suficiente número de lince para prevenir, en el grado en que sea posible, la endogamia dentro de la población cautiva.
5. El programa que se propone pretende utilizar las técnicas de criopreservación de gametos para minimizar el número de animales a capturar para constituir el stock reproductor. Basándonos en el modelo VORTEX desarrollado durante el PHVA del Lince Ibérico, proponemos establecer un programa de cría con 12 fundadores (5 machos y 7 hembras). Para ello, habrá que capturar 10 lince (5 machos y 5 hembras) en el plazo de 4 años.

#### **ACCIONES PROPUESTAS PARA LA FASE INICIAL DEL PROGRAMA EXPERIMENTAL DE CRÍA:**

- a) Utilizar el Centro Experimental de Cría del Acebuche (a partir de ahora nos referiremos a él como Centro del Acebuche o Centro), situado en el Parque Nacional de Doñana, para desarrollar las fases iniciales del programa experimental de cría.
- b) Retirar los dos animales que tienen la menor capacidad reproductiva del Centro del Acebuche (hembras de 6 y 11 años). Se recomienda el uso de estos lince con fines educativos.
- c) Iniciar, con carácter inmediato, el programa experimental de cría con un total de 7 animales (3 machos y 4 hembras). Utilizar 2 de las hembras presentes en el Centro del Acebuche y capturar 5 lince adicionales (3 machos y 2 hembras) de poblaciones tan diversas como sea posible.
- d) Los lince capturados han de ser jóvenes en edad reproductiva (entre 1 y 3 años).
- e) Antes de incorporar los animales a las instalaciones de cría del Centro del Acebuche, estos han de ser sometidos a un periodo mínimo de 6 semanas de cuarentena.
- f) Tan pronto se incorporen los animales al Centro, recoger todos los materiales biológicos que sea posibles (muestras de sangre, orina, heces y, en el caso de los machos, semen). Todas las muestras de semen deberán ser criopreservadas. Es imperativo recoger muestras de plasma sanguíneo tan pronto como los animales entren en el Centro.
- g) Marcar a todos los animales que entran en el Centro con tatuajes y microchips (transponders).

- h) Mantener un studbook como base de datos para el manejo genético y demográfico de la población cautiva. Llevar a cabo los cruces entre animales basándose en las recomendaciones genéticas indicadas en SPARKS (programa necesario para mantener un studbook).
- i) Todos los animales han de estar establecidos en el Centro antes de finalizar el año 1999.
- j) Determinar desde un principio qué se va a hacer con la progenie cautiva una vez los cachorros se independicen de la madre (traslado a nuevos Centros de Cría, desarrollo de técnicas para la reintroducción, o en el futuro posiblemente como exhibiciones en zoológicos, etc.). Las decisiones y trámites necesarios para dar salida a la progenie cautiva se han de negociar antes de iniciar la cría en cautividad para evitar problemas de hacinamiento y de mantener a los animales en condiciones inaceptables.
- k) Procurar producir al menos 2 camadas durante los dos primeros años de cría.
- l) Durante estos dos primeros años, hacer un estudio intensivo de los animales cautivos (mantener registros que incluyan conducta animal y fisiología reproductiva (recoger muestras de heces para analizar esteroides fecales, recoger muestras de semen trimestralmente).

#### **ACCIONES PROPUESTAS PARA LA SEGUNDA FASE DEL PROGRAMA EXPERIMENTAL DE CRÍA:**

Seleccionar 2-3 Centros adicionales para la cría en cautividad del lince. Estos Centros han de ser capaces de albergar al menos 10 animales (preferiblemente 15) cada uno. Se recomienda mantener un mínimo de 30 (o un máximo de 50) lince cautivos a partir de la población de 12 fundadores. Este número (30) incluye los 8 presentes en Doñana. El manejo genético de estas poblaciones se reforzará con aportes genómicos a partir de semen de machos de las poblaciones silvestres.

- a) Considerar la incorporación de 5 nuevos lince (2 machos y 3 hembras) para contribuir al núcleo de fundadores, en un plazo de 4 años.
- b) A la hora de seleccionar los nuevos Centros de Cría, dar especial preferencia a centros ubicados en el área de distribución del lince. Esta táctica permitirá desarrollar buenas técnicas de entrenamiento para los animales cautivos destinados al programa experimental de reintroducción.
- c) Aplicar los conocimientos aprendidos durante la fase inicial del programa durante el establecimiento y el desarrollo de prioridades para la investigación de estas nuevas subpoblaciones cautivas.
- d) Recomendar que las partidas presupuestarias para la cría en cautividad no procedan de las mismas fuentes que los fondos destinados a la conservación en el campo. Los fondos destinados a apoyar el programa de cría no han de diezmar los fondos destinados a la conservación del hábitat y de las poblaciones silvestres de lince.

## INVESTIGACIÓN

### 1. Creación de un Banco de Recursos Genómicos (BRG)

- a) Creación de un BRG para minimizar el número de animales a capturar en estado silvestre, y para preservar, en el mayor grado posible, la diversidad genética que se encuentra en las poblaciones silvestres actuales.
- b) Validar las técnicas ya desarrolladas sobre reproducción asistida en otras especies de felinos para el Lince Ibérico. Estas técnicas incluyen: Recolección, procesado y criopreservación de semen, inducción a la ovulación, e inseminación artificial.
- c) Seguimiento continuo de la actividad reproductiva de las hembras (analizar metabolitos hormonales en las heces y determinar su correlación con patrones de conducta).
- d) Una vez que las técnicas de recolección, procesado y criopreservación del semen estén a punto, se recomienda llevar a cabo un taller para entrenar a veterinarios y biólogos de campo en el uso de estas técnicas.
- e) Aplicación de las técnicas de conservación de semen en las poblaciones silvestres.
- f) Recoger muestras de semen y materiales genéticos (linfocitos, suero sanguíneo, biopsias de piel que sean viables) de todos los animales capturados en el campo.
- g) Se recomienda que cada Comunidad Autónoma designe (o contrate) una o varias personas (o Centros) que se encargarían de la recogida y conservación del material genético de los animales que se capturasen en su territorio.

### 2. Reintroducción

Aunque la finalidad prioritaria del programa de cría que se propone no es la reintroducción de la especie, se considera importante poner a punto las técnicas necesarias por si llega el caso de que haya que recurrir a ellas para conservar la especie.

- a) Evaluar toda la literatura publicada sobre la reintroducción del Lince Europeo y otras especies de carnívoros. Aplicar y validar los conocimientos ya desarrollados al programa experimental de reintroducción del lince.
- b) Realizar experimentos sobre el manejo de cachorros criados en cautividad para determinar su potencial para ser reintroducidos. Realizar estudios sobre conductas innatas y adquiridas, transmisión de información de la madre a los cachorros, proceso de independencia de los cachorros, etc.
- c) Prevenir la domesticación de los animales cautivos mediante técnicas de manejo que incluyan un enriquecimiento ambiental que favorezcan el desarrollo y la expresión de conductas naturales.

- d) Determinar los elementos esenciales para el entrenamiento de lince destinados al programa de reintroducción.
- e) Asegurarse que los animales destinados al programa experimental de reintroducción ni padezcan ni sean portadores de enfermedades infecciosas. Crear las medidas necesarias para evitar introducir nuevas enfermedades en el campo a través de la reintroducción de animales cautivos.
- f) Recomendamos que los nuevos centros de cría incluyan en el diseño de sus instalaciones la capacidad de entrenar lince para su liberación.

### **3. Otras áreas de investigación**

- a) Enfermedades: Determinar la "transmisibilidad" de enfermedades entre el Lince y sus presas. Desarrollo de tratamientos y vacunas para las distintas enfermedades que puedan afectar al Lince y a sus presas.
- b) Fisiología: Estudios sobre stress en cautividad, termorregulación, necesidades energéticas.
- c) Nutrición: Evaluación de la dieta administrada a los animales cautivos, estudios sobre preferencias alimentarias innatas y adquiridas.

## **EDUCACIÓN**

1. Desarrollar un programa educativo (en colaboración con expertos en la materia y con organizaciones que ya estén llevando a cabo dichas campañas) que ayude a aumentar la concienciación y el apoyo social y gubernamental.
2. No usar los centros de cría como centros educativos. Utilizar animales seniles o no útiles desde el punto de vista reproductivo, para desarrollar los programas educativos. De momento, hay 2 hembras en el Centro del Acebuche que se consideran substandard para el programa de cría y que podrían ser utilizadas con fines educativos.
3. Crear materiales educativos que expliquen la necesidad de conservar lince en estado silvestre y la necesidad de mantener un programa de cría en cautividad.
4. Utilizar el programa educativo para conseguir ayuda financiera para el programa de conservación del lince.

## **COORDINACIÓN**

1. El programa experimental de cría en cautividad ha de ser considerado una de las piezas de la estrategia global para la conservación del Lince Ibérico. Se recomienda que el Programa de Recuperación para esta especie incluya a representantes del programa experimental de cría.

2. Se recomienda establecer un Grupo de Trabajo para la Cría en Cautividad del Lince Ibérico que ayude a:
  - a) Desarrollar técnicas y protocolos de cría en cautividad
  - b) Desarrollar propuestas de investigación.
  - c) Proponer planes de acción y manejo de la población cautiva a los gestores del Programa Ibérico de Recuperación.
  - d) Compartir información y asistencia técnica con entidades involucradas en otros proyectos de cría y con expertos en conservación de poblaciones silvestres de Lince Ibérico.

## CONCLUSIONES

Debido a la creciente pérdida de heterozigosis que se produce en poblaciones pequeñas y fragmentadas tales como las del Lince Ibérico, se considera necesario y urgente el desarrollar técnicas de cría y manejo de la especie en cautividad. Para ello, se propone el desarrollo de un programa experimental de cría, cuya base sea la investigación científica, y que por tanto ayude a aumentar los conocimientos sobre la biología de esta especie y a desarrollar técnicas de manejo encaminadas a asegurar la conservación del Lince en caso de que se produzca una crisis en la población silvestre. Asimismo se considera que, en ningún momento, el programa de cría deberá desplazar a la conservación "in situ" (conservación de hábitats y ecosistemas). El programa experimental de cría en cautividad del Lince Ibérico ha de ser paralelo a los estudios de campo y ha de apoyar los esfuerzos realizados por mantener la especie en su hábitat natural.

# Aspectos Sociopolíticos y Jurídicos: Informe del Grupo

---

*Participantes: Georgina Alvarez, Juan Carlos Blanco, Javier Caldera, Helena Ceia, Miguel Delibes, Rosa García Perea, José Luis González, Charo Pintos, Theo Oberhuber*

## TEMAS A TRATAR POR EL GRUPO A PROPUESTA DEL PLENARIO :

### 1. ASPECTOS POLÍTICOS Y JURÍDICOS

- Modificar la legislación.
- Incentivos a la gestión privada.
- Planificación, coordinación (España, Portugal, Europa; CC.AA., Admón. Central), entre diferentes sectores de la administración, Admón - ONGs; optimización de esfuerzos.
- Cooperación y diálogo entre investigadores y gestores; asesoramiento científico en la toma de decisiones en la gestión; participación.

### 2. ASPECTOS SOCIALES A NIVEL LOCAL Y GENERAL: SENSIBILIZACIÓN

- Sensibilización a nivel local y general.
- Formación y sensibilización de sectores de la administración.
- Desconocimiento de la ciencia de la sensibilización.
- Generación de empleo.
- Formación y sensibilización de otros sectores (cazadores, escolares, propietarios...).
- Medios de comunicación.

## PROBLEMAS DETECTADOS EN BASE A LOS TEMAS PROPUESTOS

### 1. PROBLEMAS POLÍTICOS Y JURÍDICOS

- Contradicción en la aplicación de instrumentos financieros comunitarios (reforestación e infraestructuras) sobre medidas de apoyo a la conservación.
- Falta de adecuación de la normativa en materia cinegética (por ejemplo: mallas), evaluación de impactos ambientales.
- Falta de normativa en relación con incentivos a propietarios privados para la conservación del Lince Ibérico y de especies amenazadas en general.
- Falta de una estrategia común de actuaciones para la conservación del Lince Ibérico en toda su área de distribución, y de la financiación necesaria para su ejecución.
- Insuficiencia de coordinación para abordar una gestión adecuada de la especie y su hábitat:
  - Coordinación entre países.



- Coordinación entre la administración central y las autonómicas.
- Coordinación entre sectores de la administración.
- Coordinación entre administración, ONGs e investigadores.
- Falta de conocimientos adecuados para la toma de decisiones en la gestión del hábitat y las poblaciones de Lince Ibérico.

## **2. PROBLEMAS SOCIALES A NIVEL LOCAL Y GENERAL: SENSIBILIZACIÓN**

- Falta de interés por la no-obtención de beneficios.
- Visión de la especie como competidor por determinados recursos.
- Falta de sensibilidad por desconocimiento.

## **PROBLEMAS MÁS DESTACADOS Y ACCIONES PROPUESTAS**

### **1. AUSENCIA DE UNA ESTRATEGIA IBÉRICA PARA LA CONSERVACIÓN DEL LINCE.**

Es necesaria una estrategia común de actuaciones para la conservación del Lince Ibérico en toda su área de distribución, y la financiación para su ejecución.

#### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Elaboración de una estrategia que contenga las líneas directrices para la redacción de los planes de recuperación.
  - i. Convenio de cooperación entre España y Portugal.
  - ii. Creación de un equipo redactor, de coordinación y de seguimiento de la estrategia de entre los componentes del grupo de trabajo Lince Ibérico, al que se incorporarán la administración de Portugal, instituciones científicas, ONGs y otros.
  - iii. El citado equipo potenciará proyectos cuya aplicación afecten a más de una CC.AA. o país.
  - iv. Publicación de las líneas directrices en los boletines oficiales de cada uno de los países implicados. Incluyendo una referencia expresa a las fuentes de financiación.
  - v. Establecimiento de un plazo de un año desde su publicación, para la elaboración, aprobación y publicación de los planes de recuperación del Lince Ibérico por las CC.AA. Españolas y por el estado de Portugal, que estarán basados en el citado documento. Se tendrá en cuenta la problemática específica de poblaciones fronterizas entre estados y CC.AA.
  - vi. Elección por consenso de un coordinador-animador para cada estado, que se integrará en el equipo de redacción, coordinación y seguimiento.

- b) El ámbito de aplicación será el área de distribución actual y potencial de la especie, incluyendo las áreas de conexión entre las distintas poblaciones.
- c) Revisión y actualización de la estrategia cada cinco años.

## **2. INSUFICIENTE COORDINACIÓN ENTRE DISTINTAS ADMINISTRACIONES Y EN EL SENO DE CADA ADMINISTRACIÓN, Y FALTA DE MECANISMOS ADECUADOS PARA EVITAR O RESOLVER CONFLICTOS. ASÍ MISMO, FALTA DE COORDINACIÓN CON OTROS SECTORES.**

Necesidad de coordinación para abordar una gestión adecuada de la especie y su hábitat:

- Entre países.
- Entre la administración central y las autonómicas.
- Entre sectores de la administración.
- Entre administración ONGs e investigadores.

Inadecuada aplicación de los conocimientos disponibles para la toma de decisiones en la gestión del hábitat y las poblaciones de Lince Ibérico.

### **ACCIONES PROPUESTAS**

#### a) Coordinación política-administrativa

##### i. Entre España y Portugal:

- la coordinación entre los dos países que engloban el área de distribución del Lince Ibérico, entendemos se conseguiría con la formalización del convenio de cooperación enunciado en el punto 1; y a través de los coordinadores-animadores de la estrategia ibérica.

##### ii. Entre administración general del estado y CC.AA. (organismos ambientales).

- utilización de los órganos de coordinación existentes en la actualidad.
- animador-coordinador de la estrategia ibérica en España.

##### iii. Entre otros sectores de la administración central o autonómica y sector medioambiental del estado y de las CC.AA.

- invitar a representantes de sectores no ambientales a participar en el equipo director de la estrategia, descrito en el punto 1(a)i. Para intercambiar información y cuando sea necesario.
- elevar la estrategia a la conferencia sectorial de medio ambiente.
- facilitar la información disponible sobre el área de distribución de la especie.

- dada la crítica situación del lince, la conservación de sus poblaciones y la de sus hábitats, debe ser prioritaria frente a proyectos de otros sectores.
- iv. Otros sectores de interés.
- participación en debates, estrategia y planes.
  - integración en el equipo redactor, director y de seguimiento de la estrategia.
- b) Hacer asequible la información científica a todos los sectores, mediante:
- i. Integración de investigadores en el equipo redactor, director y de seguimiento de la estrategia.
  - ii. Participación en debates, estrategia y planes.
  - iii. Animar a los investigadores a divulgar sus resultados en jornadas, mesas redondas, revistas, etc. de amplio espectro.

### **3. INSUFICIENTES INCENTIVOS PARA CONSERVAR EL MONTE MEDITERRÁNEO, HÁBITAT DEL LINCE, Y PRESENCIA DE INCENTIVOS PARA TRANSFORMACIÓN.**

- Contradicción o mala interpretación en la aplicación de instrumentos financieros comunitarios (reforestación e infraestructuras) respecto a las medidas de apoyo a la conservación.
- Falta de normativa en relación con incentivos a propietarios privados y otros sectores para la conservación del Lince Ibérico y de especies amenazadas en general.

#### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Se crearán incentivos que contribuyan a conservar el matorral mediterráneo, mediante la financiación de medidas de mejora y conservación.
  - i. Se incorporarán criterios para la aplicación de medidas agroambientales favorables a la conservación del hábitat del Lince Ibérico. Para lo cual se propone la elaboración de planes zonales que cubran el área de distribución del lince.
  - ii. Toda solicitud de desbroce o reforestación en el área de distribución del lince, deberá tener, en caso de aprobación, una serie de condicionantes que aseguren la conservación de su hábitat, establecidas por el órgano de conservación competente.
  - iii. Reconocimiento público de las fincas con presencia de lince.

iv. Se estudiará la aplicación de incentivos de otro tipo (ejemplo: contratos de gestión entre la administración y propietarios de fincas en el área de distribución del lince).

- b) En ningún caso podrán emplearse fondos públicos para subvencionar actividades que supongan eliminación drástica del matorral u otros hábitats favorables para la especie, en el área de distribución actual o potencial del lince.
- c) Todos los incentivos positivos relacionados, así como los controles que deben ejercerse para evitar alteraciones del hábitat del Lince Ibérico, derivados de otros instrumentos financieros, deberán reflejarse convenientemente en la normativa legal.

#### **4. FALTA DE ADECUACIÓN DE LA NORMATIVA EN MATERIA CINEGÉTICA (EJEMPLO: MALLAS), EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.**

##### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) No se autorizará de forma excepcional el uso de métodos masivos o no selectivos para el control de predadores o el descaste de conejos en el área de distribución actual y potencial del lince.
- b) Desarrollo reglamentario del diseño de malla para que sea permeable en toda su longitud al paso del lince, en cumplimiento de la Ley 4/89 en España; y desarrollo de una normativa reguladora del vallado cinegético en Portugal.
- c) Someter a Evaluación de Impacto Ambiental según el procedimiento establecido en el R.D. 1302/86 de 28 de junio, aquellas actuaciones de cierta relevancia que se desarrollen en zonas que sustenten poblaciones linceras, y que puedan implicar la alteración del hábitat o la mortalidad no natural de ejemplares (replantaciones carreteras, canteras, embalses, etc.), ampliando para ello el listado de actividades incluidas en el Anexo I del referido Real Decreto, en estas áreas. En cuanto a otras actividades de menor relevancia que puedan tener repercusiones desfavorables sobre la población de Lince Ibérico, (cambios de cultivo o desbroces de reducida superficie, creación de cortaderos, cortafuegos, caminos de pequeña longitud, etc.), exigir un informe vinculante del órgano medioambiental, como requisito imprescindible para su autorización. Es importante unificar criterios para el uso de todas las Comunidades Autónomas.

#### **5. INSUFICIENTE INFORMACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN A DISTINTOS NIVELES, ASÍ COMO BAJO NIVEL TÉCNICO EN LA PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN EN ÉSTAS TAREAS.**

- Sensibilización a nivel local y general.
- Formación y sensibilización de sectores de la administración.
- Desconocimiento de la ciencia de la sensibilización.
- Generación de empleo.

- Formación y sensibilización de otros sectores (cazadores, escolares, propietarios...).
- Medios de comunicación.

### **ACCIONES PROPUESTAS**

- a) Desarrollo de programas de sensibilización que incluyan los siguientes aspectos:
  - i. identificar distintos sectores sociales que necesitan diferentes mensajes de sensibilización.
  - ii. investigar sobre actitudes y valores (percepción social) de los distintos grupos sociales.
  - iii. evaluar cuantitativamente el éxito de las campañas de sensibilización.
  - iv. incorporar profesionales en la materia y estimular el empleo de técnicas adecuadas.
- b) Desarrollar programas especiales de formación y sensibilización destinados a profesionales implicados en la planificación y ejecución de políticas sectoriales que pueden afectar a la conservación del lince.
- c) Promover planes de comunicación sobre las actividades y programas de conservación del lince.
- d) Subrayar el interés económico de la preservación del Lince y otras especies (generación de empleo, turismo rural, subvenciones internacionales, etc.).

**Análisis de la Viabilidad de Población y del Hábitat  
del Lince Ibérico (*Lynx pardalis*)**

**21-23 de febrero de 1998  
Parque Nacional de Cabañeros, España**

**Informe**

**Sección 3  
Apéndices**

# **Apéndice I**

## **Lista de Participantes**

### **PHVA para el Lince Ibérico**

GEORGINA ALVAREZ JIMENEZ  
PARQUES NACIONALES  
GRAN VIA SAN FRANCISCO Nº 4  
28071 MADRID, ESPANA  
TLF. 91-5975430

ANTONIO ARANDA MORENO  
SERVICIO DE MEDIO AMBIENTE NATURAL DE TOLEDO  
C/ MARQUES DE MENDIGORRIA Nº 4  
45071 TOLEDO, ESPANA  
TLF. 925-267900  
FAX. 925-267910

RAFAEL ARENAS GONZALEZ  
CONSEJERIA DE MEDIO AMBIENTE  
DELEGACION PROVINCIAL CORDOBA  
C/ TOMAS DE AQUINO S/N 7ª PLANTA  
14071 CORDOBA, ESPANA  
TLF.: 957-453211 / 239000  
FAX.: 957- 239013

JOSE MARÍA AZCÁRATE  
JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN  
SALAMANCA APDO 363  
37080 SALAMANCA, ESPANA  
TEL: 91-8152227  
E-MAIL.:PPEREZ@ABONADOS.CPLUS.ES

ISIDRO BARROSO CARRASCO  
PARQUE NATURAL DE DOÑANA  
C/ SANTIAGO Nº3  
21730 ALMONTE, HUELVA, ESPANA  
TLF: 959-450159  
FAX: 959-450471

EDUARDO A. MIGUEL BEASCOECHEA  
FONDO PATRIMONIO NATURAL EUROPEO  
C/ CAPITAN HAYA Nº 23  
28002 MADRID, ESPANA  
TLF. 91- 5569390 / 989-086811

JORGE BERNARD DANZBERGER  
FEDERACION ESPAÑOLA DE CAZA  
C/ FRANCOS RODRIGEZ Nº 70 2º  
MADRID, ESPAÑA  
TLF.: 91-3111411 / 5624465  
FAX.: 91-4506608 / 5643413

JUAN CARLOS BLANCO  
C/ MANUELA MALASAÑA Nº 24  
20004 MADRID, ESPAÑA  
TLF.: 91-5930456  
FAX.: 91-5938670  
E-MAIL.: JC.BLANCO@MX3.REDESTB.ES

JUAN MANUEL BLANCO  
CENTRO DE ESTUDIOS DE RAPACES IBERICAS  
SEVILLEJA DE LA JARA  
45671-TOLEDO, ESPAÑA  
TEL: 925-455004/ 455117  
FAX: 925-455001

ONNIE BYERS  
CBSG  
12101 JOHNNY CATHERIDGE RD.  
APPLE VALLEY, MN 55124, USA  
TLF: 612-431-9325  
FAX: 612-432-2459  
E-MAIL: ONNIE@CBSG.ORG

JAVIER CALDERA DOMINGUEZ  
D. G. DE MEDIO AMBIENTE  
CONSEJERIA DE MEDIO AMBIENTE, URBANISMO Y TURISMO  
C/ GOMEZ BECERRA Nº 21  
10001 CACERES, ESPAÑA  
TLF. 927-210814- 211638

RAFAEL CADENAS DE LLANO AGUILAR  
PARQUE NACIONAL DE DOÑANA  
EL ACEBUCHE  
21760 MATALASCAÑAS (HUELVA), ESPAÑA  
TLF.: 959-448739 / 448711  
FAX.: 959-448576  
E-MAIL.: PNDONANA@MX3 REDESTB.ES

LUIS CASTRO  
INSTITUTO DA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA,  
DIVISÃO ESPECIES PROTEGIDAS  
RUA FILIPE FOLQUE Nº 46 2º  
1050 LISBOA, PORTUGAL  
TLF: 351-1-3523018  
FAX: 351-1-3574771



HELENA CEIA  
INSTITUTO DA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA,  
DIVISÃO ESPÉCIES PROTEGIDAS.  
RUA FILIPE FOLQUE Nº 46 2º  
1050 LISBOA, PORTUGAL  
TLF: 351-1-3523018  
FAX: 351-1-3574771  
E-MAIL: BICHOS@MAIL.TELEPAC.PT

JESUS COBO ANULA  
FONDO MUNDIAL PARA LA NATURALEZA (WWF/Adena)  
C/ SANTA ENGRACIA, 6  
28010 MADRID, ESPAÑA  
TLF: 91-3082309/10  
FAX: 91-3083293  
EMAIL: INFO@WWF.ES

MIGUEL DELIBES CASTRO  
ESTACION BIOLÓGICA DE DOÑANA  
AVENIDA MARIA LUISA S/N  
41013 SEVILLA, ESPAÑA  
TLF: 95-4232340  
FAX: 95-4621125

VICTOR M.. DIEZ URBANO  
SERVICIO DE MEDIO AMBIENTE NATURAL DE CIUDAD REAL  
C/ ALARCOS Nº 21  
13071 CIUDAD REAL, ESPAÑA  
TLF. 926-213741

LUIS DOMINGUEZ NEVADO  
PARQUE NACIONAL DE DOÑANA  
CENTRO ADMINISTRATIVO EL ACEBUCHE  
21760 MATALASCAÑAS ( HUELVA ), ESPAÑA  
TLF.:959-448711  
FAX.:959-448576  
E-MAIL.:PNDONANA@MX3.REDESTB.ES

SUSIE ELLIS  
CBSG  
138 STRASBURG RESERVOIR RD.  
STRASBURG VA 22657 USA  
TEL/FAX: 1+540+465-9589  
E-MAIL: SUSIE ELLIS @COMPUSERVE.COM

MARGARIDA FERNANDES  
INSTITUTO DA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA  
DIVISÃO ESPÉCIES PROTEGIDAS  
RUA FILIPE FOLQUE Nº 46 2º  
1050 LISBOA, PORTUGAL  
TLF: 351-1-3523018  
FAX: 351-1-3574771  
E-MAIL: ADASTRA @ MAIL TELEPAC.PT

PABLO FERRERAS DE ANDRÉS  
ESTACIÓN BIOLÓGICA DE DOÑANA  
AVENIDA MARIA LUISA S/N  
41013 SEVILLA, ESPANA  
TEL: 95-4232340  
FAX: 95-4621125

ANTONIO FRANCO RUIZ  
CONSEJERIA DE MEDIO AMBIENTE-SERVICIOS CENTRALES  
JUNTA DE ANDALUCIA, ESPANA  
TLF.:95-4480210

PILAR GAONA LERIA  
ESTACIÓN BIOLÓGICA DE DOÑANA  
AVENIDA MARIA LUISA S/N  
41013 SEVILLA, ESPANA  
TEL: 95-4232340  
FAX: 95-4621125

ROSA GARCIA-PEREA  
MUSEO NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES  
C/ JOSE GUTIERREZ ABASCAL Nº 2,  
MADRID, ESPANA  
TLF: 91-411-1328 EXT: 1129  
E-MAIL: MCNGP49@CC.CSIC.ES

JESUS GARZON  
AP. 33 CABEZON DE LA SAL  
39500 CANTABRIA, ESPANA  
TLF: 908-209095  
FAX: 942-702294  
E-MAIL: FONDOCANTABRIA @NODO50.IX.APC.ORG

JULIO GISBERT  
MUSEO NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES  
C/ JOSE GUTIERREZ ABASCAL Nº 2,  
MADRID, ESPANA  
TLF: 91-411-1328 EXT: 1129  
E-MAIL: MCNGP49@CC.CSIC.ES

JOSE LUIS GONZALEZ  
BIOLOGIA DE LA CONSERVACION  
C/ MANUELA MALASAÑA Nº 24  
28004 MADRID, ESPANA  
TLF. 91-5938670  
E-MAIL OBE@CE2C. ES

LUIS MARIANO GONZALEZ  
DIRECCION GRAL. CONSERVACION NATURALEZA  
C/ GRAN VIA SAN FRANCISCO ,4  
28.005 MADRID, ESPANA  
TLF.: 91-5975552  
FAX :.91.5975566

FRANCISCO JOSE GARCIA GONZALEZ (LIFE MADRID 96-97)  
MUSEO NACIONAL CIENCIAS NATURALES  
DPTO. BIODIVERSIDAD Y BIOL. EVOLUTIVA  
C/ JOSE GUTIERREZ ABASCAL Nº 2,  
MADRID, ESPANA  
TLF.: 929-153593  
E-MAIL.: MCNG151@FRESNO.CSIC.ES

BORJA HEREDIA  
D. G. CONSERVACION DE LA NATURALEZA  
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE  
GRAN VIA DE SAN FRANCISCO 4  
MADRID 28005, ESPANA  
TLF: 91-5975459  
FAX: 91-5975566  
EMAIL: BORJA.HEREDIA@GVSF.MMA.ES

URSULA HÖFLE  
CENTRO DE ESTUDIOS DE RAPACES IBERICAS  
SEVILLEJA DE LA JARA  
45671-TOLEDO, ESPANA  
TEL: 925-455004/ 455117  
FAX: 925-455001

PETER JACKSON  
IUCN CAT SPECIALIST GROUP  
ROUTE DES MACHERETTES  
1172 BOUGY, SWITZERLAND  
T/F +41 21 808 6012  
EMAIL PJACKSON@IPROLINK.CH  
PETERJACKSON@GN.APC.ORG

JOSÉ JIMÉNEZ GARCIA-HERRERA  
PARQUE NACIONAL DE CABAÑEROS  
13194 PUEBLO NUEVO DEL BULLAQUE  
CIUDAD REAL, ESPANA  
TLF.: 926-783297  
FAX.: 926-783297  
E-MAIL.: CABANEROS @ MMA.ES

JUAN LAZCANO  
JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN  
SALAMANCA APDO 363  
37080 SALAMANCA, ESPANA  
TEL: 91-8152227  
E-MAIL.:PPEREZ@ABONADOS.CPLUS.ES

JESUS LOSA HUECAS  
JUNTA DE CASTILLA Y LEON  
JEFE UNIDAD ORDENACION Y MEJORA  
SALAMANCA APDO 363  
37080 SALAMANCA, ESPANA  
TEL 923-215033  
FAX 923-296-041

JAVIER NICOLAS GUZMAN LOPEZ-OCON  
CASTILLA-LA MANCHA  
C/ SAN BENITO, Nº 13  
45450 ORGAZ  
TOLEDO, ESPANA  
TLF. 925-317186 / 989-426111

MIGUEL ANGEL MANEIRO MARQUEZ  
PARQUE NATURAL DE DOÑANA  
C/ SANTIAGO Nº3  
21730 ALMONTE (HUELVA), ESPANA  
TLF: 959-450159  
FAX: 959-450471

JULIAN MARTIN  
CODA  
PLAZA SANTA MARIA SOLEDAD TORRES ACOSTA Nº 1 - 3º  
28004 MADRID, ESPANA  
TLF. 91-5312739-5312389  
FAX. 91-5312611  
E-MAIL CODA@QUERCUS.ES

JOSE MARIA NARCISO DIAZ  
EDUARDO A. MIGUEL BEASCOECHEA  
FONDO PATRIMONIO NATURAL EUROPEO  
C/ CAPITAN HAYA Nº 23  
28002 MADRID  
TLF. 91- 5569390 / 989-086811

THEO OBERHUBER  
CODA  
PLAZA SANTA MARIA SOLEDAD TORRES ACOSTA Nº 1 - 3º  
28004 MADRID, ESPANA  
TLF. 91-5312739-5312389  
FAX. 91-5312611  
E-MAIL CODA@QUERCUS.ES

MARIA JESUS PALACIOS GONZALEZ  
D. G. DE MEDIO AMBIENTE  
CONSEJERIA DE MEDIO AMBIENTE, URBANISMO Y TURISMO  
JUNTA DE EXTREMADURA  
C/ CARDENAS Nº 11  
06800 MERIDA (BADAJOZ), ESPANA  
TLF. 924-386259-78  
FAX. 924-386270

BORJA PALACIOS ALBERTI  
PARQUE NACIONAL PICOS DE EUROPA  
TLF: 98-5849104  
FAX: 98-5848699

FRANCISCO PALOMARES  
ESTACION BIOLOGICA DE DOÑANA  
AVENIDA MARIA LUISA S/N  
41013 SEVILLA, ESPANA  
TLF: 95-4232340

PABLO PEREIRA SIESO  
PARQUE NACIONAL DE DOÑANA  
C.A. EL ACEBUCHE  
21.760 MATALASCAÑAS (HUELVA), ESPANA  
TLF.:959-448711 / 448640 / 448133  
FAX.: 959-448576

PEDRO PEREZ  
JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN  
JEFE UNIDAD ORDENACION Y MEJORA  
SALAMANCA APDO 363  
37080 SALAMANCA, ESPANA  
TEL: 91-8152227  
E-MAIL.:PPEREZ@ABONADOS.CPLUS.ES

CHARO PINTOS MARTIN  
D. G. GESTION MEDIO NATURAL  
CONSEJERIA DE MEDIO AMBIENTE ( JUNTA DE ANDALUCIA )  
PABELLON DE NUEVA ZELANDA - ISLA DE LA CARTUJA  
41071 SEVILLA, ESPANA  
TLF. 95-4480207  
FAX. 95-4480220  
E-MAIL DGGMN@CMA.CAAN.ES

BLANCA RAMOS LOSADA  
PARQUE NACIONAL DE DOÑANA  
21760 MATALASCAÑAS ( HUELVA ), ESPANA  
TLF. 959-448739/448711  
FAX 959-448576  
E-MAIL PNDONANA@MX3 REDESTB.ES

JOAQUIN REINA ORTIZ  
MIEMBRO DEL PROYECTO LINCE - CODA  
C/ PLATERO BERUCEBE DE LOS REYES Nº 31 3º 2  
14006 CORDOBA, ESPANA  
TLF.: 957/280076 / 452555

ISABEL REDONDO MORALES  
DELEGACIÓN PROVINCIAL DE MEDIO AMBIENTE-HUELVA  
TLF: 959 299519  
FAX: 959 299503

PACO ROBLES  
PARQUE NACIONAL DE DOÑANA ( EL ACEBUCHE )  
21760 MATALASCAÑAS ( HUELVA )  
TLF. 959-448711/448739

ALEJANDRO RODRIGUEZ BLANCO  
ESTACION BIOLOGICA DE DOÑANA  
AVENIDA MARIA LUISA S/N  
41013 SEVILLA, ESPANA  
TLF: 95-4232340  
FAX: 95-4621125

MELODY ROELKE- PARKER  
NATIONAL CANCER INSTITUTE  
LGD-FCRF  
BOX, B  
FREDERICK, MD 21702-USA  
TEL: 1-301-846-1299  
FAX: 301-846-1909  
E-MAIL: ROELKE@MAIL.NCIFCVT.GOV

RAFAEL RUIZ LOPEZ DE LA COVA  
SERVICIO DE ESPACIOS PROTEGIDOS Y VIDA SILVESTRE  
D. G. DE MEDIO AMBIENTE NATURAL (CASTILLA - LA MANCHA)  
C/ PINTOR MATIAS MORENO Nº 4  
45071 TOLEDO, ESPANA  
TLF. 925-266734  
FAX 925-266716

CELIA SANCHEZ SANCHEZ  
PARQUE NACIONAL DE DOÑANA  
CENTRO ADMINISTRATIVO  
EL ACEBUCHE  
21760 MATALASCAÑAS (HUELVA), ESPANA  
TLF.: 959-448711 / 448640 / 448133  
FAX.: 959-448576  
E-MAIL.: PNDONANA@MX3.REDESTB.ES  
          CELIASANCHEZ@BAN.SERVICOM.ES

ULYSSES SEAL  
CBSG  
12101 JOHNNY CATHERIDGE RD.  
APPLE VALLEY, MN 55124 USA  
TLF: 612-431-9325  
FAX: 612-432-2459  
E-MAIL: OFFICE@CBSG.ORG

ASTRID VARGAS  
USFWS NATIONAL BLACK -FOOTED FERRET CONSERVATION CENTER  
410 GRAND AVE, STE 315  
LARAMIE WYOMING 82070, USA  
TLF.: (307) 721-8805+7427842  
FAX.: (307) 742-4226  
E-MAIL.: ASTRID\_VARGAS@MAIL.FWS.GOV

RAFAEL VILLAFUERTE FERNANDEZ  
ESTACION BIOLOGICA DOÑANA  
AVDA. M<sup>a</sup> LUISA S/N  
41013 SEVILLA, ESPANA  
TLF. 95-4232340  
E-MAIL VILLAFUERTE@CICA.ES

EMILIO VIRGÓS CANTALAPIEDRA  
SOCIEDAD ESPAÑOLA PARA LA CONSERVACION Y ESTUDIOS DE LOS MAMIFEROS (SECEM)  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL I (VERTEBRADOS)  
FACULTAD DE BIOLIGIA  
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE  
28040 MATRID  
ESPANA  
TLF.: 91-7726827  
E-MAIL.: EVIRGOS@EUCMAX.SIM.UCM.ES

DAVID WILDT  
SMITHSONIAN INSTITUTION  
NATIONAL ZOO'S CONSERVATION AND RESEARCH CENTER  
5500 REMOUNT RD.  
FRONT ROYAL, VA 22630 USA  
TEL: 1+540-635-6539  
FAX: 1+540-635-6506  
E-MAIL: DEWILDT@SHENTEL.NET

## Apéndice II

### VORTEX: A Computer Simulation Model for Population Viability Analysis

*Robert C. Lacy*

Department of Conservation Biology, Chicago Zoological Society,  
Brookfield, Illinois 60513, U.S.A.

#### *Abstract*

Population Viability Analysis (PVA) is the estimation of extinction probabilities by analyses that incorporate identifiable threats to population survival into models of the extinction process. Extrinsic forces, such as habitat loss, over-harvesting, and competition or predation by introduced species, often lead to population decline. Although the traditional methods of wildlife ecology can reveal such deterministic trends, random fluctuations that increase as populations become smaller can lead to extinction even of populations that have, on average, positive population growth when below carrying capacity. Computer simulation modelling provides a tool for exploring the viability of populations subjected to many complex, interacting deterministic and random processes. One such simulation model, VORTEX, has been used extensively by the Captive Breeding Specialist Group (Species Survival Commission, IUCN), by wildlife agencies, and by university classes. The algorithms, structure, assumptions and applications of VORTEX are described in this paper.

VORTEX models population processes as discrete, sequential events, with probabilistic outcomes. VORTEX simulates birth and death processes and the transmission of genes through the generations by generating random numbers to determine whether each animal lives or dies, to determine the number of progeny produced by each female each year, and to determine which of the two alleles at a genetic locus are transmitted from each parent to each offspring. Fecundity is assumed to be independent of age after an animal reaches reproductive age. Mortality rates are specified for each pre-reproductive age-sex class and for reproductive-age animals. Inbreeding depression is modelled as a decrease in viability in inbred animals.

The user has the option of modelling density dependence in reproductive rates. As a simple model of density dependence in survival, a carrying capacity is imposed by a probabilistic truncation of each age class if the population size exceeds the specified carrying capacity. VORTEX can model linear trends in the carrying capacity. VORTEX models environmental variation by sampling birth rates, death rates, and the carrying capacity from binomial or normal distributions. Catastrophes are modelled as sporadic random events that reduce survival and reproduction for one year. VORTEX also allows the user to supplement or harvest the population, and multiple subpopulations can be tracked, with user-specified migration among the units.

VORTEX outputs summary statistics on population growth rates, the probability of population extinction, the time to extinction, and the mean size and genetic variation in extant populations.

VORTEX necessarily makes many assumptions. The model it incorporates is most applicable to species with low fecundity and long lifespans, such as mammals, birds and reptiles. It integrates the interacting effects of many of the deterministic and stochastic processes that have an impact on the viability of small populations, providing opportunity for more complete analysis than is possible by other techniques. PVA by simulation modelling is an important tool for identifying populations at risk of extinction, determining the urgency of action, and evaluating options for management.

#### **Introduction**

Many wildlife populations that were once widespread, numerous, and occupying contiguous habitat, have been reduced to one or more small, isolated populations. The causes of the original decline are often obvious, deterministic forces, such as over-harvesting,



habitat destruction, and competition or predation from invasive introduced species. Even if the original causes of decline are removed, a small isolated population is vulnerable to additional forces, intrinsic to the dynamics of small populations, which may drive the population to extinction (Shaffer 1981; Soulé 1987; Clark and Seebeck 1990). Of particular impact on small populations are stochastic processes. With the exception of aging, virtually all events in the life of an organism are stochastic. Mating, reproduction, gene transmission between generations, migration, disease and predation can be described by probability distributions, with individual occurrences being sampled from these distributions. Small samples display high variance around the mean, so the fates of small wildlife populations are often determined more by random chance than by the mean birth and death rates that reflect adaptations to their environment.

Although many processes affecting small populations are intrinsically indeterminate, the average long-term fate of a population and the variance around the expectation can be studied with computer simulation models. The use of simulation modelling, often in conjunction with other techniques, to explore the dynamics of small populations has been termed Population Viability Analysis (PVA). PVA has been increasingly used to help guide management of threatened species. The Resource Assessment Commission of Australia (1991) recently recommended that 'estimates of the size of viable populations and the risks of extinction under multiple-use forestry practices be an essential part of conservation planning'. Lindenmayer *et al.* (1993) describe the use of computer modelling for PVA, and discuss the strengths and weaknesses of the approach as a tool for wildlife management.

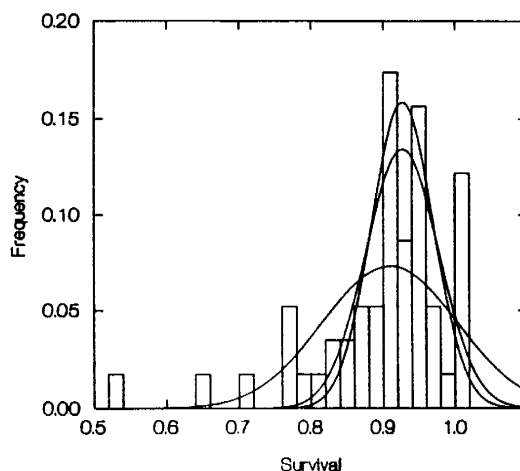
In this paper, I present the PVA program VORTEX and describe its structure, assumptions and capabilities. VORTEX is perhaps the most widely used PVA simulation program, and there are numerous examples of its application in Australia, the United States of America and elsewhere.

### The Dynamics of Small Populations

The stochastic processes that have an impact on populations have been usefully categorised into demographic stochasticity, environmental variation, catastrophic events and genetic drift (Shaffer 1981). Demographic stochasticity is the random fluctuation in the observed birth rate, death rate and sex ratio of a population even if the probabilities of birth and death remain constant. On the assumption that births and deaths and sex determination are stochastic sampling processes, the annual variations in numbers that are born, die, and are of each sex can be specified from statistical theory and would follow binomial distributions. Such demographic stochasticity will be important to population viability only in populations that are smaller than a few tens of animals (Goodman 1987), in which cases the annual frequencies of birth and death events and the sex ratios can deviate far from the means. The distribution of annual adult survival rates observed in the remnant population of whooping cranes (*Grus americana*) (Mirande *et al.* 1993) is shown in Fig. 1. The innermost curve approximates the binomial distribution that describes the demographic stochasticity expected when the probability of survival is 92.7% (mean of 45 non-outlier years).

Environmental variation is the fluctuation in the probabilities of birth and death that results from fluctuations in the environment. Weather, the prevalence of enzootic disease, the abundances of prey and predators, and the availability of nest sites or other required microhabitats can all vary, randomly or cyclically, over time. The second narrowest curve on Fig. 1 shows a normal distribution that statistically fits the observed frequency histogram of crane survival in non-outlier years. The difference between this curve and the narrower distribution describing demographic variation must be accounted for by environmental variation in the probability of adult survival.

Catastrophic variation is the extreme of environmental variation, but for both methodological and conceptual reasons rare catastrophic events are analysed separately from the more typical annual or seasonal fluctuations. Catastrophes such as epidemic disease,



**Fig. 1.** Frequency histogram of the proportion of whooping cranes surviving each year, 1938-90. The broadest curve is the normal distribution that most closely fits the overall histogram. Statistically, this curve fits the data poorly. The second highest and second broadest curve is the normal distribution that most closely fits the histogram, excluding the five leftmost bars (7 outlier 'catastrophe' years). The narrowest and tallest curve is the normal approximation to the binomial distribution expected from demographic stochasticity. The difference between the tallest and second tallest curves is the variation in annual survival due to environmental variation.

hurricanes, large-scale fires, and floods are outliers in the distribution of environmental variation (e.g. five leftmost bars on Fig. 1). As a result, they have quantitatively and sometimes qualitatively different impacts on wildlife populations. (A forest fire is not just a very hot day.) Such events often precipitate the final decline to extinction (Simberloff 1986, 1988). For example, one of two populations of whooping crane was decimated by a hurricane in 1940 and soon after went extinct (Doughty 1989). The only remaining population of the black-footed ferret (*Mustela nigripes*) was being eliminated by an outbreak of distemper when the last 18 ferrets were captured (Clark 1989).

Genetic drift is the cumulative and non-adaptive fluctuation in allele frequencies resulting from the random sampling of genes in each generation. This can impede the recovery or accelerate the decline of wildlife populations for several reasons (Lacy 1993). Inbreeding, not strictly a component of genetic drift but correlated with it in small populations, has been documented to cause loss of fitness in a wide variety of species, including virtually all sexually reproducing animals in which the effects of inbreeding have been carefully studied (Wright 1977; Falconer 1981; O'Brien and Evermann 1988; Ralls *et al.* 1988; Lacy *et al.* 1993). Even if the immediate loss of fitness of inbred individuals is not large, the loss of genetic variation that results from genetic drift may reduce the ability of a population to adapt to future changes in the environment (Fisher 1958; Robertson 1960; Selander 1983).

Thus, the effects of genetic drift and consequent loss of genetic variation in individuals and populations have a negative impact on demographic rates and increase susceptibility to environmental perturbations and catastrophes. Reduced population growth and greater fluctuations in numbers in turn accelerate genetic drift (Crow and Kimura 1970). These synergistic destabilising effects of stochastic process on small populations of wildlife have been described as an 'extinction vortex' (Gilpin and Soulé 1986). The size below which a population is likely to be drawn into an extinction vortex can be considered a 'minimum

viable population' (MVP) (Seal and Lacy 1989), although Shaffer (1981) first defined a MVP more stringently as a population that has a 99% probability of persistence for 1000 years. The estimation of MVPs or, more generally, the investigation of the probability of extinction constitutes PVA (Gilpin and Soulé 1986; Gilpin 1989; Shaffer 1990).

#### *Methods for Analysing Population Viability*

An understanding of the multiple, interacting forces that contribute to extinction vortices is a prerequisite for the study of extinction-recolonisation dynamics in natural populations inhabiting patchy environments (Gilpin 1987), the management of small populations (Clark and Seebeck 1990), and the conservation of threatened wildlife (Shaffer 1981, 1990; Soulé 1987; Mace and Lande 1991). Because demographic and genetic processes in small populations are inherently unpredictable, the expected fates of wildlife populations can be described in terms of probability distributions of population size, time to extinction, and genetic variation. These distributions can be obtained in any of three ways: from analytical models, from empirical observation of the fates of populations of varying size, or from simulation models.

As the processes determining the dynamics of populations are multiple and complex, there are few analytical formulae for describing the probability distributions (e.g. Goodman 1987; Lande 1988; Burgmann and Gerard 1990). These models have incorporated only few of the threatening processes. No analytical model exists, for example, to describe the combined effect of demographic stochasticity and loss of genetic variation on the probability of population persistence.

A few studies of wildlife populations have provided empirical data on the relationship between population size and probability of extinction (e.g. Belovsky 1987; Berger 1990; Thomas 1990), but presently only order-of-magnitude estimates can be provided for MVPs of vertebrates (Shaffer 1987). Threatened species are, by their rarity, unavailable and inappropriate for the experimental manipulation of population sizes and long-term monitoring of undisturbed fates that would be necessary for precise empirical measurement of MVPs. Retrospective analyses will be possible in some cases, but the function relating extinction probability to population size will differ among species, localities and times (Lindenmayer *et al.* 1993).

#### *Modelling the Dynamics of Small Populations*

Because of the lack of adequate empirical data or theoretical and analytical models to allow prediction of the dynamics of populations of threatened species, various biologists have turned to Monte Carlo computer simulation techniques for PVA. By randomly sampling from defined probability distributions, computer programs can simulate the multiple, interacting events that occur during the lives of organisms and that cumulatively determine the fates of populations. The focus is on detailed and explicit modelling of the forces impinging on a given population, place, and time of interest, rather than on delineation of rules (which may not exist) that apply generally to most wildlife populations. Computer programs available to PVA include SPGPC (Grier 1980a, 1980b), GAPPS (Harris *et al.* 1986), RAMAS (Ferson and Akçakaya 1989; Akçakaya and Ferson 1990; Ferson 1990), FORPOP (Possingham *et al.* 1991), ALEX (Possingham *et al.* 1992), and SIMPOP (Lacy *et al.* 1989; Lacy and Clark 1990) and its descendant VORTEX.

SIMPOP was developed in 1989 by converting the algorithms of the program SPGPC (written by James W. Grier of North Dakota State University) from BASIC to the C programming language. SIMPOP was used first in a PVA workshop organised by the Species Survival Commission's Captive Breeding Specialist Group (IUCN), the United States Fish and Wildlife Service, and the Puerto Rico Department of Natural Resources to assist in planning and assessing recovery efforts for the Puerto Rican crested toad (*Peltophryne lemur*). SIMPOP was subsequently used in PVA modelling of other species threatened

with extinction, undergoing modification with each application to allow incorporation of additional threatening processes. The simulation program was renamed VORTEX (in reference to the extinction vortex) when the capability of modelling genetic processes was implemented in 1989. In 1990, a version allowing modelling of multiple populations was briefly named VORTICES. The only version still supported, with all capabilities of each previous version, is VORTEX Version 5.1.

VORTEX has been used in PVA to help guide conservation and management of many species, including the Puerto Rican parrot (*Amazona vittata*) (Lacy *et al.* 1989), the Javan rhinoceros (*Rhinoceros sondaicus*) (Seal and Foose 1989), the Florida panther (*Felis concolor coryi*) (Seal and Lacy 1989), the eastern barred bandicoot (*Perameles gunnii*) (Lacy and Clark 1990; Maguire *et al.* 1990), the lion tamarins (*Leontopithecus rosalia* ssp.) (Seal *et al.* 1990), the brush-tailed rock-wallaby (*Petrogale penicillata penicillata*) (Hill 1991), the mountain pygmy-possum (*Burramys parvus*), Leadbeater's possum (*Gymnobelideus leadbeateri*), the long-footed potoroo (*Potorous longipes*), the orange-bellied parrot (*Neophema chrysogaster*) and the helmeted honeyeater (*Lichenostomus melanops cassidix*) (Clark *et al.* 1991), the whooping crane (*Grus americana*) (Mirande *et al.* 1993), the Tana River crested mangabey (*Cercocebus galeritus galeritus*) and the Tana River red colobus (*Colobus badius rufomitatus*) (Seal *et al.* 1991), and the black rhinoceros (*Diceros bicornis*) (Foose *et al.* 1992). In some of these PVAs, modelling with VORTEX has made clear the insufficiency of past management plans to secure the future of the species, and alternative strategies were proposed, assessed and implemented. For example, the multiple threats to the Florida panther in its existing habitat were recognised as probably insurmountable, and a captive breeding effort has been initiated for the purpose of securing the gene pool and providing animals for release in areas of former habitat. PVA modelling with VORTEX has often identified a single threat to which a species is particularly vulnerable. The small but growing population of Puerto Rican parrots was assessed to be secure, except for the risk of population decimation by hurricane. Recommendations were made to make available secure shelter for captive parrots and to move some of the birds to a site distant from the wild flock, in order to minimise the damage that could occur in a catastrophic storm. These recommended actions were only partly implemented when, in late 1989, a hurricane killed many of the wild parrots. The remaining population of about 350 Tana River red colobus were determined by PVA to be so fragmented that demographic and genetic processes within the 10 subpopulations destabilised population dynamics. Creation of habitat corridors may be necessary to prevent extinction of the taxon. In some cases, PVA modelling has been reassuring to managers: analysis of black rhinos in Kenya indicated that many of the populations within sanctuaries were recovering steadily. Some could soon be used to provide animals for re-establishment or supplementation of populations previously eliminated by poaching. For some species, available data were insufficient to allow definitive PVA with VORTEX. In such cases, the attempt at PVA modelling has made apparent the need for more data on population trends and processes, thereby helping to justify and guide research efforts.

## Description of VORTEX

### Overview

The VORTEX computer simulation model is a Monte Carlo simulation of the effects of deterministic forces, as well as demographic, environmental and genetic stochastic events, on wildlife populations. VORTEX models population dynamics as discrete, sequential events that occur according to probabilities that are random variables, following user-specified distributions. The input parameters used by VORTEX are summarised in the first part of the sample output given in the Appendix.

VORTEX simulates a population by stepping through a series of events that describe an annual cycle of a typical sexually reproducing, diploid organism: mate selection,

reproduction, mortality, increment of age by one year, migration among populations, removals, supplementation, and then truncation (if necessary) to the carrying capacity. The program was designed to model long-lived species with low fecundity, such as mammals, birds and reptiles. Although it could and has been used in modelling highly fecund vertebrates and invertebrates, it is awkward to use in such cases as it requires complete specification of the percentage of females producing each possible clutch size. Moreover, computer memory limitations often hamper such analyses. Although VORTEX iterates life events on an annual cycle, a user could model 'years' that are other than 12 months' duration. The simulation of the population is itself iterated to reveal the distribution of fates that the population might experience.

#### *Demographic Stochasticity*

VORTEX models demographic stochasticity by determining the occurrence of probabilistic events such as reproduction, litter size, sex determination and death with a pseudo-random number generator. The probabilities of mortality and reproduction are sex-specific and pre-determined for each age class up to the age of breeding. It is assumed that reproduction and survival probabilities remain constant from the age of first breeding until a specified upper limit to age is reached. Sex ratio at birth is modelled with a user-specified constant probability of an offspring being male. For each life event, if the random value sampled from the uniform 0-1 distribution falls below the probability for that year, the event is deemed to have occurred, thereby simulating a binomial process.

The source code used to generate random numbers uniformly distributed between 0 and 1 was obtained from Maier (1991), according to the algorithm of Kirkpatrick and Stoll (1981). Random deviates from binomial distributions, with mean  $p$  and standard deviation  $s$ , are obtained by first determining the integral number of binomial trials,  $N$ , that would produce the value of  $s$  closest to the specified value, according to

$$N = p(1 - p)/s^2 .$$

$N$  binomial trials are then simulated by sampling from the uniform 0-1 distribution to obtain the desired result, the frequency or proportion of successes. If the value of  $N$  determined for a desired binomial distribution is larger than 25, a normal approximation is used in place of the binomial distribution. This normal approximation must be truncated at 0 and at 1 to allow use in defining probabilities, although, with such large values of  $N$ ,  $s$  is small relative to  $p$  and the truncation would be invoked only rarely. To avoid introducing bias with this truncation, the normal approximation to the binomial (when used) is truncated symmetrically around the mean. The algorithm for generating random numbers from a unit normal distribution follows Latour (1986).

VORTEX can model monogamous or polygamous mating systems. In a monogamous system, a relative scarcity of breeding males may limit reproduction by females. In polygamous or monogamous models, the user can specify the proportion of the adult males in the breeding pool. Males are randomly reassigned to the breeding pool each year of the simulation, and all males in the breeding pool have an equal chance of siring offspring.

The 'carrying capacity', or the upper limit for population size within a habitat, must be specified by the user. VORTEX imposes the carrying capacity via a probabilistic truncation whenever the population exceeds the carrying capacity. Each animal in the population has an equal probability of being removed by this truncation.

#### *Environmental Variation*

VORTEX can model annual fluctuations in birth and death rates and in carrying capacity as might result from environmental variation. To model environmental variation, each

demographic parameter is assigned a distribution with a mean and standard deviation that is specified by the user. Annual fluctuations in probabilities of reproduction and mortality are modelled as binomial distributions. Environmental variation in carrying capacity is modelled as a normal distribution. The variance across years in the frequencies of births and deaths resulting from the simulation model (and in real populations) will have two components: the demographic variation resulting from a binomial sampling around the mean for each year, and additional fluctuations due to environmental variation and catastrophes (see Fig. 1 and section on The Dynamics of Small Populations, above).

Data on annual variations in birth and death rates are important in determining the probability of extinction, as they influence population stability (Goodman 1987). Unfortunately, such field information is rarely available (but see Fig. 1). Sensitivity testing, the examination of a range of values when the precise value of a parameter is unknown, can help to identify whether the unknown parameter is important in the dynamics of a population.

### *Catastrophes*

Catastrophes are modelled in VORTEX as random events that occur with specified probabilities. Any number of types of catastrophes can be modelled. A catastrophe will occur if a randomly generated number between zero and one is less than the probability of occurrence. Following a catastrophic event, the chances of survival and successful breeding for that simulated year are multiplied by severity factors. For example, forest fires might occur once in 50 years, on average, killing 25% of animals, and reducing breeding by survivors by 50% for the year. Such a catastrophe would be modelled as a random event with 0.02 probability of occurrence each year, and severity factors of 0.75 for survival and 0.50 for reproduction.

### *Genetic Processes*

Genetic drift is modelled in VORTEX by simulation of the transmission of alleles at a hypothetical locus. At the beginning of the simulation, each animal is assigned two unique alleles. Each offspring is randomly assigned one of the alleles from each parent. Inbreeding depression is modelled as a loss of viability during the first year of inbred animals. The impacts of inbreeding are determined by using one of two models available within VORTEX: a Recessive Lethals model or a Heterosis model.

In the Recessive Lethals model, each founder starts with one unique recessive lethal allele and a unique, dominant non-lethal allele. This model approximates the effect of inbreeding if each individual in the starting population had one recessive lethal allele in its genome. The fact that the simulation program assumes that all the lethal alleles are at the same locus has a very minor impact on the probability that an individual will die because of homozygosity for one of the lethal alleles. In the model, homozygosity for different lethal alleles are mutually exclusive events, whereas in a multilocus model an individual could be homozygous for several lethal alleles simultaneously. By virtue of the death of individuals that are homozygous for lethal alleles, such alleles would be removed slowly by natural selection during the generations of a simulation. This reduces the genetic variation present in the population relative to the case with no inbreeding depression, but also diminishes the subsequent probability that inbred individuals will be homozygous for a lethal allele. This model gives an optimistic reflection of the impacts of inbreeding on many species, as the median number of lethal equivalents per diploid genome observed for mammalian populations is about three (Ralls *et al.* 1988).

The expression of fully recessive deleterious alleles in inbred organisms is not the only genetic mechanism that has been proposed as a cause of inbreeding depression. Some or

most of the effects of inbreeding may be a consequence of superior fitness of heterozygotes (heterozygote advantage or 'heterosis'). In the Heterosis model, all homozygotes have reduced fitness compared with heterozygotes. Juvenile survival is modelled according to the logarithmic model developed by Morton *et al.* (1956):

$$\ln S = A - BF$$

in which  $S$  is survival,  $F$  is the inbreeding coefficient,  $A$  is the logarithm of survival in the absence of inbreeding, and  $B$  is a measure of the rate at which survival decreases with inbreeding.  $B$  is termed the number of 'lethal equivalents' per haploid genome. The number of lethal equivalents per diploid genome,  $2B$ , estimates the number of lethal alleles per individual in the population if all deleterious effects of inbreeding were due to recessive lethal alleles. A population in which inbreeding depression is one lethal equivalent per diploid genome may have one recessive lethal allele per individual (as in the Recessive Lethals model, above), it may have two recessive alleles per individual, each of which confer a 50% decrease in survival, or it may have some other combination of recessive deleterious alleles that equate in effect with one lethal allele per individual. Unlike the situation with fully recessive deleterious alleles, natural selection does not remove deleterious alleles at heterotic loci because all alleles are deleterious when homozygous and beneficial when present in heterozygous combination with other alleles. Thus, under the Heterosis model, the impact of inbreeding on survival does not diminish during repeated generations of inbreeding.

Unfortunately, for relatively few species are data available to allow estimation of the effects of inbreeding, and the magnitude of these effects varies considerably among species (Falconer 1981; Ralls *et al.* 1988; Lacy *et al.* 1993). Moreover, whether a Recessive Lethals model or a Heterosis model better describes the underlying mechanism of inbreeding depression and therefore the response to repeated generations of inbreeding is not well-known (Brewer *et al.* 1990), and could be determined empirically only from breeding studies that span many generations. Even without detailed pedigree data from which to estimate the number of lethal equivalents in a population and the underlying nature of the genetic load (recessive alleles or heterosis), applications of PVA must make assumptions about the effects of inbreeding on the population being studied. In some cases, it might be considered appropriate to assume that an inadequately studied species would respond to inbreeding in accord with the median (3.14 lethal equivalents per diploid) reported in the survey by Ralls *et al.* (1988). In other cases, there might be reason to make more optimistic assumptions (perhaps the lower quartile, 0.90 lethal equivalents), or more pessimistic assumptions (perhaps the upper quartile, 5.62 lethal equivalents).

#### *Deterministic Processes*

VORTEX can incorporate several deterministic processes. Reproduction can be specified to be density-dependent. The function relating the proportion of adult females breeding each year to the total population size is modelled as a fourth-order polynomial, which can provide a close fit to most plausible density-dependence curves. Thus, either positive population responses to low-density or negative responses (e.g. Allee effects), or more complex relationships, can be modelled.

Populations can be supplemented or harvested for any number of years in each simulation. Harvest may be culling or removal of animals for translocation to another (unmodelled) population. The numbers of additions and removals are specified according to the age and sex of animals. Trends in the carrying capacity can also be modelled in VORTEX, specified as an annual percentage change. These changes are modelled as linear, rather than geometric, increases or decreases.

### *Migration among Populations*

VORTEX can model up to 20 populations, with possibly distinct population parameters. Each pairwise migration rate is specified as the probability of an individual moving from one population to another. This probability is independent of the age and sex. Because of between-population migration and managed supplementation, populations can be recolonised. VORTEX tracks the dynamics of local extinctions and recolonisations through the simulation.

### *Output*

VORTEX outputs (1) probability of extinction at specified intervals (e.g., every 10 years during a 100-year simulation), (2) median time to extinction if the population went extinct in at least 50% of the simulations, (3) mean time to extinction of those simulated populations that became extinct, and (4) mean size of, and genetic variation within, extant populations (see Appendix and Lindenmayer *et al.* 1993).

Standard deviations across simulations and standard errors of the mean are reported for population size and the measures of genetic variation. Under the assumption that extinction of independently replicated populations is a binomial process, the standard error of the probability of extinction ( $SE$ ) is reported by VORTEX as

$$SE(p) = \sqrt{[p \times (1 - p) / n]},$$

in which the frequency of extinction was  $p$  over  $n$  simulated populations. Demographic and genetic statistics are calculated and reported for each subpopulation and for the metapopulation.

### *Availability of the VORTEX Simulation Program*

VORTEX Version 5.1 is written in the C programming language and compiled with the Lattice 80286C Development System (Lattice Inc.) for use on microcomputers using the MS-DOS (Microsoft Corp.) operating system. Copies of the compiled program and a manual for its use are available for nominal distribution costs from the Captive Breeding Specialist Group (Species Survival Commission, IUCN), 12101 Johnny Cake Ridge Road, Apple Valley, Minnesota 55124, U.S.A. The program has been tested by many workers, but cannot be guaranteed to be error-free. Each user retains responsibility for ensuring that the program does what is intended for each analysis.

### **Sequence of Program Flow**

- (1) The seed for the random number generator is initialised with the number of seconds elapsed since the beginning of the 20th century.
- (2) The user is prompted for input and output devices, population parameters, duration of simulation, and number of iterations.
- (3) The maximum allowable population size (necessary for preventing memory overflow) is calculated as

$$N_{max} = (K + 3s) \times (1 + L)$$

in which  $K$  is the maximum carrying capacity (carrying capacity can be specified to change linearly for a number of years in a simulation, so the maximum carrying capacity can be greater than the initial carrying capacity),  $s$  is the annual environmental variation in the carrying capacity expressed as a standard deviation, and  $L$  is the specified maximum litter size. It is theoretically possible, but very unlikely, that a simulated population will exceed the calculated  $N_{max}$ . If this occurs then the program will give an error message and abort.



(4) Memory is allocated for data arrays. If insufficient memory is available for data arrays then  $N_{max}$  is adjusted downward to the size that can be accommodated within the available memory and a warning message is given. In this case it is possible that the analysis may have to be terminated because the simulated population exceeds  $N_{max}$ . Because  $N_{max}$  is often several-fold greater than the likely maximum population size in a simulation, a warning it has been adjusted downward because of limiting memory often will not hamper the analyses. Except for limitations imposed by the size of the computer memory (VORTEX can use extended memory, if available), the only limit to the size of the analysis is that no more than 20 populations exchanging migrants can be simulated.

(5) The expected mean growth rate of the population is calculated from mean birth and death rates that have been entered. Algorithms follow cohort life-table analyses (Ricklefs 1979). Generation time and the expected stable age distribution are also estimated. Life-table estimations assume no limitation by carrying capacity, no limitation of mates, and no loss of fitness due to inbreeding depression, and the estimated intrinsic growth rate assumes that the population is at the stable age distribution. The effects of catastrophes are incorporated into the life-table analysis by using birth and death rates that are weighted averages of the values in years with and without catastrophes, weighted by the probability of a catastrophe occurring or not occurring.

(6) Iterative simulation of the population proceeds via steps 7–26 below. For exploratory modelling, 100 iterations are usually sufficient to reveal gross trends among sets of simulations with different input parameters. For more precise examination of population behaviour under various scenarios, 1000 or more simulations should be used to minimise standard errors around mean results.

(7) The starting population is assigned an age and sex structure. The user can specify the exact age–sex structure of the starting population, or can specify an initial population size and request that the population be distributed according to the stable age distribution calculated from the life table. Individuals in the starting population are assumed to be unrelated. Thus, inbreeding can occur only in second and later generations.

(8) Two unique alleles at a hypothetical genetic locus are assigned to each individual in the starting population and to each individual supplemented to the population during the simulation. VORTEX therefore uses an infinite alleles model of genetic variation. The subsequent fate of genetic variation is tracked by reporting the number of extant alleles each year, the expected heterozygosity or gene diversity, and the observed heterozygosity. The expected heterozygosity, derived from the Hardy–Weinberg equilibrium, is given by

$$H_e = 1 - \sum(p_i^2),$$

in which  $p_i$  is the frequency of allele  $i$  in the population. The observed heterozygosity is simply the proportion of the individuals in the simulated population that are heterozygous. Because of the starting assumption of two unique alleles per founder, the initial population has an observed heterozygosity of 1.0 at the hypothetical locus and only inbred animals can become homozygous. Proportional loss of heterozygosity by means of random genetic drift is independent of the initial heterozygosity and allele frequencies of a population (assuming that the initial value was not zero) (Crow and Kimura 1970), so the expected heterozygosity remaining in a simulated population is a useful metric of genetic decay for comparison across scenarios and populations. The mean observed heterozygosity reported by VORTEX is the mean inbreeding coefficient of the population.

(9) The user specifies one of three options for modelling the effect of inbreeding: (a) no effect of inbreeding on fitness, that is, all alleles are selectively neutral, (b) each founder individual has one unique lethal and one unique non-lethal allele (Recessive Lethals option), or (c) first-year survival of each individual is exponentially related to its inbreeding coefficient (Heterosis option). The first case is clearly an optimistic one, as almost all diploid

populations studied intensively have shown deleterious effects of inbreeding on a variety of fitness components (Wright 1977; Falconer 1981). Each of the two models of inbreeding depression may also be optimistic, in that inbreeding is assumed to have an impact only on first-year survival. The Heterosis option allows, however, for the user to specify the severity of inbreeding depression on juvenile survival.

(10) Years are iterated via steps 11–25 below.

(11) The probabilities of females producing each possible litter size are adjusted to account for density dependence of reproduction (if any).

(12) Birth rate, survival rates and carrying capacity for the year are adjusted to model environmental variation. Environmental variation is assumed to follow binomial distributions for birth and death rates and a normal distribution for carrying capacity, with mean rates and standard deviations specified by the user. At the outset of each year a random number is drawn from the specified binomial distribution to determine the percentage of females producing litters. The distribution of litter sizes among those females that do breed is maintained constant. Another random number is drawn from a specified binomial distribution to model the environmental variation in mortality rates. If environmental variations in reproduction and mortality are chosen to be correlated, the random number used to specify mortality rates for the year is chosen to be the same percentile of its binomial distribution as was the number used to specify reproductive rate. Otherwise, a new random number is drawn to specify the deviation of age- and sex-specific mortality rates for their means. Environmental variation across years in mortality rates is always forced to be correlated among age and sex classes.

The carrying capacity ( $K$ ) of the year is determined by first increasing or decreasing the carrying capacity at year 1 by an amount specified by the user to account for linear changes over time. Environmental variation in  $K$  is then imposed by drawing a random number from a normal distribution with the specified values for mean and standard deviation.

(13) Birth rates and survival rates for the year are adjusted to model any catastrophes determined to have occurred in that year.

(14) Breeding males are selected for the year. A male of breeding age is placed into the pool of potential breeders for that year if a random number drawn for that male is less than the proportion of breeding-age males specified to be breeding.

(15) For each female of breeding age, a mate is drawn at random from the pool of breeding males for that year. The size of the litter produced by that pair is determined by comparing the probabilities of each potential litter size (including litter size of 0, no breeding) to a randomly drawn number. The offspring are produced and assigned a sex by comparison of a random number to the specified sex ratio at birth. Offspring are assigned, at random, one allele at the hypothetical genetic locus from each parent.

(16) If the Heterosis option is chosen for modelling inbreeding depression, the genetic kinship of each new offspring to each other living animal in the population is determined. The kinship between a new animal,  $A$ , and another existing animal,  $B$  is

$$f_{AB} = 0.5 \times (f_{MB} + f_{PB})$$

in which  $f_{ij}$  is the kinship between animals  $i$  and  $j$ ,  $M$  is the mother of  $A$ , and  $P$  is the father of  $A$ . The inbreeding coefficient of each animal is equal to the kinship between its parents,  $F = f_{MP}$ , and the kinship of an animal to itself is  $f_{AA} = 0.5 \times (1 + F)$ . [See Ballou (1983) for a detailed description of this method for calculating inbreeding coefficients.]

(17) The survival of each animal is determined by comparing a random number to the survival probability for that animal. In the absence of inbreeding depression, the survival probability is given by the age and sex-specific survival rate for that year. If the Heterosis model of inbreeding depression is used and an individual is inbred, the survival probability is multiplied by  $e^{-bF}$  in which  $b$  is the number of lethal equivalents per haploid genome.

If the Recessive Lethals model is used, all offspring that are homozygous for a lethal allele are killed.

(18) The age of each animal is incremented by 1, and any animal exceeding the maximum age is killed.

(19) If more than one population is being modelled, migration among populations occurs stochastically with specified probabilities.

(20) If population harvest is to occur that year, the number of harvested individuals of each age and sex class are chosen at random from those available and removed. If the number to be removed do not exist for an age-sex class, VORTEX continues but reports that harvest was incomplete.

(21) Dead animals are removed from the computer memory to make space for future generations.

(22) If population supplementation is to occur in a particular year, new individuals of the specified age class are created. Each immigrant is assigned two unique alleles, one of which will be a recessive lethal in the Recessive Lethals model of inbreeding depression. Each immigrant is assumed to be genetically unrelated to all other individuals in the population.

(23) The population growth rate is calculated as the ratio of the population size in the current year to the previous year.

(24) If the population size ( $N$ ) exceeds the carrying capacity ( $K$ ) for that year, additional mortality is imposed across all age and sex classes. The probability of each animal dying during this carrying capacity truncation is set to  $(N-K)/N$ , so that the expected population size after the additional mortality is  $K$ .

(25) Summary statistics on population size and genetic variation are tallied and reported. A simulated population is determined to be extinct if one of the sexes has no representatives.

(26) Final population size and genetic variation are determined for the simulation.

(27) Summary statistics on population size, genetic variation, probability of extinction, and mean population growth rate, are calculated across iterations and printed out.

#### **Assumptions Underpinning VORTEX**

It is impossible to simulate the complete range of complex processes that can have an impact on wild populations. As a result there are necessarily a range of mathematical and biological assumptions that underpin any PVA program. Some of the more important assumptions in VORTEX include the following.

(1) Survival probabilities are density independent when population size is less than carrying capacity. Additional mortality imposed when the population exceeds  $K$  affects all age and sex classes equally.

(2) The relationship between changes in population size and genetic variability are examined for only one locus. Thus, potentially complex interactions between genes located on the same chromosome (linkage disequilibrium) are ignored. Such interactions are typically associated with genetic drift in very small populations, but it is unknown if, or how, they would affect population viability.

(3) All animals of reproductive age have an equal probability of breeding. This ignores the likelihood that some animals within a population may have a greater probability of breeding successfully, and breeding more often, than other individuals. If breeding is not at random among those in the breeding pool, then decay of genetic variation and inbreeding will occur more rapidly than in the model.

(4) The life-history attributes of a population (birth, death, migration, harvesting, supplementation) are modelled as a sequence of discrete and therefore seasonal events. However, such events are often continuous through time and the model ignores the possibility that they may be aseasonal or only partly seasonal.

(5) The genetic effects of inbreeding on a population are determined in VORTEX by using one of two possible models: the Recessive Lethals model and the Heterosis model. Both models have attributes likely to be typical of some populations, but these may vary within and between species (Brewer *et al.* 1990). Given this, it is probable that the impacts of inbreeding will fall between the effects of these two models. Inbreeding is assumed to depress only one component of fitness: first-year survival. Effects on reproduction could be incorporated into this component, but longer-term impacts such as increased disease susceptibility or decreased ability to adapt to environmental change are not modelled.

(6) The probabilities of reproduction and mortality are constant from the age of first breeding until an animal reaches the maximum longevity. This assumes that animals continue to breed until they die.

(7) A simulated catastrophe will have an effect on a population only in the year that the event occurs.

(8) Migration rates among populations are independent of age and sex.

(9) Complex, interspecies interactions are not modelled, except in that such community dynamics might contribute to random environmental variation in demographic parameters. For example, cyclical fluctuations caused by predator-prey interactions cannot be modelled by VORTEX.

## Discussion

### *Uses and Abuses of Simulation Modelling for PVA*

Computer simulation modelling is a tool that can allow crude estimation of the probability of population extinction, and the mean population size and amount of genetic diversity, from data on diverse interacting processes. These processes are too complex to be integrated intuitively and no analytic solutions presently, or are likely to soon, exist. PVA modelling focuses on the specifics of a population, considering the particular habitat, threats, trends, and time frame of interest, and can only be as good as the data and the assumptions input to the model (Lindenmayer *et al.* 1993). Some aspects of population dynamics are not modelled by VORTEX nor by any other program now available. In particular, models of single-species dynamics, such as VORTEX, are inappropriate for use on species whose fates are strongly determined by interactions with other species that are in turn undergoing complex (and perhaps synergistic) population dynamics. Moreover, VORTEX does not model many conceivable and perhaps important interactions among variables. For example, loss of habitat might cause secondary changes in reproduction, mortality, and migration rates, but ongoing trends in these parameters cannot be simulated with VORTEX. It is important to stress that PVA does not predict in general what will happen to a population; PVA forecasts the likely effects only of those factors incorporated into the model.

Yet, the use of even simplified computer models for PVA can provide more accurate predictions about population dynamics than the even more crude techniques available previously, such as calculation of expected population growth rates from life tables. For the purpose of estimating extinction probabilities, methods that assess only deterministic factors are almost certain to be inappropriate, because populations near extinction will commonly be so small that random processes dominate deterministic ones. The suggestion by Mace and Lande (1991) that population viability be assessed by the application of simple rules (e.g., a taxon be considered Endangered if the total effective population size is below 50 or the

total census size below 250) should be followed only if knowledge is insufficient to allow more accurate quantitative analysis. Moreover, such preliminary judgments, while often important in stimulating appropriate corrective measures, should signal, not obviate, the need for more extensive investigation and analysis of population processes, trends and threats.

Several good population simulation models are available for PVA. They differ in capabilities, assumptions and ease of application. The ease of application is related to the number of simplifying assumptions and inversely related to the flexibility and power of the model. It is unlikely that a single or even a few simulation models will be appropriate for all PVAs. The VORTEX program has some capabilities not found in many other population simulation programs, but is not as flexible as are some others (e.g., GAPPS; Harris *et al.* 1986). VORTEX is user-friendly and can be used by those with relatively little understanding of population biology and extinction processes, which is both an advantage and a disadvantage.

### *Testing Simulation Models*

Because many population processes are stochastic, a PVA can never specify what will happen to a population. Rather, PVA can provide estimates of probability distributions describing possible fates of a population. The fate of a given population may happen to fall at the extreme tail of such a distribution even if the processes and probabilities are assessed precisely. Therefore, it will often be impossible to test empirically the accuracy of PVA results by monitoring of one or a few threatened populations of interest. Presumably, if a population followed a course that was well outside of the range of possibilities predicted by a model, that model could be rejected as inadequate. Often, however, the range of plausible fates generated by PVA is quite broad.

Simulation programs can be checked for internal consistency. For example, in the absence of inbreeding depression and other confounding effects, does the simulation model predict an average long-term growth rate similar to that determined from a life-table calculation? Beyond this, some confidence in the accuracy of a simulation model can be obtained by comparing observed fluctuations in population numbers to those generated by the model, thereby comparing a data set consisting of tens to hundreds of data points to the results of the model. For example, from 1938 to 1991, the wild population of whooping cranes had grown at a mean exponential rate,  $r$ , of 0.040, with annual fluctuations in the growth rate, SD ( $r$ ), of 0.141 (Mirande *et al.* 1993). Life-table analysis predicted an  $r$  of 0.052. Simulations using VORTEX predicted an  $r$  of 0.046 into the future, with a SD ( $r$ ) of 0.081. The lower growth rate projected by the stochastic model reflects the effects of inbreeding and perhaps imbalanced sex ratios among breeders in the simulation, factors that are not considered in deterministic life-table calculations. Moreover, life-table analyses use mean birth and death rates to calculate a single estimate of the population growth rate. When birth and death rates are fluctuating, it is more appropriate to average the population growth rates calculated separately from birth and death rates for each year. This mean growth rate would be lower than the growth rate estimated from mean life-table values.

When the simulation model was started with the 18 cranes present in 1938, it projected a population size in 1991 ( $N \pm SD = 151 \pm 123$ ) almost exactly the same as that observed ( $N=146$ ). The large variation in population size across simulations, however, indicates that very different fates (including extinction) were almost equally likely. The model slightly underestimated the annual fluctuations in population growth [model SD ( $r$ )=0.112 v. actual SD ( $r$ )=0.141]. This may reflect a lack of full incorporation of all aspects of stochasticity into the model, or it may simply reflect the sampling error inherent in stochastic phenomena. Because the data input to the model necessarily derive from analysis of past trends, such retrospective analysis should be viewed as a check of consistency, not as proof that the model correctly describes current population dynamics. Providing another confir-

mation of consistency, both deterministic calculations and the simulation model project an over-wintering population of whooping cranes consisting of 12% juveniles (less than 1 year of age), while the observed frequency of juveniles at the wintering grounds in Texas has averaged 13%.

Convincing evidence of the accuracy, precision and usefulness of PVA simulation models would require comparison of model predictions to the distribution of fates of many replicate populations. Such a test probably cannot be conducted on any endangered species, but could and should be examined in experimental non-endangered populations. Once simulation models are determined to be sufficiently descriptive of population processes, they can guide management of threatened and endangered species (see above and Lindenmayer *et al.* 1993). The use of PVA modelling as a tool in an adaptive management framework (Clark *et al.* 1990) can lead to increasingly effective species recovery efforts as better data and better models allow more thorough analyses.

#### *Directions for Future Development of PVA Models*

The PVA simulation programs presently available model life histories as a series of discrete (seasonal) events, yet many species breed and die throughout much of the year. Continuous-time models would be more realistic and could be developed by simulating the time between life-history events as a random variable. Whether continuous-time models would significantly improve the precision of population viability estimates is unknown. Even more realistic models might treat some life-history events (e.g., gestation, lactation) as stages of specified duration, rather than as instantaneous events.

Most PVA simulation programs were designed to model long-lived, low fecundity (K-selected) species such as mammals, birds and reptiles. Relatively little work has been devoted to developing models for short-lived, high-fecundity (r-selected) species such as many amphibians and insects. Yet, the viability of populations of r-selected species may be highly affected by stochastic phenomena, and r-selected species may have much greater minimum viable populations than do most K-selected species. Assuring viability of K-selected species in a community may also afford adequate protection for r-selected species, however, because of the often greater habitat-area requirements of large vertebrates. Populations of r-selected species are probably less affected by intrinsic demographic stochasticity because large numbers of progeny will minimise random fluctuations, but they are more affected by environmental variations across space and time. PVA models designed for r-selected species would probably model fecundity as a continuous distribution, rather than as a completely specified discrete distribution of litter or clutch sizes; they might be based on life-history stages rather than time-increment ages; and they would require more detailed and accurate description of environmental fluctuations than might be required for modelling K-selected species.

The range of PVA computer simulation models becoming available is important because the different assumptions of the models provide capabilities for modelling diverse life histories. Because PVA models always simplify the life history of a species, and because the assumptions of no model are likely to match exactly our best understanding of the dynamics of a population of interest, it will often be valuable to conduct PVA modelling with several simulation programs and to compare the results. Moreover, no computer program can be guaranteed to be free of errors. There is a need for researchers to compare results from different PVA models when applied to the same analysis, to determine how the different assumptions affect conclusions and to cross-validate algorithms and computer code.

#### **Acknowledgments**

James W. Grier made available his simulation program, SPGPC, which provided many of the algorithms on which the first version of VORTEX (SIMPOP) was based. I thank Ulysses S. Seal, Thomas J. Foose, Jon Ballou, Nathan R. Flesness, Tim W. Clark, Gary Backhouse,

David Lindenmayer, Simon Bennett, and many of the staff of the Department of Conservation and Environment, Victoria, Australia, for many helpful comments on VORTEX and PVA. Tim W. Clark, David Lindenmayer and two anonymous reviewers provided valuable critiques of drafts of this paper.

### References

- Akçakaya, H. R., and Ferson, S. (1990). 'RAMAS/Space User Manual. Spatially Structured Population Models for Conservation Biology.' (Applied Biomathematics: Setauket, New York.)
- Ballou, J. (1983). Calculating inbreeding coefficients from pedigrees. In 'Genetics and Conservation: A Reference for Managing Wild Animal and Plant Populations'. (Eds C. M. Schonewald-Cox, S. M. Chambers, B. MacBryde and W. L. Thomas.) pp. 509-20. (Benjamin/Cummings: Menlo Park, California.)
- Belovsky, G. E. (1987). Extinction models and mammalian persistence. In 'Viable Populations for Conservation'. (Ed. M. E. Soulé.) pp. 35-57. (Cambridge University Press: Cambridge.)
- Berger, J. (1990). Persistence of different-sized populations: an empirical assessment of rapid extinctions in bighorn sheep. *Conservation Biology* 4, 91-8.
- Brewer, B. A., Lacy, R. C., Foster, M. L., and Alaks, G. (1990). Inbreeding depression in insular and central populations of *Peromyscus* mice. *Journal of Heredity* 81, 257-66.
- Burgmann, M. A., and Gerard, V. A. (1990). A stage-structured, stochastic model for giant kelp *Macrocystis pyrifera*. *Marine Biology* 105, 15-23.
- Clark, T. W. (1989). 'Conservation Biology of the Black-footed Ferret. Special Scientific Report.' (Wildlife Preservation Trust International: Philadelphia.)
- Clark, T. W., and Seebeck, J. H. (Eds) (1990). 'Management and Conservation of Small Populations.' (Chicago Zoological Society: Brookfield, Illinois.)
- Clark, T. W., Warneke, R. M., and George, G. G. (1990). Management and conservation of small populations. In 'Management and Conservation of Small Populations'. (Eds T. W. Clark and J. H. Seebeck.) pp. 1-18. (Chicago Zoological Society: Brookfield, Illinois.)
- Clark, T. W., Backhouse, G. N., and Lacy, R. C. (1991). Report of a workshop on population viability assessment as a tool for threatened species management and conservation. *Australian Zoologist* 27, 28-35.
- Crow, J. F., and Kimura, M. (1970). 'Introduction to Population Genetics Theory.' (Harper and Row: New York.)
- Doughty, R. W. (1989). 'Return of the Whooping Crane.' (University of Texas Press: Austin.)
- Falconer, D. S. (1981). 'Introduction to Quantitative Genetics.' 2nd Edn. (Longman: New York.)
- Ferson, S. (1990). 'RAMAS/Stage. Generalized Stage-based Modeling for Population Dynamics.' (Applied Biomathematics: Setauket, New York.)
- Ferson, S., and Akçakaya, H. R. (1989). 'RAMAS/Age User Manual. Modeling Fluctuations in Age-structured Populations.' (Applied Biomathematics: Setauket, New York.)
- Fisher, R. A. (1958). 'The Genetical Theory of Natural Selection.' 2nd Edn. (Dover: New York.)
- Foose, T. J., Lacy, R. C., Brett, R., and Seal, U. S. (1992). Kenya black rhinoceros population and habitat viability assessment. (Captive Breeding Specialist Group, SSC, IUCN: Apple Valley, Minnesota.)
- Gilpin, M. E. (1987). Spatial structure and population vulnerability. In 'Viable Populations for Conservation'. (Ed. M. E. Soulé.) pp. 125-39. (Cambridge University Press: Cambridge.)
- Gilpin, M. E. (1989). Population viability analysis. *Endangered Species Update* 6, 15-18.
- Gilpin, M. E., and Soulé, M. E. (1986). Minimum viable populations: processes of species extinction. In 'Conservation Biology: the Science of Scarcity and Diversity'. (Ed. M. E. Soulé.) pp. 19-34. (Sinauer: Sunderland, Massachusetts.)
- Goodman, D. (1987). The demography of chance extinction. In 'Viable Populations for Conservation'. (Ed. M. E. Soulé.) pp. 11-34. (Cambridge University Press: Cambridge.)
- Grier, J. W. (1980a). A simulation model for small populations of animals. *Creative Computing* 6, 116-21.
- Grier, J. W. (1980b). Modeling approaches for bald eagle population dynamics. *Wildlife Society Bulletin* 8, 316-22.

- Harris, R. B., Metzger, L. H., and Bevins, C. D. (1986). 'GAPPS. Version 3.0.' (Montana Cooperative Research Unit, University of Montana: Missoula.)
- Hill, F. A. R. (1991). A research recovery plan for the brush-tailed rock wallaby *Petrogale penicillata* (Gray 1825). Report to Australian National Parks and Wildlife Service. (Department of Conservation and Environment: Melbourne.)
- Kirkpatrick, S., and Stoll, E. (1981). A very fast shift-register sequence random number generator. *Journal of Computational Physics* 40, 517.
- Lacy, R. C. (1993). Impacts of inbreeding in natural and captive populations of vertebrates: implications for conservation. *Perspectives in Biology and Medicine*. (In press.)
- Lacy, R. C., and Clark, T. W. (1990). Population viability assessment of eastern barred bandicoot. In 'The Management and Conservation of Small Populations'. (Eds T. W. Clark and J. H. Seebeck.) pp. 131-46. (Chicago Zoological Society: Brookfield, Illinois.)
- Lacy, R. C., Flesness, N. R., and Seal, U. S. (1989). 'Puerto Rican Parrot Population Viability Analysis.' (Captive Breeding Specialist Group, SSC, IUCN: Apple Valley, Minnesota.)
- Lacy, R. C., Petric, A. M., and Warneke, M. (1993). Inbreeding and outbreeding depression in captive populations of wild species. In 'The Natural History of Inbreeding and Outbreeding'. (Ed. N. W. Thornhill.) (University of Chicago Press: Chicago.) (In press.)
- Lande, R. (1988). Demographic models of the northern spotted owl (*Strix occidentalis caurina*). *Oecologia* 75, 601-7.
- Latour, A. (1986). Polar normal distribution. *Byte* August 1986, 131-2.
- Lindenmayer, D. B., Clark, T. W., Lacy, R. C., and Thomas, V. C. (1993). Population viability analysis as a tool in wildlife management: a review with reference to Australia. *Environmental Management*. (In press.)
- Mace, G. M., and Lande, R. (1991). Assessing extinction threats: toward a reevaluation of IUCN threatened species categories. *Conservation Biology* 5, 148-57.
- Maguire, L. A., Lacy, R. C., Begg, R. J., and Clark, T. W. (1990). An analysis of alternative strategies for recovering the eastern barred bandicoot. In 'The Management and Conservation of Small Populations'. (Eds T. W. Clark and J. H. Seebeck.) pp. 147-64. (Chicago Zoological Society: Brookfield, Illinois.)
- Maier, W. L. (1991). A fast pseudo random number generator. *Dr. Dobb's Journal* May 1991, 152-7.
- Mirande, C., Lacy, R. C., and Seal, U. S. (1993). Whooping crane conservation viability assessment workshop. (Captive Breeding Specialist Group, SSC, IUCN: Apple Valley, Minnesota.)
- Morton, N. E., Crow, J. F., and Muller, H. J. (1956). An estimate of the mutational damage in man from data on consanguineous marriages. *Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A.* 42, 855-63.
- O'Brien, S. J., and Evermann, J. F. (1988). Interactive influence of infectious diseases and genetic diversity in natural populations. *Trends in Ecology and Evolution* 3, 254-9.
- Possingham, H., Davies, I., and Noble, I. R. (1991). 'An Evaluation of Population Viability Analysis for Assessing the Risk of Extinction.' (Resource Assessment Commission: Canberra.)
- Possingham, H. P., Davies, I., Noble, I. R., and Norton, T. W. (1992). A metapopulation simulation model for assessing the likelihood of plant and animal extinctions. *Mathematics and Computers in Simulation* 33, 367-72.
- Ralls, K., Ballou, J. D., and Templeton, A. R. (1988). Estimates of lethal equivalents and the cost of inbreeding in mammals. *Conservation Biology* 2, 185-93.
- Resource Assessment Commission (1991). Forest and timber inquiry. Draft report. Vol. 2. July 1991. (Australian Government Publishing Service: Canberra.)
- Ricklefs, R. E. (1979). 'Ecology.' 2nd Edn. (Chiron: New York.)
- Robertson, A. (1960). A theory of limits in artificial selection. *Proceedings of the Royal Society of London* 153B, 234-49.
- Seal, U. S., and Foose, T. J. (1989). Javan rhinoceros population viability analysis and recommendations. (Captive Breeding Specialist Group, SSC, IUCN: Apple Valley, Minnesota.)
- Seal, U. S., and Lacy, R. C. (1989). Florida panther population viability analysis. (Captive Breeding Specialist Group, SSC, IUCN: Apple Valley, Minnesota.)
- Seal, U. S., Ballou, J. D., and Padua, C. V. (1990). *Leontopithecus* population viability analysis workshop report. (Captive Breeding Specialist Group, SSC, IUCN: Apple Valley, Minnesota.)
- Seal, U. S., Lacy, R. C., Medley, K., Seal, R., and Foose, T. J. (1991). Tana River Primate Reserve Conservation Assessment Workshop. (Captive Breeding Specialist Group, SSC, IUCN: Apple Valley, Minnesota.)



- Selander, R. K. (1983). Evolutionary consequences of inbreeding. In 'Genetics and Conservation: A Reference for Managing Wild Animal and Plant Populations'. (Eds C. M. Schonewald-Cox, S. M. Chambers, B. MacBryde and W. L. Thomas.) pp. 201-15. (Benjamin/Cummings: Menlo Park, California.)
- Shaffer, M. L. (1981). Minimum population sizes for species conservation. *BioScience* 31, 131-4.
- Shaffer, M. L. (1987). Minimum viable populations: coping with uncertainty. In 'Viable Populations for Conservation'. (Ed. M. E. Soulé.) pp. 69-86. (Cambridge University Press: Cambridge.)
- Shaffer, M. L. (1990). Population viability analysis. *Conservation Biology* 4, 39-40.
- Simberloff, D. A. (1986). The proximate causes of extinction. In 'Patterns and Processes in the History of Life'. (Eds D. M. Raup and D. Jablonski.) pp. 259-76. (Springer-Verlag: Berlin.)
- Simberloff, D. A. (1988). The contribution of population and community biology to conservation science. *Annual Review of Ecology and Systematics* 19, 473-511.
- Soulé, M. E. (Ed.) (1987). 'Viable Populations for Conservation.' (Cambridge University Press: Cambridge.)
- Thomas, C. D. (1990). What do real population dynamics tell us about minimum population sizes? *Conservation Biology* 4, 324-7.
- Wright, S. (1977). 'Evolution and the Genetics of Populations. Vol. 3. Experimental Results and Evolutionary Deductions.' (University of Chicago Press: Chicago.)

#### Appendix. Sample Output from VORTEX

*Explanatory comments are added in italics*

VORTEX—simulation of genetic and demographic stochasticity

TEST

*Simulation label and output file name*

Fri Dec 20 09:21:18 1991

2 population(s) simulated for 100 years, 100 runs

*VORTEX first lists the input parameters used in the simulation:*

HETEROISIS model of inbreeding depression  
with 3.14 lethal equivalents per diploid genome

Migration matrix:

	1	2
1	0.9900	0.0100
2	0.0100	0.9900

*i.e. 1% probability of migration from  
Population 1 to 2, and from Population 2 to 1*

First age of reproduction for females: 2 for males: 2

Age of senescence (death): 10

Sex ratio at birth (proportion males): 0.5000

Population 1:

Polygynous mating; 50.00 per cent of adult males in the breeding pool.

Reproduction is assumed to be density independent.

50.00 (EV = 12.50 SD) per cent of adult females produce litters of size 0

25.00 per cent of adult females produce litters of size 1

25.00 per cent of adult females produce litters of size 2

*EV is environmental variation*

50.00 (EV = 20.41 SD) per cent mortality of females between ages 0 and 1

10.00 (EV = 3.00 SD) per cent mortality of females between ages 1 and 2

10.00 (EV = 3.00 SD) per cent annual mortality of adult females (2 <= age <= 10)

50.00 (EV = 20.41 SD) per cent mortality of males between ages 0 and 1

10.00 (EV = 3.00 SD) per cent mortality of males between ages 1 and 2

10.00 (EV = 3.00 SD) per cent annual mortality of adult males (2 <= age <= 10)

EVs have been adjusted to closest values possible for binomial distribution.

EV in reproduction and mortality will be correlated.

Frequency of type 1 catastrophes: 1·000 per cent  
with 0·500 multiplicative effect on reproduction  
and 0·750 multiplicative effect on survival

Frequency of type 2 catastrophes: 1·000 per cent  
with 0·500 multiplicative effect on reproduction  
and 0·750 multiplicative effect on survival

Initial size of Population 1: (set to reflect stable age distribution)

Age	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	5 Males
	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	5 Females

Carrying capacity = 50 (EV = 0·00 SD)  
with a 10·000 per cent decrease for 5 years.

Animals harvested from population 1, year 1 to year 10 at 2 year intervals:

- 1 females 1 years old
- 1 female adults (2 <= age <= 10)
- 1 males 1 years old
- 1 male adults (2 <= age <= 10)

Animals added to population 1, year 10 through year 50 at 4 year intervals:

- 1 females 1 years old
- 1 females 2 years old
- 1 males 1 years old
- 1 males 2 years old

*Input values are summarised above, results follow.*

*VORTEX now reports life-table calculations of expected population growth rate.*

Deterministic population growth rate (based on females, with assumptions of no limitation of mates and no inbreeding depression):

$$r = -0.001 \quad \lambda = 0.999 \quad RO = 0.997$$

Generation time for: females = 5·28 males = 5·28

*Note that the deterministic life-table calculations project approximately zero population growth for this population.*

Stable age distribution:	Age class	females	males
	0	0.119	0.119
	1	0.059	0.059
	2	0.053	0.053
	3	0.048	0.048
	4	0.043	0.043
	5	0.038	0.038
	6	0.034	0.034
	7	0.031	0.031
	8	0.028	0.028
	9	0.025	0.025
	10	0.022	0.022

Ratio of adult (>=2) males to adult (>=2) females: 1·000

Population 2:

*Input parameters for Population 2 were identical to those for Population 1.  
Output would repeat this information from above.*

*Simulation results follow.*

Population1

## Year 10

N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000  
 N[Surviving] = 100, P[S] = 1.000  
 Population size = 4.36 (0.10 SE, 1.01 SD)  
 Expected heterozygosity = 0.880 (0.001 SE, 0.012 SD)  
 Observed heterozygosity = 1.000 (0.000 SE, 0.000 SD)  
 Number of extant alleles = 8.57 (0.15 SE, 1.50 SD)

*Population summaries given, as requested by user, at 10-year intervals.*

## Year 100

N[Extinct] = 86, P[E] = 0.860  
 N[Surviving] = 14, P[S] = 0.140  
 Population size = 8.14 (1.27 SE, 4.74 SD)  
 Expected heterozygosity = 0.577 (0.035 SE, 0.130 SD)  
 Observed heterozygosity = 0.753 (0.071 SE, 0.266 SD)  
 Number of extant alleles = 3.14 (0.35 SE, 1.29 SD)

In 100 simulations of 100 years of Population1:

86 went extinct and 14 survived.

This gives a probability of extinction of 0.8600 (0.0347 SE),

or a probability of success of 0.1400 (0.0347 SE).

99 simulations went extinct at least once.

Median time to first extinction was 5 years.

Of those going extinct,

mean time to first extinction was 7.84 years (1.36 SE, 13.52 SD).

123 recolonisations occurred.

Mean time to recolonisation was 4.22 years (0.23 SE, 2.55 SD).

110 re-extinctions occurred.

Mean time to re-extinction was 54.05 years (2.81 SE, 29.52 SD).

Mean final population for successful cases was 8.14 (1.27 SE, 4.74 SD)

Age 1	Adults	Total	
0.14	3.86	4.00	Males
0.36	3.79	4.14	Females

During years of harvest and/or supplementation

mean growth rate ( $r$ ) was 0.0889 (0.0121 SE, 0.4352 SD)

Without harvest/supplementation, prior to carrying capacity truncation,

mean growth rate ( $r$ ) was -0.0267 (0.0026 SE, 0.2130 SD)

*Population growth in the simulation ( $r = -0.0267$ ) was depressed relative to the projected growth rate calculated from the life table ( $r = -0.001$ ) because of inbreeding depression and occasional lack of available mates.*

Note: 497 of 1000 harvests of males and 530 of 1000 harvests of females could not be completed because of insufficient animals.

Final expected heterozygosity was 0.5768 (0.0349 SE, 0.1305 SD)

Final observed heterozygosity was 0.7529 (0.0712 SE, 0.2664 SD)

Final number of alleles was 3.14 (0.35 SE, 1.29 SD)

## Population2

*Similar results for Population 2, omitted from this Appendix, would follow.*

\*\*\*\*\* Metapopulation Summary \*\*\*\*\*

## Year 10

N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000  
 N[Surviving] = 100, P[S] = 1.000  
 Population size = 8.65 (0.16 SE, 1.59 SD)  
 Expected heterozygosity = 0.939 (0.000 SE, 0.004 SD)  
 Observed heterozygosity = 1.000 (0.000 SE, 0.000 SD)  
 Number of extant alleles = 16.92 (0.20 SE, 1.96 SD)

*Metapopulation summaries are given at 10-year intervals.*

Year 100

N[Extinct] = 79, P[E] = 0.790  
 N[Surviving] = 21, P[S] = 0.210  
 Population size = 10.38 (1.37 SE, 6.28 SD)  
 Expected heterozygosity = 0.600 (0.025 SE, 0.115 SD)  
 Observed heterozygosity = 0.701 (0.050 SE, 0.229 SD)  
 Number of extant alleles = 3.57 (0.30 SE, 1.36 SD)

In 100 simulations of 100 years of Metapopulation:

79 went extinct and 21 survived.

This gives a probability of extinction of 0.7900 (0.0407 SE),  
 or a probability of success of 0.2100 (0.0407 SE).

97 simulations went extinct at least once.

Median time to first extinction was 7 years.

Of those going extinct,

mean time to first extinction was 11.40 years (2.05 SE, 20.23 SD).

91 recolonisations occurred.

Mean time to recolonisation was 3.75 years (0.15 SE, 1.45 SD).

73 re-extinctions occurred.

Mean time to re-extinction was 76.15 years (1.06 SE, 9.05 SD).

Mean final population for successful cases was 10.38 (1.37 SE, 6.28 SD)

Age 1	Adults	Total	
0.48	4.71	5.19	Males
0.48	4.71	5.19	Females

During years of harvest and/or supplementation

mean growth rate (r) was 0.0545 (0.0128 SE, 0.4711 SD)

Without harvest/supplementation, prior to carrying capacity truncation,

mean growth rate (r) was -0.0314 (0.0021 SE, 0.1743 SD)

Final expected heterozygosity was 0.5997 (0.0251 SE, 0.1151 SD)

Final observed heterozygosity was 0.7009 (0.0499 SE, 0.2288 SD)

Final number of alleles was 3.57 (0.30 SE, 1.36 SD)

Manuscript received 4 March 1992; revised and accepted 13 August 1992