

TALLER INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS LAGOMORFOS MEXICANOS EN PELIGRO DE EXTINCIÓN

11 - 14 de enero de 1996
Universidad Autónoma Metropolitana / Unidad Iztapalapa
Mexico, D.F.

Editado por
Gloria L. Portales, Patricia Reyes, Hector Rangel, Alejandro Velazquez,
Philip Miller, Susie Ellis, Andrew T. Smith

Con contribuciones especiales por
Fernando Cervantes, Francisco J. Romero, Jose Bernal, Carolina Valdespino

Producido por los participantes del taller

Un taller participativo

Asociación Mexicana para la Conservación
y Estudio de los Lagomorfos, a.c. (AMCELA)

Universidad Autónoma Metropolitana / Unidad Iztapalapa (UAM/I)

Universidad Nacional Autónoma de Mexico (UNAM)

UICN / CSE Grupo Especialista de Lagomorfos (LSG)

UICN / CSE Grupo Especialista
en Cría para la Conservación (CBSG)

Grupo Especialista en Cría
para la Conservación, México (CBSG, México)

Patrocinado por

Universidad Autónoma Metropolitana / Unidad Iztapalapa
Universidad Nacional Autónoma De Mexico
Wildlife Preservation Trust International
St. Louis Zoo
CONABIO
SEMARNAP

Una Contribución del UICN / CSE Grupo Especialista en Cría para la Conservación
A contribution of the IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group.

Gloria L. Portales, Patricia Reyes, Hector Rangel, Alejandro Velazquez,
Philip Miller, Susie Ellis, Andrew T. Smith (Eds.). *Taller Internacional para la
Conservación de los Lagomorfos Mexicanos en Peligro de Extinción*. Reporte del taller.
IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group: Apple Valley, MN 1997.

FOTO EN LA PORTADA CORTESÍA DE FERNANDO CERVANTES.

DIBUJO CORTESÍA DE MARGARITO LUCIO AVILA.

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. Funds may be wired to First Bank NA
ABA 091000022, for credit to CBSG Account No. 1100 1210 1736.

The CBSG Institutional Conservation Council : these generous contributors make possible the work of the Conservation Breeding Specialist Group

Conservators (\$10,000 and above)

Australasian Species Management Prog.
California Energy Co., Inc.
Chicago Zoological Society
Columbus Zoological Gardens
Denver Zoological Gardens
Exxon Corporation
Fossil Rim Wildlife Center
International Union of Directors of Zoological Gardens
Metropolitan Toronto Zoo
Minnesota Zoological Garden
Omaha's Henry Doorly Zoo
Saint Louis Zoo
Sea World, Inc.
White Oak Conservation Center
Wildlife Conservation Society - NY
Zoological Society of Cincinnati
Zoological Society of San Diego

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

Cleveland Zoological Society
Friends of Zoo Atlanta
John G. Shedd Aquarium
Loro Parque
Lubee Foundation
Toledo Zoological Society
Zoological Parks Board of New South Wales

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

Allwetter Zoo Munster
Africam Safari
Audubon Institute
Bristol Zoo
Burgers' Zoo
Caldwell Zoo
Calgary Zoo
Cologne Zoo
Copenhagen Zoo
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
Indianapolis Zoological Society
International Aviculturists Society
Japanese Association of Zoological Parks & Aquariums
Jersey Wildlife Preservation Trust
Living Desert
Marwell Zoological Park
Milwaukee County Zoo
NOAHS Center
North Carolina Zoological Park
North of England Zoological Society,

Chester Zoo
Oklahoma City Zoo
Paignton Zoological & Botanical Gardens
Parco Natura Viva Garda Zoological Park
Pencynor Wildlife Park
Philadelphia Zoological Garden
Phoenix Zoo
Pittsburgh Zoo
Royal Zoological Society of Antwerp
Royal Zoological Society of Scotland
San Antonio Zoo
San Francisco Zoo
Schoenbrunner Tiergarten
Sedgwick County Zoo
Sunset Zoo (10 year commitment)
Taipei Zoo
The WILDS
The Zoo, Gulf Breeze, FL
Urban Council of Hong Kong
Union of German Zoo Directors
Washington Park Zoo
Wassenaar Wildlife Breeding Centre
Wilhelma Zoological Garden
Woodland Park Zoo
Yong-In Farmland
Zoological Parks Board of Victoria
Zoological Park Organization
Zoological Society of London
Zurich Zoological Garden

Stewards (\$500-\$999)

Aalborg Zoo
Arizona-Sonora Desert Museum
Banham Zoo
Camperdown Wildlife Center
Cotswold Wildlife Park
Dutch Federation of Zoological Gardens
Erie Zoological Park
Fota Wildlife Park
Givskud Zoo
Granby Zoological Society
Knoxville Zoo
Lincoln Park Zoo
Nat. Zool. Gardens of South Africa
Odense Zoo
Orana Park Wildlife Trust
Paradise Park
Perth Zoological Gardens
Riverbanks Zoological Park
Rolling Hills Ranch (5 year commitment)
Rostock Zoo
Royal Zoological Society of Southern Australia
Rotterdam Zoo
Thrigby Hall Wildlife Gardens
Tierpark Rheine
Twycross Zoo
Wellington Zoo
World Parrot Trust
Zoo de la Casa de Campo-Madrid

Welsh Mt. Zoo/Zool. Society of Wales
Zoologischer Garten Frankfurt

Curators (\$250-\$499)

Emporia Zoo
Edward D. Plotka
Racine Zoological Society
Roger Williams Zoo
The Rainforest Habitat
Topeka Zoological Park
Tropical Bird Garden

Sponsors (\$50-\$249)

African Safari
Shigeharu Asakura
Apenheul Zoo
Belize Zoo
Brandywine Zoo
Claws 'n Paws
Darmstadt Zoo
Elaine M. Douglass
Dreher Park Zoo
Endangered Wildlife Trust
Exotarium
Great Plains Zoo
Hancock House Publisher
Marvin Jones
Kew Royal Botanic Gardens
Lisbon Zoo
Miller Park Zoo
National Aviary in Pittsburgh
National Birds of Prey Centre
Jean H. Nudell
Ocean World Taipei Incorporation
Steven J. Olson
PAAZAB
Parco Faunistico "La Torbiera"
Potter Park Zoo
Teruku Shimizu
Touro Parc-France

Supporters (\$25-\$49)

Alameda Park Zoo
Bighorn Institute
DGHT Arbeitsgruppe Anuren
Folsom Children's Zoo & Botanical Garden
Jardin aux Oiseaux
Lee Richardson Zoo
Memphis Zoo
Natur- u. Artenschutz in den Tropen
Oglebay's Good Children's Zoo
Speedwell Bird Sanctuary
Tautphaus Park Zoo
Terrasimia Preservation Trust
Zoocheck Canada Inc.

14 August 1996

TABLA DE CONTENIDO

<i>PREFACIO</i>	-i-
<i>PREFACE (en inglés)</i>	-ii-
<i>RESUMEN EJECUTIVO</i>	-vi-
<i>EXECUTIVE SUMMARY</i>	-x-
<i>RESOLUCION</i>	-xiv-

SECCIÓN 1. EL PROCESO DE CONSERVACIÓN, ANÁLISIS Y MANEJO PLANIFICADO (CAMP)

Introducción	1
México	2
Lagomorfos Mexicanos	2
La Participación Regional Mexicana y de las ONGs Locales	2
Conservación, Análisis y Manejo Planificado (CAMP)	3
Este Taller	4
El Proceso de CAMP	4
Objetivos del Taller CAMP	4
Categorías de amenaza de la UICN	5
Tabla 1. Los lagomorfos endémicos de México - Categorías de la Lista roja de la UICN	6
Amenazas a los Lagomorfos Mexicanos	6
Recomendaciones de manejo intensivo y acciones de investigación	7
Tabla 2. Amenazas que presentan las especies de lagomorfos endémicos de México	8
Investigación	9
Tabla 3. Recomendaciones para manejo e investigación para los lagomorfos de México	10
Educación	10
Recomendaciones para Programas en Cautiverio	11
Revisión de los Documentos del CAMP	13

SECCION 2. HOJAS DE DATOS DE TAXON PARA LOS LAGOMORFOS MEXICANOS Y EXPLICACIONES DE CATEGORIAS DE LOS MISMOS

Conservación, Análisis y Manejo Planificado (CAMP) Categorías - Hoja de Datos de Taxón	15
Tabla 4. Las categorías de la Lista Roja de la UICN	22
Hoja de Datos: <i>Sylvilagus cunicularius</i>	23

Hoja de Datos: <i>Sylvilagus graysoni</i>	25
Hoja de Datos: <i>Sylvilagus insonus</i>	27
Hoja de Datos: <i>Sylvilagus mansuetus</i>	29
Hoja de Datos: <i>Romerolagus diazi</i>	31
Hoja de Datos: <i>Lepus callotis</i>	35
Hoja de Datos: <i>Lepus flavigularis</i>	37
Hoja de Datos: <i>Lepus insularis</i>	40
Tabla 5. Planilla de Datos para los Lagomorfos Mexicanos	42

SECCION 3. ANALISIS DE LA VIABILIDAD DE LA POBLACIÓN Y DEL HÁBITAT PARA EL ZACATUCHE (*Romerolagus diazi*)

Introducción	44
El proceso de PHVA - Objetivos y Procedimientos	46
História Natural del Conejo Zacatuche	47
Comportamiento	48
Alimentación	48
Excrementos	49
Reproducción	49
Depredadores	50
Parásitos	50
Madrigueras	50
Biodiversidad simpátrica	51

SECCION 4. REPORTES DE LOS GRUPOS DE TRABAJO

Reporte: Grupo de Trabajo sobre Hábitat	53
Reporte: Grupo de Trabajo sobre Distribución	56
Reporte: Grupo de Trabajo sobre Amenazas	63
Reporte: Grupo de Trabajo sobre Estrategias de Comunicación y Educación Ambiental para la Conservación del Zacatuche	67
Reporte: Grupo de Trabajo sobre Cría en Cautiverio	70
Reporte: Grupo de Trabajo sobre Biología de Población y Modelaje: El Conejo Zacatuche	76

SECCION 5. LITERATURA CONSULTADA

SECCION 6. LISTA DE ASISTENTES

SECCION 7. MATERIALES DE REFERENCIA	
Categorías de las Listas Rojas de la UICN	121
VORTEX: A Computer Simulation Model for Population Viability Analysis	137

PREFACIO

Es para mi un gran placer introducir este volumen que se originó del Taller Internacional para la Conservación de los Lagomorfos mexicanos en peligro de extinción, el cuál se realizó en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, en la Ciudad de México del 11 al 14 de Enero de 1996. Este evento organizado por la Asociación Mexicana para la Conservación y Estudio de los Lagomorfos (AMCELA), el Grupo Especialista de Conservación y Reproducción (CBSG) y el Grupo Especialista de Lagomorfos (LSG) de la UICN-Unión Mundial de la Conservación de la Comisión de Sobrevivencia de Especies, logró reunir más de 30 individuos de México y Estados Unidos con el proposito común de analizar, refinar y desarrollar futuras estrategias de conservación para las especies de lagomorfos endémicos de México. Este proceso consistió en un Análisis para Conservación y Manejo Planificado (CAMP), designado para evaluar el estado de todas las especies de lagomorfos endémicos de México, seguido por un Taller de Análisis de Viabilidad de las Poblaciones y el Habitat (PHVA) para el conejo zacatuche (teporingo o conejo de los volcanes) *Romerolagus diazi*.

Reuniones de este tipo no suceden por accidente. Hay varias fuerzas que se conjuntaron para reunirnos a todos: necesidad, capacidad y deseo. Lo mas importante de estas fuerzas era la necesidad de preservar y proteger a los lagomorfos de México. México es la casa de mas de un cuarto de los conejos y liebres que existen en el mundo, y de estos, ocho son especies endémicas. La mitad de las especies endémicas han sido enlistadas como en peligro o críticamente en peligro de extinción por el LSG utilizando el nuevo criterio cuantitativo de la UICN para la determinación de especies amenazadas y la otra mitad estan también declinando en población y rango geográfico. El zacatuche en particular, es una especie de especial preocupación para México, y ha sido propuesto como el símbolo nacional para la conservación en México. La mayoría de las especies de lagomorfos endémicos de México se presentan en áreas donde existe una gran diversidad y endemismo de especies, por eso una apropiada protección a las especies de lagomorfos, puede simultáneamente, preservar una valiosa proporción de la diversidad de los lagomorfos que existen en el mundo y proveer una sombrilla de protección de los hábitats de otras formas amenazadas y endémicas de México.

La segunda fuerza fue la capacidad para tomar una acción significativa basada en la ciencia de la conservación. En la última década una nueva generación de biólogos mexicanos ha florecido y ha tomado el rol de mando en estudios de especies amenazadas y asuntos de conservación. Estos estudios forman ahora una fuerte plataforma en la que se puede construir un comprensivo análisis de conservación y planeación. Personalmente, es para mi gratificante que varios de estos investigadores son miembros del Grupo Especialista de Lagomorfos

(Gerardo Ceballos, Fernando Cervantes, Francisco Romero y Alejandro Velázquez) y sus agendas de conservación reconocidas internacionalmente son pioneras en los estudios de lagomorfos.

Tercero, hay ahora un deseo sin paralelo entre muchas personas, organizaciones no gubernamentales y oficinas de gobierno, para conservar a los lagomorfos en México. AMCELA es solo un ejemplo de una organización con profundas raíces que se ha comprometido a esta causa. Consejo Nacional de la Fauna, NATURALIA y otras también ha desarrollado un fuerte deseo de ayudar en la conservación del zacatuche. Este aumento en la capacidad local asegura que hay un vínculo entre los círculos académicos y acciones de conservación en el campo.

De esta manera, reconociendo esta necesidad, capacidad y entusiasmo, representantes de LSG y AMCELA se reunieron en Julio de 1995 en la Ciudad de México y llevaron a cabo discusiones preliminares concernientes a la necesidad de desarrollar una estrategia de conservación para los lagomorfos endémicos de México. La CBSG fue invitada para facilitar el Taller, se desarrollaron propuestas para conseguir fondos y la planeación comenzó. Muchas personas y organizaciones fueron responsables del éxito de este Taller. Fondos para este Taller fueron generosamente proporcionados por Wildlife Preservation Trust International, el St. Louis Zoo, CONABIO, SEMARNAP, Sir Peter Scott Action Plan Fund, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa y la Universidad Autónoma de México. Nuestro anfitrión, la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa desenrrolló el tapete rojo para nosotros y nos proveyó de todas nuestras necesidades; apreciamos enormemente los esfuerzos de Javier Olvera, Demetrio Ambriz y los 14 estudiantes de la UAM-I por su hospitalidad. Los doctores Susie Ellis y Phil Miller de CBSG nos proveyeron con su experiencia, liderazgo y habilidad interpersonal necesaria para un taller exitoso. Especialmente apreciamos la participación y punto de vista que trajo al Taller Francisco Chavira. Francisco y los Comuneros Organizados de Milpa Alta organizaron un fantástico día de campo que culminó el Taller. Mientras nos agasajabamos en un claro en medio del hábitat del zacatuche y bajo el volcán Tlaloc, fue posible poner en perspectiva la verdadera razón para este Taller, la gloria de los hábitats naturales y sus habitantes que deseamos proteger y preservar. Por último, pero ciertamente no de menos importancia, el Taller no hubiera podido desarrollarse sin la experta planeación y organización, todo con una sonrisa de Gloria Portales y Patty Reyes.

Es mi deseo personal que este documento represente sólo la primera fase de una activa agenda de conservación para los lagomorfos de México, y que aquellos que dieron su tiempo (14 horas cada día!) para asegurar el éxito de este Taller, aquellos que realmente estén comprometidos a esta agenda de conservación, sean ampliamente reconocidos y recompensados por su interés, entusiasmo, experiencia y dedicación.

Andrew T. Smith
Representante del Grupo Especialista de Lagomorfos

PREFACE

It is with great pleasure that I introduce this volume, written in Spanish, that originated from the Conservation Workshop for Endemic Lagomorphs of Mexico held at the Universidad Autonoma Metropolitana -- Unidad Iztapalapa, Mexico City on 11 - 14 January 1996. This event, hosted by the Asociacion Mexicana para la Conservacion y Estudio de los Lagomorphos (AMCELA) and the Conservation Breeding Specialist Group (CBSG) and Lagomorph Specialist Group (LSG) of IUCN-The World Conservation Union's Species Survival Commission, brought together over 30 individuals from Mexico and the United States with the common purpose to review, refine, and develop further conservation strategies for the endemic lagomorph species of Mexico. This process consisted of a Conservation Assessment and Management Plan (CAMP), designed to evaluate the status of all the endemic lagomorphs of Mexico, followed by a Population and Habitat Viability Assessment (PHVA) for the volcano rabbit (also zacatuche or teperingo; *Romerolagus diazi*).

Meetings of this sort do not just happen by accident. There were several forces that came together to bring us all together: need, capacity and desire. The most important of these forces was the need to preserve and protect the lagomorph fauna of Mexico. Mexico is home to more than a quarter of the world's rabbits and hares, and of these eight are endemic species. Half of the endemic forms have been listed as endangered or critically endangered by the LSG using IUCN's new quantitative criteria for the determination of threatened species, and the other half are also declining in population or geographic range. The zacatuche, in particular, is a species of special concern within Mexico, and is being proposed as Mexico's national symbol for conservation. Most of Mexico's endemic lagomorphs occur in areas of pronounced species diversity and endemism, thus proper protection of lagomorph species can simultaneously preserve a valuable proportion of the diversity of the world's lagomorphs and provide an umbrella for the protection of habitats of other threatened and endemic forms within Mexico.

The second force was the capacity to take significant action based on conservation science. Over the past decade a new generation of Mexican biologists have blossomed and taken a leadership role in studies of threatened species and conservation issues. These studies now form a strong platform upon which comprehensive conservation analysis and planning can build. It is personally gratifying that several of these investigators are members of the LGS (Gerardo Ceballos, Fernando Cervantes, Francisco Romero and Alejandro Velazquez) and are pioneering internationally-recognized conservation agendas in their studies of lagomorphs.

Third, there is now an unparalleled desire among many persons, non-government organizations, and government agencies to conserve lagomorphs in Mexico. AMCELA is just one example of a broad-based grassroots organization that is committed to this cause. Consejo Nacional de la Fauna, NATURALIA, and others also have developed a strong desire

to assist in the conservation of the zacatuche. This increase in local capacity ensures that there is linkage between academic circles and conservation action on the ground.

Thus, in recognition of this need, capacity and enthusiasm, representatives of the LSG and AMCELA met in July, 1995 in Mexico City and conducted preliminary discussions concerning the need to develop a conservation strategy for endemic Mexican Lagomorphs. The CBSG was invited to facilitate the Workshop, funding proposals were drafted, and the planning began. Many persons and organizations were ultimately responsible for the success of the Workshop. Funding for the Workshop was generously provided by the Wildlife Preservation Trust International, the St. Louis Zoo, CONABIO, the Mexican Ministry of the Environment, the Sir Peter Scott Action Plan Fund, the Universidad Autonoma Metropolitana -- Unidad Iztapalapa, and the Universidad National Autonoma de Mexico. Our host, Universidad Autonoma Metropolitana -- Unidad Iztapalapa rolled out the red carpet for us and provided for all our needs; we greatly appreciate the efforts of Javier Olvera and the fourteen UAM-I students for their hospitality. Drs. Susie Ellis and Phil Miller of CBSG provided the expertise, leadership and interpersonal skills necessary for a successful workshop. We especially are appreciative of the participation and point of view brought to the Workshop by Francisco Chavira. Francisco and the Comuneros Organizados de Milpa Alta provided the fantastic picnic that culminated the Workshop. As we feasted in a clearing in the middle of the range of the zacatuche and under the volcan Tlaloc, it was possible to put into perspective the true reason for this Workshop -- the glory of natural habitats and their inhabitants that we wish to protect and preserve. And last, but certainly not least, the Workshop could not have been held without the expert planning and organization, all with a smile, of Gloria Portales and Patty Reyes.

It is my personal desire that this document represents just the first stage of an active conservation agenda for the lagomorphs of Mexico, and that those that gave up their time (14 hours each day!) to ensure the success of the Workshop -- those that are truly committed to this conservation agenda -- are widely recognized and rewarded for their interest, enthusiasm, expertise and dedication.

Andrew T. Smith
Chair, Lagomorph Specialist Group

RESUMEN EJECUTIVO

Taller Internacional para la Conservación de los Lagomorfos Mexicanos en Peligro de Extinción

El Taller Internacional para la Conservación de los Lagomorfos Mexicanos en Peligro de Extinción se realizó del 11 al 14 de enero de 1996 en la Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa, Ciudad de México. El taller se llevó a cabo en dos partes: un proceso de Análisis de Conservación y Manejo Planificado para los lagomorfos "endémicos de México" y un Análisis de Población y de Hábitat para el zacatuche, *Romerolagus diazi*.

El CAMP del taller se enfocó primordialmente en la distribución, estatus y amenazas de las poblaciones de lagomorfos mexicanos.

Los resultados de el CAMP subrayaron la necesidad que existe de realizar esfuerzos en colaboración para conservar los lagomorfos de México. El deterioro en el estatus de conservación de muchas de las especies, aún durante la última década, enfatiza la necesidad de acciones inmediatas. Los participantes llegaron al consenso de que los esfuerzos para conservar estas especies primeramente deberán enfocarse en programas de campo, y que la información adicional sobre distribución, estatus poblacional, ecología y biología son de vital importancia.

RESUMEN DE EL CAMP, APRECIACIONES Y RECOMENDACIONES

Ocho especies de lagomorfos mexicanos fueron considerados para el CAMP. De acuerdo a los nuevos criterios de la lista roja de la UICN de los ocho taxa, cuatro de ellos fueron catalogados como amenazados:

<i>Sylvilagus insonus</i>	En Peligro Crítico
<i>Sylvilagus graysoni</i>	En peligro
<i>Romerolagus diazi</i>	En peligro
<i>Lepus flavigularis</i>	En peligro

Los cuatro restantes se catalogaron como de Menor Riesgo (Casi Amenazados): *Sylvilagus cunicularius*, *Sylvilagus mansuetus*, *Lepus callotis*, *Lepus insularis*.

Las principales amenazas hacia los lagomorfos mexicanos son: la cacería como fuente de alimento, la interferencia humana y la pérdida del hábitat por la agricultura y la

ganadería.

En el caso de *Romerolagus diazi* se acordó que era adecuado realizar un PHVA, y para *Sylvilagus graysoni*, *Sylvilagus insonus* y *Lepus flavigularis* se propusieron como candidatos para futuros PHVA.

También se hicieron recomendaciones para manejo de investigación en las siguientes categorías:

Reconocimiento	8 taxa
Monitoreo	8 taxa
Estudios de Historia de Vida	8 taxa
Factores limitantes para la investigación	6 taxa
Manejo de hábitat	6 taxa
Factores limitantes para el manejo	5 taxa
Investigaciones taxonómicas	3 taxa
Manejo en cautiverio	2 taxa
Otras investigaciones	4 taxa

Para un taxón, *Romerolagus diazi*, se recomendó el nivel 2, de un programa de manejo en cautiverio (basado en parte en los criterios del listado rojo de la UICN).

El PHVA para el *Romerolagus diazi* se enfocó principalmente hacia la distribución, el estatus de conservación y las amenazas para esta especie. Durante el taller se establecieron 6 grupos de trabajo: Hábitat, Distribución, Amenazas, Reproducción en Cautiverio, Educación y Modelos con el VORTEX. El taller proporcionó una oportunidad única para reunir a los biólogos especialistas en lagomorfos que han trabajado con el *Romerolagus diazi* en México, a representantes internacionales de la UICN/CSE del Grupo Especialista en Cría para la Conservación y de representantes de zoológicos de Norteamérica.

Los grupos de trabajo de Distribución y de Hábitat estimaron números de hábitats y de poblaciones a través de consensos realizados con trabajos en el campo.

El zacatuche no está protegido ni por un plan activo de manejo ni por un sistema viable de áreas protegidas en su área de distribución. Actualmente hay 163 áreas naturales protegidas distribuidas a lo largo de México, y ocho de dichas áreas incluyen el complejo volánico Pelado/Tláloc . Estas áreas, que son pequeñas y separadas no están protegidas o incluidas en un programa de manejo; en realidad, ha la fecha, existen sólo como "parques de papel". La población estimada de el zacatuche es de 7,085 comprende 1,811 en el Volcán Pelado, 1,816 en el Volcán Tláloc, 3,458 en los Volcanes Ixta-Popo y aproximadamente 3,056 en las áreas periféricas.

El grupo de trabajo sobre modelo de predicción con el VORTEX se remitió primero sobre los datos derivados de el CAMP realizado justo antes del PHVA. En esa ocasión todos los participantes trabajaron juntos para construir un modelo base para predecir sobre la población de el zacatuche en el Volcán Pelado. El modelo de VORTEX indicó que los fuegos en el bosque contribuyen marcadamente a la extirpación de la población. En consecuencia, se deberán de desarrollar programas de investigación detallados enfocados a explorar dinámicas de manejos de fuegos en el hábitat de el zacatuche. Los modelos preliminares sugirieron que las poblaciones son más sensibles a cambios en la mortalidad de ejemplares juveniles que a ejemplares adultos, pero que ambos juegan un papel crítico determinando la dinámica de poblaciones. Lo que sugiere realizar estudios longitudinales usando técnicas de "marcaje y recaptura" que permitan profundizar dentro de la dinámica de dispersión y de las características reproductivas de la población. Un modelo más completo indicó que con equivalentes niveles de mortalidad y fecundidad, las poblaciones pequeñas tienen mayor riesgo de extirpación, que las poblaciones mayores por la acción desestabilizadora de variaciones ambientales y por el efecto demográfico estocástico. Los planes de manejo dirigidos a la expansión del hábitat apropiado, pueden ser exitosos mejorando la viabilidad de la población del zacatuche, pero solamente si factores como el fuego y la perturbación ocasionada por los humanos se minimizan.

El grupo de trabajo sobre amenazas identificó 3 causas principales de pérdida de individuos: la cacería, la depredación por especies exóticas (perros y gatos ferales), y los fuegos que se aplican para generar nuevos pastos. También se identificaron 6 causas primarias para la pérdida del hábitat: los fuegos por causa humana, la extracción ilegal de madera, de roca volcánica y de suelo, la falta de restricción para el desarrollo de nuevas áreas de agricultura, la cosecha del zacatón para hacer escobas, el establecimiento de asentamientos humanos, la construcción de caminos y de centros de recreación, así como la acumulación de desecho y basura en el hábitat. Se hicieron varias recomendaciones generales para amortiguar estas amenazas, enfocadas sobre: el desarrollo de programas de vigilancia conducidos por gente local para controlar la cacería y los fuegos, mejorando la información sobre la situación de los lagomorfos a través de programas de educación y guías de cacería, con el establecimiento de programas de para el control de la población y erradicación de los animales ferales y la población de mascotas locales, hallar fuentes alternativas de alimentación doméstica, planear y compartir la información sobre una manera alternativa de usar y conservar el bosque, y el establecimiento de un programa de reciclaje y control de la basura.

El grupo de Educación analizó los problemas relacionados con la educación ambiental concerniente a el zacatuche, realizando trabajos de diagnóstico y definiciones sobre este tema, así como recomendaciones para llevarlo a cabo. Los

principales puntos identificados fueron un acercamiento a la comunidad en diferentes maneras, llevando a cabo una asesoría (incluyendo factores económicos, socio-culturales, e históricos) de la comunidad relacionada con los recursos naturales, y estableciendo relaciones entre la comunidad, los educadores ambientales, y con otros grupos para desarrollar acciones concretas designadas tanto para el beneficio de la comunidad como para la conservación de el zacatuche. Los pasos específicos para lograr estos objetivos son señalados en el reporte del grupo.

Una de las recomendaciones de el CAMP durante el taller fue desarrollar un programa de manejo "colaborativo" de reproducción en cautiverio para el zacatuche. El grupo de trabajo sobre reproducción en cautiverio desarrollo guías para el manejo de los encierros ya existentes, así como para los nuevos que pudieran llegar a ser desarrollados. Este grupo recomendó la formación de un "consorcio" que comprendiera a varias de las organizaciones relacionadas al zacatuche (como AMCELA, el Grupo Especialista de Lagomorfos, NATURALIA, CNF, e investigadores de la UNAM, y de la UAM Iztapalapa y Xochimilco). Este "consorcio" podría colaborar desarrollando e implementando programas de investigación, educación, conservación y de manejo demográfico y genético, permitiendo la optimización de recursos limitados para la conservación de las especies.

En el último día del Taller, una serie de recomendaciones para la conservación y manejo de el *Romerolagus diazi* fueron revisadas e intensivamente discutidas para lograr un consenso. Estas recomendaciones forman la base de los reportes de los trabajos en grupo. Dentro de dichas recomendaciones se sugirió la resolución de adoptar al zacatuche como símbolo de la conservación en México. Esta resolución fue aprobada de forma unánime por todos los participantes del taller.

EXECUTIVE SUMMARY

International Workshop for the Conservation of Endangered Mexican Lagomorphs

A Conservation Workshop for Mexican Lagomorphs was held from 11-14 January 1996 at the Universidad Autonoma Metropolitana - Unidad Iztapalapa in México City. The workshop was comprised of two parts: a Conservation Assessment and Management Plan (CAMP) for endemic Mexican lagomorphs; and a Population and Habitat Viability Assessment for the volcano rabbit, *Romerolagus diazi*.

The CAMP workshop focused primarily on the distribution, status and threats of wild populations of lagomorphs in Mexico.

The results of the CAMP underline the need for further collaborative efforts to conserve the lagomorphs of Mexico. The deteriorating conservation status of many species, even during the last decade, emphasized the need for immediate action. The participants reached consensus that efforts to conserve these species primarily should focus on field programs, and that additional information on distribution, population status, ecology and biology are of vital importance.

Summary of CAMP Assessments and Recommendations

Eight Mexican lagomorph taxa were considered by the Conservation Assessment and Management Plan for Mexican lagomorphs. Of the eight taxa, four were assessed as threatened according to the New IUCN Red List criteria:

<i>Sylvilagus insonus</i>	Critically Endangered
<i>Sylvilagus graysoni</i>	Endangered
<i>Romerolagus diazi</i>	Endangered
<i>Lepus flavicularis</i>	Endangered

Four taxa were listed as Low Risk (Near Threatened) according to the New IUCN Red List criteria: *Sylvilagus cunicularis*, *Sylvilagus mansuetus*, *Lepus callotis*, *Lepus insularis*.

Of all the threats facing the lagomorphs of Mexico, the most striking are hunting for food, human interference, and habitat loss because of agriculture and farming.

Romerolagus diazi was recommended as a candidate for a Population and Habitat Viability Assessment (PHVA) workshop. Tentative or "pending" PHVA workshops were recommended for *Sylvilagus insonus*, *Sylvilagus graysoni*, and *Lepus flavigularis*.

Recommendations for Research Management were made in the following categories:

Survey	8 taxa
Monitoring	8 taxa
Life history studies	8 taxa
Limiting factors research	6 taxa
Habitat management	6 taxa
Limiting factors management	5 taxa
Taxonomic research	3 taxa
Captive management/husbandry	2 taxa
Other research	4 taxa

For one taxa, *Romerolagus diazi*, a Level 2 captive program was recommended (based in part on IUCN Red List criteria).

The Population and Habitat Viability Assessment for *Romerolagus diazi* focused primarily on the distribution, status and threats to that species. At the workshop, six working groups were established: Habitat, Distribution, VORTEX modeling, Threats, Education, and Captive Breeding. The workshop provided a unique opportunity to bring together Mexican lagomorph biologists who have worked with *Romerolagus* in Mexico, international representatives from the IUCN/SSC Lagomorph and Conservation Breeding Specialist Groups, and North American Zoos.

Estimates of habitat and population numbers were derived in both the **Distribution Working Group** and **Habitat Working Group** through consensus of field biologists. The zacatuche is not currently protected by active management nor through the presence of a viable system of protected areas in its geographic range. Presently there are 163 protected areas distributed throughout Mexico, with eight protected areas in the area of the Pelado/Tlaloc Volcano complex. These areas are small and isolated, and currently have no protection or assigned managers, existing to date only as "paper parks." The estimated population of the volcano rabbit is approximately 7,085; comprised of 1,811 in Pelado, 1,816 in Tlaloc, 3,458 in Ixta-Popo, and approximately 3,056 in peripheral areas.

The **Modeling Working Group** relied primarily on data derived from the CAMP workshop held just before the PHVA. A baseline model for the population at Volcano Pelado was constructed by the workshop participants as a group. VORTEX modeling indicated that severe forest fires contribute markedly to population

extinction. Consequently, detailed research programs should be developed to explore the dynamics of fire management in zacatuche habitat. Preliminary models suggest that populations are more sensitive to changes in juvenile mortality than adult mortality, but that both play a critical role in determining population dynamics. Comprehensive longitudinal studies should be undertaken using well-established mark/recovery techniques to provide insight into dispersal dynamics and reproductive characteristics of the populations. Overall modeling indicated that with equivalent levels of mortality and fecundity, smaller populations are at greater risk of extinction than are larger populations because of the destabilizing action of stochastic demographic and environmental variation. Management plans directed at expansion of suitable habitat can be successful in improving volcano rabbit population viability, but only if factors such as fire and human disturbance are kept to a minimum.

The working group on **Threats** identified three primary causes of losses of individuals: hunting; predation by exotic species (feral cats and dogs); human-set fires used to generate new grass growth for domestic livestock. Six primary causes for habitat loss also were identified: human-set fires; illegal extraction of wood, volcanic rock, and soil; unrestricted development of new agriculture areas; harvesting of zacaton grass to make brooms; establishment of new human settlements, road construction, and recreation centers; and accumulation of refuse and garbage in the habitat. Several general recommendations were made to ameliorate these threats, focusing on: the development of vigilance programs conducted by people living in the countryside for hunting and fire control; improved information transfer in the form of hunting guides and education programs; establishment of eradication and population control programs for feral animals and local pet populations; finding alternate food sources for domestic livestock; plan and share information about alternative forest use and conservation; and establishing a garbage control and recycling program.

The **Education Working Group** analyzed the problems related to education pertaining to the zacatuche, established working diagnostics and definitions of the same, and then made programmatic recommendations. The general goals identified were to approach the community in a number of different ways, carrying out an assessment (encompassing economic, socio-cultural, and historic factors) of the community pertaining to natural resources, and establishing relationships between the community, environmental educators, and other groups to develop concrete actions designed to be beneficial to the local community as well as the conservation of the zacatuche. Specific steps to reach these goals are outlined in the working group report.

One of the recommendations from the CAMP workshop was the development of a collaboratively managed captive breeding program for the volcano rabbit. The **Captive Breeding Working Group** developed guidelines for the management of

existing as well as any new captive breeding programs that might be developed. This group recommended the formation of a consortium comprised of the various zacatuche stakeholder organizations (e.g., AMCELA, the Lagomorph Specialist Group, NATURALIA, CNF, UNAM, and UAM Iztapalapa and Xochimilco). This consortium would collaboratively develop and implement programs of research, education, conservation, and genetic and demographic management, leading to the optimization of limited resources for the conservation of the species.

On the last day of the workshop, the comprehensive set of recommendations for the conservation and management of *Romerolagus* were reviewed, intensively discussed, and consensus was reached on all. These recommendations form the basis of the working group reports. Among the recommendations was a resolution suggesting that the zacatuche be adopted as a conservation symbol in Mexico. This resolution was passed unanimously by all workshop participants and follows.

RESOLUCIÓN SOBRE LA CONSERVACIÓN ESTATUS EN MÉXICO DEL ZACATUCHE (Romerolagus diazi)

RECONOCIENDO que México es uno de los 5 países con mayor biodiversidad a nivel mundial;

ACORDANDO que esta enorme diversidad biológica se caracteriza por el gran número de endemismos cuya conservación es responsabilidad de México;

RECORDANDO que el buen uso y conservación de recursos naturales renovables es un problema que rebasa las fronteras nacionales y que el problema de la extinción de las especies es responsabilidad de todos;

RECONOCIENDO que la transformación, deterioro y pérdida de los ambientes naturales trae como consecuencia su fragmentación, aumentando así la probabilidad de extinción de las poblaciones de plantas y animales silvestres;

ANOTANDO que México es el país con el mayor número de liebres y conejos endémicos de todo el mundo;

RECONOCIENDO que el conejo zacatuche o teporingo es un fósil viviente, exclusivo de la fauna Mexicana que es considerado extremadamente raro y en peligro de extinción;

CONSIDERANDO que el zacatuche sólo se distribuye en una pequeña y restringida área de las montañas del sur y sureste del Valle de México, muy cerca de la Ciudad de México donde habitan cerca de 22 millones de personas;

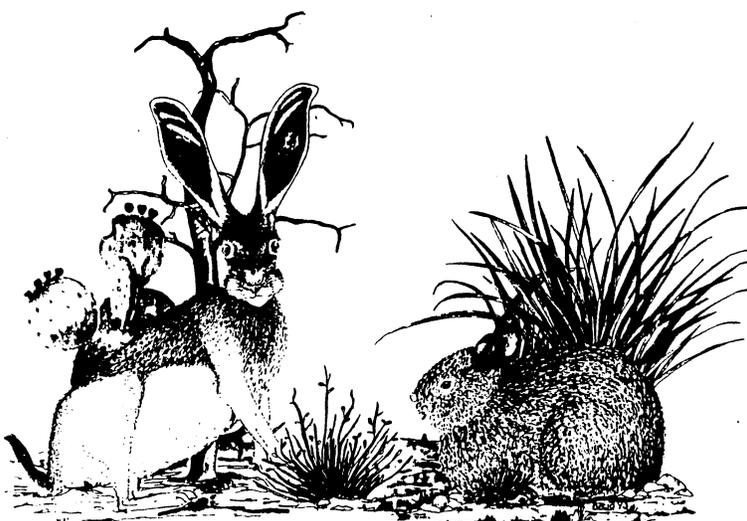
INDICANDO la importancia biológica tanto a nivel nacional como mundial de esta especie;

y las sugerencias de los participantes y especialistas del Taller Internacional para la Conservación de los Lagomorfos Mexicanos en Peligro de Extinción;

SE PROPONE al conejo zacatuche como el símbolo de la conservación para México, y especialmente como el emblema del compromiso adquirido por México para proteger y asegurar la conservación de todas las especies de México.

TALLER INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS LAGOMORFOS MEXICANOS EN PELIGRO DE EXTINCIÓN

11 - 14 de enero de 1996
Universidad Autónoma Metropolitana / Unidad Iztapalapa
Mexico, D.F.



SECCIÓN 1
EL PROCESO DE CONSERVACIÓN, ANÁLISIS Y MANEJO PLANIFICADO (CAMP)

Taller Internacional para la Conservación de los Lagomorfos Mexicanos en Peligro de Extinción - el Proceso de Análisis para Conservación y Manejo Planificado (CAMP)

Introducción

La reducción y fragmentación de las poblaciones de fauna silvestre y su hábitat ocurren a una tasa rápida y acelerada a nivel mundial. Como resultado, se encuentran poblaciones pequeñas y aisladas en peligro de extinción de un número creciente de taxa. La rápida expansión de la población humana, que actualmente es de 5.25 mil millones, se calcula que alcanzará los 8 mil millones para el año 2025. Esta expansión y el uso concomitante de recursos, lleva una inercia, la cual no puede ser detenida, resultando en un decremento en la capacidad de todas las demás especies para existir simultáneamente en el planeta.

En América Latina, la destrucción del hábitat y la sobreexplotación de fauna silvestre se han convertido en una amenaza creciente para la sobrevivencia del medio natural. Conforme las poblaciones de fauna silvestre disminuyen por la cacería y la fragmentación del hábitat, sus funciones ecológicas para asegurar un ecosistema equilibrado, regulado y sostenible, también se ven reducidas. Aún así, la mayoría de las acciones de conservación están enfocadas a la protección de hábitat y reservas, en lugar de la conservación y manejo de los elementos de fauna silvestre, los cuales son críticos para la sobrevivencia a largo plazo de ecosistemas neotropicales.

Los administradores de fauna silvestre reconocen que se deben adoptar estrategias de manejo para reducir el riesgo de extinción de especies, con el fin de asegurar las funciones de ecosistemas viables. Estas estrategias deben ser globales e incluir la conservación del hábitat, recolección intensiva de información en campo, investigaciones sobre las funciones ecológicas de especies clave, desarrollo de técnicas mejoradas de monitoreo biológico. En algunos casos, puede ser necesario mantener poblaciones cautivas, manejadas científicamente, que puedan interactuar genética y demográficamente con las poblaciones silvestres.

El éxito de la conservación de especies y ecosistemas silvestres requiere del desarrollo e implementación de programas activos de manejo por personas y gobiernos que viven entorno a esos ecosistemas. Las recomendaciones contenidas en este documento se basan exclusivamente en necesidades de conservación; las restricciones por razones políticas y de otra índole son responsabilidad de las agencias mexicanas encargadas de la

conservación de flora y fauna del país.

México

México es un país muy rico y diverso con respecto a sus características ecológicas. Aunque a nivel mundial es el decimocuarto país en cuanto a superficie territorial, ocupa el cuarto o quinto lugar en cuanto a diversidad de especies. México también es conocido por su alto porcentaje (30%) de especies de mamíferos endémicos. Este endemismo se encuentra principalmente concentrado en la selva baja caducifolia, los bosques templados del cinturón transvolcánico y en las islas de Baja California. Desafortunadamente gran parte de la herencia natural del país presenta el riesgo de deteriorarse o perderse a menos de que se implementen prácticas adecuadas de manejo.

Lagomorfos Mexicanos

Las 14 especies de lagomorfos que ocurren en México representan el 27% de todas las especies de conejos y liebres en el mundo. Ocho de estas especies son endémicas y la mayor parte ocurren en una de las tres áreas de pronunciado endemismo dentro de México (referirse arriba). Todas éstas se consideran amenazadas de alguna forma y cuatro de ellas han sido clasificadas como en alto peligro de extinción o en peligro de extinción por el Grupo Especialista de Lagomorfos de la IUCN/CSE. En adición, un análisis reciente indicó que entre los mamíferos, los lagomorfos existentes en hábitats fragmentados se encuentran particularmente expuestos a la extinción. Por lo tanto, las propuestas para proteger y conservar a los lagomorfos de México servirán para preservar y conservar una proporción considerable de la diversidad de los lagomorfos del mundo y puede proveer simultáneamente un paraguas para la conservación de otros hábitats y especies amenazadas/endémicas de México. La protección apropiada de las especies de lagomorfos debe de tomar en consideración un enfoque paisajista integral del mosaico regional del hábitat y de las distribuciones de la flora y fauna endémica del área.

La Participación Regional Mexicana y de las ONGs Locales

La importancia de las poblaciones de lagomorfos, la declinación y extinción de todas las especies endémicas, la pérdida y fragmentación del hábitat y la creciente amenaza en varias formas debido al rápido crecimiento de la población en México han sido reconocidas y están siendo atendidas por las comunidades académicas y no gubernamentales de México. Esta actividad se encuentra muy bien organizada, correctamente orientada a los hechos más substanciales y ha producido ideas sumamente fructíferas. El problema principal de este movimiento es el mismo que el que confronta el gobierno: el deterioro de la economía Mexicana.

A pesar de estas dificultades, AMCELA en conjunción con otras ONGs y la comunidad académica que se encuentra cercanamente integrada con el movimiento de ONGs en México, ha desarrollado una documentación extensa de la biología de los lagomorfos del país, sus hábitats y las amenazas sobre su existencia. El intenso estudio de los hábitats de varios lagomorfos con intervalos de distribución restringida ha sido desarrollado durante el último año. Se han realizado esfuerzos para determinar las formas de integrar a los habitantes locales que viven dentro del área de distribución de las especies de lagomorfos amenazados, en planes de recuperación potenciales. Un énfasis considerable ha sido dirigido a la educación científica con respecto a las especies en peligro y a la conservación de la biodiversidad a lo largo de la amplitud de distribución de estas formas. El trabajo más extenso ha sido realizado con *Romerolagus*: el mapeo extensivo en el área de tipos de hábitats disponibles (verificando la información obtenida a través de imágenes aéreas por rastreo en tierra) ha sido incluido en Sistemas de Información Geográfica (GIS por sus siglas en inglés). Se han realizado recomendaciones preliminares para la integración de las áreas protegidas existentes en el área del Volcán Pelado/Tlaloc, el establecimiento de corredores y la adquisición/compra de áreas consideradas como críticas.

Conservación Análisis y Manejo Planificado (CAMP)

Dentro de la Comisión para la Supervivencia de las Especies (CSE) de la Unión para la Conservación Mundial (UICN), el objetivo primordial del Grupo Especialista en Reproducción para la Conservación (CBSG) es de contribuir al desarrollo de estrategias de conservación holísticas y viables, así como el manejo de planes de acción. Con esta finalidad, 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 para Conservación y Manejo Planificado (CAMP).

Los CAMPs proporcionan una guía estratégica para la conservación de taxa amenazados. Esta puede incluir recomendaciones para realizar investigaciones de campo y métodos mejorados de recolección de la información, así como la aplicación de técnicas intensivas de manejo, que se requieren para la supervivencia y recuperación de taxa amenazados. El proceso del CAMP asegura una visión objetiva y global sobre el estado del taxón en cuestión, con el propósito de mejorar la efectividad y sinergia de los esfuerzos de conservación. Los CAMPs también son una forma de poner a prueba la aplicación de los nuevos criterios de nivel de amenaza en la Lista Roja del IUCN. Adicionalmente, los CAMPs intentan producir resúmenes de datos actuales para grupos taxonómicos, proporcionando un mecanismo para el registro y seguimiento del estado de las especies.

Este Taller

El CAMP se propuso considerando toda la información anteriormente proporcionada.. En este documento se evalúa el estado de las ocho especies de lagomorfos que se distribuyen en México. En adición, los resultados de este análisis buscan subrayar las alternativas actuales de conservación así como aquellos aspectos de las especies que actualmente son desconocidos.

El Proceso del CAMP

El proceso del CAMP involucra a expertos en manejo tanto en vida libre como en cautiverio, del grupo taxonómico que está siendo evaluado, en talleres interactivos intensivos. El propósito del taller del CAMP de los Lagomorfos Mexicanos fue el de asistir en el desarrollo futuro de una estrategia de conservación para las especies. Del 11 al 14 de enero de 1996, 29 participantes se reunieron en la Universidad Autónoma Metropolitana - Unidad Iztapalapa en la Ciudad de México, D.F. con el fin de revisar y desarrollar estrategias de conservación para los Lagomorfos Mexicanos. Este taller se llevó a cabo en conjunto con un Análisis y Viabilidad de Población y Hábitat para el zacatuche (*Romerolagus diazi*).

Los participantes del CAMP trabajaron juntos con el fin de realizar las evaluaciones y recomendaciones pertinentes, mismas que fueron entregadas a todo el grupo antes de finalizar para obtener el consenso de los grupos, como se representa en éste documento. Las recomendaciones generales concernientes al manejo, investigación, iniciativas en el campo, categorización de amenazas para todos los taxa y cría en cautiverio fueron apoyadas por todos los grupos de trabajo.

Objetivos del Taller CAMP

Los objetivos del taller de CAMP fueron los siguientes:

1. Revisar el estado poblacional y las tendencias demográficas para las especies de felinos presentes en México, probar la aplicabilidad de los nuevos criterios para la Lista Roja del UICN y discutir las opciones de manejo para los taxa.
2. Proponer recomendaciones para el manejo *in situ*, investigación y recopilación de datos para todos los taxa evaluados, incluyendo: investigaciones de campo; censos; Monitoreo de poblaciones e investigación de los factores limitantes; estudios taxonómicos; recomendaciones para talleres PHVA; manejo intensivo en vida libre; u otras investigaciones específicas.

3. Proponer recomendaciones para manejo ex situ e investigación para el taxón, incluyendo manejo, mantenimiento de poblaciones viables en cautiverio de las especies más amenazadas (cuando sea posible y deseable) y el desarrollo de programas de colaboración cautiverio / vida silvestre.

4. Producir un documento con las conclusiones de la discusión sobre el CAMP para lagomorfos de México, presentando recomendaciones del taller, para su distribución y revisión por los participantes del taller y todas las partes interesadas en la conservación del taxón evaluado.

Durante el taller, todos los taxa endémicos de lagomorfos Mexicanos fueron evaluados taxón por taxón en términos de su estado actual y futuro de las poblaciones silvestres con el objeto de asignar prioridades en actividades de conservación o de obtención de información. Los datos utilizados en esta evaluación se basaron principalmente en las estimaciones más cercanas a los datos informativos proporcionados por los participantes del taller. Estos datos, sin embargo, serán revisados más adelante por especialistas en el área.

Para obtener las recomendaciones, se aconsejó a los participantes que, se proporcionara en la medida de lo posible información numérica o cuantitativa por las siguientes dos razones: 1) los CAMPs finalmente deben establecer objetivos numéricos para tamaños de poblaciones viables y distribuciones y 2) los números proporcionan más objetividad, menos ambigüedad, más facilidad de comparación, mejor comunicación y por lo tanto facilitan la cooperación. Durante el taller, hubo varios intentos de estimar tamaños poblacionales y en varios casos estas estimaciones reales del tamaño poblacional para algunos taxa no estuvieron disponibles o lo estuvieron únicamente para algunas especies/subespecies dentro de una parte limitada de su área de distribución. En todos los casos, cuando se presentan, las estimaciones numéricas conservadoras fueron utilizadas. Cuando los tamaños poblacionales fueron estimados, ello representa un primer intento, *estimaciones educadas en orden de magnitud* que constituyen hipótesis para falsificación. De tal forma, los participantes del taller enfatizaron que estas estimaciones no son datos definitivos o reales para ningún otro propósito que para el que fue intencionado para este proceso.

Categorías de Amenaza de la IUCN

La nueva Lista Roja de la IUCN para los siete taxa examinados durante este ejercicio de CAMP se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Los lagomorfos endémicos de México - Categorías de la Lista Roja de la IUCN

ESPECIES	CATEGORÍA DE LISTA ROJA DE LA IUCN
<u>Sylvilagus graysoni</u> Coneja de las Islas Marias Tres Marias cottontail	En Peligro
<u>Sylvilagus insonus</u> Conejo de Omiltemi Omilteme cottontail	Criticamente En Peligro
<u>Sylvilagus cunicularis</u> Conejo montés Mexican cottontail	Menor Riesgo (Casi Amenazado)
<u>Sylvilagus mansuetus</u> Conejo de la Isla San José San Jose brush rabbit	Menor Riesgo (Casi Amenazado)
<u>Romerolagus diazi</u> Zacatucho o teporingo Volcano rabbit	En Peligro
<u>Lepus callotis</u> Liebre de flancos blancos White-sided jackrabbit	Menor Riesgo (Casi Amenazado)
<u>Lepus flavicularis</u> Liebre de Tehuantepec Tehuantepec jackrabbit	En Peligro
<u>Lepus insularis</u> Liebre negra Black jackrabbit	Menor Riesgo (Casi Amenazado)

Amenazas a los Lagomorfos Mexicanos

Para los propósitos del proceso de CAMP, las amenazas fueron definidas como "eventos inmediatos y predecibles que están o pueden causar una declinación significativa en las poblaciones. Las amenazas a las especies endémicas de lagomorfos identificadas por los participantes del taller son presentadas en la Tabla 2. Estas amenazas muestran un patrón común para la mayoría de las especies de lagomorfos en México. Casi todas las especies endémicas se cazan para obtención de alimento. En varios de los casos estas especies son cazadas debido a que los cazadores muchas veces no pueden distinguir entre estas y otras especies simpátricas más comunes.

Varias especies están sujetas a amenazas resultantes de la introducción de especies (exóticas). *Romerolagus* y *Sylvilagus graysoni* se encuentran sujetas a la amenaza de depredación por carnívoros ferales. Sobrepastoreo que puede causar la pérdida del hábitat y la competencia directa sobre los recursos afecta a casi todas las especies.

La pérdida de hábitat como una categoría general, en adición a la pérdida debido al ganado regional o exótico, afecta a la mayor parte de los lagomorfos endémicos de México. La interferencia humana es también una amenaza común para todas estas especies.

La categoría final de amenaza que afecta a varias especies es la fragmentación del hábitat. En adición, únicamente dos de las especies de lagomorfos endémicas en México presentan un amplio rango de distribución (*Sylvilagus cunicularius* y *Lepus callotis*). Todas las demás formas son insulares o presentan distribución geográfica severamente restringida lo que contribuye a sus probabilidades de extinción.

Una explicación de las diferentes categorías de las amenazas consideradas puede encontrarse al inicio de la Sección 2. Estas fueron: Hf = Cacería para el alimento; I = Interferencia, persecución o perturbación por humanos; Ice = Competencia interespecífica con especies exóticas; Ii = Competencia interespecífica con el ganado doméstico; L = Pérdida del hábitat; La = Pérdida del hábitat por causa de animales exóticos; Lf = Pérdida del hábitat por causa de la fragmentación; y Pe = Depredación por causa de especies exóticas.

También las amenazas siguientes fueron identificadas para algunas especies: *R. diazi* - Pérdida del hábitat por causa de plantas exóticas, y por catástrofes por causa de incendios y erupción volcánica; *L. callotis* - Competencia interespecífica; *L. flavigularis* - cacería deportiva.

Recomendaciones de Manejo Intensivo y Acciones de Investigación

Aunque los procesos de amenaza y sus efectos en los taxa de lagomorfos de México son evidentes, la cantidad de información derivada de estudios de campo y de manejo en los Neotrópicos es escasa. Debido a ello, las recomendaciones para la mayor parte de las especies revisadas en este taller incluyen muestreos, estudios de monitoreo de historia de vida, e investigaciones sobre los factores que influyen en la pérdida de hábitat, la interacción de humanos y fauna silvestre y las presiones de cacería. Sin embargo, para aquellas especies amenazadas que pueden ser afectadas más negativamente recomendamos medidas adicionales. Estas incluyen tanto el manejo y la protección del hábitat, como la investigación y el manejo designado para controlar o eliminar los factores que limitan las poblaciones de especies.

Tabla 2. Amenazas que presentan las especies de lagomorfos endémicos de México.

ESPECIES	UICN	Hf	I	La	Ice	II	L	Lf	Pe
<u>Sylvilagus graysoni</u> Coneja de las Islas Marias Tres Marias cottontail	CR	■					■		
<u>Sylvilagus insonus</u> Conejo de Omiltemi Omilteme cottontail	EN	■	■	■	■	■	■	■	■
<u>Sylvilagus cunicularis</u> Conejo montés Mexican cottontail	EN	■	■	■	■		■		■
<u>Sylvilagus mansuetus</u> Conejo de la Isla San José San Jose brush rabbit	EN	■	■			■		■	
<u>Romerolagus diazi</u> Zacatucho o teporingo Volcano rabbit	LR (NT)	■		■					
<u>Lepus callotis</u> Liebre de flancos blancos White-sided jackrabbit	LR (NT)		■		■	■	■		
<u>Lepus flavicularis</u> Liebre de Tehuantepec Tehuantepec jackrabbit	LR (NT)	■	■	■	■	■		■	
<u>Lepus insularis</u> Liebre negra Black jackrabbit	LR (NT)	■	■	■	■	■		■	

El desarrollo de esfuerzos coordinados (posiblemente con programas de asistencia rural y manejo de la tierra) para contrarrestar los efectos de las amenazas tales como la cacería y la destrucción del hábitat en las poblaciones de vida silvestre debe de estimularse. En combinación con éstas, los programas educativos ambientales basados en la comunidad pueden representar una herramienta muy útil para aumentar la efectividad de las iniciativas de conservación. Algunas de las especies "bandera" tales como el zacatucho, pueden ser particularmente útiles en programas educativos basados en la comunidad orientados hacia la conservación de los ecosistemas Mexicanos.

Para todos los taxa, las recomendaciones fueron generadas para las formas de acción necesarias, tanto en los términos de manejo como de investigación, que fueron identificados como necesarios para su conservación. Estas incluyeron: la realización de Talleres del Análisis de Viabilidad de la Población y del Hábitat (PHVA), el desarrollo de prácticas de

manejo e investigación en vida silvestre, educación (definida en general) y el desarrollo de programas educativos. Los talleres PHVA proveen un medio para reunir la información biológica detallada disponible del taxón respectivo, evaluando las amenazas a su hábitat y desarrollando los escenarios de manejo en escalas inmediatas y a 100 años, y la formulación de planes específicos de manejo adaptativo con la ayuda de modelos de simulación.

Los participantes del taller intentaron desarrollar un enfoque integrado para las acciones de manejo e investigación necesarias para la conservación de las especies endémicas de lagomorfos. En todos estos casos, se realizó un intento para hacer recomendaciones de manejo e investigación con base a los varios niveles de amenazas afectando el taxa (referirse al resumen anterior).

Con únicamente un entendimiento parcial de las causas responsables del declinamiento de algunos taxa, algunas veces fue difícil aclarar las acciones específicas de manejo necesarias para su conservación. Por lo tanto "la investigación de manejo" o el "manejo adaptativo" debe de convertirse en un componente de las actividades de conservación y recuperación. La investigación de manejo puede ser definido como un programa de manejo que incluye una fuerte retroalimentación entre las actividades de manejo y una evaluación de la eficacia del manejo, así como la respuesta de los taxa a esta actividad. Siete categorías básicas de las actividades de investigación fueron identificadas: rastreo (por ejemplo: S = Búsqueda e identificación; M = Monitoreo; Tl = Translocación; T = Investigación o clarificación taxonómica; Lm = Manejo de factores limitantes; Lr = Factores limitantes de investigación; Lh = Investigación en la historia de vida y otras actividades de manejo e investigación específicas. Las recomendaciones de la investigación de manejo se enlistan al inicio de la Sección 2 y se encuentran resumidas en la Tabla 3.

Investigación

Los participantes del taller enfatizaron la necesidad de futuras investigaciones sobre información ecológica básica de los lagomorfos mexicanos. La necesidad de adquirir esta información es tanto urgente como esencial para el desarrollo de futuras actividades de manejo que puedan minimizar las amenazas y sus influencias sobre las especies. Algunos datos que no están disponibles sobre los lagomorfos endémicos de México son su historia de vida, su densidad poblacional y su tendencia en el tamaño de la población y distribución; tampoco hay disponibles estudios longitudinales de ninguna especie de lagomorfos mexicanos, ni datos de tablas de vida. La investigación en el campo con conejos es difícil, y nuevas técnicas deben ser desarrolladas para asegurar que las poblaciones puedan ser marcadas y seguidas en el tiempo. Asimismo, datos cuantitativos sobre la densidad de población y distribución, particularmente como estos parámetros pueden estar cambiando sobre el tiempo, y deben ser recaudados. Sin estos datos básicos, los modelos cuantitativos no pueden utilizarse efectivamente; y sin el uso de estos modelos, nunca se podría estar seguro de

cualquier prescripción de manejo.

Tabla 3. Recomendaciones para el manejo de investigaciones para las especies endémicas de los lagomorfos mexicanos.

ESPECIES	UICN	PHVA	S	M	Lh	Lr	Hm	Lm	T	H	Otro
<u>Sylvilagus graysoni</u> Conejo de las Islas Marias Tres Marias cottontail	CR	Pend									
<u>Sylvilagus insonus</u> Conejo de Omiltemi Omilteme cottontail	EN	Sí									
<u>Sylvilagus cunicularis</u> Conejo montés Mexican cottontail	EN	Pend									
<u>Sylvilagus mansuetus</u> Conejo de la Isla San José San Jose brush rabbit	EN	Pend									
<u>Romerolagus diazi</u> Zacatucho o teporingo Volcano rabbit	LR (NT)										
<u>Lepus callotis</u> Liebre de flancos blancos White-sided jackrabbit	LR (NT)										
<u>Lepus flavicularis</u> Liebre de Tehuantepec Tehuantepec jackrabbit	LR (NT)										
<u>Lepus insularis</u> Liebre negra Black jackrabbit	LR (NT)										

Educación

La educación puede jugar un papel muy importante en los intentos de sobrellevar muchas de las amenazas de los lagomorfos endémicos de México. Una manera muy directa de educación podría ser tener un resultado inmediato en la producción de una guía de caza para conejos (una podría ser dar los factores diagnóstico para distinguir entre las especies amenazadas y las comunes, o no endémicas). Un tipo de folleto que incluya todos los tipos de lagomorfos mexicanos y sugerencias para su uso de una manera no destructiva, como observaciones naturales en el campo, fotografías, etc.. Esta última idea podría generar sentimientos positivos hacia los conejos y de esta manera incrementar apoyos para los programas de conservación.

La educación se puede enfocar también de otras formas. Una manera podría ser la demostración de como algunas amenazas bien documentadas pueden jugar un papel directo e indirecto en el peligro de extinción de las especies. Los lagomorfos y el ganado pueden competir directamente por fuentes de alimento, y la investigación podría mostrar claramente como el dominio en el uso de la tierra por parte del ganado al pastar puede afectar a las especies nativas. La fragmentación del hábitat puede ser uno de los principales factores en la extinción de las especies, existe documentación de la extinción de las poblaciones del zacatuche en pequeños parches aislados de hábitat. La vulnerabilidad de las formas insulares representa un proceso similar de fragmentación, excepto porque a menudo el número de parches es menor, aún en algunas especies de lagomorfos. En la mayoría de los casos los conejos o liebres viven simpátricamente en islas con otras especies endémicas que están en un riesgo similar. Cada una de estas amenazas podrían formar parte en la educación al público, y principalmente, hacia las comunidades lugareñas, en como estos procesos ecológicos destructivos trabajan. Tales demostraciones son necesarios antes de que acciones correctivas puedan ser entendidas y efectivamente implementadas.

Finalmente, los proyectos de educación para las comunidades locales que conciernen a las relaciones entre preservación de la biodiversidad, iniciativas de conservación y el uso sustentable de los recursos naturales, deben ser desarrollados. En la mayoría de los casos los lagomorfos representan especies sombrillas, lo que significa que si el conejo o la liebre representativos son preservados, a través de su hábitat y otros manejos integrados, entonces una amplia variedad de otras especies también podrían reducir su riesgo de extinción. La conexión puede ser hecha a través de discusiones cooperativas, de cómo la gente local puede usar el hábitat natural que han tenido por siglos, que es sustentable, más que tener que perder su herencia por otros usos de la tierra menos productivos, tal como el actual estado de desarrollo. En México, esta unión de iniciativas de biodiversidad y uso sustentable de los recursos naturales por gente local es esencial; sin este tipo de puente, tanto la biodiversidad como la herencia cultural de México pueden estar ambos en alto riesgo.

Recomendaciones para Programas en Cautiverio

Para una especie, el teporingo o zacatuche, *Romerolagus diazi*, se determinó que el cautiverio podría ser necesario para contribuir al mantenimiento por largo tiempo de poblaciones viables. Se propone que, cuando las poblaciones en cautiverio deban contribuir a la conservación de las especies, ambas poblaciones, tanto las de cautiverio como las silvestres pueden y deben ser intensa e interactivamente manejadas con intercambios de animales ocurriendo tanto como sea posible, o realizable indicado por los planes de manejo de las especies. Podrían existir problemas en cuanto al intercambio entre especies silvestres y en cautiverio por enfermedades y limitaciones logísticas y

financieras.

Obtener individuos silvestres adicionales para llevarlos a cautiverio deberá ser solamente solicitado después de haber realizado una cuidadosa revisión de que la población en cautiverio necesita un manejo genético o adición de nuevos individuos. tales individuos pueden ser obtenidos de localidades y de manera de no amenazar las especies o poblaciones de esa localidad (a menos que esa población local este destinada a ser destruida por otras actividades que no puedan ser controladas).

Cuando se recomiende el manejo *ex situ*, también se preparará un programa para cautiverio que reflejará estado, prospectos en vida silvestre, así como grupos taxonómicos distintivos. El zacatuche fue recomendado para un programa "NIVEL 2", y recomendaciones específicas relacionadas a esto pueden ser encontradas en el reporte del PHVA sobre *Romerolagus* en este documento. Este nivel de programa en cautiverio es recomendado como un componente de un programa global de conservación para esta especie. Dicho programa tiene una meta tentativa para desarrollar y manejar una población suficiente para preservar el 90% de la diversidad genética de la población por 100 años.

Hubo datos insuficientes de tres especies, *Lepus flavigularis*, *Sylvilagus graysoni* y *Sylvilagus insonus*, para poder determinar si un programa en cautiverio pudiera contribuir en dichas especies para mejorar su estado de conservación. En estos casos, una decisión sobre programas en cautiverio dependerá de futuros datos, tanto de PHVA, a manera de una inspección, como de identificar fuentes cuestionadas.

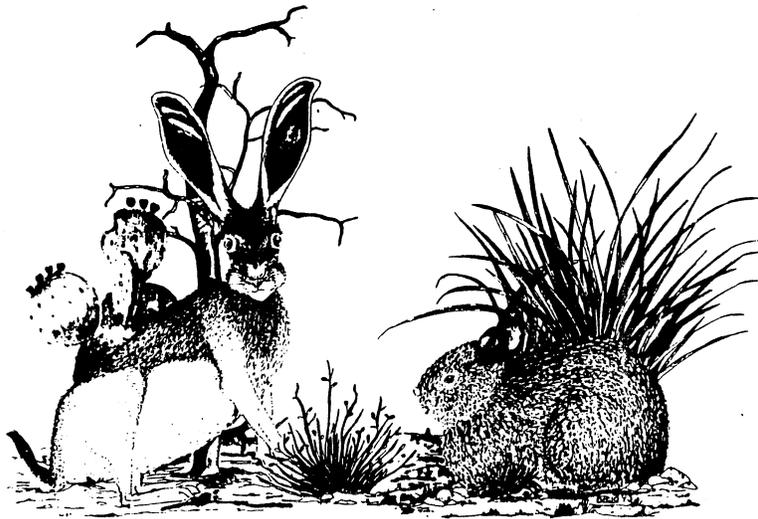
Una de las especies, *Sylvilagus cunicularius*, actualmente ha sido reproducida en cautiverio, pero para otros propósitos, más que para reducir su probabilidad de extinción o para mantener una proporción viable de su poza genética. En este caso, los conejos son reproducidos en cautiverio en un área en donde las especies fueron regionalmente extirpadas debido a un efecto catastrófico como efecto de una reciente actividad volcánica. El programa de reproducción en cautiverio está siendo conducido como parte de un plan de manejo comunitario cuya meta es la reintroducción de los conejos para uso sustentable de aprovechamiento. La comunidad local está siendo apoyada con recursos y entrenamiento por parte de un financiamiento administrado por un miembro del grupo de LSG, Alejandro Velázquez. Una vez que el proyecto de investigación haya sido efectivamente establecido, los conejos serán lentamente e introducidos dentro de la región. La biodiversidad nativa será entonces aumentada y la población local podrá nuevamente disponer de ellos para cazarlos como fuente de alimentación. El proyecto está diseñado para asegurar que tal aprovechamiento sea sustentable, de manera que la herencia cultural de las personas nativas sea preservada.

Revisión de los Documentos del CAMP

Los borradores del documento del trabajo del CAMP están siendo revisados de varias maneras: 1) por distribución hacia una amplia audiencia que incluya tanto manejadores de fauna silvestre, miembros del grupo de LSG, académicos y los programas regionales de manejo en cautiverio alrededor del mundo; 2) durante sesiones de revisiones regionales en varias reuniones de CBSG y talleres, utilizando expertos locales con los grupos taxonómicos o regionales en cuestión. Todas los CAMPs son documentos "vivos" y deberán ser continuamente reexaminados y revisados con nueva información que esté disponible y para definir cambios o situaciones sobre las prioridades regionales y globales.

TALLER INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS LAGOMORFOS MEXICANOS EN PELIGRO DE EXTINCIÓN

11 - 14 de enero de 1996
Universidad Autónoma Metropolitana / Unidad Iztapalapa
Mexico, D.F.



SECCIÓN 2
HOJAS DE DATOS DE TAXON PARA LOS LAGOMORFOS MEXICANOS
Y EXPLICACIONES DE CATEGORÍA DE LOS MISMOS

Análisis de Conservación y Manejo Planificado (CAMP) Categorías Hoja de Datos de Taxón

La hoja de datos de Taxón para el CAMP es la que provee información que puede usarse para evaluar el grado de amenaza y recomienda la acción de conservación. La primera parte de la hoja resume información sobre la condición de la población silvestre y poblaciones cautivas de cada taxón. Contiene información taxonómica, distribucional y demográfica, útil en determinar qué taxa están bajo el más grande riesgo de extinción. Esta información puede usarse para identificar prioridades para acción.

EL NOMBRE CIENTÍFICO: Los nombres científicos de taxa existentes: género y especie (o subespecies si es apropiado el caso).

UICN: El estado de conservación según los nuevos criterios de la Nueva Lista Roja de la UICN (ver Tabla 4 y los materiales adicionales de la Sección 6).

CR= Críticamente en Peligro

EN= En Peligro

VU= Vulnerable

CD= Depende de la Conservación

LR= Menor riesgo

DD= Datos Insuficientes

EN= No evaluado

CRITERIOS USADOS: Indique cuál de los criterios de la Nueva Lista Roja de la UICN se usaron para asignar una categoría de conservación (ver Tabla 4).

CITES: Señalar en qué Apéndice de CITES está listada la especie, si lo está.

OTRO: Indicar si la especie ha sido asignada a una condición de amenaza en otros casos. p. ej., nacionalmente o en otras evaluaciones de conservación.

ESTADO TAXONÓMICO: Esto indica el estado taxonómico del taxón. Las incertidumbres pueden discutirse en esta sección. Las subespecies no consideradas separadamente., deberán enumerarse aquí, conjuntamente con su distribución.

DISTRIBUCIÓN ACTUAL (SEMENTAL E INVERNAL): Notar el alcance geográfico de las semental y invernial ubicaciones de las especies, si apropiado.

REGIONES DE MIGRACIÓN CONCENTRADAS: Notar las regiones en que la migración se concentra especialmente en las que la especie puede encarar algunas amenazas.

DISTRIBUCIÓN HISTÓRICA: Notar la distribución histórica de la especie.

EXTENSIÓN DE PRESENCIA: Notar el tamaño relativo del área en que la especie ocurre, si es posible. La extensión de presencia se defina como el área contenida dentro de los límites continuos e imaginarios más cortos que pueden dibujarse incluyendo todos los sitios conocidos, inferidos o proyectado son los que un taxón se halle presente, excluyendo los casos de actividades asociadas al deambular (Fig. 1). Esta medida puede excluir a las discontinuidades o disyunciones generales de los taxa (p. ej., grandes áreas de hábitat, obviamente inadecuado) (aunque "Área de ocupación"). La extensión de la presencia frecuentemente puede ser medida por un polígono convexo mínimo (el polígono de menor superficie tal que contenga todos los sitios de presencia, pero que ninguno de sus ángulos internos exceda los 180°).

A: < 100 Km²

B: 101 Km² - 5,000 Km²

C: 5.001 Km² - 20,000 Km²

D: > 20,001 Km²

ÁREA DE OCUPACIÓN: Enumere el área que es realmente ocupada por un taxón, excluyendo los casos de vagancia. El área de ocupación de un taxón se define como el área dentro de su "extensión de presencia" (ver definición) que es ocupada por un taxón, excluyendo los casos de actividades asociadas por deambulación. La medida refleja el hecho de que un taxón comúnmente no se presente a través de toda el área de su extensión de presencia, ya que puede, por ejemplo contener hábitats no viables. El área de ocupación es el área más pequeña esencial para la supervivencia de las poblaciones existente de un taxón, cualquiera que sea su etapa de desarrollo (por ejemplo, los lugares de nidificación colonial, los sitios de alimentación para taxa migratorios, etc.). El tamaño del área de ocupación será una función de la escala en que ésta es medida, y debe darse a una escala apropiada para los aspectos biológicos relevantes del taxón. Los criterios incluyen valores en Km² y así, para evitar errores en la clasificación, el área de ocupación debería medirse sobre cuadrículas (o unidades equivalentes) que sean suficientemente pequeñas (ver Figura 1).

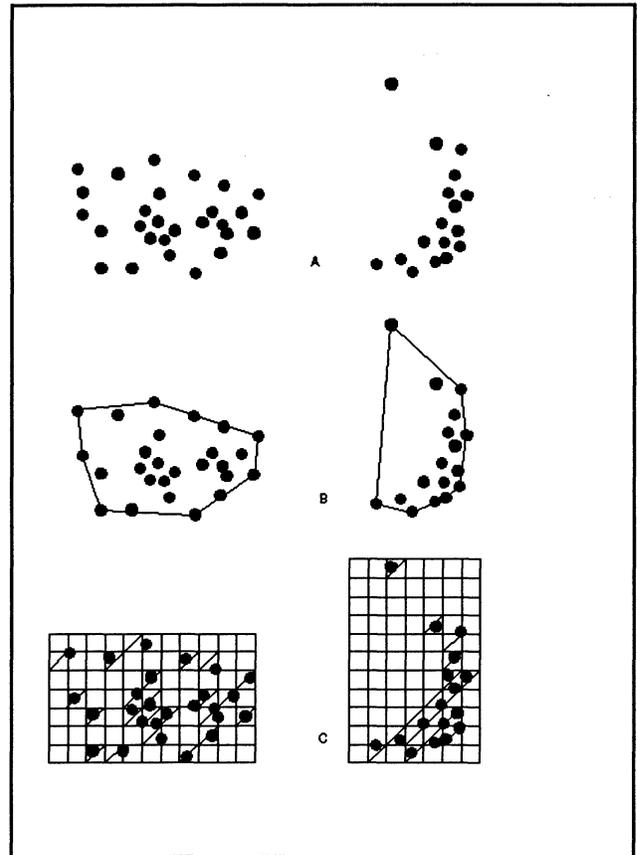
A: < 10 Km²

B: 11 Km² - 500 Km²

C: 501 Km² - 2,000 Km²

D: > 2,001 Km²

Fig. 1 Dos ejemplos de la distinción entre el alcance de ocurrencia y área de ocupación. (A) es la distribución espacial conocida, inferida o proyectada de los sitios de ocurrencia. El (B) muestra un linde posible del alcance de ocurrencia, que es el área medida dentro de este linde. El (C) muestra una medida del área de ocupación, que puede ser medida por la suma de los cuadrados ocupados de la rejilla.



SITIOS: Notar el número de sitios en que el taxón se encuentra. Si la población está fragmentada, indicar con una "F" después del número de sitios.

TENDENCIA DE LA(S) POBLACIÓN(ES) / % CAMBIO EN AÑOS O EN GENERACIONES: Si es posible enumere la tendencia de la población (estable, declinando o aumentando). Si es posible enumere el porcentaje de cambio sobre un tiempo particular (por ejemplo: 10 ó 20 años) o número de las generaciones. Especifique el número de años o las generaciones en que la declinación ha ocurrido. Por ejemplo: 10% / 2 años ó 20% / 20 años.

TIEMPO DE GENERACIÓN: Indique el número de años de una generación. Una generación se define como la edad de padres en la población.

POBLACIÓN MUNDIAL: Enumere los números estimados de individuos en vida silvestre. Si los números no están disponibles, estimar el tamaño general del tamaño de la población.

POBLACIÓN REGIONAL: Enumere el número estimado de individuos en cualquier región particular para la que haya datos, seguido por el sitio.

CALIDAD DE DATOS: Enumere la calidad real de los datos usados para proporcionar la estimación de la población. También anotar el número de datos desde que la estimación se obtiene.

- 1= Censo confiable o población controlada.
- 2= Estudio de campo general.
- 3= Estudio de campo informal.
- 4= Información indirecta (numeros comerciales, disponibilidad de hábitat).

ESTUDIOS RECIENTES DE CAMPO: Enumere cualquier estudio de campo actual o reciente, el nombre del investigador y el sitio de estudio.

AMENAZAS: Indique sucesos inmediatos o predecibles que son o pueden causar declinaciones significativas de la población. Estos pueden incluir:

- A= Aeronave
- C= Clima
- D= Enfermedad
- Dp= Declinación de especies de presa
- Dr= Ahogamiento
- F= Pesca
- G= Problemas genéticos
- H= Cacería
- Hf= Cacería para el alimento
- Hm= Cacería para la medicina
- Ht= Cacería para trofeos
- Hyb= Hibridización
- I= Interferencia, persecución o perturbación por humanos
- Ic= Competencia interespecífica
- Ice= Competencia interespecífica con especies exóticas
- Il= Competencia interespecífica con el ganado doméstico
- L= Pérdida de hábitat
- La= Pérdida de hábitat por causa de animales exóticos
- Lf= Pérdida de hábitat por causa de fragmentación
- Lp= Pérdida de hábitat por causa de plantas exóticas
- M= Perturbaciones marinas, incluyendo "El Niño" y otros cambios
- N= Problemas nutritivos
- P= Depredación
- Pe= Depredación por especies exóticas
- Ps= Pesticidas
- Pl= Líneas eléctricas o de energía
- Por= Envenenamiento

Pu= Contaminación

S= Catástrofes

Sd: Sequía

Sf: Fuego

Sh: Huracán

St: Tsunami

Sv: Volcán

T= Comercio de animales

Tp: Comercio de partes, incluyendo pieles

W= Guerra

COMERCIO: ¿Se presentaron las especies en el comercio según registros del CITES?, si es el caso enumerar el o los años.

COMENTARIOS: Anotar cualquier información adicional importante en relación a la conservación de la especie.

RECOMENDACIONES:

INVESTIGACIONES / MANEJO: Se deba anotar que hay (o debe haber) una relación clara entre las amenazas y las investigaciones y recomendaciones para acciones de investigación y manejo. La columna "Investigaciones / manejo" provee una visión integrada de acciones para ser tomadas, con base en las amenazas enumeradas.

Investigaciones / Manejo puede definirse como un programa de manejo que incluye una retroalimentación fuerte entre actividades de manejo y una evaluación de la eficacia del manejo, también como respuesta de la especie a esas actividades. Las categorías dentro de la columna son las siguientes:

T= Estudios taxonómicos o genéticos

TI= Translocación

S= Censo

M= Monitoreo para determinar información sobre la población

H= Investigaciones en crías

Hm= Manejo de hábitat primeramente para proteger y/o mejorar el hábitat correspondiente de la especie (por ejemplo: manejo de bosque)

Lm= Manejo de factores limitadores (conocidos o inferidos). Los proyectos de manejo tienen un componente de investigación que provee resultados científicamente definibles.

Lr= Investigación de factores limitadores - proyectos de investigación que apunten a determinar factores limitadores. Los resultados de este trabajo pueden proveer recomendaciones para manejo y para investigaciones a futuro.

Lh= Estudios de historia de vida

O= Otro (Anotar en detalle en la hoja de datos de taxón)

PHVA: Es un Análisis de Viabilidad de Población y Hábitat, recomendado para desarrollar un plan de manejo intensivo o planificando la recuperación de la especie (Sí, No, Pendiente de más datos)

RECOMENDACIONES DE CAUTIVERIO DEL PROGRAMA:

Nivel 1 (1) - Se recomienda el desarrollo de una población en cautiverio como parte del programa de conservación. Este programa tiene como meta tentativa el desarrollar y manejar una población suficientemente grande como para preservar el 90% de la diversidad genética de una población durante 100 años (90% / 100). Aún más, el programa debe ser definido dentro de un plan de manejo de la especie, que conjunte las poblaciones en estado silvestre y aquellas en cautiverio, e implementado inmediatamente con animales existentes en cautiverio.

Si el tamaño de la población en cautiverio es insuficiente para cubrir los objetivos del programa, debe desarrollarse un plan de manejo para la especie en que se haga clara la necesidad de un grupo de fundadores adicional. Si no hay animales en cautiverio, entonces el programa debe ser desarrollado en colaboración con las agencias de vida silvestre apropiadas, el Grupo de Especialistas de la SSC e Instituciones que puedan colaborar.

Nivel 2 (2) - Similar a la categoría arriba descrita, excepto que aquí el plan de manejo incluirá un reforzamiento periódico de la población en cautiverio con material genético de animales en estado silvestre. Los niveles y cantidad de intercambio genético que se necesitan deben definirse en términos de las metas del programa, de un modelo de la población y de un plan de manejo de la especie. Es de anticipar que la suplementación con material genético nuevo, permita el manejo de poblaciones en cautiverio más pequeñas.

Nivel 3(3) - Actualmente no se requiere el empleo de un programa en cautiverio para contribuir demográfica o genéticamente a la conservación de la especie / subespecie, pero se recomienda en términos de educación, investigación o crianza.

No (N) Actualmente no se requiere el empleo de un programa en cautiverio para contribuir demográfica o genéticamente a la conservación de la especie / subespecie. Los taxa que ya se encuentran en cautiverio pueden ser incluidos en ésta categoría. En este caso, como parte de la estrategia de incluir tantas especies / subespecies como sea posible dentro de las prioridades de conservación identificadas en el CAMP o en los Planes de Acción de la SSC, las especies / subespecies deben ser evaluadas para reducir el número de individuos o para eliminarlos completamente del programa en cautiverio.

Pendiente (P) - La decisión de recomendar un programa en cautiverio dependerá de datos futuros, sea provenientes de un PHVA, de una exploración o de fuentes ya existentes que han sido identificadas pero que requieren ser analizadas.

NIVEL DE LA DIFICULTAD: ¿Cuál es el nivel de la dificultad de mantener la especie en cautiverio?

1= Dificultad menor. Las técnicas están listas para la captura, el mantenimiento y la propagación de taxa similares en el cautiverio, que ostensiblemente puede aplicarse al taxón.

2= Dificultad moderada. Las técnicas son únicas, parcialmente establecidas para la captura, el mantenimiento y propagación de taxa similares en el cautiverio, y muchas técnicas de cautiverio todavía necesitan refinamiento.

3= Muy difícil. Las técnicas no han sido establecidas para la captura, el mantenimiento y la propagación de taxa similares en el cautiverio, y las técnicas de cautiverio todavía necesitan ser desarrolladas.

EXISTIENDO POBLACIÓN CAUTIVA: El número de individuos en el cautiverio, según el Sistema Internacional de Información de Especies (ISIS). Favor de agregar otra información, cuando sea disponible.

REFERENCIAS: Las referencias usadas al compilar la información para los datos (El nombre del autor, año, título del artículo o la revista o libro, punto y páginas).

RECOPILADORES: Enumerar los nombres de las personas que contribuyeron con la información para estas hojas de datos de taxón.

Tabla 4. Las Categorías de la Lista Roja de la IUCN - Noviembre 1995

Cualquiera de los siguientes criterios puede ser usado para determinar categorías:	CRITICA	EN PELIGRO	VULNERABLE
A. Reducción de la Población	1) Reducción \geq 80% en los últimos 10 años con base en: a) observación directa <input type="checkbox"/> b) reducción en el área ocupada, distribución y/o calidad del hábitat <input type="checkbox"/> c) niveles reales o potenciales de explotación <input type="checkbox"/> d) taxa introd., hibridización, patógenos, contaminantes, competidores o parásitos	1) Reducción \geq 50% en los últimos 10 años o 2 generaciones con base en: <input type="checkbox"/>	1) Reducción \geq 50% en los últimos 20 años o 5 generaciones con base en: <input type="checkbox"/>
B. Rango de distribución	2) Reducción \geq 80% /10 años predicha en el futuro cercano <input type="checkbox"/>	2) Reducción \geq 50% /10 años o 2 generaciones predicha en el futuro cercano Est. <5,000 km ² o área de ocupación est. <500 km ² , Y DOS de los siguientes: 1) Seriamente fragmentada <input type="checkbox"/> \leq 5 localidades	2) Reducción \geq 50% /20 años o 5 generaciones predicha en el futuro cercano Est. <20,000 km ² o área de ocupación est. <2,000 km ² , Y DOS de los siguientes: 1) Seriamente fragmentada <input type="checkbox"/> \leq 10 localidades
C. Estimación de la Población	Est. <100 km ² o área de ocupación est. <10 km ² , Y DOS de los siguientes: 1) Seriamente fragmentada <input type="checkbox"/> una sola localidad	2) Reducción en CUALQUIERA de los siguientes: a) rango de distribución b) área de ocupación c) área, extensión, y/o calidad del hábitat d) # de localidades o subpoblaciones e) # de individuos maduros	Est. <10,000 indiv. maduros Y: 1) Reducción \geq 20% en 10 años o 3 generaciones, lo que tome más tiempo <input type="checkbox"/>
D. # de individuos maduros	Est. <250 indivs. maduros Y: 1) Reducción \geq 25% en 3 años o una generación, lo que tome más tiempo <input type="checkbox"/>	Est. <2,500 indiv. maduros Y: 1) Reducción \geq 15% en 5 años o 2 generaciones, lo que tome más tiempo <input type="checkbox"/>	Est. <10,000 indivs. maduros Y para la estructura de la población YA SEA a) ninguna pob. c/ >50 indiv. maduros <input type="checkbox"/> b) todos indivs. en una sola subpob.
E. Probabilidad de extinción	Est. < 50 individuos maduros \geq 50% en 5 años o 2 generaciones, lo que tome más tiempo	Est. < 250 individuos maduros \geq 20% en 20 años o 5 generaciones, lo que tome más tiempo.	Est. < 1,000 individuos maduros \geq 10% en 100 años

HOJA DE DATOS DE TAXON

Sylvilagus cunicularius (Waterhouse, 1848)

Estatus: UICN: Menor riesgo (Casi Amenazada)
Criterios usados:
CITES: No enlistada
Otro:

Estatus taxonómico: Se reconocen en el presente tres subespecies: *Sylvilagus cunicularius cunicularius*, *Sylvilagus cunicularius insolitus* y *Sylvilagus cunicularius pacificus* (Cervantes et. al, 1992).

Distribución actual: Esta especie se encuentra distribuida en la costa del Pacífico y en las tierras bajas desde Sinaloa a Oaxaca y en las tierras altas de Michoacán a Veracruz. Se distribuye desde el nivel del mar a los 3,500 m.s.n.m.

Distribución histórica: Igual que la anterior, no existe información al respecto.

Extensión de presencia: D

Area de ocupación: D

Número de sitios en donde se encuentra: El hábitat y la distribución de esta especie es continua.

Tendencia: Se estima que la población esta declinando aunque no se cuentan con datos de campo cuantificables.

Tiempo de generación: No existe suficiente información al respecto.

Población mundial: No existe información suficiente.

Población regional: No existe información suficiente.

Calidad de datos: No aplica.

Estudios de campo reciente: Lorenzo (1987); Lorenzo et al (1993)

Amenazas:

HF (cacería para la alimentación), La (pérdida de hábitat a causa de animales exóticos).

Comercio: No.

Comentarios: Esta especie es simpátrica con *Romerolagus diazi*, *Sylvilagus floridanus* y posiblemente otras subespecies. Es necesario llevar un mayor control sobre los permisos cinegéticos correspondientes a estas especies.

Recomendaciones:

Investigaciones/manejo: Censo (S), Monitoreo (M), Manejo de hábitat para proteger y mejorar el hábitat (Hm), Estudios de historia de vida (Lh), Determinar el efecto de cacería en la población para niveles de sustentación, investigación de factores limitadores (lr).

Es necesario también desarrollar una guía dentro del calendario cinegético que permita distinguir las diferentes especies de conejo. Esta actividad podría ser coordinada por AMCELA y el Consejo Nacional de la Fauna. Existe actualmente un proyecto para realizar esta actividad por parte de Gerardo Ceballos y Fernando Cervantes.

PHVA: No

Otro: No

Programas en cautiverio: 1

Nivel: 1

Dificultad: 1

Existiendo población en cautiverio: 4

Referencias: Mammalian Species, Lagomorph Species, Lorenzo et al (1993).

Recopiladores: Fernando Cervantes, Andrew Smith, Joaquín Arroyo, Humberto Corona Carrillo.

HOJA DE DATOS DE TAXON

Sylvilagus graysoni (J.A. Allen, 1877)

Estatus: UICN : En Peligro
Criterios usados: A1a,c; A2; B1; C1c, 2a
CITES: No enlistada
Otro: Diario Oficial de la Federación.

Estado taxonómico: Existen dos subespecies: *Sylvilagus graysoni badistes* y *Sylvilagus graysoni graysoni*.

Distribución actual: Este conejo es exclusivo de las Islas Marías. No existe suficiente información sobre su distribución actual. En décadas recientes la distribución de la especie ha disminuido considerablemente en la isla de María Cleofas por perturbación humana.

Distribución histórica: No existe información específica sobre la distribución histórica, únicamente se conoce que esta especie es exclusiva de las Isla Marías.

Extensión de presencia: El área actual corresponde a las tres Islas Marías por lo que deberemos de determinar el área mas adelante. La extensión puede ser menor.

Area de ocupación: Estimamos que puede ser dentro del rango de 11 km² a 500 km², sin embargo necesitamos revisar esta estimación.

Tendencia: Declinando tremendamente aunque no existe información cuantitativa.

Tiempo de generación: Aproximadamente de un año.

Población mundial: Se encuentra restringida exclusivamente a las Islas Marías.

Población regional: En una reciente visita de campo no fue posible observar un solo individuo de la subespecie *S. g. graysoni*, por lo que potencialmente se encuentra en peligro de extinción.

La subespecie *S. g. graysoni* ha sido afectada por la presencia de gatos domésticos, ratas y cabras (Wilson, 1991)

Calidad de datos: Estudio informal de campo (3).

Estudios de campo recientes:

- Wilson (1991)
- Jiménez Guzmán, Arturo (1992).
- Lagomorph Action Plan (1990).
- Dooley (1988).
- Lorenzo et. al (1993)

Amenazas:

Hf (Cacería para alimento), I (interferencia, persecución o perturbación por humanos), Ice (Competencia interespecífica con especies exóticas), L (Pérdida de hábitat), La (Pérdida de hábitat por causa de animales exóticos), Pe (Depredación por especies exóticas).

Comercio: No

Comentarios:

No existen especies simpátricas en su área de distribución. La Isla Magdalena se considera actualmente como una área ecológica protegida.

Recomendaciones:

Investigaciones/manejo: S (Censo), M (Monitoreo), Hm (Manejo de hábitat), Lm (Manejo de factores limitadores), Lr (Investigación de factores limitadores), Lh (Estudios de historia de vida).

Otros: investigaciones genéticas

PHVA: Pendiente.

Otro:

Programas en cautiverio: Pendiente

Nivel: Pendiente.

Dificultad: 3

Existiendo población en cautiverio: 0

Referencias: Wilson (1991), Jiménez Guzmán (1992), Dooley (1988).
Lorenzo et al (1993).

Recopiladores: Fernando Cervantes, Andrew Smith, Joaquín Arroyo, Humberto Corona C.

HOJA DE DATOS DE TAXON

Sylvilagus insonus (Nelson, 1904).

Estatus: UICN: Críticamente en peligro
Criterios usados: A1a,c; B1; B2c
CITES: No enlistada
Otro: Diario Oficial de la Federación (1994): En peligro.

Estado taxonómico: Especie monotípica.

Distribución actual: La especie se encuentra distribuida en los alrededores de Omiltemi, Guerrero, encontrándosele desde 2,500 a 3,500 m.s.n.m.

Distribución histórica: No existe información sobre la diferencia entre la distribución histórica y actual.

Extensión de presencia: B

Area de ocupación: B

Tendencia: No existe información.

Tiempo de generación: Aproximadamente un año.

Población mundial: No

Población regional: La única información que tenemos es que los últimos dos censos poblacionales no registraron ningún individuo.

Calidad de datos: No aplicable.

Estudios de campo reciente:
Jiménez, Almaráz et al (1993)

Amenazas: Hf (Cacería para alimento), L (Pérdida de hábitat).

Comercio: No

Comentarios:

Es simpátrica con *S. curicularius*. Existen únicamente tres ejemplares en colecciones, sin embargo señalamos que menos de 10 han sido comentados.

Recomendaciones:

Investigaciones/manejo: T (Estudios taxonómicos), S (Censo), M (Monitoreo), Hm (Manejo de hábitat), Lm (Manejo de factores limitantes), Lr (Investigación sobre factores limitantes), Lh (Estudios de historia de vida).

PHVA: Pendiente

Otro: Incluir esta especie en el manual de identificación de cacería.

Programas en cautiverio: No

Nivel: Pendiente

Dificultad: 3

Existiendo población en cautiverio: No

Referencias:

Leon, Jiménez Almaráz et al (1993).

Recopiladores: Fernando Cervantes, Andrew Smith, Joaquín Arroyo, Humberto Corona C.

HOJA DE DATOS DE TAXON

Sylvilagus mansuetus (Nelson, 1907)

Estatus: UICN: Menor riesgo (Casi amenazada).

A pesar de que la población es común en la isla por ser insular, en una isla de tamaño pequeño en la cual hay especies exóticas que han causado la extinción de otras especies en las mismas islas, se debe considerar como cerca de amenazado (Nt).

Criterios usados:

CITES: No enlistada

Otro: Norma Oficial de la Federación.: Rara

Estado taxonómico: Especie monotípica aunque existe una posibilidad de que pueda ser una subespecie de la especie peninsular.

Distribución actual: Se encuentra restringida a la isla de San José.

Distribución histórica: Restringida a la isla de San José.

Extensión de presencia: B

Area de ocupación: B

Numero de Sitios: 1

Tendencia: Estable, no se han reconocido cambios poblacionales en los últimos tres años. (Cervantes 93-95).

Tiempo de generación: Aproximadamente 1 año.

Población mundial: Restringida a la isla San José.

Población regional: No se cuenta con datos específicos pero se estima que la población es abundante debido a la extensión de la especie en la isla. Esta especie es conspicua en su población.

Calidad de datos: 3 ó 4

Estudios de campo recientes:
Cervantes (1993-1995).

Amenazas: I (Interferencia, persecución o perturbación por humanos), La (Pérdida de hábitat por causa de animales exóticos), Il (Competencia interespecífica con el ganado doméstico), Ice (Competencia interespecífica con especies exóticas).

Comercio: No

Comentarios:

El estado de conservación raro se debe al reducido tamaño superficial de la isla.

Recomendaciones:

Investigaciones/manejo: T (Estudios taxonómicos), S (Censo), M (Monitoreo), Hm (Manejo de hábitat), Lm (Manejo de factores limitantes), Lr (Investigación de factores limitantes específicamente cabras y gatos ferales), Lh (Estudios de historia de vida).

PHVA: No

Otro: No

Programas en cautiverio: No

Nivel: No

Dificultad : 3

Existiendo población en cautiverio: No

Referencias: Plan de Acción, Mammalian Species, Cervantes (com. pers.)

Recopiladores: Fernando Cervantes, Andrew Smith, Joaquín Arroyo, Humberto Corona C.

HOJA DE DATOS DE TAXON

Romerolagus diazi (Ferrari-Pèrez, 1893)

Estatus:

UICN: En peligro.

Criterios Usados: A1a,b,c; A2b,c; B1; B2b,c,d; B3a,b,c; C1; C2a

CITES: Apéndice III

Otro: Norma Oficial de la Federación.

Estado Taxonómico: Diferenciación como especie.

Cercano a las liebres en términos de parentesco genético, pero morfológicamente similar a *Sylvilagus*. En términos de los nombres vernaculares es donde mayor diversidad existe: teporingo, tepolito, zacatuche, conejo de los volcanes.

Distribución Actual: En 1980 se iniciaron los estudios de determinación del área total. Se le encuentra en la parte central del Eje Neovolcánico Transversal y en la Sierra Nevada.

Distribución Histórica: Siguiendo diferentes criterios: rastros directos e indirectos, así como diferentes técnicas se han reportado diferentes intervalos de distribución. Originalmente 150 000 ha. por la técnica de Hall (registros). Se reduce a 50 000 ha a partir de Granados. En 1987 el estudio de Hoth et. al. se dedicó a revisar la conectividad de las diferentes regiones. (Se usó planímetro como técnica).

Número de Localidades: 16 unidades, 4 áreas grandes nucleares: Ixtaccihuatl, Popocatepetl, Pelado y Tlaloc. 12 áreas periféricas que tienen mayor riesgo de desaparecer. La distribución actual es relicto. Rojas lo considera como relicto por presión de actividades humanas. Cervantes considera que es el efecto de cambios de hábitat por cambios ambientales.

Area total: 386.5 KM² (Planímetro, no todo es óptimo)

Altitudinal: 2,950-4,400 msnm.

Métodos de determinación de distribución: Indirectos.

Variación de abundancia. No hay trabajos de demografía. El estimado es considerando todas las áreas, pero las abundancias difieren. La estimación de 280 km² sin considerar las áreas periféricas en una escala de 1:50 000.

Ha existido una serie de estudios prospectivos para ver presencia de ésta y otras especies. El tipo de bosques y vegetación es diferente en La Malinche. Otros sitios han sido reportados, como es en Tlaxcala, el volcán de La Malinche y el Nevado de Toluca

(Ticul Alvarez), pero en realidad la presencia se confirma sólo en las áreas núcleo.

Extensión de Presencia: Cerca a lo reportado por Hall (1981), 140,000 Ha.

Area de Ocupación: Las áreas óptimas corresponden a 70 % del área total de 386.5 Ha esto representa 266 Ha. La precisión de este dato depende de estudios que se están llevando a cabo actualmente. Hay una importante tasa de transformación del área que modificaría este dato. Esto supone el mismo tipo de transformación en el Ixtacihuatl y el Popocatepetl.

Tendencia: No existen estudios que hayan seguido poblaciones en su hábitat (de hecho, no hay estimaciones del número de individuos), pero se ha hecho un estudio sobre las tendencias de transformación de las zonas ocupadas. Ha habido un incremento de las zonas usadas para cultivos (fotos como referencia, 1985 y 1993). Las tendencias no son constantes, en los últimos años se ha vuelto exponencial. Existen 4 diferentes tipos de tenencia de la tierra dentro del intervalo de distribución; se encuentran 16 unidades políticas, 5 estados y 4 delegaciones. Desde este punto de vista las tendencias son bastante complejas y aún cuando ejidos y propiedad comunal podrían considerarse como más estables, las modificaciones al artículo 27 resultarán en un cambio importante. La estimación es de 25-30 años para la totalidad de áreas boscosas por desaparecer, si las tendencias actuales continúan.

Tiempo de Generación: El promedio de madurez sexual es de 2 meses. Los datos de colonias mantenidas en cautiverio en Bélgica (4 individuos), Jersey sería de 5.5 años. Los estudios de la Facultad de Ciencias del Dr. Granados en jaulas (30 individuos) es de 4.5 años. Por los datos de Chapultepec (2,000 individuos en total), en que se mantenía únicamente un macho reproductivo se consideraría entre 2.5-3.0 años.

Población Mundial: A partir de un estudio regional para tratar de determinar si las mediciones de abundancia basadas en evidencias indirectas era adecuado, Velázquez caracterizó 4 tipos diferentes de vegetación. Se cuantificó el número de concentraciones de restos fecales (0 a 6 acumulos por metro cuadrado), se usaron 29 transectos. Se obtuvieron datos de número de avistamientos promedio por tipo de hábitat y se extrapolo la información para la totalidad del tipo de hábitats en el Pelado. La totalidad de la población estimada con este método es de entre 2,478 y 12,120 individuos. Este valor para El Pelado se podría extrapolar a la zona del Tláloc restante asumiendo que:

- a) Las abundancias de excretas son constantes en todo el intervalo.
- b) Hay 13,780 Ha., entonces el total de la población para El Pelado y El Tláloc, sería de 3,626 conejos.

Población Regional: Asumiendo un total de área de 38,651 Ha y una abundancia de 1

conejo por 3.8 Ha:

- a) El área núcleo de El Pelado con un total de 6,880 Ha tendría 1,811 conejos.
- b) Tláloc, área total de 6,900 Ha, un total de 1,816 conejos
- c) Ixta-Popo área de 13,140 Ha, con un total de 3,458 individuos.
- d) Un total de 7,085 conejos en las áreas nucleares con un total de 26,920 Ha. Por tanto, en las áreas periféricas con 11,731 Ha habría un total de 3,086 individuos (50% de la población en las áreas núcleo).

Calidad de Datos: Para todas áreas excepto El Pelado (donde la calidad es 2), la calidad para los demás es 4. [La antigüedad es de 9 años (Velázquez, 1977)].

Estudios de Campo Reciente:

- a) *J. Mamm.*
- b) *J. Int. Mamm.*

Amenazas: Poner una nota sobre si Il (Competencia interespecífica con el ganado doméstico) es importante. Esto es, medir la abundancia de la especie antes y después de la modificación del hábitat. I (urbanización, actividades de los visitantes a la zona, actividades forestales, actividades agrícolas intensiva, producción de incendios para facilitar el crecimiento de pastos para ganado, extracción de suelo, extracción de especies de hongos en la zona, problemas de planificación urbana, crecimiento del 300 % de la población de Parres (Romero, com. pers.); concesiones a instituciones gubernamentales; prácticas militares (Francisco X. com. pers.), L (Pérdida de hábitat), La (Pérdida de hábitat por causa de animales exóticos), Lf (Pérdida de hábitat por causa de fragmentación), Lp (Pérdida de hábitat por causa de plantas exóticas), Pe (Depredación por especies exóticas), Sf (Catástrofes por fuegos), Sv (catástrofes de volcanes, quizás). Comercio no es importante porque no se pueden vender a los zoológicos. Cacería ilegal

Comentarios: Dudas sobre si la contaminación sería un problema. Afecta los bosques de coníferas que corresponden al hábitat para *R. diazi*. Se requerirían estudios. Por procesos de reforestación inapropiadas por concesiones a instituciones gubernamentales. Ineficiencia de los decretos de áreas protegidas (la tragedia de los comuneros). Decisiones políticas inadecuadas. Estudios sobre demografía no se han podido llevar a cabo debido a las condiciones del área. Se recomienda que se desarrolle en una zona con conjunción de producción y de investigación para la especie. La modificación del Art. 27 podría ser un momento para ser usado en este sentido. Jürgen Hoth propondría la zona de El Capulín y Francisco Romero la de El Tláloc (por la situación de que las comunidades en la zona ya están organizadas en ese sentido).

Comercio: Enlistada en el Apéndice III de CITES para que no sea comercializado (desde 1977).

Investigaciones y Manejo: T (Estudios taxonómicos), S (Censo), M (Monitoreo - seguimiento y dispersión), H (Investigaciones de cría - programa de crianza en cautiverio), Hm (Manejo de hábitat), Lm (Manejo de factores limitantes), Lr (Investigación en factores limitantes), Lh (Estudios de historia de vida), O (Educación de la población)

PHVA: Sí.

Recomendaciones de Cautiverio: Sí. Nivel 2, bajo un programa conjunto con otro tipo de estudios y de manejo (institución, programas y dentro de un plan maestro de manejo de conservación de la especie) con fines de mantenimiento de la especie.

Nivel de Dificultad: 2= Dificultad Moderada.

Población en Cautiverio: 33 en total: 10 machos, 2 crías y 21 hembras.

39 en Japón (1995), a partir de 3 capturas con 20 fundadores en 3 áreas diferentes.

Referencias:

Velázquez, A. 1994. Distribution and population size of Romerolagus diazi on El Pelado Volcano, Mexico. *J. Mammal.* 75(3): 743-749.

Velázquez, A. Man-made and ecological habitat fragmentation: study case of the volcano rabbit (Romerolagus diazi). *Z. Säugetierkunde* 58: 54-61.

Velázquez, A., F.J. Romero y J. López-Paniagua. En Prensa. El Conejo Zacatuche (Romerolagus diazi) y su Habitat. UAM-Xoch. 175p.

Recopiladores: Demetrio Ambríz, Cheryl Asa, Eugenia Barbosa, Francisco Chavira, Teresa Fonseca, Jurgen Hoth, Guillermo Islas, Jesús Martínez, Ana Ma. Muñoz, Javier Olvera, Francisco Romero, Carolina Valdespino, Alejandro Velázquez.

HOJA DE DATOS DE TAXON

Lepus callotis (Wagler, 1830)

Estatus: UICN: Menor riesgo (Casi amenazada).
 Criterios usados:
 CITES: No enlistada
 Otro:

Estado taxonómico: Existen dos subespecies: *Lepus callotis callotis* y *Lepus callotis gaillardi*.

Distribución actual: La población actual comprende la misma área de distribución histórica; aunque esta se encuentra severamente fragmentada.

Distribución histórica: De la frontera de Chihuahua y Nuevo Mexico (EUA), hasta Oaxaca, a través del centro de México.

Extensión de presencia: D

Area de ocupación: D

Número de Sitios: Existen mas de (40?) localidades.

Tendencia: Declinando tanto en población como en área de ocupación.

Tiempo de generación: Aproximadamente un año.

Población mundial: Desconocida

Población regional: Más de 1,000 individuos en México; en la frontera existe una densidad de 1 individuo por cada 32 hectáreas (Bednarz y Cook, 1984).

Calidad de datos: 1 y 3

Estudios de campo reciente: Reynolds (?), Bednarz y Cook, 1984)

Amenazas:

Hf (Cacería para alimento), I (Interferencia, persecución o perturbación por humanos), Ic (Competencia interespecífica), Ice (Competencia interespecífica con especies exóticas),

Il (Competencia interespecífica con el ganado doméstico), La (Pérdida de hábitat por causa de animales exóticos), Lf (Pérdida de hábitat por causa de fragmentación).

Comercio: No

Comentarios:

La interacción entre el ganado y *Lepus californicus* esta causando sobrepastoreo y esto causa su reemplazamiento.

Recomendaciones:

Investigaciones/manejo:

Evaluar específicamente la interacción entre esta especie, *Lepus californicus* y el ganado. S (Censo), M (Monitoreo), Hm (Manejo de hábitat), H (Investigaciones de cría), Lm (Manejo de factores limitantes). Lr (Investigación de factores limitantes), Lh (Estudios de historia de vida). No existe ninguna justificación para que esta especie se encuentre dentro del calendario cinegético.

PHVA: No

Otro: No

Programas en cautiverio:

Nivel: No

Dificultad: 3

Existiendo población en cautiverio: No

Referencias: Reynolds (/), Bednarz y Cook, 1984)

Recopiladores:

Fernando Cervantes, Andrew Smith, Joaquín Arroyo, Humberto Corona C.

HOJA DE DATOS DE TAXON

Lepus flavigularis (Wagner, 1844)

Estatus: UICN: En peligro .
Criterios usados: A 1, a, c, d*; B, 1*, 2b, c, d.
CITES: No disponible.
Otro: Norma Oficial Mexicana (NOM), En peligro (Cervantes, F. Ceballos, G., et al).

Estado taxonómico: Bien Definido (Dixon, K. R., et al 1983; Chapman, J. A. et al 1990; y Uribe-Alcocer, M.A 1989).

Distribución actual: Estado de Oaxaca, 5 al 10 % evaluado (de Sn. Pedro Huilotepec a Sta. María del Mar).

Distribución histórica: Región costera entre Oaxaca y Chiapas comprendida entre Salina Cruz, Oax, y Puerto Arista, Chis. bordeando las lagunas Superior e Inferior y mar muerto en un área calculada en 150 km².

Extensión de presencia: B (101 a 500 km²) considerando distribución histórica.

Area de ocupación: En un área de 5 kilómetros a partir de la costa, áreas de matorral y dunas costeras, sin embargo se desconoce la distribución de este tipo de hábitats en la región.

Localidades o sitios: El área de distribución histórica ha sido fuertemente fragmentada por actividades antrópicas que incluyen puertos, pueblos y otro tipo de asentamientos humanos, cultivos y áreas ganaderas. Los hábitats naturales han sido destruidos, modificados y fragmentados. En la región comprendida entre Sn. Pedro Huilotepec y Sta. María del Mar (7 Km) que es la única en la que se ha evaluado la distribución de la especie, se ha encontrado que ésta se encuentra presente en un área mas o menos continua de 7 Km entre Sn. Mateo del Mar y Sta. María del Mar. En las demás áreas esta fragmentada. La presencia de la especie en Chiapas se basa en registros visuales de Alvarez del Toro, (1977), por lo que es necesario confirmarla.

Tendencia: De acuerdo a la distribución histórica la declinación de la población (2-Observación de campo) ha sido en mas de un 50%, hace falta información.

Tiempo de generación: No se conoce para la especie, sin embargo en otras especies de liebres afines se sabe que es entre 18 a 24 meses.

Población mundial: Desconocida. Es una especie endémica de México, restringida.

Población regional: Desconocida.

Calidad de datos: No aplica.

Estudios de campo reciente: Estudio de campo. Evaluación de biológica de la especie (Incluye distribución en Sn. Pedro Huilotepec y Sta. María del Mar, morfometría y genética).

Amenazas: Lf (Fragmentación), Hf (Cacería para alimento de subsistencia) y Ht (Cacería deportiva), I (Interferencia, o perturbación con los humanos), II (Competencia interespecífica con el ganado doméstico)

Comercio: No.

Comentarios: Un problema importante es el crecimiento de la población humana y los cambios asociados al uso del suelo.

Recomendaciones: Se necesita un diagnóstico que evalúe la presencia tanto en Oaxaca como Chiapas e incluya: Hábitat, densidad de población, amenazas, todo acoplado a un sistema de información geográfica.

Investigaciones/manejo: S (Censo), M (Monitoreo), Lh (Estudios de historia de vida).

PHVA: En este momento no se recomienda hacerlo, se necesita primero obtener la información mencionada, en especial tamaño de población, hábitat y área de distribución.

Otro: Incluir diagnóstico sobre área de distribución, hábitat y tamaño de la población.

Programas en cautiverio: P (Pendiente), no se conoce lo suficiente la situación de la especie y existen dificultades de reproducir en cautiverio.

Nivel: Pendiente

Dificultad: 2

Existiendo población en cautiverio: 0

Referencias:

Cervantes, F. *Lepus flavigularis*; Mammalian Species 1-13pp.

Chapman, J. A. et al Rabbit, Herds and Pikas, Status Survey Action Plan, UICN. 1990.

Goodwin , G. G 1969. Mammals from the state of Oaxaca, in Mexico in the American Museum of Natural History. Bulletin of the American Museum of Natural History.

Recopiladores: Gerardo Ceballos, Fernando Cervantes, Jurgen Hoth, Julieta Vargas, Oscar Moctezuma, Gloria Portales.

HOJA DE DATOS DE TAXON

Lepus insularis (Bryant, 1891)

Estatus: UICN: Bajo riesgo, casi amenazado.
Criterios usados:
CITES:
Otro: Norma Oficial Mexicana: Raro

Estado taxonómico: Especie monotípica
Posiblemente una subespecie de *Lepus californianus*.
Distribución actual: Isla de Espíritu Santo.

Distribución histórica: Isla de Espíritu Santo.

Extensión de presencia: A

Area de ocupación: B

Tendencia: Aparentemente estable.

Numero de Sitios: Uno.

Tiempo de generación: Aproximadamente un año.

Población mundial: No.

Población regional: No existen estimaciones definitivas pero se consideran como comunes.

Calidad de datos: 3

Estudios de campo recientes: Cervantes, F. (com. pers.), Thomas y Best (1994).

Amenazas: Hf (Cacería para alimento), I (Interferencia, persecución o perturbación por humanos), Pe (Depredación por especies exóticas), Il (Competencia interespecífica con el ganado doméstico), La (Pérdida de hábitat por causa de animales exóticos).

Comercio: No.

Comentarios: Esta isla es visitada constantemente por turistas y personas que utilizan el Golfo de California, lo que da como resultado la posibilidad de un mayor impacto de las actividades humanas. Esta especie, aunque no se encuentra amenazada, puede ser mas susceptible.

Recomendaciones:

Investigaciones/manejo: T (Investigación taxonómica), S (censo), M (Monitoreo), Hm (Manejo de hábitat), Lm (Manejo de factores limitantes), Lr (Investigación de factores limitantes), Lh (Estudios de historia de vida).

PHVA: No

Programas en cautiverio: No

Nivel: No

Dificultad: 3

Referencias: Action Plan, Mammalian Species (1994), Thomas y Best (1994), Cervantes 1996).

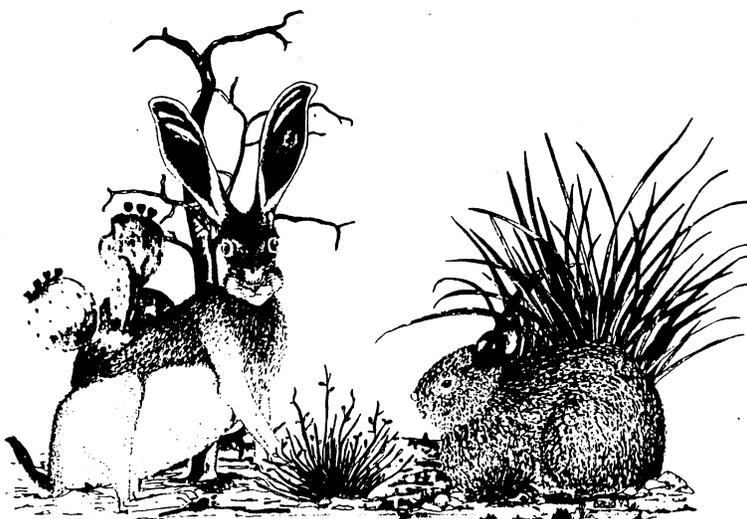
Recopiladores: Fernando Cervantes, Andrew Smith, Joaquín Arroyo, Humberto Corona C.

Tabla 5. PLANILLA DE DATOS PARA LOS LAGOMORFOS MEXICANOS

TAXON		POBLACIÓN SILVESTRE													PROGRAMAS EN CAUTIVERIO		
NOMBRE CIENTIFICO	INTERVALO DE DISTRIBUCIÓN	Ext Pres	Area Ocup	# Sit	% decl	Año/ Gen	Pobl Mund	CD	Amen	UICN	Crit Usado	Invest/ Manejo	PHVA	Rec	Dif	N um	
<i>Sylvilagus cunicularius</i>	Costa del Pacífico, tierras bajas desde Sinaloa a Oaxaca, y en las tierras altas de Michoacán a	D	D	1		Unk	Unk	n/a	Hf, La	LR (NT)	-	S,M, Hm,Lh,Lr,O	N	N	3	0	
<i>Sylvilagus graysoni</i>	Islas Tres Marias	?	B	4		1 yr	Unk	3	Hf,I,ce, L,La, Pe	EN	A1a,c,A2c;B1;B2c;C1;	S,M, Hm,Lm,	P	P	3	0	
<i>Sylvilagus insonus</i>	Omitermi, Guerrero	B	B	1		1 yr	Unk	n/a	Hf, L	CR	A1a,c;B1; B2c	T,S,M, Hm,Lm,	P	P	3	0	
<i>Sylvilagus mansuetus</i>	Isla San José, Baja California	B	B	1		1 yr	Unk	n/a	I,La,II,ce,P	LR (NT)		T,S,M, Hm,Lm, Lr,Lh	N	N	3	0	
<i>Pomerolagus diazi</i>	Eje Nevoicánico Transversal y Sierra Nevada	B	B	16		1 yr	2,478-12,120	2 (Pelado) 4	II,I,La,LI, Lp,Pe,Sv(?)	EN	A1a,b,c;A2b,c; B1;B2b,c,d;B3a,b,c;C1;	T,S,M,H Hm,Lm, Lr,Lh,O	Y	2	2	33 M ex	
<i>Lepus insularis</i>	Isla Espíritu Santo	A	B	1		1 yr	?	?	Hf,I,Pe,II,La	LR (NT)		T,S,M, Hm,Lm,	N	N	3	0	
<i>Lepus callotis</i>	Frontera de Chihuahua y Nuevo Mexico	D	D	>40		1 yr	?	>1,000 México	Hf,I,ce,II,La,LI	LR (NT)		S,M,Hm, H,Lm,Lr, Lh	N	N	3	0	
<i>Lepus flavigularis</i>	Salina Cruz, Oaxaca al extremo	B	UNK	?		2 yrs	?	?	LI,HI,HI,II	EN	A1a,c,d;B1;B2b,c,d	S,M,Lh	P	P	3	0	

TALLER INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS LAGOMORFOS MEXICANOS EN PELIGRO DE EXTINCIÓN

11 - 14 de enero de 1996
Universidad Autónoma Metropolitana / Unidad Iztapalapa
Mexico, D.F.



SECCIÓN 3
ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA POBLACIÓN Y DEL HÁBITAT PARA EL
ZACATUCHE (Romerolagus diazi)

ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE POBLACIONES Y DE HÁBITAT

Romerolagus diazi - el Zacatuche

Introducción

El Eje Neovolcánico Transversal, con elevaciones de entre 1,300 a 4,000 m, es una área de alto endemismo biológico. Alrededor de 350 especies son endémicas para esta área (aproximadamente 60% de estos endemismos corresponden a especies vegetales), y la mayor parte ocurren en una área de 1,000 km² en los Volcanes Pelado y Tlaloc en el sur de la Ciudad de México. Otra de estas especies endémicas es *Romerolagus diazi*, el zacatuche, una especie que sugerimos que sea el símbolo nacional para la conservación en México (similar al panda en China; referirse a la resolución incluida). Debido a que la conservación del *Romerolagus* debe de considerar necesariamente un amplio intervalo de prescripciones, incluyendo la protección y preservación del hábitat, varias otras de las especies endémicas de la región pueden ser también protegidas.

Romerolagus se encuentra actualmente amenazado por los siguientes factores: prácticas de agricultura, quema controlada diseñada para estimular el forrajeo de ganado, cacería (donde el zacatuche es cazado por aquellos que buscan especies simpátricas en la región), presión de sobrepastoreo en su hábitat, efectos de la contaminación sobre el hábitat de la especie provenientes de la Ciudad de México (donde viven actualmente mas de 20 millones de personas y es considerada la ciudad mas grande del mundo) y una fragmentación extensiva de su hábitat. En el año de 1979, *Romerolagus* ocupó una área aproximada de 150,000 hectáreas. Esta área fue reducida a aproximadamente 38,650 hectáreas en 16 fragmentos en el año de 1991. Esta reducción continúa de una forma acelerada, en los dos últimos años en los que el taller fue planeado, las poblaciones de dos parches pequeños se han extirpado.

El gobierno Mexicano ha enlistado en su plan actual de biodiversidad para los siguientes seis años, seis regiones de interés primario. El Eje Neovolcánico Transversal ha sido considerada como una prioridad de tercer rango, sin embargo un plan de trabajo para el área aún no ha sido desarrollado. La mayor parte de las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales (ONGs) que trabajan en México han decidido concentrar sus actividades en otras áreas. El gobierno ha mostrado simpatía por el desarrollo de una iniciativa de colaboración para el área con la comunidad académica/ONGs, por lo que el tiempo es ideal para el desarrollo de un plan comprensivo para esta área. Existe también la oportunidad para las ONGs de jugar un papel sumamente importante para la creación y el manejo de tierras públicas en el área.

Esto representa una oportunidad tremenda. Varias amenazas persisten debido a la presente política del gobierno Mexicano financieramente restringido a privatizar áreas protegidas. El desarrollo colaborativo de un plan de manejo podría facilitar su implantación, trabajando a través de las ONGs locales.

El zacatuche tampoco se encuentra actualmente protegido por un manejo activo ni tampoco por la presencia de un sistema viable de áreas protegidas dentro de su área geográfica. Actualmente existen 163 áreas protegidas a lo largo de México. De estas, 73 se encuentran en áreas templadas, pero ellas abarcan únicamente el 0.03% de toda el área incluida en las áreas protegidas de México (la mayor parte de las áreas protegidas contienen hábitats desérticos o tropicales). Existen seis áreas protegidas en la región del Pelado/Tlaloc, pero estas son pequeñas, se encuentran aisladas y actualmente no cuentan con protección o con manejadores específicos, efectivamente existen como "parques en papel".

La necesidad de desarrollar un plan de manejo comprensivo para el zacatuche ha sido reconocido por el movimiento de ONGs locales y por especialistas académicos en México. Sin embargo, el principal problema para este movimiento es el mismo que presenta el gobierno: el estado deteriorante de la economía mexicana. Por ejemplo, una ONG (Consejo Nacional de la Fauna) ha iniciado la construcción de un centro de reproducción en cautiverio para *Romerolagus*, como parte de una iniciativa mas amplia que incluye aspectos educativos, en las montañas del sur (y con vista) a la Ciudad de México. Las áreas de cuarentena han sido construidas y los planes preliminares del encierro han sido finalizados. Sin embargo la reciente devaluación del peso Mexicano ha hecho que este proyecto se encuentre actualmente parado. Otra ONG (Naturalia) ha construido un encierro de 100 m2 con alta tecnología con un observatorio (de energía solar) y con una enorme ventana de una sola vista para observaciones del comportamiento de la especie, y ha ambientado el albergue con zacatonales, los cuales son clave en el hábitat del *Romerolagus*. Desafortunadamente, ellos también no pueden proceder sin asistencia adicional.

Al mismo tiempo AMCELA, en conjunción con otras ONGs y la comunidad académica que se encuentra cercanamente integrada con el movimiento ONG en México, ha desarrollado una extensiva documentación de la biología del zacatuche, de su hábitat y de los riesgos para su existencia. Se han realizado esfuerzos para determinar las formas mas apropiadas para integrar a los habitantes y comunidades locales que viven en el intervalo de distribución del zacatuche en planes de recuperación potenciales. Énfasis considerable ha sido dirigido en educación ambiental y en programas de biodiversidad a través del intervalo de distribución de la especie. Mapeo extensivo en el sitio de hábitats disponibles (todos ellos verificados por trabajo en tierra) ha sido incluido en el Sistema de Información Geográfica (GIS). Adicionalmente se han generado recomendaciones preliminares para la integración de las áreas protegidas existentes en el Pelado y Tlaloc

con corredores.

Por lo tanto, este taller sobre el *Romerolagus* capitaliza en la confluencia de cada uno de los temas mencionados con anterioridad, la naturaleza precaria del zacatuche, la capacidad creciente en términos de la base de información de la especie, y el entusiasmo y la dedicación de las ONGs, los biólogos investigadores y las comunidades existentes dentro del intervalo de distribución de la especie. El resultado es un entendimiento más comprensivo de las alternativas de conservación reales para el zacatuche.

El proceso del PHVA - Objetivos y Procedimiento

Los Talleres de PHVA tienen como objetivo evaluar cada población de una especie o subespecie que sea identificada como adecuada para ser estudiada en un taller. La evaluación de cada especie implica un análisis profundo de información sobre historia de vida, dinámica, ecología e historia para cada población de la especie. La información sobre demografía, genética y factores ambientales que sea pertinente para determinar el estado de la especie en forma global y su riesgo de extinción bajo las condiciones de manejo actuales y bajo las de amenazas se organiza durante la preparación del PHVA y en forma particular para cada población de la especie antes y durante el taller.

Una característica importante de los talleres es el poder obtener información de los expertos que aún no esté lista para ser publicada, pero que puede ser de enorme importancia para comprender la conducta de las especies en estado silvestre. 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 explicados. Este proceso lleva a la construcción de un modelo básico de la especie basado en el 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 ejercicio científicos a través de la evaluación continua de la nueva información, proporcionan una calendarización de las prácticas de manejo y el beneficio de poder ajustarlas de acuerdo a como se necesite.

La realización de este taller permite la formulación de escenarios de manejo para la especie y evalúa el posible efecto de estos escenarios en la reducción de los riesgos de extinción. A través de un análisis de sensibilidad, es posible investigar también qué

factores pueden tener mayor efecto sobre la sobrevivencia y crecimiento de la(s) población(ones) manipulando esos factores. A través del uso de modelos es posible explorar rápidamente un amplio intervalo de valores de los parámetros dentro de el (los) modelo (s) para obtener una imagen del modo en que las especies responden a los cambios de manejo. Este acercamiento también puede utilizarse para evaluar cuál es la contribución que la información proveniente de estudios de investigación propuestos y de estudios ya existentes tiene sobre el manejo de la especie con propósito de conservación.

Los valores de los talleres son:

- * Reunir a todos los grupos responsables para salvar y manejar las especies con el fin de obtener por consenso basado en acciones necesarias para la recuperación de la especie.;
- * Reunir expertos cuyo conocimiento puede ayudar al rescate de la especie;
- * Recopilar la información actual sobre el estado de la especie y las amenazas a su sobrevivencia;
- * Brindar una evaluación objetiva del riesgo de extinción de la especie con base en la información actual;
- * Usar un modelo para probar el efecto de diferentes acciones de manejo en el rescate de la especie y en su recuperación;
- * Producir un reporte objetivo que pueda usarse como base para las acciones políticas y de implementación necesarias para salvar a la especie.

En este taller, los participantes trabajaron juntos en plenarias para desarrollar el modelo básico para *Romerolagus*. También trabajaron en grupos pequeños para identificar y elaborar cuales fueron los problemas generales para el zacatuche y hacer recomendaciones para acciones que podrían mejorar estos problemas. Esta recomendaciones fueron desarrolladas en los grupos pequeños durante el taller y fueron discutidos por los participantes en plenarias para establecer consenso sobre los mismos. Los reportes de los grupos de trabajo y las recomendaciones para la conservación del zacatuche son incluidos en la Sección 4 del reporte.

HISTORIA NATURAL DEL CONEJO ZACATUCHE

El conejo zacatuche (*Romerolagus diazi* Ferrari-Pérez 1893) es una especie endémica

restringida a una área pequeña en las montañas centrales del Eje Neovolcánico Transversal. Este es considerado como primitivo y en peligro de extinción, capta la atención de autoridades y profesionales de diversas disciplinas. Estudios recientes han mostrado la alta especificidad de hábitat que requiere el zacatuche para su sobrevivencia.

Comportamiento

En cuanto a su comportamiento, el zacatuche es de hábitos crepusculares, aunque puede ser observado a cualquier hora del día o de la noche. La actividad se realiza en lugares con densa cobertura herbácea de gramíneas amacolladas y en áreas de cubierta rocosa. Pocas veces se exponen a condiciones abiertas, particularmente cuando buscan alimento en áreas quemadas y en campos de agricultura recién cultivados. En otros casos, los zacatuches son muy conspicuos cuando trepan en rocas y vocalizan. Permanecer inmóvil con las orejas distendidas (alerta) es una estrategia conductual contra depredación al confundirse con el suelo y con el substrato rocoso. El zacatuche no se aleja distancias considerables cuando huye, sino que corre solamente varios metros y se detiene, proceso que se puede repetir varias veces antes de llegar a su madriguera. El zacatuche permanece activo todo el año, incluyendo los días nublados y fríos, a pesar de lo crítico de las condiciones de humedad y temperatura durante cualquier época del año. El zacatuche es gregario y vive en grupos de dos a cinco individuos lo que sugieren una organización social bien definida. Las observaciones indican que el zacatuche tiene un ámbito hogareño pequeño de algo más de 2500 m² y un territorio aún más pequeño.

Romerolagus presenta tipos conductuales de agresión tales como morder y expulsar a otros individuos en defensa de territorio y de compañero. El acceso a lugares estratégicos del territorio, incluyendo madrigueras y alimento, son parte importante de sus interacciones sociales. Observaciones casuales indican que el tamaño y sexo del individuo son variables importantes en la determinación de este sistema, siendo individuos grandes y por lo general hembras, quienes tienen una posición más alta en la jerarquía de dominancia. Los dominantes de la cúspide son los más agresivos.

El zacatuche utiliza vocalizaciones que muy probablemente tienen como objetivo informar a otros individuos sobre la presencia de depredadores, aunque su repertorio es tan amplio que se piensa que las vocalizaciones indican más pautas conductuales similar a lo observado en las pikas (*Ochotona*).

Alimentación

Las observaciones de campo han demostrado que los zacatuches se alimentan fundamentalmente de gramíneas amacolladas denominadas localmente "pastos" ó

"zacatones" (*Festuca amplissima*, *F. rosei*, *Muhlenbergia macroura* y *Stipa ichu*). Además de los pastos, se ha mencionado que los zacatuches consumen hierbas dicotiledóneas como *Alchemilla spp.*, *Donnellsmithia juncea*, herbáceas espinosas como *Eryngium columnare* y *Cirsium jorullense* y seleccionan las hojas jóvenes de los pastos y las partes cercanas a la base de las hojas del zacatón, ayudando al proceso natural de que las hojas se doblen y formen un techo de cobertura densa entre los zacatones. También se alimentan de plantas jóvenes de maíz (*Zea mays*), avena para forraje (*Avena sativa*), papa (*Solanum tuberosum*), chícharo (*Pisum sativum*) y haba (*Vicia faba*). En cautiverio se adaptan fácilmente a consumir alimentos diferentes a los de su hábitat natural (Cervantes y Martínez, 1992).

Excrementos

Las bolitas de excremento de los zacatuches, difícilmente confundibles, son discoidales con la parte central hinchada; las bolitas frescas normalmente son de color ocre, brillosas y de textura lisa, tornándose amarillentas cuando se secan; son encontradas en grupos de más de 90 bolitas en la base de los zacatones formando letrinas. También producen excrementos para la refección o coprofagia.

Reproducción

Los machos sexualmente activos presentan testículos escrotados y el glande del pene extrusible. Las hembras preñadas o hembras después del parto presentan los oviductos y el útero hinchados y turgentes. No se han encontrado más de dos embriones en un sólo útero, ni tampoco más de tres contando ambos úteros de una misma hembra. A lo largo del año se pueden encontrar hembras sexualmente activas pero con mayor frecuencia durante la época de lluvias. El zacatuche también presenta estro posparto.

Los nidos del zacatuche son normalmente cavidades someras y pequeñas sobre la superficie del suelo o nidos sobre la parte central de estas gramíneas. Los nidos se han encontrado sobre terrenos planos con suelos suaves, profundos y ricos en materia orgánica, en substratos poco pedregosos o entre las oquedades de las rocas volcánicas y en madrigueras abandonadas de tuzas (*Cratogeomys merriami*).

Los fetos o embriones de zacatuche nacen sin pelo, excepto por vibrisas y pelos aislados sobre la cara; los dedos ya tienen uñas bien desarrolladas e incisivos superiores que apenas sobresalen de la encía; la pequeña y visible cola ya se encuentra bien formada; abren los ojos entre cuatro y ocho días, pero permanecen en el nido durante dos semanas. El período de gestación del zacatuche es de ca. 40 días. El promedio del tamaño de camada del zacatuche es de 2.1 gazapos y se reproduce durante todo el año.

El dimorfismo sexual no es significativo entre peso y longitud de ambos sexos.

Depredadores

El zacatuche es una especie que forma parte básica del régimen alimentario de los depredadores de su ecosistema, tales como comadreas (*Mustela frenata*), lince (*Lynx rufus*), coyotes (*Canis latrans*), víboras de cascabel (*Crotalus triseriatus*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), cacomixtles (*Bassariscus astutus*), tlalcoyotes (*Taxidea taxus*), aguilillas o halcones cola roja (*Buteo jamaicensis*) y tecolotes cornudos (*Bubo virginianus*). Los perros y gatos domésticos ejercen una presión de depredación intensa sobre el zacatuche. Similarmente, las actividades de cacería furtiva por humanos también contribuyen significativamente a la eliminación del zacatuche.

Parásitos

Los zacatuches silvestres y cautivos alojan una gran variedad y abundancia de endoparásitos como nematodos de las especies *Trichostrongylus calcaratus*, *T. tatertaeformis*, *Longistrata dubia*, *Trichuris leporis* y *Dermatoxys veligera*. Las especies de nemátodo descritas con ejemplares colectados en el zacatuche son *Dermatoxys romerolagi*, *Boreostrongylus romerolagi*, *Lamothiella romerolagi*. Los céstodos parásitos encontrados son *Cittotaenia ctenoides* y *Multiceps serialis* y *Anoplocephaloides romerolagi*. Los céstodos parásitos son del género *Anoplocephaloides*. Los coccidios parásitos son *Eimeria perforans*, *E. coecicola* y *E. stideae* y en cuanto a hongos parásitos *Aspergillus* fue encontrado en gazapos nacidos en cautiverio.

El zacatuche también alberga abundantes ectoparásitos de diversa índole. Las pulgas (*Cediopsylla inequalis*, *Strepsylla mina* y *Sternopsylla spp.*). Las especies *Cediopsylla tepolita* y *Hoplopyllus pectinatus* fueron colectadas en el zacatuche y descritas como nuevos taxa. Las garrapatas que parasitan al zacatuche son *Ixodes neotomae*, *Cheyletiella mexicana* y *C. parasitivorax*. La segunda fue descrita con ejemplares colectados sobre el zacatuche y se considera que es un parásito específico de este conejo. Las larvas de mosca del género *Cuterebra* están presentes.

Madrigueras

El interior de las madrigueras abandonadas de tuza (*Cratogeomys merriami*), las cuales son activamente empleadas por el zacatuche, contienen una rica fauna de invertebrados. Particularmente, los grupos con mayor número de especies y de individuos corresponden a gusanos miriápodos, arácnidos como pseudoescorpiones, arañas, larvas y adultos de

insectos como gríllidos, colémbolos, coleópteros y dípteros.

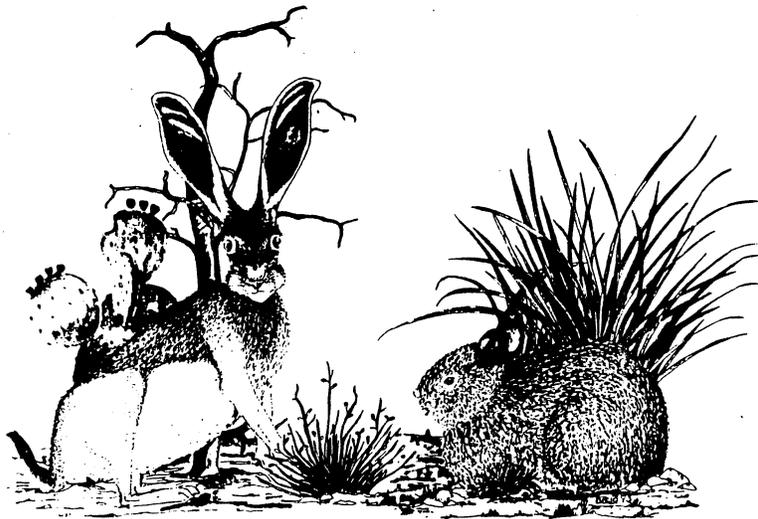
Biodiversidad simpátrica

La biodiversidad asociada al zacatuche es impresionante. En cuanto a plantas vasculares se han registrado aproximadamente 2,000 especies de las cuales 180 están incluidas bajo alguna categoría de la UICN y 220 son endémicas del Eje Neovolcánico Transversal. Esto representa que el 1.2% de la fitodiversidad mundial se encuentra representado en estas áreas. En relación a la diversidad faunística, 160 especies de vertebrados son simpátricos, de los cuales 29 son endémicos y/o en peligro de extinción, lo que representa el 18% de la diversidad de México. Algunos ejemplos son las lagartijas *Sceloporus spp.*, y *S. torquatus*; salamandras (Plethodontidae), musarañas (*Sorex spp.*), ratones metorito (*Microtus mexicanus*), ratones de los volcanes (*Neotomodon alstoni*), tlacuaches (*Didelphis virginiana*), ratas de monte (*Neotoma mexicana*), zorrillos de los Géneros *Mephitis* y *Conepatus*, lince (*Lynx rufus*), coyotes (*Canis latrans*) y las dos especies simpátricas de conejos (*Sylvilagus floridanus* y *S. Cunicularius*).

Una dato interesante observado en dos ocasiones fue la asociación indirecta entre el zacatuche y un ave. El pequeño pájaro *Psaltriparus minimus*, que construye sus nidos con materia vegetal seca, pero el interior se tapiza completamente de abundante pelo identificado positivamente de zacatuche.

TALLER INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS LAGOMORFOS MEXICANOS EN PELIGRO DE EXTINCIÓN

11 - 14 de enero de 1996
Universidad Autónoma Metropolitana / Unidad Iztapalapa
Mexico, D.F.



SECCIÓN 4
REPORTES DE LOS GRUPOS DE TRABAJO

REPORTE: GRUPO DE TRABAJO SOBRE HÁBITAT

Jurgen Hoth
Consuelo Lorenzo Monterrubio
Francisco J. Romero
Julieta Vargas Cuenca

Los objetivos de este ejercicio son, caracterizar los cambios del hábitat del zacatuche y los factores determinantes.

El área de distribución de esta especie está conformada por mosaicos ambientales, sujetos a cambios constantes. Las características sucesionales de estos mosaicos dependen de las condiciones iniciales de los mismos al momento del disturbio. La dirección de la recuperación de su composición, estructura y función, se ve afectada a su vez por los factores emergentes que se presentan durante ese proceso.

Entre los principales factores que determinan la capacidad de carga de los hábitats de esta especie y su permanencia en ellos, se encuentran los siguientes:

- Cercanía al factor de disturbio.
- Índices de cobertura de zacatón (*Muhlenbergia macroura*).
- Índices de depredación (natural y por animales exóticos).
- Extensión y continuidad de parches.
- Pisoteo y ramoneo selectivo: tipo, tamaño y frecuencia del pastoreo.
- Tipo, extensión, magnitud, edad y frecuencia del factor de cambio.
- Capacidad y tiempo de reversibilidad.
- Combinación de factores.

Los principales factores de disturbio considerados, en orden de importancia son los siguientes:

1. - Crecimiento urbano (establecimiento de industrias, viviendas y apertura de caminos).
2. - Agricultura y matarrasa.
3. - Ganadería, pastoreo e incendios.
4. - Extracción de suelos, extracción selectiva de pastos y pérdida del banco de semillas.
- 5.- Cacería.
- 6.- Actividades diversas (deportivas, militares, turísticas, etc.).

7.- Cambios climáticos.

RECOMENDACIONES

Se proponen tres rubros generales de trabajos a seguir:

1. ESTUDIOS REGIONALES RELACIONADOS CON ASPECTOS DEL HÁBITAT.

- Descriptivos de diversas temáticas (comunidades o sinecológicos, flora y fauna, distribución y abundancia principalmente de especies diagnósticas y potenciales de uso).
- Monitoreo de hábitats, comunidades y de poblaciones.
- Ecología funcional y dinámica de comunidades (composición y estructura a través del tiempo, variación de patrones de uso de hábitat en espacio y tiempo, regeneración y sucesión bajo diversos factores de cambio, etc.).

2. ESTRATEGIA DE PLANIFICACIÓN REGIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE HÁBITATS.

- Organización, orientación y capacitación comunal con base en planteamientos y necesidades de los pobladores locales.
- Programas de uso forestal sustentable.
- Alternativas de uso diversificado.
- Programas de educación ambiental (incluye formación de recursos humanos locales y seguimiento)
- Zonificación corológica de actividades humanas y restauración de áreas forestales (fuegos controlados, esparcimiento humano, turismo ecológico, actividades deportivas, áreas productivas, áreas agrícolas, ganadería intensiva y extensiva, reforestación, catastro rural, etc.).
- Restricción de crecimiento urbano y de planificación privada y gubernamental no sustentadas (viviendas, caminos, industrias, etc.)
- Programas de vigilancia regional por pobladores locales
- Legislación y vigilancia de decretos.

3. ESTUDIOS DE LA ESPECIE, FAUNA ASOCIADA MOSAICOS DE HÁBITATS.

- Eliminación de los animales ferales y control de los animales domésticos.
- Estudios poblacionales de los depredadores del zacatuche
- Aspectos demográficos y movimientos del zacatuche en vida silvestre
- Conservación del banco de semillas (germoplasma) de especies vegetales de los hábitats del zacatuche.
- Relaciones con elementos del hábitat *v. gr.* la importancia de la estructura de los pastos amacollados como agentes de amortiguamiento de las fluctuaciones climáticas; el cúmulo de excrementos del zacatuche como elemento importante para el enriquecimiento del suelo y el desarrollo de los pastos; el papel del zacatuche como agente controlador de la dinámica de la estructura y composición de las comunidades vegetales, etc.

- **Análisis y evaluación de aspectos de competencia principalmente con especies hervíboras domésticas.**
- **Restauración de hábitats adecuados para el zacatuche y la biodiversidad regional vinculados a programas de uso sustentable.**

REPORTE: GRUPO DE TRABAJO SOBRE DISTRIBUCION

Jesús Martínez
Andrew Smith
Alejandro Velázquez

Enfoque

Nuestro grupo de trabajo utilizó el enfoque de ecología paisajista para desarrollar escenarios explícitos espaciales para el manejo de hábitats de *Romerolagus diazi* (zacatuche).

Antecedentes

Actualmente hay 14 parches distintivos de hábitat ocupado por el zacatuche. Recientemente poblaciones en dos pequeños parches en la proximidad del Volcán Pelado se han extinguido (área de hábitat= 440 y 180 Ha, respectivamente). Dos de los parches que tienen lugar en los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatepetl al este de la Ciudad de México se observan seguros. De los 12 parches restantes en el Eje Neovolcánico Transversal al sur de la Ciudad de México, dos son relativamente de gran tamaño (rodeando los volcanes Pelado y Tlaloc respectivamente), y 10 son fragmentos pequeños de hábitat. Un mapa de la distribución actual de *Romerolagus diazi* se presenta en la Fig. 1.

Dentro del área de los volcanes Pelado y Tlaloc existen ocho áreas protegidas de diferentes distinciones. La característica común de estas ocho áreas es que todas son "parques de papel". No existe manejo activo del hábitat del zacatuche en estos parques, ni manejo del zacatuche en ninguno de los parches en los que esta presente. Un mapa de las áreas protegidas se muestra en la Fig. 2.

Modelo de Escenarios

Para determinar la adecuación de varias opciones de manejo del hábitat designados para preservar y/o recuperar al zacatuche en el área de los volcanes Pelado y Tlaloc, exploramos ocho opciones que variaban según el tamaño del parche, número estimado de conejos y grado de disturbio catastrófico por fuego. Las cuatro variables, según tamaño del parche describen opciones de manejo actuales y futuras basadas en la viabilidad poblacional del zacatuche:

1.- Parche Pequeño (667 Ha): Este es un parche ocupado que representa los 10 pequeños parches descritos arriba.

2.- Area protegida del Volcán Pelado (6,880 Ha): Este representa una gran área aislada.

3.- Volcán Tlaloc y Tepoztlan (15,125 Ha): Este representa la combinación más grande de áreas protegidas actualmente.

4.- La completa área natural en el Eje Neovolcánico Transversal al sur de México y caracterizada por los volcanes Pelado y Tlaloc (98,000 Ha): Esta es la extensión de hábitat que podría ser protegida con la adquisición de dos corredores (aproximadamente 30,000 Ha) uniendo así las áreas protegidas en la región. No todo este hábitat es adecuado para el zacatuche, esta alternativa debe ir acompañada de restauración ecológica para asegurar un vínculo efectivo de los parches existentes del hábitat dentro del área.

Modelo de Parámetros

HÁBITAT	AREA (Ha)	N	CATÁSTROFES
Parche Pequeño	667	167	25 años de intervalo 80% de disturbio
Volcán Pelado	6,880	1,720	10 años de intervalo 20% de disturbio
Tlaloc y Tepoztlan	15,125	3,781	5 años de intervalo 10% de disturbio
Area Completa	98,000	6,000*	1 año de intervalo 5% de disturbio

*Únicamente el 25% del área completa es hábitat adecuado para *Romerolagus diazi*, aunque esta figura no utiliza el factor de conversión de 1 conejo/4 hectáreas de los otros modelajes de hábitat.

Alternativas de Conservación/ Recomendaciones

El PHVA VORTEX de simulación de *Romerolagus diazi* fue modificado con cada una de las variables arriba descritas, un total de 8 combinaciones con cada variable de hábitat fue corrida, con o sin la inclusión de disturbio catastrófico. El total de resultados están descritos en la sección de Modelaje de este PHVA. En general había tres tendencias primarias. Primero, como se esperaba, los hábitats aislados mas pequeños demostraron tener una alta probabilidad de extinción. Desafortunadamente este resultado ya ha sido observado con la extinción de las poblaciones de dos de los parches en el área. De seguir igual, sin ningún cambio, lo mas seguro es que el zacatuche desaparezca en un muy corto periodo de tiempo, de la mayoría de los parches en los que actualmente se encuentra.

Recomendación

Comprometerse en el manejo para vincular todos los parches aislados de hábitat que contienen zacatuche así como a los dos grandes parches aislados ocupados en el área. Esta recomendación llama para el manejo integrativo de áreas protegidas existentes, creación de nuevas áreas protegidas, restauración ecológica del hábitat que antiguamente mantenían al zacatuche, y un manejo activo del hábitat para retener oportunamente el zacatón en el rango actual del zacatuche

Segundo, los cuatro escenarios con y sin la inclusión de una catástrofe por fuego fueron demostrativamente diferentes. Substancialmente como se esperaba, la tendencia mostró un patrón mas consistente en los parches de distribución (reduciendo la población mientras se reduce el tamaño de parche) en los escenarios sin el fuego catastrófico. Además, se observó que para todos los parches la inclusión del efecto catastrófico del fuego reduce la probabilidad de persistencia de las poblaciones. El tiempo esperado de persistencia de las poblaciones fue extremadamente bajo para los parches pequeños; de hecho el parche mas pequeño con inclusión de catástrofes tenía cero oportunidad de persistencia. Este resultado demuestra que eventos no esperados - en este caso uno que es muy real en la región - pueden jugar un papel mayor en la determinación de como poblaciones locales deben de ser manejadas. Incluso aquellas poblaciones del zacatuche aparentemente seguras pueden estar en riesgo debido a la siempre presente amenaza de un mayor incendio. En adición, existen otros riesgos similares de naturaleza catastrófica que también pueden ocurrir en el área, pero que no fueron incluidos en el modelo, tales como una erupción volcánica, huracanes, etc

Recomendación

Debido a la alta probabilidad de amenaza causada por el fuego y posiblemente por otras catástrofes (inesperadas, pero de severo impacto), eventos que pueden impactar negativamente a las poblaciones de zacatuche; es esencial que se incluya un margen de seguridad de la planeación del paisaje de los parches del hábitat ocupado por el zacatuche. En particular los parches pequeños se encuentran en riesgo y deben de vincularse a otros parches para formar unos mas largos que sean potencialmente mas resistentes a la extinción.

Tercero, una aparente anomalía en el modelo ocurrió en este ejercicio. El parche más largo no coincidió con la tendencia general de un aumento en la persistencia del tiempo con un aumento en el tamaño del parche. Por el contrario, las poblaciones del parche mas largo aparecieron como no más estables e incluso como más cerca de extinguirse que el tercer parche mas largo. Este resultado aparentemente se debe a la alta probabilidad de que cualquier incendio ocurra en cualquier año -- por lo tanto impactando eficientemente la estimación de mortalidad del zacatuche, un parámetro que es muy sensible en VORTEX . Los detalles de este tópico son discutidos en la sección del modelaje de este documento. Aquí, es importante señalar el resultado general: Con

un incremento en la frecuencia del fuego, el riesgo en las poblaciones del zacatuche se incrementa (desde la perspectiva del análisis poblacional).

Recomendación

El fuego es importante en el hábitat del zacatuche. Este ejercicio del modelaje demuestra que si el fuego impacta negativamente a las poblaciones del zacatuche cada año, entonces la ocurrencia espacial del fuego debe ser monitoreada cercanamente. Por el otro lado, sin la presencia de fuego en este ecosistema, la acumulación de hojarasca en el suelo del bosque puede conducir a fuegos más severos cuando estos ocurran. Por lo tanto, la relación entre el fuego y la mortalidad del zacatuche, y la persistencia de las poblaciones del zacatuche particularmente en parches pequeños, no es clara y debe ser investigada con detalle.

Finalmente, estas recomendaciones las que conciernen tópicos o temas verdaderos de paisaje, deben de ser desarrolladas en contra de las características socioeconómicas presentes y esperadas del paisaje. Parsimoniosamente, la opción de conservación preferida será aquella que sea mas factible de decretar, y la que se apegue mayormente con el uso sostenible de los recursos naturales en la región. Nosotros anticipamos que un vínculo común puede ser encontrado con la protección del hábitat en la región para los propósitos de maximizar la preservación del zacatuche y de la biodiversidad general con aquellas personas que actualmente utilizan la tierra con propósitos económicos. El uso de la tierra para pastoreo de ganado y extracción de madera, etc., debe ser sostenible para los propósitos de conservación de la biodiversidad, pero la eliminación de usos no sostenibles de la tierra deben ser preferentes a otras formas de desarrollo comercial o expansión de ciudades aledañas. En adición, el manejo activo de la tierra debe ser decretado-- los "parques de papel" no deben ser aceptables en el futuro manejo del zacatuche o de la amplia diversidad de las formas endémicas existentes en la región.

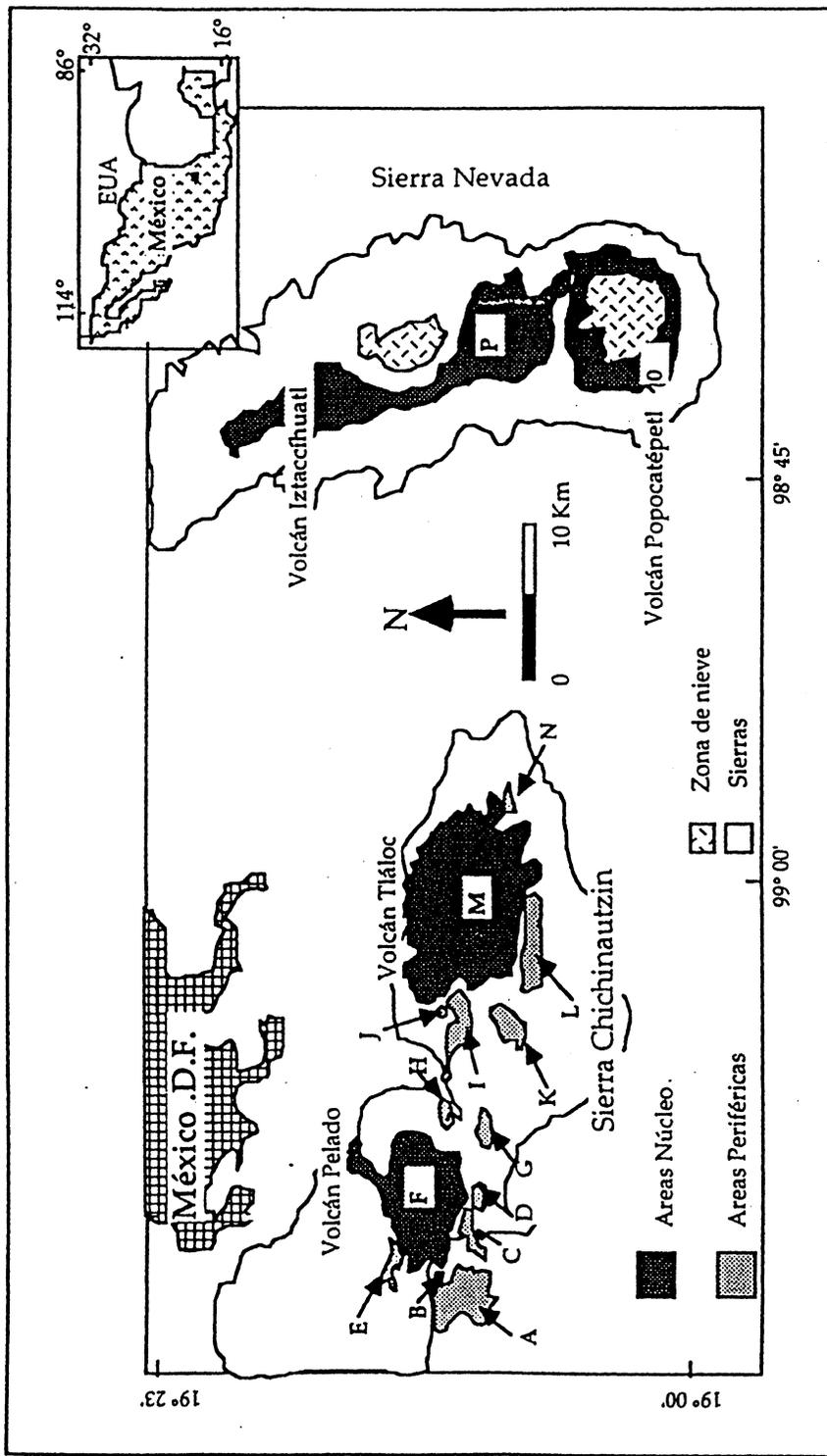


Fig. 1. Mapa de distribución actual de *Romerolagus diazi*. El área está fragmentada en 16 unidades: 4 núcleos y 1 periféricas (Cortesía de A. Velazquez, F.J. Romero y L. Leon).

Zona	Superficie (Ha.)	%	Coordenadas		Altitud m	Categoría	Volcán(es)	Nominación	Vulnerabilidad	Observaciones
			LAT. N. Min./Máx.	LONG. W Min./Máx.						
A	3408	8.8	19°01'29" Min./19°08'00" Máx.	99°17'17" Min./99°19'45" Máx.	3050 3300	Periférica	Chalchuites, Huilolet y Cerro Cadena	Núcleo de Corredor Ajusco-Chichinautzin	Baja	Area de distribución a manera de parches.
B	55	0.1	19°08'00" Min./19°08'20" Máx.	99°16'45" Min./99°17'00" Máx.	3050 3100	Periférica	Tuxtépéc	Ninguna	Alta	Unidad aislada con frecuentes incendios.
C	742	1.9	19°05'45" Min./19°06'10" Máx.	99°14'50" Min./99°15'40" Máx.	3050 3100	Periférica	Raicos y Cardos	Ninguna	Moderada	Volcánes con cultivos de avena en vecindad.
D	440	1.1	19°05'45" Min./19°06'05" Máx.	99°13'20" Min./99°13'45" Máx.	3050 3250	Periférica	Tesoayo	Ninguna	Muy alta	Zona bordeada por vía y autopistas.
E	1405	3.6	19°09'20" Min./19°10'40" Máx.	99°15'45" Min./99°17'30" Máx.	3000 3300	Periférica	Malacatapéc, Quupil	Ninguna	Moderada	Unidad contigua a la F separada por un camino.
F	6880	17.8	19°06'45" Min./19°12'30" Máx.	99°10'45" Min./99°15'30" Máx.	3000 3600	Núcleo	Peñado	Area de protección especial V. Peñado	Moderada	Area continua rodeada por cultivos de avena, cebada y trigo.
G	667	1.7	19°05'15" Min./19°06'45" Máx.	99°10'00" Min./99°11'00" Máx.	3150 3300	Periférica	Palomito, Mantleca, Cubalito, y Itoyo	Ninguna	Moderada	Poblaciones de zacatuche principalmente restringidas a los conos.
H	180	0.5	19°06'45" Min./19°07'00" Máx.	99°10'00" Min./99°10'25" Máx.	3050 3300	Periférica	Acopiazaco	Ninguna	Muy alta	Area aislada por cultivos de avena, maíz, frijol, entre otros.
I	1437	3.7	19°05'30" Min./19°07'20" Máx.	99°15'15" Min./99°00'10" Máx.	3100 3150	Periférica	Comalana, San Bartolito, San Bartolito y Pripiyito	Ninguna	Moderada	Parcho en la base de la Ladera N y NE del V. Chichinautzin.
J	65	0.2	19°06'25" Min./19°06'55" Máx.	99°06'00" Min./99°06'45" Máx.	3010 3100	Periférica	Tuxtépéc (V. Tlaloc)	Ninguna	Alta	Volcán aislado por caminos y cultivos de avena.
K	850	2.2	19°03'40" Min./19°04'45" Máx.	99°05'50" Min./99°06'30" Máx.	3050 3150	Periférica	Yochuazac, Otates y Suchac Grande	Parte en Parque Nacional Popocatepetl	Baja	Volcánes ubicados en la base de la ladera E del V. Chichinautzin.
L	2265	5.9	19°02'37" Min./19°03'55" Máx.	98°59'25" Min./99°03'30" Máx.	2970 3130	Periférica	Ochyuca, Obolica y Chalchuca	Ninguna	Baja	Volcánes en vecindad al S del V. Tlaloc separados por un camino.
M	6900	17.9	19°03'55" Min./19°08'30" Máx.	98°57'12" Min./99°04'40" Máx.	2790 3460	Núcleo	Tlaloc, Ocosucayo, Pajonal Ocotacatl, Xistune, Cerro el Agua, Cerro del Agua Chicayo y Cerro Palagatos	Area de protección especial V. Tlaloc	Baja	Unidad continua limitada al N y E por cultivos de nopal, avena y maíz.
N	217	0.6	19°04'48" Min./19°05'05" Máx.	98°56'39" Min./98°57'05" Máx.	2940 3100	Periférica	Huehual	Ninguna	Muy alta	Volcán aislado por carretera y cultivos de avena, trigo y maíz.
O	4380	11.3	18°58'20" Min./19°04'52" Máx.	98°35'25" Min./98°40'50" Máx.	3200 3900	Núcleo	Popocatepetl	Parque Nacional Iztla-Popo	Moderada	Volcán ubicado ca. 15 Km al E de las zonas anteriores.
P	8760	22.7	19°03'40" Min./19°19'08" Máx.	98°36'00" Min./98°44'10" Máx.	3240 3600	Núcleo	Iztaccihuatl, Papayo	Parque Nacional Iztla-Popo	Baja	Unidad separada de la anterior por una carretera al S.

38651 100%

El área total de distribución de *Romerolagus diazi* es de 38651 HA. Se encuentra fragmentada en 16 zonas: 4 núcleos, 4 núcleos y 12 periféricas.

Leyenda del mapa de distribución actual de *Romerolagus diazi*.

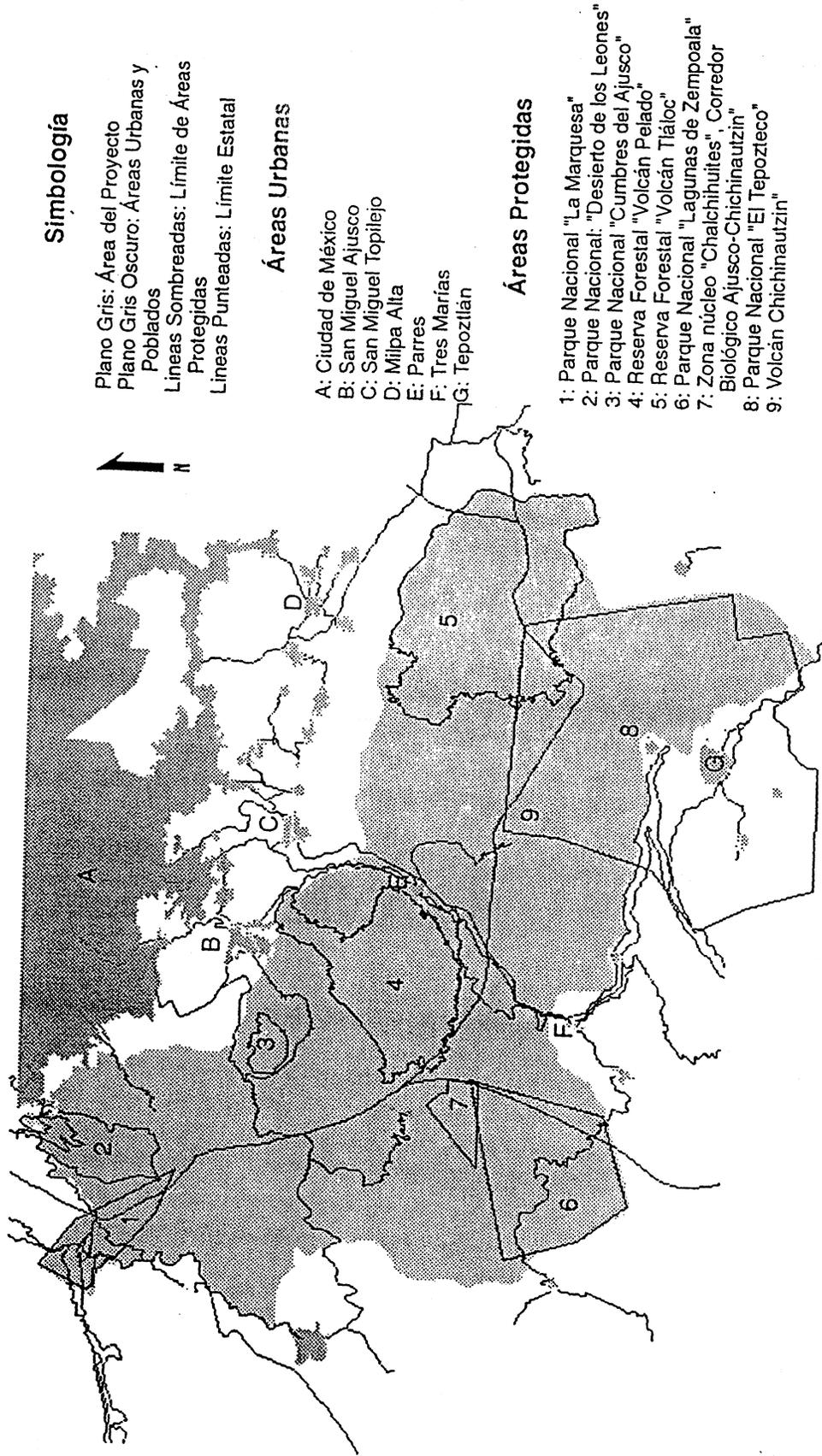


Fig. 2. Mapa de áreas protegidas en el hábitat de *Romerolagus diazi* (Cortesía de Alejandro Velazquez).
enero de 1997

REPORTE: GRUPO DE TRABAJO DE AMENAZAS

Fernando A. Cervantes R.
Humberto Corona C.

Las amenazas para la supervivencia del zacatuche (*Romerolagus diazi*), son de dos tipos por su efecto: pérdida de individuos y pérdida de hábitat.

I. Pérdida de individuos.

1. Cacería:

- a. Deportiva
- b. Subsistencia
- c. Abuso de colecta, exploración de madrigueras o ambos.

2. Depredación por especies exóticas:

- a. Por gatos ferales
- b. Por perros ferales

3. Fuegos inducidos para generar zacatón nuevo como alimento para ganado.

II. Pérdida de hábitat.

1. Fuegos inducidos para generar zacatón nuevo como alimento de ganado. El efecto es que se pierde la cobertura vegetal del zacatón, con lo que se pierde también protección contra depredadores, alimento y material para nidos.

2. Extracción ilegal de madera (tála de árboles), roca volcánica y tierra. El efecto es que se pierde el bosque, el pastizal y el substrato.

3. Apertura irrestricta de nuevas áreas de cultivo (agricultura). El efecto es que se pierde hábitat e incrementa la influencia humana sobre la fauna silvestre.

4. Extracción de zacatones para la elaboración de escobas. El efecto es que se pierde hábitat e incrementa la influencia humana sobre la fauna silvestre.

5. Establecimiento de nuevos asentamientos humanos, construcción de caminos y centros de recreo. El efecto es que se pierde hábitat e incrementa la influencia humana sobre la

fauna silvestre.

6. Acumulación de desperdicios y basura debido a prácticas de días de campo y excursionismo. El efecto es que se pierde hábitat e incrementa la influencia humana sobre la fauna silvestre.

RECOMENDACIONES PARA AMORTIGUAR EL EFECTO DE LOS FACTORES QUE AMENAZAN LA SUPERVIVENCIA DEL ZACATUCHE

I. Pérdida de individuos

1. Cacería:

- a. Deportiva
- b. Subsistencia
- c. Abuso de colecta o exploración de madrigueras

Recomendaciones

- Establecimiento de programas de vigilancia conducidos por pobladores locales.
- Proporcionar información a cazadores deportivos acerca de guías de campo para reconocer especies.
- Proporcionar información a pobladores locales sobre la cacería irrestricta.
- Proporcionar información a académicos sobre la cacería y exploración de madrigueras irrestricta.

2. Depredación por especies exóticas:

- a. Por gatos ferales
- b. Por perros ferales

Recomendaciones

- Establecimiento de un programa de erradicación de animales ferales (perros y gatos).
- Establecimiento de programas educativos dirigidos a los pobladores para el cuidado de sus animales (principalmente perros y gatos), evitando su dispersión a las áreas naturales.
- Control del número de perros y gatos de la localidad a través de medidas sanitarias.

3. Fuegos inducidos para generar zacatón nuevo para alimento del ganado:

Recomendaciones

- Extremar los programas de vigilancia contra incendios ya existentes y las medidas de prevención y solución.

- Suministro de alimento (como pacas de avena, por ejemplo) para el ganado, que sustituya la necesidad del pastoreo del "pelillo" después de la quema del zacatón durante la época de sequía.

II. Pérdida de hábitat

1. Fuegos inducidos para generar zacatón nuevo para alimento del ganado.

Recomendaciones

- Realizar investigaciones para establecer un sistema de quema rotatorio.
- Extremar los programas de vigilancia contra incendios ya existentes y las medidas de prevención y solución.
- Suministro de alimento (como pacas de avena, por ejemplo) para el ganado, que sustituya la necesidad del pastoreo del "pelillo" después de la quema del zacatón durante la época de sequía.

2. Extracción ilegal de madera (tála de árboles), roca volcánica y tierra.

Recomendaciones

- Establecimiento de programas de vigilancia conducidos por los pobladores locales.
- Proporcionar información a los pobladores locales sobre alternativas de conservación y uso del bosque y el pastizal.

3. Apertura irrestrícata de nuevas áreas de cultivo (agricultura).

Recomendaciones

- Proporcionar información a los pobladores locales sobre alternativas de conservación y uso del bosque y el pastizal.
- Monitoreo en oficinas de gobierno, empresas particulares y comunidades locales sobre los planes de uso del suelo a corto y mediano plazo a fin de recomendar la mejor opción.

4. Extracción de zacatón para la elaboración de escobas

Recomendaciones

- Planificar dicha actividad y proporcionar información a pobladores locales sobre alternativas de conservación y uso del bosque y el pastizal.

5. Establecimiento de nuevos asentamiento humanos, construcción de caminos y centros de recreo.

Recomendaciones

- Monitoreo en oficinas de gobierno y empresas particulares sobre los planes de uso del suelo a corto y mediano plazo a fin de prevenir la realización de proyectos que generen perturbación del hábitat.

6. Acumulación de desperdicios y basura debido a prácticas de días de campo y excursionismo.

Recomendaciones

- Establecimiento de programas de vigilancia conducidos por pobladores locales.
- Establecimiento de campañas de Educación Ambiental.
- Proporcionar infraestructura para depósito, colecta y eliminación de basura.
- Motivar el establecimiento de un programa de reciclaje de basura por parte de los pobladores locales.

REPORTE: GRUPO DE TRABAJO SOBRE ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA LA CONSERVACIÓN DEL ZACATUCHE Y SU HÁBITAT

Ma. Eugenia Barbosa
Francisco Javier Chavira
Aída Hernández
Guillermo Islas
Ana Ma. Muñíz
Miguel Fernando Pacheco
Gloria Luz. Portales
Gerardo Tapia H.

El grupo de trabajo planteó tres puntos fundamentales para abordar los aspectos de educación ambiental en el área:

- I.- Analizar la problemática de la zona de estudio;
- II.- Establecer un diagnóstico de la misma; y
- III.- Realizar las propuestas.

PROBLEMATICA DE LA ZONA.

Ante la diversidad cultural y socio-económica en las comunidades que se encuentran asentadas en la zona de distribución natural del zacatuche (*Romerolagus diazi*), existen distintas formas de interacción con el ecosistema por lo cual los impactos en él, son de diferente magnitud e importancia. Por esta razón se deben conocer de una manera mas profunda las condiciones particulares de cada comunidad así como su visión acerca de los recursos naturales y en especial del zacatuche.

El grupo de trabajo consideró que dado el origen de la problemática no se puede establecer un programa único para todas las comunidades. A esto se habrá de sumar los problemas que se derivan por los habitantes y la cercanía de la Ciudad de México.

Dentro del Análisis se consideró el estudio de las amenazas al ecosistema, las cuales se dividieron en aquellas que se producen por parte de la comunidad y las que se generan de manera externa. El diagnóstico se basó en que las comunidades están inmersas en un marco social, político, cultural, económico y educativo que define su interacción con su

entorno. Por esta razón se decidió establecer un modelo global que se pueda ajustar a las distintas comunidades presentes en la región.

A través de las experiencias de la comunidad de Milpa Alta, con respecto a las distintas acciones que se llevan a cabo en la zona, se decidió realizar la propuesta de Educación Ambiental de la siguiente manera:

- 1.- En primer lugar, se propone un acercamiento con la comunidad a través de diferentes vías, como podría ser por medio de las personas relevantes de la comunidad, las organizaciones y/o las autoridades locales de la comunidad.
- 2.- Posteriormente, se propone realizar un diagnóstico económico, socio-cultural e histórico de la comunidad así como de sus recursos naturales.
- 3.- Se establecerá una interrelación entre la comunidad y sus autoridades con los educadores ambientales, y demás grupos dispuestos a colaborar de una u otra manera en acciones concretas en beneficio de los habitantes de la región y la conservación del zacatuche.
- 4.- Se propone un plan de acción que involucre distintos tipos de actividades que se delinean de la siguiente manera:

4.1 Identificación de grupos por edades, sexo, organizaciones, culturales, productivos, educativos o de otro tipo.

4.2 Lineamientos de acción por grupos para sensibilizarlos respecto a la problemática.

4.2.1. Informar con base en:

- * Conocimiento del ecosistema
- * Beneficio del ecosistema hacia la comunidad
- * Beneficio del ecosistema hacia los habitantes de la Ciudad de México.
- * Conocimiento del zacatuche, promoviendolo como un emblema de la conservación.
- * Conocimiento de las amenazas.

4.2.2. Alternativas económicas:

- a. Programa de trabajo para fortalecer las actividades económicas existentes.
- b. Programa de trabajo para crear actividades alternativas económicas, involucrando los factores y los agentes relacionados con éstas.

4.2.3. Fortalecimiento de la comunidad:

- a. Fortalecimiento de su capacidad de autogestión.
- b. Formación de recursos humanos, para que exista continuidad y seguimiento de los programas.

4.3. Captación de recursos económicos y en especie para cubrir los objetivos propuestos.

5.- Acciones de Educación Ambiental fuera de la comunidad.

El mayor riesgo para el ecosistema en que habita el zacatuche es el cambio del uso del suelo, en especial los asentamientos humanos y el desarrollo urbano sin planificación, generados por la cercanía a la Ciudad mas poblada del mundo. Esto justifica que se aborde un plan dirigido a informar y concientizar a la población citadina del beneficio de conservar este ecosistema y de la importancia del zacatuche (*Romerolagus diazi*) como especie endémica.

5.1 Difusión:

- a) Involucrar medios masivos de comunicación.
- b) Involucrar a los centros que mantienen al zacatuche en cautiverio, en especial aquellos que reciben a un gran número de visitantes.
- c) En los programas de educación ambiental formal a través de la Secretaria de Educación Pública (SEP), solicitar que se incluya dentro de la curricula al zacatuche y su entorno como ejemplos de especie y hábitat en peligro de extinción.
- d) Involucrar otras Instituciones Gubernamentales y no Gubernamentales interesadas en la conservación.

6. Se propone diseñar el plan modelo con grupos interdisciplinarios conformados por: Comunicólogos, Diseñadores gráficos, Sociólogos, Biólogos, Educadores, Veterinarios, Antropólogos y de otro tipo.

7. Compromisos institucionales:

Asociación Mexicana para la Conservación y Estudio de los Lagomorfos (AMCELA), Naturalia, Consejo Nacional de la Fauna (CNF), Universidad Autónoma Metropolitana / Unidad Xochimilco, Universidad Autónoma Metropolitana / Unidad Iztapalapa, Instituto de Biología (UNAM), Centro de Ecología (UNAM), Grupo Especialista en Lagomorfos (LSG), Comuneros Organizados de Milpa Alta (COMA), Agencias gubernamentales y ONG's nacionales e internacionales.

REPORTE: GRUPO DE TRABAJO SOBRE CRÍA EN CAUTIVERIO

Ariel Alarcón
Demetrio Ambríz
Cheryl Asa
José Bernal
Javier Olvera
Patricia Reyes
Carolina Valdespino
Marianne Wellington

Justificación de la cría en cautiverio

Una recomendación importante derivada del proceso del CAMP, es establecer un programa global de cría en cautiverio para la conservación del zacatuche (*Romerolagus diazi*) debido a que es una especie en peligro de extinción. De acuerdo a las alternativas propuestas por CBSG, se eligió un programa de manejo en cautiverio Nivel 2 (ver Hoja de datos para *Romerolagus diazi*).

Se recomienda la formación de un comité consultivo formado por varias organizaciones con una meta común, que es la conservación del zacatuche (*R. Diazzi*) y de esta forma instrumentar las sugerencias provenientes de este taller. El comité consultivo estaría integrado por las siguientes instituciones. Asociación Mexicana para la Conservación y Estudio de los Lagomorfos (AMCELA), Grupo Especialista en Lagomorfos (LSG), Naturalia, Consejo Nacional de la Fauna (CNF), Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma Metropolitana / Unidades Xochimilco e Iztapalapa.

Una vez identificados los programas específicos, serán asesorados y monitoreados periódicamente por subcomités especializados para cada programa (por ejemplo: genética, reproducción, educación, investigación y establecimiento de áreas de cuarentena).

Se recomienda la existencia de por lo menos dos poblaciones de zacatuche en cautiverio en localidades diferentes, para reducir los riesgos de efectos catastróficos o epidemias que puedan afectar a las colonias.

Las poblaciones en cautiverio deberán ser manejadas dentro de un programa integral en donde las instituciones involucradas se comprometan a participar activamente en los

programas propuestos de investigación, educación, conservación, manejo genético y demográfico. Esto permitirá un manejo más adecuado de la especie en cautiverio como una sola población, y permitirá la coordinación de esfuerzos y optimización de recursos para la conservación de la especie.

Con base en experiencias previas y actuales del manejo en cautiverio, y de acuerdo a reflexiones identificadas durante las discusiones en el PHVA, se recomienda el desarrollo de investigaciones en las siguientes áreas:

1. Medicina veterinaria
 - 1.1 Manejo en cautiverio
 - 1.2 Medicina preventiva, curativa y zootecnia
 - 1.3 Epidemiología

2. Biología de la reproducción
 - 2.1 Fisiología
 - 2.2 Comportamiento
 - 2.3 Reproducción asistida

3. Etología y Ecología
 - 3.1 Estructura social
 - 3.2 Territorialidad
 - 3.3 Patrones de dispersión
 - 3.4 Dominancia

4. Manejo demográfico
 - 4.1 Estructura de la población por clase de edad y sexo
 - 4.2 Tasas de mortalidad y fecundidad por edad y sexo (específicamente hembras juveniles)
 - 4.3 Tamaño efectivo de población
 - 4.4 Cambio anual de población

5. Manejo genético
 - 5.1 Registro y monitoreo de individuos
 - 5.2 Coeficiente de consanguinidad
 - 5.3 Coeficiente de parentesco
 - 5.4 Representación de fundadores
 - 5.5 Intercambio genético entre poblaciones

6. Genética
 - 6.1 Caracterización genética de la especie
 - 6.2 Refinamiento de técnicas para la determinación de variabilidad genética.

En caso de que se necesiten llevar a cabo prácticas de reintroducción, se estudiarán las técnicas apropiadas para ello, entre las cuales se encuentran el entrenamiento de animales mantenidos en cautiverio para sobrevivir en estado silvestre (recuperación ecológica).

Cada albergue establecido deberá contar con un área de cuarenten en donde los animales recién adquiridos pasarán el tiempo necesario para evitar que presenten enfermedades, así como su adaptabilidad al nuevo ambiente y alimentación. También se deberá tener un área para el tratamiento de animales enfermos.

Cada programa deberá contar con su libro de registro genealógico para tener un control detallado del linaje de cada individuo. Estos datos deberán ser proporcionados al encargado del libro general para esta especie. Se requerirá para tal efecto el marcaje permanente de cada individuo, recomendándose de ser posible la utilización de tatuaje, microchips y/o arete.

Con el establecimiento de dos centros reproductivos, se pueden cubrir las actividades sugeridas anteriormente; sin embargo, las propuestas para el establecimiento de nuevos programas de reproducción deberán ser evaluadas por el comité antes de ser llevadas a cabo. Al analizar los lineamientos generales se decidirá si es apropiado o no.

TABLA 6.
ANTECEDENTES

SITIO DE COLONIA	Facultad de Ciencias UNAM	Jersey Wildlife Preservation Trust	Zoológico de Antwerp, Bélgica	Laboratorio Central para Investigación y Experimentación Animal de la Universidad de Hokkaido, Japón.	Zoológico de Chapultepec, México, D.F.	SEDESOL, San Cayetano, Edo. De México. México.
REFERENCIA	H. Grados	Mallinson y Durrell	De Porter y Van der Loo	Velázquez y Mateuzaki	Reyes, P., Hoth, J. Y Frías, S.	Hoth, J. Y Bernal, J.
FECHA DE INICIO DE COLONIA	1977 - 1978 1979 - 1981	1968 - 1969 1979	1977 1978	1977 1979 1983	1984	1988
ORIGEN PIE DE CRÍA	Parros	Parros	Parros	1977 Parros ¿? 1979 Parros ¿? 1983 Parros a Juchitepec, Mor.	Parros	Parros
NG. FUNDADORES	Aproximadamente de 50 animales en las dos etapas	1968 (10) 1979 (20)	1977 (17) 1978 (15)	1977 (1 de 5) 1979 (4 de 7) 1983 (14)	1984 (12)	1988 ()
RELACION SEXOS FUNDADORES (MACHO-HEMBRA)		1968 (5:5) 1979 (¿?)	1977 (¿?) 1978 (5:10)	1977 (¿?) 1979 (2:1-¿?) 1983 (7:7)	1984 (4:3)	
DATOS FUNDADORES	Todos los individuos murieron, salvo los 12 que constituyeron el pie de cría para la colonia en el Zoológico de Chapultepec		El número de fundadores de 1978 varía.	Transportados por avión: 4 bejas en el primer embarque durante la cuarentena. Dos bejas en el segundo embarque durante el transporte y una durante la cuarentena. Todos vivos para el tercer embarque. Los primeros individuos murieron debido a agresiones.	2 encierros: (2,4 por cada uno).	
POBLACION ACTUAL (1986)	0	0	0	39		
CARACTERISTICAS DEL ALBERGUE	Bioterio	Jaulas en cuarto de doble piso interior con fotoperíodo. Posteriormente fueron trasladados a jaulas específicas de aluminio con doble caja nido y área de ejercicio.	Semicultiverio	Jaula de aluminio con piso del mismo material para un macho seminal y una hembra adulta. Jaula de apareamiento: no mayor a 5 cm. Jaulas especiales para parto y lactancia.	Semicultiverio	Semicultiverio

SITIO DE COLONIA	Facultad de Ciencias UNAM	Jersey Wildlife Preservation Trust	Zoológico de Antwerp, Bélgica	Laboratorio Central para Investigación y Experimentación Animal de la Universidad de Hokkaido, Japón.	Zoológico de Chapultepec, México, D.F.	SEDESOL, San Cayetano, Edo. De México, México.
SUPERFICIE	63 X 56 X 35 cm	63 X 56 X 35 cm	Albergue de 10 X 7 mts. Dividido en una sección exterior y una interior. Frente parcial con cristal de vista exterior.	Jaula de aluminio: 30 X 50 X 25 cm Jaula de apareamiento: 64 X 50 X 30 cm.	Doce albergues de 50 m ² cada uno.	26 X 10 mts.
ORIENTACION			Norte		Nidos con puerta hacia el Norte	
AMBIENTACION	Laboratorio con fotoperíodo controlado.	Piso con periódico, cajonido de madera.	Piso de cemento escobillado, ambientado con <u>Ficus</u> .	Laboratorio	Piso de tierra con zacatón (<u>Muhlenbergia sp.</u> y <u>Festuca sp.</u>) y rocas. Nidos metálicos	
ALTITUD	2,200 m.s.n.m.	300 m.s.n.m.	300 m.s.n.m.		2,200 m.s.n.m.	2,600 m.s.n.m.
CLIMA	Controlado	Controlado	Frío-húmedo	Controlado	Característico del Bosque de <u>Deciduo</u>	Templado-subhúmedo con lluvias en verano. 15 a 20 C
TEMPERATURA Y HUMEDAD	Controlada	Controlada a 18°C	Albergue interior controlado con foco infrarrojo	Controlada a 22 ± 2°C y 55 ± 5% de humedad ambiental. Circulación de aire de 10 a 15 veces el volumen del cuarto por hora. Fotoperíodo 0600 - 2000 hrs. Con dos lámparas de bulbo.	humedad de 55 - 60%	
MANEJO GENERAL (ALBERGUE Y ANIMALES)	Intensivo, pesaje semanal	Intensivo con fines de reproducción. Manejo nulo en senectud	Semi-intensivo con fines de investigación	Jaulas individuales con accesorios para darles privacidad.	Intensivo cada 15 días.	
MANEJO ALIMENTICIO	Alimento balanceado para conejo y hámsteres, adicionado dos veces por semana con frutas templadas y lechuga	Alimento balanceado, frutas templadas, cereales, gramíneas. Pastos por la tarde y agua ad libitum	Variable; alimento balanceado y frutas templadas	Alimento balanceado para piskas, de 3 mm X 5 mm, con contenido de proteína cruda de 16.6% con un consumo de 20 a 25 g de consumo individual diario complementado con minerales y vitaminas. Agua ad libitum, consumo diario de 35 ml por individuo. Pasto fresco, manzana, avena, mijo, pasto de las Pampas y tréboles.	Alimento concentrado para conejos, zanahoria cortada en rodajas espolvoreada con calcio con fijador, alfalfa verde y zacatón al momento de planear nuevo. Agua ad libitum.	

SITIO DE COLONIA	Facultad de Ciencias UNAM	Jersey Wildlife Preservation Trust	Zoológico de Antwerp, Bélgica	Laboratorio Central para Investigación y Experimentación Animal de la Universidad de Hokkaido, Japón.	Zoológico de Chapultepec, México, D.F.	SEDESOL, San Cayetano, Edo. De México, México.
MANEJO REPRODUCTIVO	Manejo básico, incluyendo identificación individual y asignación de parejas ocasional.	Formación de parejas y separación de éstas antes del parto.	Aproximadamente cad 15 días, revisión genital.	Inicialmente contacto visual y olfativo. Posteriormente visita marital con observación para determinar aceptación de la pareja y separación inmediata posterior a la cópula. Aislamiento de la hembra durante la gestación y lactancia.	Revisión quincenal, pesaje, alometría y posteriormente selección de machos para salir a albergues exteriores.	
MANEJO CLÍNICO	Tratamiento de heridas con violeta de genziana.	Aislamiento en bacterias para tratamientos médicos. Manejo preventivo contra coccidiosis y tratamiento médico contra nematodos intestinales.	Cámara de cuarentena para tratamientos médicos.	Descubrimiento de nueva especie de taenia (<u>Anoplocephales romerolag</u>).	Identificación y tratamiento de heridas o separación de animales enfermos. Tratamientos preventivos esporádicos o según al problema que se presente.	

REPORTE: GRUPO DE TRABAJO SOBRE LOS DE MODELOS VORTEX

Phil Miller

Introducción

El conejo de los volcanes (*Romerolagus diazi*) es endémico del Eje Neovolcánico Transversal Mexicano. Su distribución actual está restringida a las principales elevaciones en las cercanías de la Ciudad de México, que en total son cerca de 250 km². Cabe aclarar que su distribución está además altamente fragmentada, lo que da por resultado poblaciones aisladas que incrementan el riesgo de su extinción. Las amenazas específicas que afectan al conejo de los volcanes incluyen incendios de los bosques, sobrepastoreo por ganado ovino y bovino, desarrollo de la agricultura, erosión y pérdida del hábitat principalmente de bosque y zacatonal.

Investigaciones recientes indican que entre las diferentes especies animales, los lagomorfos son particularmente sensibles a la fragmentación de su hábitat y esta es la principal causa para su extinción, por lo que existe la necesidad de tener apoyos para la investigación en el manejo intensivo y estrategias de sobrevivencia para lo cual es útil el uso del modelaje por computadora, de cuyos resultados se pueden tomar sugerencias de qué prácticas pueden ser las más efectivas para la preservación del conejo de los volcanes y su hábitat remanente. VORTEX, es un paquete de simulación de modelaje de población en proyección futura, hecho por Robert Lacy y Kim Hughes, el cual es usado como herramienta para estudiar la interacción de múltiples variables de amenazas estocásticas.

El programa VORTEX es una simulación de Monte Carlo de los efectos de las fuerzas determinísticas, así como demográficas, ambientales y eventos estocásticos y genéticos sobre poblaciones animales silvestres. VORTEX además, modela la dinámica poblacional con eventos discretos y secuenciales (por ejemplo: nacimientos, muertes, catástrofes, etc.) que ocurren de acuerdo a probabilidades definidas. La probabilidad de ocurrencia de los eventos son modeladas como constantes o como variables al azar que siguen distribuciones específicas. VORTEX simula una población siguiendo una serie de eventos que describen el típico ciclo de vida y reproducción sexual de los organismos diploides.

VORTEX no intenta dar respuestas absolutas, desde que está proyectando

enero de 1997

REPORTE: GRUPO DE TRABAJO SOBRE LOS DE MODELOS VORTEX

Phil Miller

Introducción

El conejo de los volcanes (*Romerolagus diazi*) es endémico del Eje Neovolcánico Transversal Mexicano. Su distribución actual está restringida a las principales elevaciones en las cercanías de la Ciudad de México, que en total son cerca de 250 km². Cabe aclarar que su distribución está además altamente fragmentada, lo que da por resultado poblaciones aisladas que incrementan el riesgo de su extinción. Las amenazas específicas que afectan al conejo de los volcanes incluyen incendios de los bosques, sobrepastoreo por ganado ovino y bovino, desarrollo de la agricultura, erosión y pérdida del hábitat principalmente de bosque y zacatonal.

Investigaciones recientes indican que entre las diferentes especies animales, los lagomorfos son particularmente sensibles a la fragmentación de su hábitat y esta es la principal causa para su extinción, por lo que existe la necesidad de tener apoyos para la investigación en el manejo intensivo y estrategias de sobrevivencia para lo cual es útil el uso del modelaje por computadora, de cuyos resultados se pueden tomar sugerencias de qué prácticas pueden ser las más efectivas para la preservación del conejo de los volcanes y su hábitat remanente. VORTEX, es un paquete de simulación de modelaje de población en proyección futura, hecho por Robert Lacy y Kim Hughes, el cual es usado como herramienta para estudiar la interacción de múltiples variables de amenazas estocásticas.

El programa VORTEX es una simulación de Monte Carlo de los efectos de las fuerzas determinísticas, así como demográficas, ambientales y eventos estocásticos y genéticos sobre poblaciones animales silvestres. VORTEX además, modela la dinámica poblacional con eventos discretos y secuenciales (por ejemplo: nacimientos, muertes, catástrofes, etc.) que ocurren de acuerdo a probabilidades definidas. La probabilidad de ocurrencia de los eventos son modeladas como constantes o como variables al azar que siguen distribuciones específicas. VORTEX simula una población siguiendo una serie de eventos que describen el típico ciclo de vida y reproducción sexual de los organismos diploides.

VORTEX no intenta dar respuestas absolutas, desde que está proyectando

enero de 1997

estocásticamente, la interacción de varios parámetros los cuales, están incluidos en el modelo y dados como procesos por azar existentes como tales en la naturaleza. La interpretación de los resultados depende sobre todo del conocimiento de la biología del conejo de los volcanes, las condiciones que afectan su población, así como los posibles cambios en el futuro.

Debido a que es poco conocida la biología poblacional del zacatuche en vida libre, varios de los parámetros requeridos para el modelaje, fueron derivados de información obtenida de una población en cautiverio, localizada en el zoológico del Chapultepec en la Ciudad de México y en el zoológico de Jersey, en las Islas Chanel, Inglaterra.

PARÁMETROS REQUERIDOS PARA LA SIMULACIÓN

Sistema de reproducción. El zacatuche es polígamo. Presenta un grupo social compuesto por cerca de 6 individuos, normalmente 2 machos y 4 hembras (Hoth y Granados, 1987) de los cuales un macho y más de 2 hembras se encuentran en reproducción activa.

Edad a primera reproducción. VORTEX define la reproducción como la edad de los padres al nacimiento de sus crías y no la edad a la madurez sexual. Los datos del zoológico de Chapultepec indican que las hembras alcanzan su madurez sexual a los 5-8 meses de edad, tienen un período de gestación de 40 días, lo que hace que tengan su primera reproducción entre los 6-9 meses de edad. El modelo VORTEX inicia considerando un ciclo anual, por lo tanto, la edad a la primera reproducción en hembras, fue definida como un año de edad. La edad a la primera reproducción en machos también se consideró como de un año. Dado que todos los parámetros demográficos y ambientales fueron definidos en una escala de tiempo anual, esta aproximación no resulta en una severa tendencia con respecto a la proyección de población.

Producción de camada. Las observaciones del Dr. Fernando Cervantes en relación a las cicatrices placentarias en animales silvestres, sugiere que el 60-65% de las hembras adultas están en reproducción en un año dado. Sin embargo, se ha sugerido que al menos 80% de hembras adultas puede reproducirse anualmente bajo condiciones de cautiverio. Para probar el impacto de este parámetro sobre la viabilidad de la población, modelos alternativos fueron desarrollados con el 40%, 60% y 80% en promedio de hembras adultas en reproducción cada año.

Datos obtenidos en el zoológico de Chapultepec indican que existe un tamaño de camada de hasta 5 crías (aunque esto es raro) con un promedio de 2.3 individuos por camada. Mientras que las hembras en cautiverio pueden reproducirse hasta 4 veces por año (basado esto en los registros del zoológico de Chapultepec). Los datos de cicatrices placentarias sugieren que de 2 a 3 camadas por año son más frecuentes en los animales

silvestres y que el tamaño de la camada decrece según transcurran las particiones. Basados en esta información se obtuvo la siguiente relación de tamaños de camadas:

Tamaño de camada	%
1	2
2	3
3	5
4	40
5	5
6	3
7	1
8	1

La variación en reproducción fue evaluada en VORTEX integrando el desvío estándar (DE) de la proporción de hembras que fracasan para producir una camada en un año. Careciendo de datos suficientes para ello, se asumió que tal variación (debido a la fluctuación en la disponibilidad de parejas y variaciones en la edad a la cual las hembras alcanzan su madurez sexual) fue 25% en promedio. VORTEX determina el porcentaje de reproducción cada año de la simulación, a través de una distribución binomial con la media especificada (p.ej. 40%) y su DE (p.ej. 10%).

Considerando los primeros 4 años en las camadas obtenidas en Chapultepec se sabe que existe una distribución equitativa de sexos entre las crías. Consecuentemente, todos los modelos se corrieron con este porcentaje.

Dependencia de la densidad en reproducción. A pesar de los datos obtenidos en poblaciones en cautiverio que sugieren la supresión de reproducción entre hembras subadultas en la presencia de hembras adultas y reproductivas dentro del grupo social, no existen evidencias de esta observación en las poblaciones silvestres. Por lo cual la dependencia densidad-reproducción no fue incluida para este modelo.

Pool de machos reproductores. La organización social que existe en poblaciones de zacatuche determina que sólo una parte de los machos adultos de la población participen en la reproducción, por lo que todos los modelos fueron corridos considerando sólo al 50% de los machos adultos como reproductores disponibles. Debido al sistema de reproducción polígama y a las variaciones en estos parámetros, no pueden ser cuantificados sus efectos sobre las características demográficas de la población, pero podrían tener un impacto genético dado que, tan sólo unos cuantos machos contribuyen genéticamente a formar a las generaciones posteriores.

Edad a senescencia. VORTEX asume que los animales se pueden reproducir (a una

velocidad normal) a lo largo de toda su vida adulta. Los datos obtenidos en la colonia de Jersey, muestran un máximo de edad reproductiva de 4 años.

Mortalidad. Pocos datos existen sobre mortalidad por edad y sexo en poblaciones silvestres, por lo tanto, la estimación en los parámetros de mortalidad fue basada en parte, en los datos registrados inicialmente y en relación a otras especies así también considerando otras estimaciones. La estimación de los parámetros de mortalidad entre hembras de 0-1 año de edad se ubicó entre 50 y 70% con una basal estimada de 60%. La mortalidad anual de hembras adultas fue estimada en 40% con posibilidades de ser del 35 al 45%. Datos obtenidos en poblaciones silvestres por el Dr. Fernando Cervantes, indican que la mortalidad entre machos juveniles es ligeramente al de las hembras juveniles. La mortalidad basal fue también del 70% para machos en edades de 0-1 año. En suma, se propone que la mortalidad en los machos adultos es ligeramente menor que para las hembras, dado que éstas son más abundantes en los grupos sociales y se encuentran en una proporción mayor de dedicación de tiempo empleado para obtener la energía corporal necesaria para sus requerimientos fisiológicos tales como la lactación. Así pues, aunque los machos adultos pueden tener un mayor rango de exposición por ejemplo para localizar pareja, su mortalidad basal se fijó en 30% con valores medios entre 25 a 35%. Considerando estos parámetros, se han construido modelos alternativos con mortalidad de hembras juveniles que va de 50, 60 o hasta 70% (60, 70, u 80% para machos), así como una mortalidad en hembras adultas desde 35, 40 hasta 45% (25, 30 ó 35% para machos). Dado que no existen datos para estimar la variación anual en estos parámetros considerando los factores ambientales, todos los modelos se construyeron con variación ambiental de la mortalidad con aproximadamente 25% del rango de mortalidad media considerado. Cabe mencionar que este nivel de variación ambiental es un representativo común de las dinámicas observadas en muchas poblaciones de pequeños mamíferos.

Tamaño de la población inicial. Cuatro tipos de modelos fueron realizados considerando diferentes tamaños de poblaciones correspondientes a las principales áreas normalmente ocupadas por el zacatuche dentro del Eje Neovolcánico Transversal (ver la distribución en el reporte del grupo de trabajo para una mejor descripción de estas áreas):

- Fragmentos pequeños del hábitat, con una población de 167 individuos.
- Volcán Pelado con 1,720 individuos.
- Volcán Tlálóc y Tepoztlán con 3,781 individuos.
- Area de manejo integrada con 6,000 individuos.

El área integrada de manejo fue un modelo de escenario donde la opción de manejo se da considerando los grandes corredores de hábitat confortable disponible así como para el posible intercambio de individuos entre los fragmentos potencialmente ocupados.

Capacidad de carga. "K" define el límite superior del tamaño de la población, sobre la cual la mortalidad adicional es impuesta a fin de retornar a la población K. VORTEX, por lo tanto usa K para imponer la dependencia de densidad sobre la tasa de sobrevivencia.

La capacidad de carga para las áreas enlistadas arriba es desconocida. Observaciones generales del hábitat del zacatuche sugiere que la mayoría de las poblaciones parecen estar cerca del límite superior en el cual el tamaño de población puede no ser estable. En consecuencia, la capacidad de carga para cada grupo de escenarios fue designada como de igual tamaño al de la población inicial.

Distribución por edad inicial. Fueron analizados todos los modelos realizados con una distribución estable de edad procurando que la distribución de la población total entre cada clase y sexo estuviera en concordancia con la mortalidad existente en los registros reproductivos.

Depresión por consanguinidad. No existen datos específicos sobre la prevalencia y efectos de la consanguinidad en poblaciones de zacatuche. Quizá con la excepción de un pequeño hábitat fragmentado, el tamaño de población inicial modelado fue suficientemente grande para que la depresión causada por consanguinidad esperada no fuera un factor significativo que afectara la viabilidad de las poblaciones. Sin embargo, si el tamaño de la población decrece debido a la inestabilidad demográfica o ambiental, el efecto deletéreo de consanguinidad podría ser tan severo como para causar la extinción de la población.

Catástrofes. Son eventos singulares fuera de las variaciones normales ambientales que afectan la reproducción y sobrevivencia. Estos eventos pueden ser tornados, inundaciones, sequía, incendios, enfermedades o algunas otras circunstancias similares. Las catástrofes son modeladas en VORTEX asignando una probabilidad anual de ocurrencia en un rango desde 0.0 (máximo o efecto absoluto) a 1.0 (sin efecto).

La catástrofe principal que afecta al zacatuche, es el incendio, que ocurre dentro del hábitat de bosque y zacatón. Estos eventos son predecibles y tienen un impacto adverso tanto en la reproducción como en la sobrevivencia de la especie dentro de las áreas afectadas. La frecuencia y severidad de los incendios varía con el tamaño del área ocupada, bajo el principio de que a mayor tamaño del área hay más experiencia con el incendio, pero con un impacto reducido distinto a cuando se tienen todos los individuos en una sola área. De aquí se asumieron las siguientes consideraciones:

- En pequeños fragmentos de hábitat ocupados, hay incendios con 25 años de intervalo y 80% de severidad.
- En el Volcán Pelado a intervalos de 10 años y 20% de severidad.

- En los Volcanes Tláloc y Tepoztlán a intervalos de 5 años y 10% de severidad.
- En el área integral a intervalos de 1 año y 5% de severidad.

Todos los modelos realizados se pueden correr considerando o no las catástrofes propias de la región.

Interacciones y años de proyección. Todos los modelos fueron interactuados 500 veces con proyecciones para 100 años. Los resultados obtenidos fueron resumidos a intervalos de 10 años en las series de tiempo de las figuras presentadas. Cada escenario tabulado tiene un número correspondiente de archivo para servir como referencia así como futura realimentación con otros resultados, si fuera necesario. Las simulaciones fueron corridas utilizando VORTEX versión 7.0

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE MODELAJE

Explicación de Tablas y Figuras

Los resultados numéricos de los modelos simulados aparecen en las tablas 1 a 4. Cada tabla representa una serie de condiciones específicas, por ejemplo, mortalidad juvenil, tamaño de la población inicial, etc. Dentro de cada tabla, los resultados son organizados en una estructura y cada nivel de mortalidad juvenil considerada fue corrida con cada grado de mortalidad adulta y cada una de ellas a su vez con o sin catástrofes.

La simbología utilizada en las tablas es la siguiente:

r_d :	Velocidad de crecimiento determinístico, calculado por método de matriz de Leslie desde la tabla de los datos de vida.
$r_s(SD)$	Media y desvío estándar de velocidad de crecimiento estocástico y sus interacciones calculado de la variación anual en el tamaño de la población.
$P(E)$	Probabilidad de extinción en un tiempo de 100 años de la simulación, calculado como proporción de la población interactiva que podría extinguirse en 100 años.
$N_{100} (SD)$	Tamaño final de algunas poblaciones que pudieran permanecer después de 100 años.
H_{100}	Proporción de la heterocigosidad remanente en poblaciones existentes por más de 100 años.

T(E) Promedio de tiempo de extinción de algunas poblaciones que puedan volverse extintas.

Es importante notar que los archivos numéricos son dados en cada escenario para futuras referencias y retabulación si fuera necesario.

Las figuras 1 a 4 son gráficas en series de tiempo que muestran la probabilidad de extinción, tamaño promedio de poblaciones existentes y heterocigosidad esperada para 100 años de duración de cada uno de los escenarios.

Resultados determinísticos

La velocidad de crecimiento determinístico (r_d) calculado usando el método de matriz de Leslie es mostrado para cada escenario en la columna 5 de las tablas 1 a 4. Los valores positivos indican crecimiento poblacional, mientras que valores negativos indican que la población declina. Una población con $r_d < 0$ muestra una declinación determinística (muertes frente a nacimientos) y puede llegar a la extinción en la ausencia de alguna fluctuación estocástica. La diferencia entre la velocidad determinística, crecimiento de la población y la velocidad de crecimiento estocástico, resultado de las simulaciones (r_s ver abajo) puede dar un indicativo del impacto de los factores estocásticos en la persistencia de la población.

Estas velocidades en el crecimiento determinístico son calculadas de los esquemas de mortalidad y fecundidad para cada escenario. Como resultado, los cambios notados en la población inicial o capacidad de carga no alteran la velocidad de crecimiento calculada para la mortalidad de un escenario particular.

Sin embargo, desde que cada fragmento población tiene como catástrofe al incendio, con características específicas, la velocidad de crecimiento determinístico no actúa cambiando la serie de cada modelo.

Considerando alguna serie de los modelos realizados correspondiente a un tamaño de fragmento poblacional particular, la velocidad de crecimiento determinístico cambia dramáticamente en función de los cambios de las velocidades vitales. Por ejemplo, considerando los resultados de la Tabla 1 con una población inicial de 167 individuos, un escenario base con niveles medios de mortalidad juvenil y adulta. 60% de hembras adultas en reproducción cada año y la inclusión de incendio como catástrofe (archivo 101) resultó en una población que muestra 2.5% de declinación anual ($r_d = -0.025$) Bajo la mayoría de los escenarios de las catástrofes optimistas con bajos niveles de mortalidad y una mayor proporción de hembras en reproducción (archivo 112) la población puede mostrar cerca de 25% de velocidad de crecimiento anual ($r_d = 0.259$). En otro extremo

el escenario más pesimista (archivo 123) resulta en una rápida declinación de la población ($r_d = -0.349$). Si cerca del 60% de las hembras adultas se reproducen anualmente la velocidad de crecimiento determinístico puede ser positiva o negativa dependiendo del nivel de mortalidad de los juveniles o adultos, sin embargo si menos del 40% de las hembras se reproducen anualmente, la población espera que muestre al menos 10% de declinación anual si permanecen los niveles de mortalidad (archivos 121 a 125). De manera similar con altos niveles de mortalidad (cercana a $r_d < 0$), va directamente relacionado a lo sucedido con la fecundidad.

La comparación de la velocidad de crecimiento determinístico bajo diferentes niveles de mortalidad, muestra que el incremento en la proporción de mortalidad de juveniles, produce un mayor decremento de la velocidad de crecimiento, que la misma proporción de incremento en la mortalidad adulta. En consecuencia, un incremento de cerca del 15% en la mortalidad juvenil y conservando la mortalidad adulta como constante (archivos 101 y 103) resulta en un decremento de r_d de -0.025 a -0.170. Una proporción similar en el incremento de la mortalidad de adultos (archivos 101 y 105) resultan en un decremento de r_d desde -0.025 a -0.065, lo que sugiere que las poblaciones de zacatuche son relativamente más sensibles a cambios en la mortalidad juvenil que aquellos sucedidos en la mortalidad de adultos, bajo las condiciones de modelaje aquí empleadas.

Cuando los incendios catastróficos son removidos de los escenarios (abajo y al centro de la Tabla 1) todas las velocidades de crecimiento determinístico se incrementan. Sin embargo todas las velocidades de crecimiento permanecen negativas si solo el 40% de las hembras se reproducen anualmente. Estos resultados sugieren que el nivel de fecundidad, es un factor muy importante que influencia la dinámica poblacional.

Modelando los fragmentos mayores de población con incendios catastróficos resulta en una velocidad de crecimiento determinístico diferente, debido a las características particulares de los incendios. Las poblaciones en los volcanes Pelado, Tláloc-Tepoztlán muestran mayor velocidad de crecimiento determinístico, pero ningún escenario muestra el punto clave para la declinación determinística o crecimiento determinístico, cuando el tamaño de la población es mayor o el régimen de incendio es alterado. Los modelos de poblaciones combinadas (Tabla 4) muestran una velocidad de crecimiento determinístico que son menores a los esperado. Esto es debido a la naturaleza de los incendios incluidos en algunos escenarios con catástrofes. A pesar de que el incendio tiene influencia sobre la sobrevivencia y fecundidad (factores severos = 0.95). De hecho, el que los fuegos ocurran cada año (probabilidad de ocurrencia = 100%), actúa reduciendo tanto la fecundidad de hembras y sobrevivencia de todas las clases y sexos por 5%. Este es un efecto más dramático sobre la dinámica de la población que quizá lo originalmente esperado. Aún más, estos resultados, señalan un punto importante de gran impacto que el incendio puede hacer con las poblaciones de zacatuche a través de la destrucción de su hábitat preferido con zacatón y bosque.

Resultados de la simulación estocástica

Los cálculos de velocidad de crecimiento poblacional en promedio por edad y velocidad de muerte en la tabla de datos de vida, puede sobreestimarse en el crecimiento de la población a largo plazo, si estas fluctuaciones son parámetros demográficos por alguna razón (o aún por simple variación al azar). Los datos del zacatuche así como los de otras especies de lagomorfos, sugieren que la población del zacatuche presenta fluctuaciones anuales en sus parámetros de reproducción y mortalidad y en consecuencia en tamaño. El impacto de esta variación sobre la población del zacatuche fue investigada usando al VORTEX para simular los cambios en la población sujeta a fluctuaciones estocásticas.

El promedio de velocidad estocástica r_s , calculada directamente del tamaño de población anual y fluctuaciones en cada modelo, fue probada y comparada con la media del crecimiento determinístico para cada modelo, calculado sobre los parámetros considerados en la tabla de datos de vida. Más aún, la magnitud de la diferencia entre r_d y r_s fue mayor cuando la variación anual en r_s ($DS(r_s)$) fue mayor, indicando con ello que un análisis mayor de tablas de datos de vida puede sobreestimar a largo plazo la dinámica de la población en un sistema variable de las poblaciones del zacatuche.

Pequeños fragmentos del hábitat tienen alto riesgo para la extinción por las condiciones descritas en el modelaje (Tabla 1). El escenario base (archivo 101) muestra una rápida declinación de la población de cerca de 10% por año ($r_s = -0.104$) y la extinción de estas pequeñas poblaciones fragmentadas es estimada para dentro de 50 años. Cuando es incluida la catástrofe de incendio al modelo, la condición más optimista (archivo 112) resulta en 40% de riesgo de extinción y el promedio de tiempo para la extinción es de 50 años. Si la velocidad de crecimiento estocástico es positiva como en el archivo 102, las pequeñas poblaciones que muestran amplias fluctuaciones demográficas están en alto riesgo de extinción ($r_s = 0.020$; $P(E) = 0.778$). Si el incendio catastrófico es removido de los modelos, la velocidad de crecimiento estocástico incrementa, pero el riesgo de extinción permanece alto. El escenario base con remoción del incendio (archivo 106), tuvo 84% de probabilidad de extinción y el promedio de tiempo para ello fue de 50 años. Si sólo una pequeña proporción de hembras adultas se reproducen y la mortalidad de juveniles y adultos es baja, la probabilidad de extinción de la población se vuelve baja (por ejemplo archivos 107, 116, 117, 119). Por ejemplo, en presencia de incendio catastrófico, baja la mortalidad de adultos, y si hay 80% de hembras en reproducción (archivo 114) la población permanece con probabilidad de extinción del 60%. El mismo escenario removiendo el incendio (archivo 119) resulta en un riesgo de extinción de menos del 1% ($P(E) = 0.008$). Sin embargo, los resultados no siempre son dramáticos, este ejemplo demuestra la importancia que algunos incendios, pueden tener sobre la viabilidad del zacatuche.

En modelos con relativamente baja probabilidad de extinción, en ausencia de incendios, menos del 70% de la variación genética original de la población es retenida a 100 años de la simulación (referida en la columna derecha de la Tabla 1). Este es un valor reducido de menos del 50% comparado con los modelos en los cuales los incendios son incluidos. La depresión por consanguinidad no fue incluida en este patrón de modelaje, por lo cual, es evidente considerando el modelo resultante, que la consanguinidad puede comprometer significativamente estas áreas fragmentadas, permitiendo un incremento en el riesgo de extinción de la población, tanto en factores demográficos como genéticos.

Bajo las condiciones de modelaje en estos escenarios, grandes poblaciones ocupan mayores áreas de hábitat y muestran mayores velocidades de crecimiento estocástico, menores probabilidades de extinción, y mayor retención genética. Las poblaciones que ocupan el Volcán Pelado por ejemplo, pueden ser mucho más efectivas al amortiguamiento contra fluctuaciones estocásticas en sus parámetros demográficos que en muchos de los fragmentos menores poblacionales aislados, por ejemplo, si los juveniles mostraran una mortalidad baja en el escenario base (archivo 102) el riesgo de extinción de la población alcanza el 80% en las pequeñas áreas fragmentadas pero es menor del 1% en una población de similar tamaño en el Volcán Pelado. Comparaciones similares pueden encontrarse entre los escenarios enlistados en la Tabla 1,2 y 3. Sin embargo los escenarios base de los modelos realizados para los Volcanes Pelado y Tláloc/Tepoztlán (Archivos 131 y 161, respectivamente), muestran un riesgo de extinción de al menos 50% dentro de los 100 años manejados para el modelo. Mas aún el riesgo de extinción permanece muy alto cuando relativamente pocas hembras están en reproducción o la mortalidad es alta en las poblaciones grandes.

Como se discutió antes en esta sección, el riesgo de la extinción es mayor que lo que uno podría esperar cuando las áreas ocupadas están conectadas en una simple unidad de manejo y el incendio es incluido en los modelos (Tabla 4, arriba). En el escenario base para esta serie de modelos (archivo 191) el riesgo de extinción para la población mayor es cerca del 82%, actualmente mayor que para las regiones pequeñas de los Volcanes Pelado y Tláloc/Tepoztlán en presencia de incendios. La ocurrencia anual de los incendios, los cuales afectan tanto la sobrevivencia como la reproducción, tiene un considerable impacto sobre la mayoría de las poblaciones modeladas.

Si el incendio es removido de la combinación, con los escenarios de la población, el riesgo de extinción puede considerarse pero bajo condiciones de relativamente alta mortalidad tanto de juveniles como de adultos. Por ejemplo, un ligero incremento en la mortalidad de adultos tanto de machos como de hembras, puede incrementar el riesgo de extinción de la población desde 0.206 (archivo 196) a 0.646 (archivo 200). Este menor riesgo de extinción, sin embargo, no nos da referencia absoluta, porque a través de los riesgos de extinción considerados en la base de datos, un escenario sin catástrofes tiene 20.6% de probabilidad con un tamaño de población de 1,555 y es sólo del 26% al

considerar el tamaño inicial de los 6,000 individuos. Esta población, declina a velocidad considerable pero no tan rápido como para mostrar una alarmante probabilidad de extinción dentro de 100 años.

La Figura 1 muestra un resumen de resultados para los cuatro escenarios, correspondiendo a cada uno de los cuatro las poblaciones iniciales, sometidas a catástrofe por incendio (archivos 101, 131, 161 y 191). Todas las poblaciones muestran un considerable riesgo de extinción de aproximadamente 60 años. En las áreas fragmentadas menores, muestra un particular alto riesgo así como una rápida velocidad de extinción sobre el tiempo. Aún más, todas las poblaciones (hasta la mayor de 6,000 individuos) muestran una marcada declinación en su tamaño sobre la duración de la simulación. La variación genética se pierde a una velocidad de igual proporción al tamaño de las poblaciones simuladas a través del tiempo. Cuando estos escenarios son repetidos en ausencia de incendios catastróficos (archivos 106, 166 y 196) el riesgo de la extinción de la población y la velocidad de declinación de la misma así como la pérdida en la variación genética son proporcionalmente reducidas pero no eliminadas (Figura 2). Esta simulación de modelos, usando la mejor información posible y disponible para la biología de la población del zacatuche, indica la importancia de concertar las estrategias en el manejo considerando los incendios, dado que el hábitat de zacatón y bosque es crítico para la sobrevivencia del conejo.

Otros factores, sin embargo, también son críticos para el entendimiento de la viabilidad de las poblaciones del zacatuche. La sensibilidad de las poblaciones para modificar los factores de mortalidad y fecundidad se resumen en las Figuras 3 y 4. Cada barra en la gráfica muestra la media de la velocidad de crecimiento estocástico o la probabilidad de extinción de la población promedio sobre otros escenarios con un valor de parámetro dado. Por ejemplo, la media r_s para todos los escenarios con mortalidad juvenil de 50% es 0.069 mientras que escenarios con 60% de mortalidad juvenil tiene una media de r_s de 0.069 (Figura 3). De primera instancia, la apreciación de las figuras es el incremento en la sensibilidad de las poblaciones simuladas a cambiar la relativa mortalidad juvenil a la proporción equivalente de los cambios en la mortalidad de adultos. En otro sentido, dando un incremento en la mortalidad juvenil puede esperarse tener más serias consecuencias sobre la viabilidad total de la población, que un incremento en la misma proporción realizada para la mortalidad de adultos. La población también es muy sensible a los cambios en el número de hembras a reproducirse en un año dado. El mismo patrón aparece cuando se ve la probabilidad de extinción de la población (Figura 4).

Resumen y Recomendaciones

Producto de la simulación de poblaciones de zacatuche utilizando el paquete VORTEX

se pueden hacer las siguientes recomendaciones.

1. - El ambiente y demografía estocástica actúan de manera importante para desestabilizar las poblaciones de zacatuche, en función de su corta vida media y relativamente alta fecundidad. Consecuentemente, las pequeñas poblaciones aisladas comúnmente ocupadas por individuos en áreas fragmentadas, muestran un alto grado de riesgo de extinción, debido a la riesgosa capacidad de las mismas por sostener su crecimiento.
2. - Los incendios forestales severos contribuyen significativamente a incrementar el riesgo de extinción. Consecuentemente, los detalles para programas de investigación deben ser desarrollados para conocer la dinámica de manejo de incendios, en el hábitat del conejo.
3. - Tanto la mortalidad juvenil como la de adultos, juegan roles críticos para determinar la dinámica de las poblaciones en el zacatuche. Los modelos sugeridos de estas poblaciones son más sensibles a cambios en la mortalidad juvenil que en la de adultos. Como resultado de estos hallazgos es necesario realizar estudios de comprensión longitudinal llevados a cabo para establecer técnicas de marcaje-recaptura para obtener mayor información de estos parámetros en un número de poblaciones. Tales estudios también pueden proveer considerable avance en la dinámica de dispersión y características reproductivas de las poblaciones sujetas a investigación.
4. - Los planes de manejo directo para la expansión del hábitat disponible, pueden ser exitosos para incrementar la viabilidad del zacatuche, pero sólo si factores como incendios y perturbaciones humanas, se mantienen al mínimo. dentro del contexto del plan de manejo. Los detalles de programas de investigación deben ser desarrollados para explorar la dinámica del manejo de incendios en el hábitat de zacatón y bosque.

Leyendas de las Figuras

Figura 1. Probabilidad de extinción (a), tamaño de la población (b) y heterocigosidad de la población (c) para poblaciones simulados correspondiendo con los cuatro clases de tamaño de población identificadas: hábitats pequeños y fragmentados ($N_0 = 167$); Volcán Pelado ($N_0 = 1720$); Volcanes Tlaloc/Tepoztlán ($N_0 = 3781$); y los áreas de manejo conectados ($N_0 = 6000$). Las cuatro escenarios aquí son de la condición base entre de cada clase de tamaño de población.

Figura 2. Probabilidad de extinción (a), tamaño de la población (b), y heterosigosidad de la población (c) para poblaciones simulados correspondiendo con los cuatro clases de tamaño de población identificadas: hábitats pequeños y fragmentados ($N_0 = 167$); Volcán Pelado ($N_0 = 1720$); Volcanes Tlaloc/Tepoztlán ($N_0 = 3781$); y los áreas de manejo conectados ($N_0 = 6000$). El fuego catastrófico ha sido eliminado de estos escenarios que son idénticos como los en la Figura 1.

Figura 3. El efecto de cambiando parámetros diferentes sobre el rato de crecimiento estocástico (promedio) de la población (r_s) en las poblaciones simuladas. Cada barra en la figura presente el medio rato de crecimiento estocástico como promedio de todos los escenarios con el valor de parámetro especificado. Específicamente, la mortalidad de hembras esta presentada en la figura pero los resultados estan idénticos para la mortalidad de machos.

Figura 4. El efecto de cambiando parámetros diferentes sobre la probabilidad de extinción ($P(E)$) en las poblaciones simuladas de zacatuche.

Figure 1.
Volcano Rabbit Population Viability and Initial Population Size

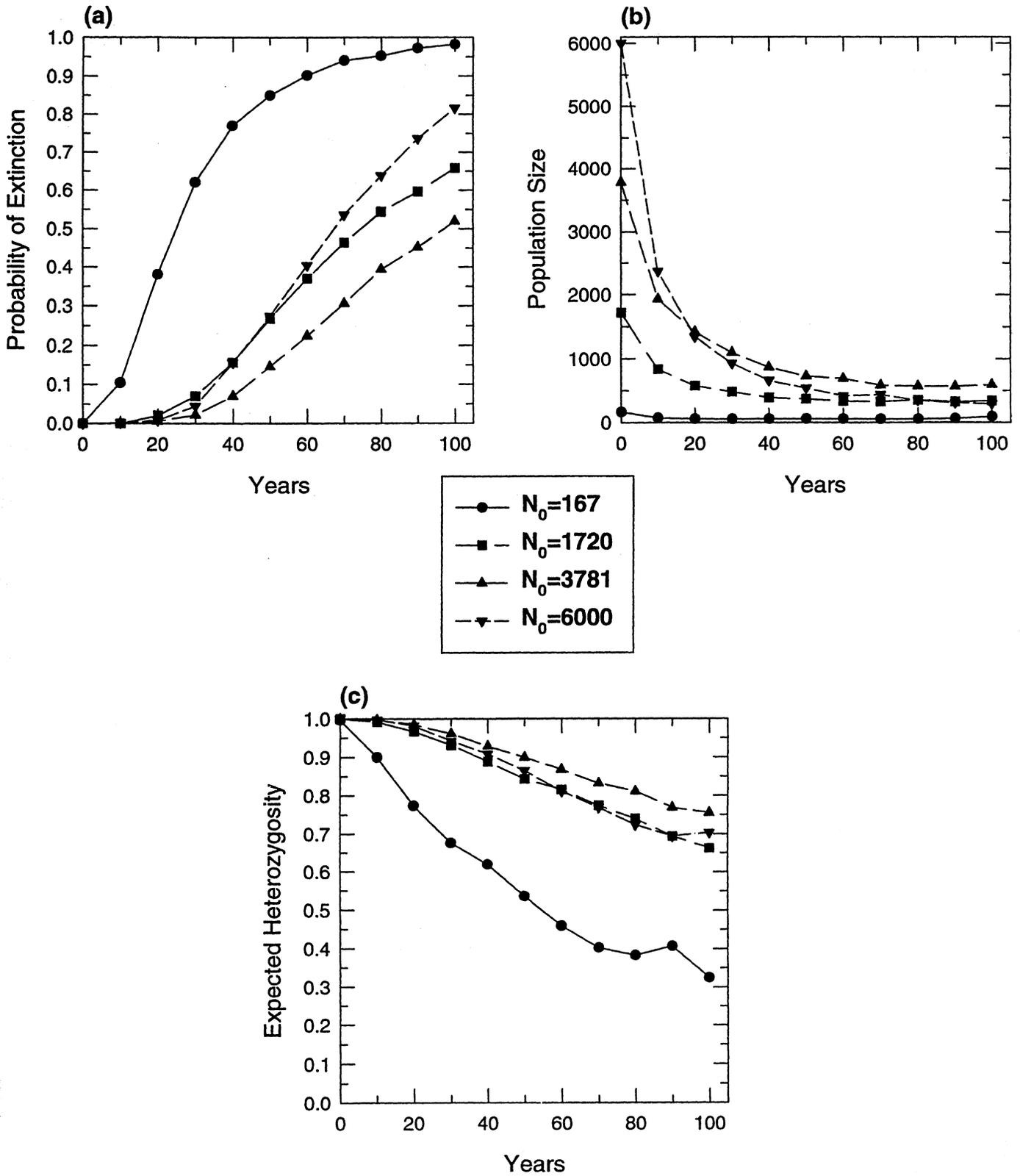


Figure 2.
Volcano Rabbit Population Viability and Initial Population Size:
No Catastrophic Fire

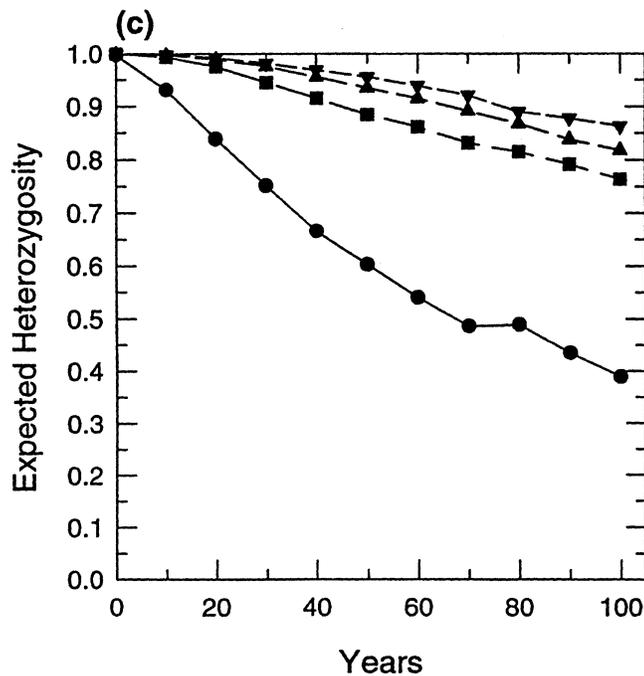
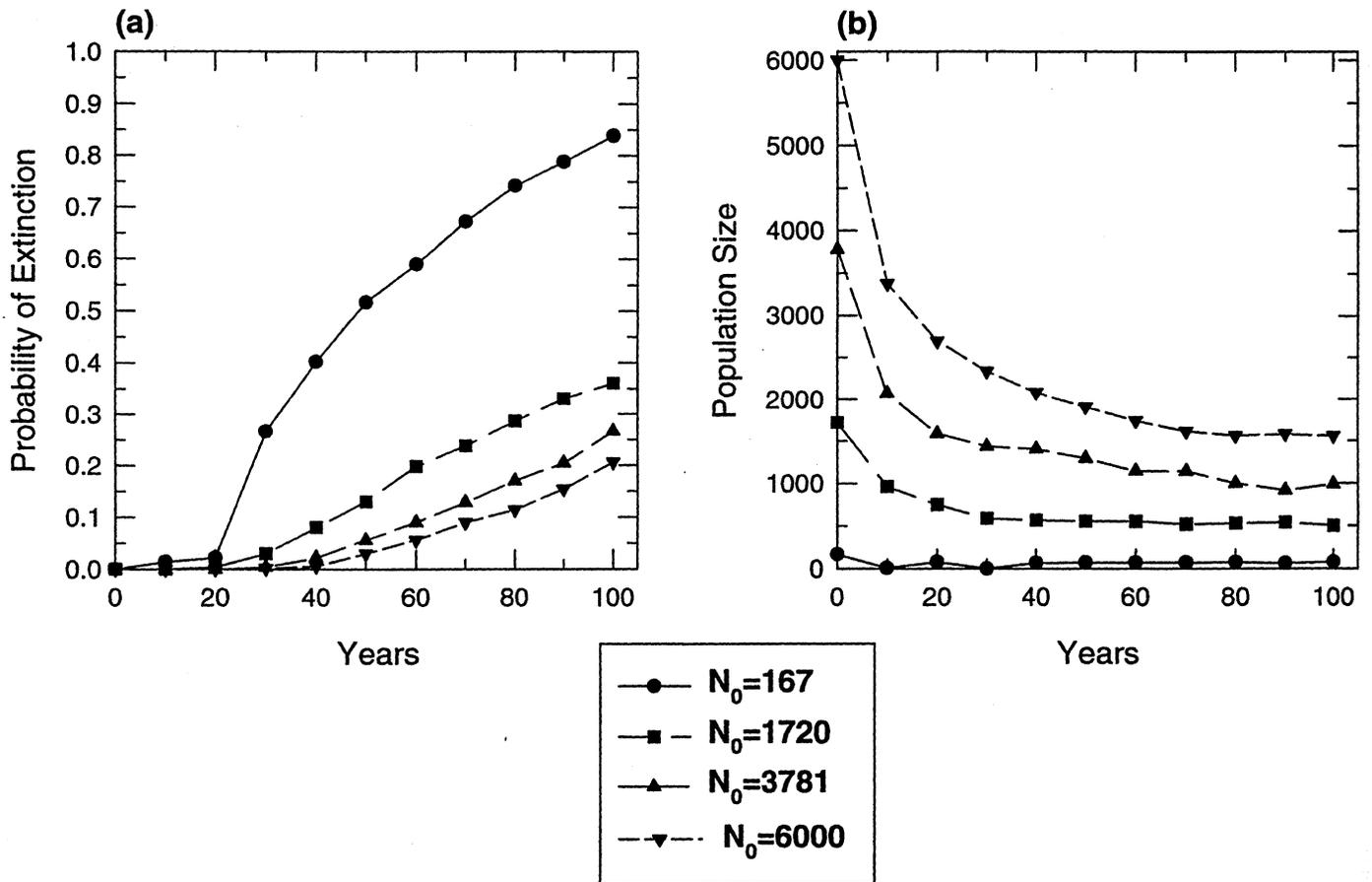


Figure 3.
Volcano Rabbit Model Sensitivity Analysis:
Stochastic Growth Rate

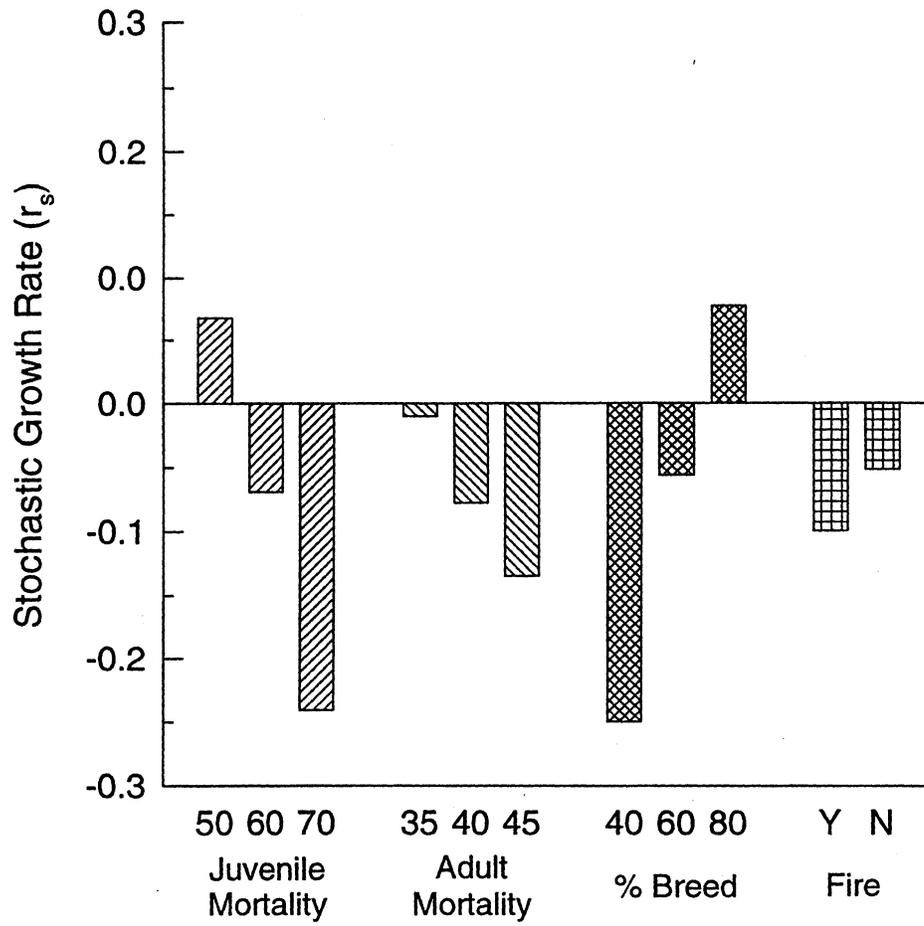


Figure 4.
Volcano Rabbit Model Sensitivity Analysis:
Extinction Probability

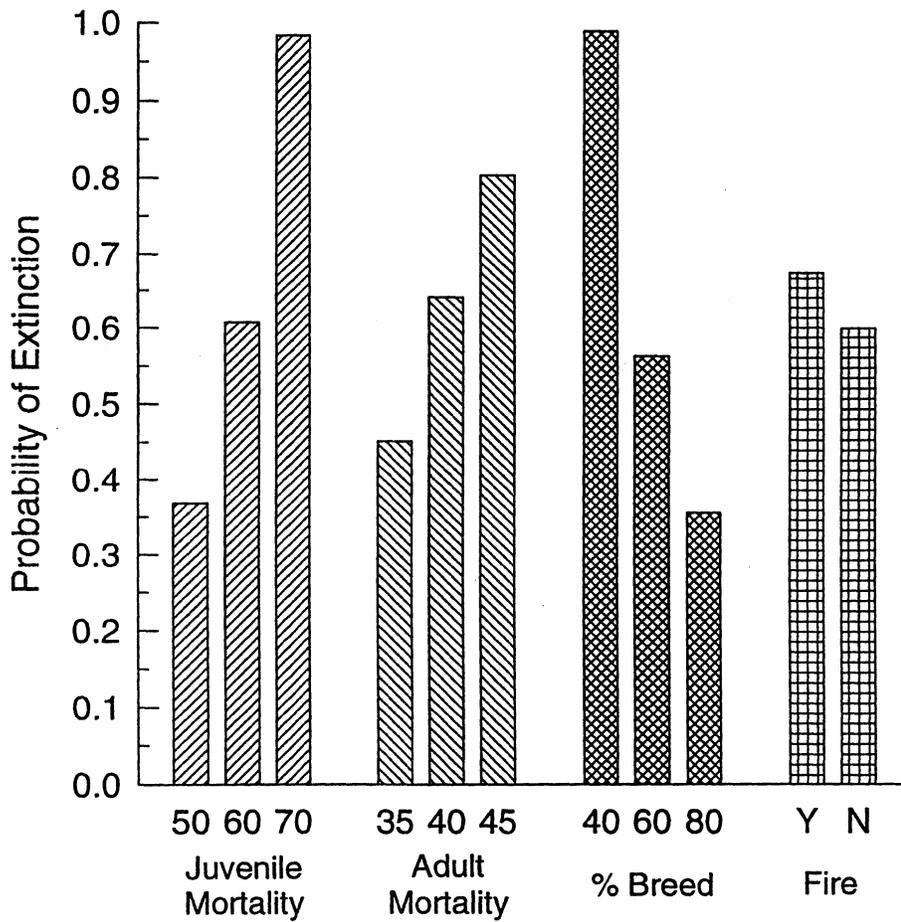


Tabla 1. La viabilidad de la población de zacatuche: hábitats pequeñas y fragmentadas ($N_0 = K = 167$).

Arch. #	Mortalidad (%)		% Reproducen	r_d	r_s (SD)	P(E)	T(E)	N_{100} (SD)	H_{100}
	Juv. (φ, σ')	Ad. (φ, σ')							
Catástrofe (4%; R=0.2; S=0.2)									
101	60,70	40,30	60	-.025	-.104 (.559)	0.982	29	95 (59)	0.325
102	50,60	40,30		.097	.020 (.530)	0.778	40	98 (58)	0.391
103	70,80	40,30		-.170	-.282 (.605)	1.000	14	—	—
104	60,70	35,25		.014	-.062 (.543)	0.946	35	62 (51)	0.282
105	60,70	45,35		-.065	-.153 (.584)	0.998	24	19 (0)	0.465
111	60,70	40,30	80	.128	.031 (.564)	0.788	45	107 (61)	0.408
112	50,60	40,30		.259	.186 (.520)	0.390	46	132 (53)	0.479
113	70,80	40,30		-.030	-.161 (.605)	1.000	21	—	—
114	60,70	35,25		.162	.081 (.531)	0.606	48	114 (59)	0.441
115	60,70	45,35		.091	-.015 (.588)	0.896	38	76 (56)	0.295
121	60,70	40,30	40	-.217	-.295 (.576)	1.000	14	—	—
122	50,60	40,30		-.108	-.200 (.564)	1.000	20	—	—
123	70,80	40,30		-.349	-.445 (.621)	1.000	10	—	—
124	60,70	35,25		-.175	-.238 (.560)	1.000	18	—	—
125	60,70	45,35		-.262	-.346 (.599)	1.000	13	—	—
Sin catástrofe									
106	60,70	40,30	60	.025	-.033 (.410)	0.838	46	78 (57)	0.390
107	50,60	40,30		.148	.113 (.312)	0.070	65	130 (45)	0.591
108	70,80	40,30		-.122	-.206 (.497)	1.000	19	—	—
109	60,70	35,25		.063	.024 (.355)	0.448	55	94 (55)	0.451
110	60,70	45,35		-.015	-.091 (.447)	0.982	36	39 (42)	0.262

Arch. #	Mortalidad (%)		% Reproducen	r_d	r_s (SD)	P(E)	T(E)	N_{100} (SD)	H_{100}
	Juv. (φ, σ')	Ad. (φ, σ')							
116	60,70	40,30	80	.179	.126 (.361)	0.090	59	130 (44)	0.580
117	50,60	40,30		.311	.282 (.268)	0.000	—	161 (17)	0.684
118	70,80	40,30		.020	-.095 (.488)	0.988	27	95 (36)	0.304
119	60,70	35,25		.213	.177 (.322)	0.008	53	145 (33)	0.658
120	60,70	45,35		-.015	-.081 (.445)	0.960	38	61 (53)	0.186
126	60,70	40,30	40	-.169	-.229 (.466)	1.000	18	—	—
127	50,60	40,30		-.059	-.125 (.427)	0.994	30	13 (11)	0.284
128	70,80	40,30		-.302	-.370 (.509)	1.000	12	—	—
129	60,70	35,25		-.127	-.171 (.429)	1.000	24	—	—
130	60,70	45,35		-.214	-.282 (.497)	1.000	15	—	—

Tabla 2. La viabilidad de la población de zacatuche: Volcán Pelado ($N_0 = K = 1720$).

Arch #	Mortalidad (%)		% Reproducen	r_d	r_s (SD)	P(E)	T(E)	N_{100} (SD)	H_{100}
	Juv. (φ, σ')	Ad. (φ, σ')							
Catástrofe (10%; R=0.8; S=0.8)									
131	60,70	40,30	60		-.056 (.397)	0.658	58	340 (458)	0.663
132	50,60	40,30			.091 (.311)	0.002	—	1262 (496)	0.936
133	70,80	40,30			-.230 (.481)	1.000	26	—	—
134	60,70	35,25			.004 (.341)	0.188	68	626 (569)	0.823
135	60,70	45,35			-.107 (.438)	0.924	50	178 (318)	0.536
141	60,70	40,30	80		.099 (.362)	0.030	54	1243 (527)	0.927
142	50,60	40,30			.250 (.277)	0.004	31	1649 (167)	0.964
143	70,80	40,30			-.116 (.478)	0.976	34	212 (378)	0.578
144	60,70	35,25		.182	.146 (.323)	0.012	38	1477 (359)	0.958
145	60,70	45,35		.110	.056 (.385)	0.056	66	1032 (592)	0.880
151	60,70	40,30	40	-.199	-.239 (.448)	1.000	28	—	—
152	50,60	40,30		-.089	-.142 (.407)	0.984	44	48 (65)	0.434
153	70,80	40,30		-.331	-.389 (.505)	1.000	16	—	—
154	60,70	35,25		-.157	-.196 (.406)	0.998	33	64 (—)	0.824
155	60,70	45,35		-.224	-.302 (.470)	1.000	22	—	—
No Catástrofe									
136	60,70	40,30	60	.025	-.017 (.375)	0.360	60	500 (520)	0.764
137	50,60	40,30		.148	.124 (.296)	0.004	82	1424 (398)	0.949
138	70,80	40,30		-.122	-.204 (.482)	0.998	26	119 (—)	0.788
139	60,70	35,25		.063	.039 (.325)	0.048	65	916 (580)	0.885
140	60,70	45,35		-.015	-.069 (.415)	0.758	58	230 (429)	0.611
146	60,70	40,30	80	.179	.138 (.348)	0.022	43	1410 (395)	0.951

Arch #	Mortalidad (%)		% Reproducen	r_d	r_s (SD)	P(E)	T(E)	N_{100} (SD)	H_{100}
	Juv. (♀,♂)	Ad. (♀,♂)							
147	50,60	40,30		.311	.285 (.259)	0.002	34	1670 (145)	0.965
148	70,80	40,30		.020	-.079 (.468)	0.940	38	375 (466)	0.742
149	60,70	35,25		.213	.180 (.310)	0.016	68	1558 (280)	0.963
150	60,70	45,35		-.015	.073 (.412)	0.776	56	281 (404)	0.641
156	60,70	40,30	40	-.169	-.214 (.435)	1.000	31	—	—
157	50,60	40,30		-.059	-.108 (.391)	0.922	51	90 (140)	0.472
158	70,80	40,30		-.302	-.351 (.503)	1.000	18	—	—
159	60,70	35,25		-.127	-.161 (.401)	0.998	40	62 (—)	0.629
160	60,70	45,35		-.214	-.279 (.468)	1.000	24	—	—

Tabla 3. La viabilidad de la población de zacatuche: Volcanes Tlaloc/Tepoztlan ($N_0 = K = 3781$).

Arch #	Mortalidad (%)		% Reproducen	r_d	r_s (SD)	P(E)	T(E)	N_{100} (SD)	H_{100}
	Juv. (φ, σ^2)	Ad. (φ, σ^2)							
Catástrofe (20%; R=0.9; S=0.9)									
161	60,70	40,30	60	-.006	-.048 (.381)	0.520	64	593 (872)	0.755
162	50,60	40,30		.116	.091 (.300)	0.002	60	2836 (1052)	0.972
163	70,80	40,30		-.152	-.231 (.476)	1.000	27	—	—
164	60,70	35,25		.032	.005 (.331)	0.122	74	1319 (1238)	0.879
165	60,70	45,35		-.046	-.104 (.417)	0.872	56	304 (697)	0.639
171	60,70	40,30	80	.147	.103 (.350)	0.012	52	2795 (1077)	0.970
172	50,60	40,30		.279	.252 (.265)	0.004	15	3641 (350)	0.984
173	70,80	40,30		-.011	-.114 (.472)	0.948	36	339 (566)	0.704
174	60,70	35,25		.182	.149 (.313)	0.018	51	3261 (767)	0.981
175	60,70	45,35		.110	.047 (.403)	0.404	53	99 (54)	0.431
181	60,70	40,30	40	-.199	-.242 (.433)	1.000	31	—	—
182	50,60	40,30		-.089	-.138 (.391)	0.962	49	122 (262)	0.607
183	70,80	40,30		-.331	-.385 (.501)	1.000	18	—	—
184	60,70	35,25		-.157	-.188 (.399)	1.000	39	—	—
185	60,70	45,35		-.244	-.304	1.000	25	—	—
Sin Catástrofe									
166	60,70	40,30	60	.025	-.014 (.370)	0.266	70	989 (1189)	0.818
167	50,60	40,30		.148	.123 (.294)	0.004	45	3104 (870)	0.978
168	70,80	40,30		-.122	-.196 (.472)	0.996	31	18 (12)	0.588
169	60,70	35,25		.063	.042 (.321)	0.022	64	2101 (1275)	0.942
170	60,70	45,35		-.015	-.066 (.409)	0.632	61	361 (707)	0.686
176	60,70	40,30	80	.179	.136 (.347)	0.030	53	3056 (935)	0.977

Arch #	Mortalidad (%)		% Reproducen	r_d	r_s (SD)	P(E)	T(E)	N_{100} (SD)	H_{100}
	Juv. (♀,♂)	Ad. (♀,♂)							
177	50,60	40,30		.311	.286 (.260)	0.000	—	3672 (348)	0.983
178	70,80	40,30		.020	-.077 (.465)	0.902	39	806 (1050)	0.808
179	60,70	35,25		.213	.178 (.309)	0.012	48	3323 (684)	0.983
180	60,70	45,35		-.015	-.072 (.409)	0.688	60	369 (724)	0.706
186	60,70	40,30	40	-.169	-.215 (.431)	1.000	34	—	—
187	50,60	40,30		-.059	-.107 (.383)	0.884	56	192 (532)	0.654
188	70,80	40,30		-.302	-.359 (.494)	1.000	20	—	—
189	60,70	35,25		-.127	-.154 (.391)	0.986	46	340 (704)	0.695
190	60,70	45,35		-.214	-.264 (.454)	1.000	28	—	—

Tabla 4. La viabilidad de la población de zacatuche: áreas de manejo conectados ($N_0 = K = 6000$).

Arch #	Mortalidad (%)		% Reproducen	r_d	r_s (SD)	P(E)	T(E)	N_{100} (SD)	H_{100}
	Juv. (φ, σ)	Ad. (φ, σ)							
Catástrofe (100%; R=0.95; S=0.95)									
191	60,70	40,30	60	-.053	-.099 (.383)	0.816	61	291 (635)	0.704
192	50,60	40,30		.068	.043 (.292)	0.006	63	3460 (1977)	0.960
193	70,80	40,30		-.198	-.274 (.474)	1.000	25	—	—
194	60,70	35,25		-.015	-.043 (.331)	0.358	72	833 (1360)	0.805
195	60,70	45,35		-.094	-.156 (.421)	0.970	48	26 (30)	0.491
201	60,70	40,30	80	.098	.056 (.341)	0.022	74	3436 (2004)	0.963
202	50,60	40,30		.229	.203 (.256)	0.000	—	5662 (769)	0.989
203	70,80	40,30		-.059	-.152 (.465)	0.984	37	57 (44)	0.666
204	60,70	35,25		.133	.100 (.306)	0.016	64	4774 (1502)	0.986
205	60,70	45,35		.061	.008 (.373)	0.120	68	2147 (2038)	0.892
211	60,70	40,30	40	-.245	-.288 (.438)	1.000	28	—	—
212	50,60	40,30		-.136	-.183 (.392)	0.994	43	14 (12)	0.252
213	70,80	40,30		-.376	-.425 (.494)	1.000	18	—	—
214	60,70	35,25		-.202	-.227 (.394)	0.998	35	3 (0)	0.000
215	60,70	45,35		-.290	-.342 (.459)	1.000	23	—	—
Sin Catástrofe									
196	60,70	40,30	60	.025	-.010 (.367)	0.206	74	1555 (1805)	0.863
197	50,60	40,30		.148	.120 (.294)	0.002	28	4925 (1406)	0.985
198	70,80	40,30		-.122	-.205 (.479)	0.998	31	30 (0)	0.622
199	60,70	35,25		.063	.044 (.321)	0.022	56	3157 (1997)	0.957
200	60,70	45,35		-.015	-.070 (.409)	0.646	66	596 (1123)	0.737
206	60,70	40,30	80	.179	.136 (.346)	0.014	49	4783 (1464)	0.986

Arch #	Mortalidad (%)		% Reproducen	r_d	r_s (SD)	P(E)	T(E)	N_{100} (SD)	H_{100}
	Juv. (φ, σ')	Ad. (φ, σ')							
207	50,60	40,30		.311	.286 (.259)	0.000	—	5791 (563)	0.990
208	70,80	40,30		.020	-.072 (.457)	0.878	39	772 (1261)	0.805
209	60,70	35,25		.213	.180 (.310)	0.012	78	5251 (1101)	0.989
210	60,70	45,35		-.015	-.062 (.406)	0.584	66	639 (1096)	0.737
216	60,70	40,30	40	-.169	-.213 (.428)	1.000	37	—	—
217	50,60	40,30		-.059	-.102 (.379)	0.832	60	360 (928)	0.598
218	70,80	40,30		-.302	-.355 (.491)	1.000	20	—	—
219	60,70	35,25		-.127	-.155 (.389)	0.980	49	30 (29)	0.528
220	60,70	45,35		-.214	-.264 (.457)	1.000	30	—	—

Ejemplo de un VORTEX Archivo de Input (en inglés)

```

ZACA175.OUT   ***Output Filename***
Y   ***Graphing Files?***
N   ***Each Iteration?***
Y   ***Screen display of graphs?***
500  ***Simulations***
100  ***Years***
10   ***Reporting Interval***
1   ***Populations***
N   ***Inbreeding Depression?***
Y   ***EV correlation?***
1   ***Types Of Catastrophes***
P   ***Monogamous, Polygynous, or Hermaphroditic***
1   ***Female Breeding Age***
1   ***Male Breeding Age***
4   ***Maximum Age***
0.500000  ***Sex Ratio***
8   ***Maximum Litter Size***
N   ***Density Dependent Breeding?***
20.000000  ***Population 1: Percent Litter Size 0***
3.000000  ***Population 1: Percent Litter Size 1***
4.000000  ***Population 1: Percent Litter Size 2***
7.000000  ***Population 1: Percent Litter Size 3***
53.000000  ***Population 1: Percent Litter Size 4***
7.000000  ***Population 1: Percent Litter Size 5***
4.000000  ***Population 1: Percent Litter Size 6***
1.000000  ***Population 1: Percent Litter Size 7***
1.000000  ***Population 1: Percent Litter Size 8***
5.000000  ***EV--Reproduction***
60.000000  ***Female Mortality At Age 0***
14.770979  ***EV--FemaleMortality***
45.000000  ***Adult Female Mortality***
11.000000  ***EV--AdultFemaleMortality***
70.000000  ***Male Mortality At Age 0***
18.708287  ***EV--MaleMortality***
35.000000  ***Adult Male Mortality***
9.000000  ***EV--AdultMaleMortality***
20.000000  ***Probability Of Catastrophe 1***
0.900000  ***Severity--Reproduction***
0.900000  ***Severity--Survival***
N   ***All Males Breeders?***
Y   ***Answer--A--Known?***
50.000000  ***Percent Males In Breeding Pool***
Y   ***Start At Stable Age Distribution?***
167  ***Initial Population Size***
167  ***K***
0.000000  ***EV--K***
N   ***Trend In K?***
N   ***Harvest?***
N   ***Supplement?***
Y   ***AnotherSimulation?***

```

Sample VORTEX Output File

VORTEX -- simulation of genetic and demographic stochasticity

ZACA175.OUT

Wed Jan 17 17:41:13 1996

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

No inbreeding depression

First age of reproduction for females: 1 for males: 1

Age of senescence (death): 4

Sex ratio at birth (proportion males): 0.50000

Population 1:

Polygynous mating;

50.00 percent of adult males in the breeding pool.

Reproduction is assumed to be density independent.

20.00 (EV = 5.00 SD) percent of adult females produce litters of size 0

3.00 percent of adult females produce litters of size 1

4.00 percent of adult females produce litters of size 2

7.00 percent of adult females produce litters of size 3

53.00 percent of adult females produce litters of size 4

7.00 percent of adult females produce litters of size 5

4.00 percent of adult females produce litters of size 6

1.00 percent of adult females produce litters of size 7

1.00 percent of adult females produce litters of size 8

60.00 (EV = 14.77 SD) percent mortality of females between ages 0 and 1

45.00 (EV = 11.12 SD) percent annual mortality of adult females (1<=age<=4)

70.00 (EV = 18.71 SD) percent mortality of males between ages 0 and 1

35.00 (EV = 9.00 SD) percent annual mortality of adult males (1<=age<=4)

EVs may have been adjusted to closest values

possible for binomial distribution.

EV in reproduction and mortality will be correlated.

Frequency of type 1 catastrophes: 20.000 percent

with 0.900 multiplicative effect on reproduction

and 0.900 multiplicative effect on survival

Initial size of Population 1:

(set to reflect stable age distribution)

Age	1	2	3	4	Total	
	37	21	12	7	77	Males
	49	24	12	5	90	Females

Carrying capacity = 167 (EV = 0.00 SD)

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

$r = 0.110$ $\lambda = 1.117$ $R_0 = 1.213$
 Generation time for: females = 1.75 males = 1.91

Stable age distribution:	Age class	females	males
	0	0.313	0.313
	1	0.110	0.083
	2	0.053	0.047
	3	0.026	0.027
	4	0.012	0.015

Ratio of adult (≥ 1) males to adult (≥ 1) females: 0.854

Population 1

Year 10

N[Extinct] = 1, P[E] = 0.002
 N[Surviving] = 499, P[S] = 0.998
 Population size = 111.75 (2.29 SE, 51.05 SD)
 Expected heterozygosity = 0.938 (0.002 SE, 0.048 SD)
 Observed heterozygosity = 0.959 (0.002 SE, 0.043 SD)
 Number of extant alleles = 35.19 (0.53 SE, 11.74 SD)

Year 20

N[Extinct] = 20, P[E] = 0.040
 N[Surviving] = 480, P[S] = 0.960
 Population size = 103.04 (2.53 SE, 55.53 SD)
 Expected heterozygosity = 0.860 (0.005 SE, 0.112 SD)
 Observed heterozygosity = 0.881 (0.005 SE, 0.111 SD)
 Number of extant alleles = 16.44 (0.30 SE, 6.53 SD)

Year 30

N[Extinct] = 46, P[E] = 0.092
 N[Surviving] = 454, P[S] = 0.908
 Population size = 102.55 (2.50 SE, 53.34 SD)
 Expected heterozygosity = 0.790 (0.006 SE, 0.137 SD)
 Observed heterozygosity = 0.811 (0.007 SE, 0.141 SD)
 Number of extant alleles = 10.62 (0.21 SE, 4.42 SD)

Year 40

N[Extinct] = 68, P[E] = 0.136
 N[Surviving] = 432, P[S] = 0.864
 Population size = 100.83 (2.65 SE, 55.04 SD)
 Expected heterozygosity = 0.723 (0.008 SE, 0.159 SD)
 Observed heterozygosity = 0.741 (0.008 SE, 0.170 SD)
 Number of extant alleles = 7.70 (0.16 SE, 3.22 SD)

Year 50

N[Extinct] = 97, P[E] = 0.194
 N[Surviving] = 403, P[S] = 0.806
 Population size = 99.63 (2.78 SE, 55.83 SD)
 Expected heterozygosity = 0.658 (0.009 SE, 0.181 SD)
 Observed heterozygosity = 0.675 (0.010 SE, 0.192 SD)
 Number of extant alleles = 5.99 (0.13 SE, 2.57 SD)

Year 60

N[Extinct] = 126, P[E] = 0.252
 N[Surviving] = 374, P[S] = 0.748
 Population size = 98.63 (2.97 SE, 57.40 SD)
 Expected heterozygosity = 0.609 (0.010 SE, 0.194 SD)
 Observed heterozygosity = 0.628 (0.011 SE, 0.205 SD)
 Number of extant alleles = 4.94 (0.11 SE, 2.18 SD)

Year 70

N[Extinct] = 148, P[E] = 0.296
 N[Surviving] = 352, P[S] = 0.704
 Population size = 102.92 (2.97 SE, 55.74 SD)
 Expected heterozygosity = 0.551 (0.011 SE, 0.213 SD)
 Observed heterozygosity = 0.567 (0.012 SE, 0.220 SD)
 Number of extant alleles = 4.15 (0.10 SE, 1.89 SD)

Year 80

N[Extinct] = 172, P[E] = 0.344
 N[Surviving] = 328, P[S] = 0.656
 Population size = 103.44 (3.06 SE, 55.37 SD)
 Expected heterozygosity = 0.520 (0.012 SE, 0.209 SD)
 Observed heterozygosity = 0.534 (0.012 SE, 0.221 SD)
 Number of extant alleles = 3.70 (0.09 SE, 1.61 SD)

Year 90

N[Extinct] = 188, P[E] = 0.376
 N[Surviving] = 312, P[S] = 0.624
 Population size = 103.84 (3.03 SE, 53.55 SD)
 Expected heterozygosity = 0.475 (0.013 SE, 0.223 SD)
 Observed heterozygosity = 0.491 (0.013 SE, 0.236 SD)
 Number of extant alleles = 3.29 (0.08 SE, 1.37 SD)

Year 100

N[Extinct] = 202, P[E] = 0.404
 N[Surviving] = 298, P[S] = 0.596
 Population size = 99.30 (3.12 SE, 53.86 SD)
 Expected heterozygosity = 0.431 (0.013 SE, 0.225 SD)
 Observed heterozygosity = 0.443 (0.014 SE, 0.235 SD)
 Number of extant alleles = 2.94 (0.07 SE, 1.26 SD)

In 500 simulations of Population 1 for 100 years:
202 went extinct and 298 survived.

This gives a probability of extinction of 0.4040 (0.0219 SE),
or a probability of success of 0.5960 (0.0219 SE).

202 simulations went extinct at least once.
Of those going extinct,
mean time to first extinction was 52.66 years (1.68 SE, 23.85 SD).

No recolonizations.

Mean final population for successful cases was 99.30 (3.12 SE, 53.86 SD)

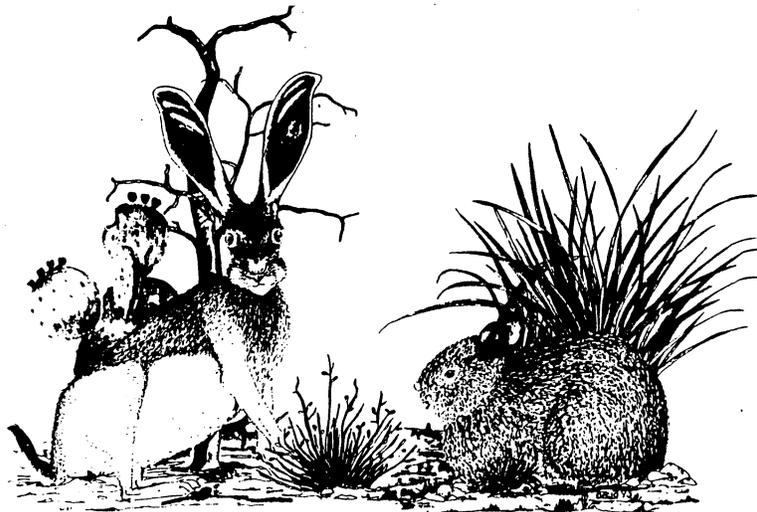
45.06 Males
54.23 Females

Without harvest/supplementation, prior to carrying capacity truncation,
mean growth rate (r) was 0.0465 (0.0020 SE, 0.4025 SD)

Final expected heterozygosity was 0.4314 (0.0130 SE, 0.2251 SD)
Final observed heterozygosity was 0.4433 (0.0136 SE, 0.2350 SD)
Final number of alleles was 2.94 (0.07 SE, 1.26 SD)

TALLER INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS LAGOMORFOS MEXICANOS EN PELIGRO DE EXTINCIÓN

11 - 14 de enero de 1996
Universidad Autónoma Metropolitana / Unidad Iztapalapa
Mexico, D.F.



SECCIÓN 5
LITERATURA CONSULTADA

Literatura Consultada

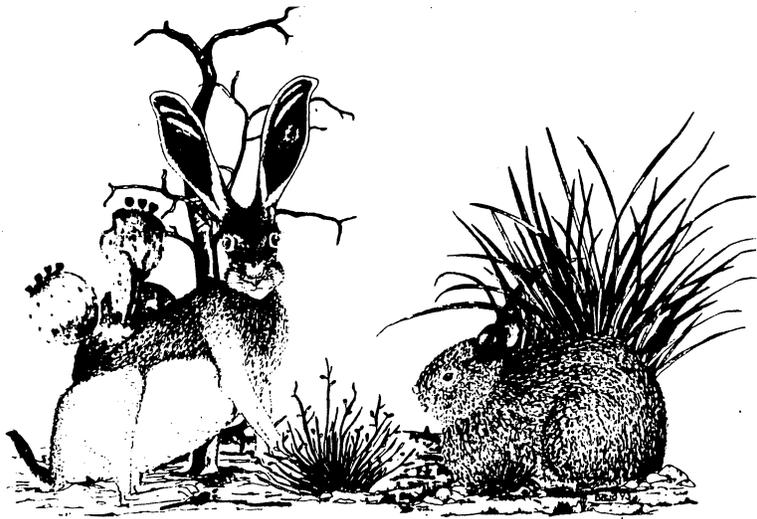
- Anderson, S. Y G. Abbot, S. 1962. **Clasificación of the white-sided jack rabbits of Mexico.** American Museum Novitates, NY. 2088: 1-16
- Best, T.L. y H. Travis H. 1993. *Lepus callotis*. Mammalian Species. 442:1-6
- Cervantes, R.F.A. 1979. **El conejo de los volcanes *Romerolagus diazi* (Mammalia: Lagomorpha). Especie mexicana seriamente amenazada:** Pp. 359-368. *In:* II Reunión Iberoamericana sobre conservación y zoología de vertebrados. Universidad Hispanoamericana de Cáceres. Caceres, España. 498 pp.
- Cervantes-Reza, F.A. 1981. **Some predators of the zacatuche (*Romerolagus diazi*).** Journal of Mammalogy. 62(4): 850-851
- Cervantes-Reza, F.A. 1982. **Observaciones sobre la reproducción del zacatuche o teporingo *Romerolagus diazi* (Mammalia: Lagomorpha).** Doñana Acta Vertebrata. 9: 415-420
- Cervantes, F.A. 1993. *Lepus flavigularis*. Mammalian Species. 423: 1-3
- Cervantes, R.F. y W. López-Forment, C. 1981. **Observations on the sexual behavior, gestation period, and young of captive mexican volcano rabbit *Romerolagus diazi*.** Journal of Mammalogy. 62(3): 634-635
- Cervantes, F.A., Lorenzo, C. y R.S. Hoffann. 1990. *Romerolagus diazi*. Mammalian Species. 369: 1-7
- Cervantes, F.A. y J. Martínez. 1992. **Food habits of the rabbit *Romerolagus diazi* (Leporidae) in Central Mexico.** Journal of Mammalogy. 73(4): 830-834
- Cervantes, F.A., Lorenzo, C., Vargas, J. y H. Torvald. 1992. *Sylvilagus cunicularius*. Mammalian Species. 412: 1-4
- Cervantes, F.A. 1993. **Conejos y liebres silvestres de México.** Ciencia y Desarrollo. México. 19(110): 58-69
- Durrell, G. y J. Mallinson. 1970. **The volcano rabbit *Romerolagus diazi* in the wild and at Jersey Zoo.** Int. Zoo Yb. 10: 118-122

- Fa, J.E. y D. Bell. 1990. **The volcano rabbit *Romerolagus diazi***: Pp. 143-146. *In*: J.A. Chapman y J.E.C. Flux (Eds.). Rabbits, hares and pikas. Status survey and conservation action Plan. IUCN - The World Conservation Union y World Wide Found for Nature. Gland.
- Fa, J.E., Romero, F.J. y J. López-Paniagua. 1992. **Habitat use by parapatric rabbits in a Mexican high-altitude grassland system**. *Journal of Applied Ecology*. 29:357-370
- Fitter, R. Y M. Fitter. 1987. **The road to extinction**. Gland, Switzerland: IUCN.
- Hoth, J.y H. Granados. 1987. **A preliminary report on the breeding of the volcano rabbit *Romerolagus diazi* at the Chapultepec Zoo, Mexico City**. *Int. Zoo Yb*. 26: 261-265
- Hoth, J., Velázquez, A., Romero, F.J., Leon, L., Aranda, M. Y D.J. Bell. 1987. **The volcano rabbit a shrinking distribution and a threatened habitat**. *Orix*, 21(2): 85-91
- Howard, H.T. y T.L. Best. 1994. ***Lepus insularis***. *Mammalian Species*. 465: 1-3
- Howard, H.T. y T.L. Best. 1994. ***Sylvilagus mansuetus***. *Mammalian Species*. 464:1-2
- IUCN 1993. **Draft IUCN Red List Categories**. Gland, Switzerland.
- Mace, G.M. y R. Lande. 1991. **Assessing extinction threats: toward a reevaluation of threatened species categories**. *Conservation Biology*. 5: 148-157.
- Mace, G.M. y S.N. Stuart. 1994. **Draft IUCN Red List Categories, Version 2.2. Species**. 21-22: 13-24.
- Mace, G.M. *et al.* 1992. **The development of new criteria for listing species on the IUCN Red List**. *Species*. 19:16-22
- Velázquez, A. 1992. **Landscape ecology-vegetation map of Tláloc and Pelado volcanoes, Mexico**. *ITC Journal*. 3: 213-227
- Velázquez, A. 1993. **Habitat analysis of the volcano rabbit by means of different statistical methods**. Pp. 94-109. *In*: Velázquez, A. (Ed.). 1993. Landscape ecology of Tláloc and Pelado volcanoes, Mexico. *ITC Journal*. 16. 152 pp.
- Velázquez, A. 1993. **Man-made and ecological habitat fragmentation: study case of the Volcano rabbit (*Romerolagus diazi*)**. *Z. Säugetierkunde* 58: 54-61

- Velázquez, A. 1993. **Man-made and natural habitat fragmentation: Study case of the volcano rabbit.** Pp. 79-86. *In:* Velázquez, A. (Ed.). 1993. Landscape ecology of Tláloc and Pelado volcanoes, Mexico. ITC Journal. 16. 152 pp.
- Velázquez, A. 1994. **Distribution and population size of *Romerolagus diazi* on El Pelado volcano, Mexico.** Journal of Mammalogy 75(3): 743-749
- Velázquez, A. 1995. **Teporingo ¿Debería adoptar México un símbolo de conservación?.** Ecosistema 2001. México. Año 2, No. 4, Pp. 22-23
- Velázquez, A. 1995. **Zacatuche. El conejo de los volcanes símbolo de conservación para México.** Ecosistema 2001. México. Año 2, No. 4, Pp. 26-27
- Velázquez, A. 1996. **Síntesis de estudios sobre el zacatuche y su hábitat.** Pp. 124-135. *In:* Velázquez, A., Romero, F.J. y J. López-Paniagua (Eds.). 1996. Ecología y conservación del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) y su hábitat. Fondo de Cultura Económica. México. 176 pp.
- Velázquez, A., Cervantes, F.A. y C. Galindo-Leal. 1993. **The volcano rabbit *Romerolagus diazi*. a peculiar lagomorph.** Lutra. 36:62-7
- Velázquez, A. Y G. Bocco. 1994. **Modelling conservation alternatives with ILWIS: a case study of the volcano rabbit.** ITC Journal. 3: 197-204

TALLER INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS LAGOMORFOS MEXICANOS EN PELIGRO DE EXTINCIÓN

11 - 14 de enero de 1996
Universidad Autónoma Metropolitana / Unidad Iztapalapa
Mexico, D.F.



SECCIÓN 6
LISTA DE ASISTENTES

Lista de Asistentes

1. DEMETRIO AMBRIZ GARCIA

BRAULIO MALDONADO RS CASA 7-36
COL. CONSEJO AGRARISTA
DEL. IZTAPALAPA
CD. MEXICO, D.F. C.P. 09620
MEXICO
TEL. CASA 692 5858
TEL. OFICINA 724 4705

2. JOAQUIN ARROYO CABRALES

ASOCIACIÓN MEXICANA DE MASTOZOOLOGIA, A.C.
MONEDA 16
COL. CENTRO
DEL. CUAUHTEMOC
CD. MEXICO, D.F. C.P. 06060
MEXICO
TEL. CASA 549 8001
FAX 522 3515
TEL. OFICINA 522 3515 / 542 6004
E-MAIL acc@xanum.uam.mx

3. CHERYL ASA

SAINT LOUIS ZOO
FOREST PARK
ST. LOUIS, MISSOURI
USA, 63110
TEL. CASA 314 776-4122
FAX 314 768 5454
TEL. OFICINA 314 768 5488
E-MAIL asa@sluvca.slu.edu

4. MARIA EUGENIA BARBOSA ESTUDILLO

AURIGA NO. 9
COL. PRADOS CHURUBUSCO
DEL. IZTAPALAPA
CD. MEXICO, D.F. C.P. 09480
MEXICO
TEL. CASA 605 0452
FAX 674 5294
TEL. OFICINA 674 6678
E-MAIL nturalia@servidor.unam.mx

5. JOSE BERNAL STOOPEN

CLARKSON ST. 1000
DENVER, COLORADO
USA, 80209
TEL. CASA 303 722 5450
FAX 303 722 5450

6. AMY LOUISE CAMACHO W.

II ORIENTE 2407
CD. PUEBLA, PUE. C.P. 72000
MEXICO
TEL. CASA (22) 30 09 75
FAX (22) 35 86 07
TEL. OFICINA (22) 36 30 49
E-MAIL afsamy@servidor.dysca.unam

7. GERARDO CEBALLOS

CENTRO ECOLOGIA, UNAM
A.P. 70-275
CD. UNIVERSITARIA
COL. COYOACAN
DEL. COYOACAN
CD. MEXICO, D.F. C.P. 04510
MEXICO
FAX (525) 622 8042
TEL. OFICINA (525) 622 9004
E-MAIL gceballos@miranda.cecologia.unam.mx

- 8. FERNANDO A. CERVANTES REZA**
INSTITUTO DE BIOLOGIA, UNAM
A.P. 70-153
CIRCUITO EXTERIOR, CD. UNIVERSITARIA
COL. COYOACAN
DEL. COYOACAN
CD. MEXICO, D.F. C.P. 04510
MEXICO
TEL. CASA 676 4120
FAX 550 0164
TEL. OFICINA 622 5706 ext. 303
E-MAIL fac@servidor.unam.mx
- 9. HUMBERTO CORONA CARRILLO**
CERRADA DE ZEUS NO. 12
COL. OLIMPIADA 68
MPO. NAUCALPAN
EDO. DE MEXICO C.P. 53690
MEXICO
TEL. CASA 307 0588
TEL. OFICINA. 724 5152 UAM-X.
- 10. FRANCISCO JAVIER CHAVIRA SEVILLA**
CARRETERA A SAN LORENZO T.
COL. BARRIO LA LUZ
DEL. MILPA ALTA
CD. MEXICO, D.F. C.P. 12000 D.F.
MEXICO
TEL. CASA 844 1771
- 11. SUSIE ELLIS**
138 RESERVOIR RD
STRASBURG, VA
USA ,22657
TEL. OFICINA Y FAX 1 540 465 9589
E-MAIL 76105.111@compuserve.com

12. AIDA HERNANDEZ FERNANDEZ

CENTRO ECOLOGIA, UNAM
CIRCUITO EXTERIOR
COL. PEDREGAL
DEL. COYOACAN
CD. MEXICO, D.F.
MEXICO
TEL. CASA 653 6624
FAX 622 8995
TEL. OFICINA 622 9033

13. JURGEN HOTH VON DER MEDEN

JAZMIN NO. 217
COL. REFORMA
CD. OAXACA, OAX. C.P. 68050
MEXICO
FAX. (951) 529 76
TEL. OFICINA (951) 367 29
E-MAIL wwfoaxaca@igc.apc.org

14. GUILLERMO ISLAS DONDE

MONTSERRAT 153 A
COL. LOS REYES COYOACAN
DEL. COYOACAN
CD. MEXICO, D.F. C.P. 04300
MEXICO
TEL. CASA 582 7794
FAX 520 1881
TEL. OFICINA 540 7390 / 91

15. CONSUELO LORENZO MONTERRUBIO

INSTITUTO DE BIOLOGIA, UNAM
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA
A.P. 70-153
CIRCUITO EXTERIOR, CD. UNIVERISTARIA
COL. COYOACAN
DEL. COYOACAN
CD. MEXICO, D.F. C.P. 04510
MEXICO
TEL. CASA 552 9254
FAX 550 0164
TEL. OFICINA 622 5706 / 04

16. JESUS MARTINEZ VAZQUEZ

INSTITUTO DE BIOLOGIA, UNAM
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA
A.P. 70-153
CIRCUITO EXTERIOR, CD. UNIVERISTARIA
COL. COYOACAN
DEL. COYOACAN
CD. MEXICO, D.F. C.P. 04510
MEXICO
TEL. CASA 760 4786
FAX 550 0164
TEL. OFICINA 622 5706 ext. 324
E-MAIL homy@servidor.unam.mx

17. PHIL MILLER

12101 JOHNNY CAKE RIDGE ROAD
APPLE VALLEY, MN
USA, 55124
TEL. OFICINA 1 612 431 9325
FAX 1 612 432 2757
E-MAIL cbsg@epx.cis.umn.edu

18. OSCAR MOCTEZUMA OROZCO

AURIGA NO. 9
COL. PRADOS CHURUBUSCO
DEL. IZTAPALAPA
CD. MEXICO, D.F. C.P. 09480
MEXICO
TEL. CASA 659 2158
FAX 674 5294
TEL. OFICINA 674 6678
E-MAIL nturalia@servidor.unam.mx

19. ANA MARIA MUÑIZ SALCEDO

CONSEJO NACIONAL DE LA FAUNA
PAYO DE RIVERA 320
COL. LOMAS VIRREYES
CD. MEXICO, D.F.
MEXICO
TEL. CASA 524 7744
TEL. OFICINA 540 7390
FAX 520 18 81

20. FRANCISCO JAVIER OLVERA RAMIREZ

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

UAM-IZTAPALAPA

MICHOACAN Y PURISIMA S/N

COL. VICENTINA

DEL. IZTAPALAPA

CD. MEXICO, D.F. C.P. 09340

MEXICO

TEL. CASA 579 9906

FAX 724 4687

TEL. OFICINA 724 4688

21. MIGUEL FERNANDO PACHECO MUÑOZ

II ORIENTE 2407

CD. PUEBLA, PUE.

MEXICO

TEL. CASA (22) 81 20 94

FAX (22) 35 86 07

TEL. OFICINA (22) 35 87 13

22. GLORIA LUZ PORTALES BETANCOURT

LABORATORIO DE BIOLOGIA DE LA REPRODUCCION

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

CIRCUITO EXTERIOR S/N, CD. UNIVERSITARIA

COL. COYOACAN

DEL. COYOACAN

CD. MEXICO, D.F. C.P. 04510

MEXICO

TEL. CASA 518 2468 / 512 2403

FAX 622 4828

TEL. OFICINA 622 4832

E-MAIL glpb@hp.fciencias.unam.mx

23. HECTOR RANGEL CORDERO

LABORATORIO DE BIOGEOGRAFIA Y SINECOLOGIA
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM
CIRCUITO EXTERIOR, CD. UNIVERSITARIA
COL. COYOACAN
DEL. COYOACAN
CD. MEXICO, D.F. C.P. 04510
MEXICO
TEL. CASA 641 1737
FAX 622 4828
TEL. OFICINA 622 4920

24. PATRICIA ANA REYES GOMEZ LLATA

PITAGORAS 223
COL. NARVARTE
DEL. BENITO JUAREZ
CD. MEXICO, D.F. C.P. 03020
MEXICO
TEL. CASA 639 0385
TEL. OFICINA 551 0029

25. FRANCISCO JAVIER ROMERO MALPICA

AV. EL TORREON 17-E-110
COL. VILLA COAPA
DEL. TLALPAN
CD. MEXICO, D.F. C.P. 14390
MEXICO
TEL. CASA 594 2561
TEL. OFICINA 724 5152

26. ANDREW T. SMITH

ARIZONA STATE UNIVERSITY
DEPARTMENT OF ZOOLOGY
BOX 871501
TEMPE, ARIZONA
USA, 85287-1501
TEL. OFICINA (602) 965 4024
FAX (602) 965 2519
E-MAIL atats@asvm.inre.asu.edu

27. GERARDO TAPIA HERVERT CALDERON

II ORIENTE 2407

AZCARM

PUEBLA, PUE. C.P. 72007

MEXICO

TEL. CASA 91 (22) 81 20 94 / 676 3089

FAX 91 (22) 35 86 07

TEL. OFICINA 91 (22) 35 87 13/8

E-MAIL azcarm@servidor.dgsca.unam.mx

28. CAROLINA VALDESPINO QUEVEDO

8001 NATURAL BRIDGE RD

ST. LOUIS, MISSOURI, ST. LOUIS

USA, 63121

TEL. CASA (314) 645 7242

FAX (314) 516 6233

TEL. OFICINA (314) 516 6688

E-MAIL S969449@umslvma.umsl.edu

29. JULIETA VARGAS CUENCA

INSTITUTO DE BIOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA

A.P. 70-153

CIRCUITO EXTERIOR S/N, CD. UNIVERSITARIA

COL. COYOACAN

DEL. COYOACAN

MEXICO, D.F. C.P. 04510

TEL. CASA 562 8403

FAX 550 0164

TEL. OFICINA 622 5706/04

E-MAIL jvargas@servidor.unam.mx

30. ALEJANDRO VELAZQUEZ MONTES

CRUZ AZUL 14

COL. VILLA LAZARO CARDENAS

DEL. TLALPAN

CD. MEXICO, D.F. C.P. 14370

MEXICO

TEL. CASA 603 0784

FAX 622 4828

TEL. OFICINA 622 4920

E-MAIL avm@hp.fcencias.unam.mx

31. MARIANNE WELLINGTON

E-11376 SHADY LANE RD

ST. BARABON, WI

USA, 53913

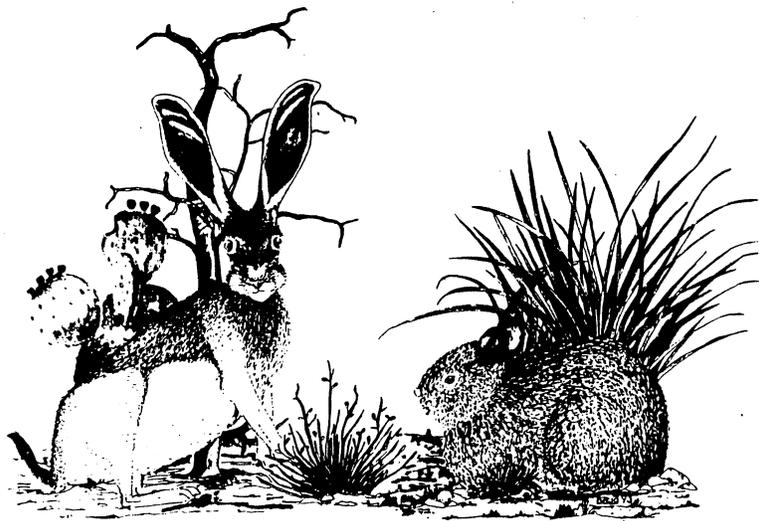
TEL. CASA 1 608 356 6568

FAX 1 608 356 9465

TEL. OFICINA 1 608 356 9462

TALLER INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS LAGOMORFOS MEXICANOS EN PELIGRO DE EXTINCIÓN

11 - 14 de enero de 1996
Universidad Autónoma Metropolitana / Unidad Iztapalapa
Mexico, D.F.



SECCIÓN 7
MATERIALES DE REFERENCIA

CATEGORIAS DE LAS LISTAS ROJAS DE LA UICN

Preparadas por la
Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN

Adoptadas por la
40° Reunión del Consejo de la UICN
Gland, Suiza

30 de Noviembre de 1994

CATEGORIAS DE LAS LISTAS ROJAS DE LA UICN

I) Introducción

1. Las categorías de las especies amenazadas actualmente en uso en los Libros Rojos y Listas Rojas han perdurado, con algunas modificaciones, por casi 30 años. Desde su inicio estas categorías han sido amplia e internacionalmente reconocidas, y se usan ahora en una amplia gama de publicaciones y listados, producidos por la UICN, así como también por numerosas organizaciones gubernamentales y no gubernamentales. Las categorías de los Libros Rojos proveen de un método fácil y ampliamente comprendido para resaltar aquellas especies con mayor riesgo de extinción, para centrar la atención en las medidas de conservación diseñadas para protegerlas.

2. La necesidad de revisar las categorías ha sido reconocida desde hace ya cierto tiempo. En 1984, la CSE organizó un simposio, "El Camino a la Extinción" (Fitter & Fitter 1987) que examinó los problemas clave con algún detalle, y en el que se consideraron una variedad de opciones para un sistema modificado. Sin embargo, no se obtuvo una única propuesta. La fase actual de desarrollo comenzó en 1987 con una solicitud de la Comité Directivo de la CSE para elaborar un nuevo enfoque que pudiera proveer a la comunidad de la conservación de información útil para la planificación de planes acción de conservación.

Se presentan, en este documento, propuestas para nuevas definiciones de las categorías de las Listas Rojas. La finalidad global del nuevo sistema es el de proveer un marco objetivo y explícito para la clasificación de las especies según su riesgo de extinción.

La revisión tiene varios fines específicos:

- proveer un sistema que pueda ser aplicado coherentemente por diferentes personas;
- incrementar la objetividad para proveer a los que utilizan los criterios de una guía clara sobre cómo evaluar los diferentes factores que afectan el riesgo de extinción;
- brindar un sistema por el cual se facilitarán las comparaciones entre taxones sumamente diferentes;
- y proveer a los usuarios de listados de especies amenazadas de mejores elementos de comprensión sobre cómo se clasificó cada especie.

3. Las propuestas presentadas en este documento son el resultado de un proceso continuo de bosquejo de borradores, de consulta y de validación de las mismas. Sin lugar a dudas la producción de un gran número de propuestas preliminares llevó a cierta confusión, especialmente cuando cada borrador fue usado para clasificar algún conjunto de especies con propósitos de conservación. Para clarificar este aspecto, y para abrir el camino a futuras modificaciones -cuando y donde éstas sean necesarias- se utilizó el siguiente sistema de numeración de versiones:

Versión 1.0: Mace & Lande (1991)

Es el primer trabajo en el que se discute una nueva base para las categorías, presentando criterios numéricos especialmente relevantes para grandes vertebrados.

Versión 2.0: Mace *et al.* (1992)

Es una revisión de fondo de la Versión 1.0, que incluye criterios numéricos apropiados para todo tipo de organismos, e introduce las categorías de No Amenazadas.

Versión 2.1: IUCN (1993)

Luego de un amplio proceso de consultas dentro de la CSE, se llevaron a cabo una variedad de cambios fueron hechos sobre puntos específicos de los criterios, y fue incluida una mayor explicación de los principios básicos. Una estructura más explícita aclaraba la importancia de las categorías No Amenazadas.

Versión 2.2: Mace & Stuart (1994)

Luego de comentarios adicionales recibidos y de nuevos ejercicios de validación, se llevaron a cabo algunos cambios menores a los criterios. Además, la categoría de Susceptible presente en las Versiones 2.0 y 2.1 fue integrada a la categoría de Vulnerable. Se puso énfasis en una aplicación prudente del sistema.

Documento final:

Este documento, el cual incorpora cambios resultantes de comentarios de los miembros de la UICN, fue adoptado por el Consejo de la UICN en Diciembre de 1994.

Toda futura lista taxonómica que incluya las categorías debe basarse en esta versión, y no en las previas.

4. En el resto de este documento el sistema propuesto está organizado en varias secciones. La introducción presenta alguna información básica en relación al contexto y a la estructura de la propuesta, y a los procedimientos que deberán seguirse en la aplicación de las definiciones de las especies. Esta introducción va seguida de una sección de definiciones de términos usados. Finalmente se presentan las definiciones de las diferentes categorías, seguidas de los criterios cuantitativos utilizados para la clasificación dentro de las categorías amenazadas. Es importante para el funcionamiento efectivo del nuevo sistema que todas las secciones sean leídas y comprendidas, y que las directivas sean seguidas.

Referencias:

Fitter, R., y M. Fitter, ed. (1987) The road to extinction. Gland, Switzerland: IUCN.

IUCN. (1993) Draft IUCN Red List Categories. Gland, Switzerland

IUCN Mace, G. M. *et al.* (1992) "The development of new criteria for listing species on the IUCN Red List". Species 19: 16-22.

Mace, G. M., y R. Lande. (1991) "Assessing extinction threats: toward a reevaluation of threatened species categories". Conservation Biology 5: 148-157.

Mace, G. M. & S. N. Stuart. (1994) "Draft IUCN Red List Categories, Version 2.2". Species 21-22: 13-24.

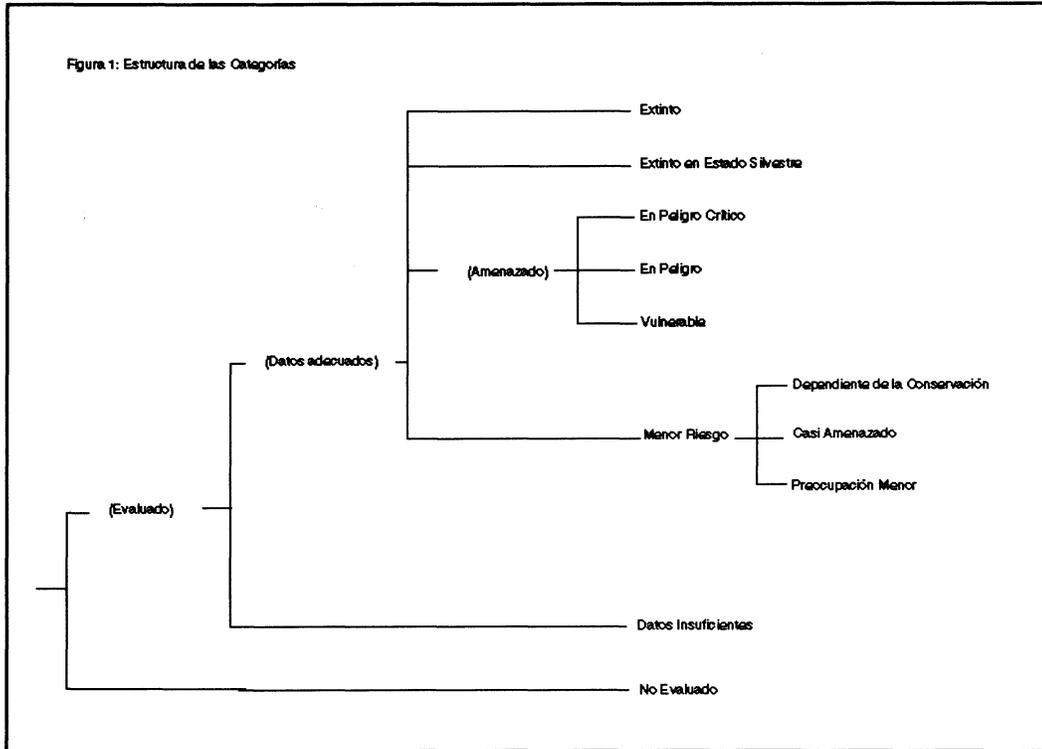
II) Prólogo

Los siguientes tópicos presentan información importante para el uso e interpretación de las categorías (= En Peligro Crítico, En Peligro, etc.), criterios (= A al E), y sub-criterios (= a, b etc., i, ii etc.):

1. **Niveles taxonómicos y alcance del proceso de categorización.** Los criterios pueden ser aplicados a cualquier unidad taxonómica al nivel de especie o inferior. El término "Taxón", en las siguientes anotaciones, definiciones y criterios, es utilizado por conveniencia, y puede representar especies o niveles taxonómicos inferiores, incluyendo formas que no están aún formalmente descritas. Hay suficiente amplitud entre los diferentes criterios como para permitir un listado cabal de taxones de todo el espectro taxonómico, con la excepción de los microorganismos. Los criterios pueden también ser aplicados dentro de cualquier área geográfica o política específica, aunque en tales casos, habría que prestar especial atención al punto 11 que se presenta más adelante. En la presentación de los resultados de la aplicación de los criterios, las unidades y el área en consideración deben hacerse explícitas. El proceso de categorización sólo debe ser aplicado a poblaciones silvestres, dentro de su distribución natural, y a las poblaciones que resultan de introducciones benignas (definidas en el borrador de "Directivas para las Reintroducciones" de la UICN como "...un intento para establecer una especie, con propósitos de conservación, fuera de los lugares registrados de su distribución, pero dentro de un hábitat y área eco-geográfica apropiada").

2. **Naturaleza de las categorías**

Todos los taxones listados como en Peligro Crítico también pueden clasificarse como Vulnerable y en Peligro, y todos los registrados como En Peligro también califican como Vulnerable. El conjunto de estas categorías se describen como "Amenazadas". Las categorías de especies amenazadas constituyen una parte del esquema global. Se podrá ubicar a cualquier taxón en por lo menos una de las categorías (ver Figura 1).



3. Rol de los diferentes criterios

Para poder listar un taxón como en Peligro Crítico, en Peligro o Vulnerable hay un rango de criterios cuantitativos; satisfacer cualquiera de esos criterios califica a un taxón para ubicarlo en dicho nivel de amenaza. Cada especie debe ser evaluada contra cada criterio. Los diferentes criterios (A-E) derivan de una amplia revisión que pretendió detectar los factores de riesgo comunes a un amplio rango de organismos, y a la diversidad de ciclos de vida que ellos exhiben. Si bien algunos de los criterios serán inapropiados para algunos taxones, y para otros nunca serán aplicables los criterios por más cercanos que ellos estén de la extinción, deben existir criterios apropiados para evaluar los niveles de amenaza válidos para cualquier taxón (excepto los microorganismos). El factor relevante para incluir en el listado a una especie en particular es si un criterio cualquier es satisfecho (permitiendo así integrar el listado), y no si todos son apropiados o todos son satisfechos (lo que virtualmente nunca ocurre). Puesto que nunca quedará claro de antemano cual criterio es apropiado para una especie en particular, cada especie debe ser evaluada contra todos los criterios, a aquel(los) criterio(s) que correspondan deben ser citados.

4. Derivación de los criterios cuantitativos

Los valores cuantitativos que se presentan para varios de los criterios asociados a categorías amenazadas fueron desarrollados mediante un amplio proceso de consultas, y se han fijado en niveles que se juzgan como generalmente apropiados, aún cuando no exista una justificación formal para esos valores. Los niveles para los diferentes criterios, dentro de cada una de las categorías, fueron fijados independientemente pero utilizando una norma común. Se trató que entre ellos hubiera amplia compatibilidad. Sin embargo, no debe

esperarse que un determinado taxón satisfaga todos los criterios (A-E) de una categoría; satisfacer uno cualquiera de los criterios es suficiente para incluirlo en la lista.

5. Implicancias del listado

Aunque por razones diferentes, el incluir una especie en las categorías de No Evaluado y Datos Insuficientes está indicando que la evaluación del riesgo de extinción no ha sido llevada a cabo. Hasta que la evaluación sea realizada, las especies que aparezcan en esa categoría no deberían considerarse como si fueran No Amenazadas, y será apropiado (especialmente para las que figuran como con Datos Insuficientes) darles el mismo grado de protección que a los taxones amenazados, por lo menos hasta que su condición pueda evaluarse.

La extinción está aquí considerada como un proceso probabilístico. Así, enlistar una especie en una categoría de alto riesgo de extinción implica una mayor expectativa de que esto suceda y, dentro del período de tiempo especificado, se espera que un mayor número de taxones clasificados dentro de esta categoría puedan extinguirse, que aquellos taxones ubicados dentro de categorías de menor riesgo (sin acciones efectivas de conservación). Sin embargo, la persistencia de algunos taxones listados como de alto riesgo de extinción, no necesariamente significa que su evaluación inicial haya sido incorrecta.

6. Calidad de la Información e Importancia de la Inferencia y la proyección.

Los criterios son de naturaleza claramente cuantitativa. Sin embargo, la ausencia de información de alta calidad no debería ser un freno en los esfuerzos por aplicarlos, ya que se destaca que los métodos que involucran estimaciones, inferencias y proyecciones son aceptables a lo largo de todo el proceso. La inferencia y la proyección pueden estar basadas en la extrapolación a futuro de las amenazas actuales o potenciales, (incluyendo su tasa de cambio), o en factores relacionados con la abundancia de la población o su distribución (incluyendo su dependencia de otros taxones), siempre y cuando éstas puedan ser razonablemente justificadas. Patrones supuestos o inferidos del pasado reciente, del presente o del futuro cercano pueden estar basados en cualquiera de una serie de factores conexos, los cuales deberían especificarse.

Los taxones en situación de riesgo por amenazas de futuros sucesos de baja probabilidad de ocurrencia pero de consecuencias severas (catástrofes) deberían ser identificados por los criterios (por ej. escasa distribución, pocas localidades). Algunas amenazas necesitan ser identificadas en forma particularmente temprana, y las acciones apropiadas deben ser realizadas, porque sus efectos son irreversibles, o casi irreversibles (patógenos, organismos invasores, hibridación).

7. Incertidumbre

Los criterios deberían aplicarse sobre la base de la evidencia disponible acerca del número de taxones, su tendencia y su distribución, dando cabida adecuada a los aspectos estadísticos y a otras incertidumbres. Puesto que rara vez se dispone de datos para toda el área de distribución o población de un taxón, puede ser apropiado el utilizar la información disponible y realizar inferencias inteligentes sobre la condición general del taxón en cuestión. En los casos en que hay una amplia variación en las estimaciones, es legítimo aplicar el principio preventivo y usar la estimación (siempre que sea razonable) que lleve a enlistar en la categoría de mayor riesgo.

Cuando los datos son insuficientes para asignar una categoría (incluyendo la de Menor Riesgo), la categoría "Datos Insuficientes" puede ser asignada. Sin embargo, es importante reconocer que esta categoría indica que los datos son inadecuados para determinar el grado de amenaza con que se enfrenta un taxón, no implicando necesariamente que el taxón esté pobremente estudiado. En los casos en que existen amenazas evidentes a un taxón, por ejemplo, por el deterioro de su único hábitat conocido, es importante intentar

clasificarlo como Amenazado, aún si hubiera poca información directa sobre la condición biológica del taxón en sí mismo. La categoría "Datos Insuficientes" no es una categoría de amenaza, aunque indica la necesidad de obtener más información sobre un taxón para determinar su clasificación más apropiada.

8. Acciones de conservación en el proceso de categorización

Los criterios para las categorías de amenaza están para ser aplicados a un taxón cualquiera sea el grado de acción de conservación que se esté realizando. En los casos en que las acciones de conservación en sí mismas son las que impiden que el taxón satisfaga los criterios de Amenazado, la designación "Dependiente de la Conservación" es apropiada. Es importante destacar en este caso que el taxón requiere acciones de conservación aun cuando no esté clasificado como Amenazado.

9. Documentación

Todas las listas de taxones que incluyan una categorización resultante de estos criterios deberían incluir cuáles son los criterios y sub-criterios que fueron satisfechos. Ninguna inclusión en una lista puede ser aceptada como válida a menos que por lo menos uno de los criterios haya sido satisfecho. Si más de un criterio o subcriterio ha sido satisfecho, entonces cada uno de ellos debe ser listado. Sin embargo, el no mencionar un criterio no necesariamente implicaría que no fue satisfecho. Por lo tanto, si una re-evaluación indica que el criterio documentado ya no está siendo satisfecho, esto no debería resultar en una automática eliminación. Más bien el taxón debería re-evaluarse con respecto a todos los criterios para establecer su condición. Los factores responsables para determinar los criterios, especialmente cuando se utilizan la inferencia y la proyección, deberían por lo menos registrarse por el evaluador, aun cuando ellos no puedan incluirse en listas publicadas.

10. Amenazas y prioridades

La categoría de amenaza no es necesariamente suficiente para determinar prioridades para las acciones de conservación. La categoría de amenaza simplemente provee una evaluación de la probabilidad de extinción en las circunstancias actuales, mientras que un sistema para evaluar prioridades para la acción incluirá muchos otros factores en lo que concierne a las acciones de conservación: costos, logística, posibilidades de éxito, y hasta quizás la unicidad sistemática del taxón.

11. Uso a nivel regional

Los criterios son más apropiados para ser aplicados a taxones completos a una escala global, más que a unidades definidas por límites nacionales o regionales.

Categorías de amenaza basadas en información a escala regional o nacional, las cuales tienen por objeto el incluir a aquellos taxones que están amenazados a los niveles regional o nacional (pero no necesariamente toda su distribución mundial), se pueden utilizar mejor junto con dos elementos claves de información: la categoría de la condición global del taxón, y la proporción de la población o distribución global que se da dentro de la región o nación. Sin embargo, si se aplica a nivel regional o nacional debe aceptarse que una categoría global de amenaza puede no ser la misma que una categoría regional o nacional para un taxón dado. Por ejemplo, taxones clasificados como Vulnerables basados en sus declinación global en abundancia o distribución podrían incluirse dentro de la categoría de Menor Riesgo en una región particular donde sus poblaciones son estables. Viceversa, taxones clasificados globalmente como de Menor Riesgo pueden estar en Peligro Crítico dentro de una región en particular, donde los números son muy pequeños o están en declinación, quizás sólo porque se encuentran en los límites marginales de su distribución global. La UICN se encuentra en el proceso de desarrollo de guías directrices para el uso de categorías de listas rojas nacionales.

12. Re-evaluación

La evaluación de los taxones contra los criterios debería realizarse a intervalos apropiados. Esto es

especialmente importante para taxones clasificados como Casi Amenazados o Dependiente de la Conservación, y para especies amenazadas cuya condición se conoce, o se sospecha, que se esté deteriorando.

13. Cambios entre categorías

Existen reglas que rigen el cambio de taxones de unas categorías a otras. Estas son: (A) Un taxón puede ser cambiado desde una categoría de amenaza alta a una categoría de amenaza menor si ninguno de los criterios de la categoría más alta se ha cumplido por 5 años o más. (B) Si se encuentra que la clasificación original ha sido errónea, el taxón puede ser transferido a la categoría apropiada o eliminado completamente sin demora alguna de la categoría amenazada (sin embargo, ver Sección 9). (C) El cambio de las categorías de riesgo más bajo de amenaza a las categorías de riesgo mayor debería hacerse sin demora.

14. Los problemas de escala

La clasificación basada en los tamaños de distribución geográfica o en los patrones de ocupación del hábitat se complica por problemas de escala espacial. Cuanto más detallada sea la escala con la cual se vuelcan a los mapas las distribuciones o hábitats de los taxones, menor será el área que se evidencia como ocupada. La elaboración de mapas a escala fina revela más áreas en las cuales el taxón no se ha registrado. Es imposible proveer reglas estrictas, y a la vez generales, para elaborar mapas de taxones o sus hábitats; la escala más apropiada dependerá de cada taxón en particular, y del origen y lo exhaustivo de los datos de la distribución. Sin embargo, los umbrales para algunos criterios (p. ej. en Peligro Crítico) requieren la elaboración de mapas a escala fina.

III) Definiciones

1. Población

Se define población como el número total de individuos del taxón. Por razones funcionales, fundamentalmente debido a las diferencias entre formas de vida, los números poblacionales se expresan sólo como números de individuos maduros. En el caso de taxones que dependen obligatoriamente de otro taxón para todo o parte de su ciclo de vida, deberían usarse los valores apropiados para del taxón del que depende.

2. Subpoblación

Las subpoblaciones se definen como grupos distintivos en la población, ya sea geográficamente o por otro criterio, y entre los cuales existen escasos intercambios (típicamente, uno o menos individuos o gametas migratorias exitosas al año).

3. Individuos maduros

El número de individuos maduros se define como el número de los individuos que son capaces de reproducirse, ya sea por evidencia directa, por estimación o por inferencia. Los siguientes puntos deben ser considerados al estimar este valor:

- Cuando una población está caracterizada por fluctuaciones normales o extremas, los valores mínimos de esas fluctuaciones deberían ser usados.

- Esta medida aspira a reflejar los individuos efectivamente capaces de reproducirse, y debería por lo tanto excluir a los individuos que son incapaces de reproducirse en estado silvestre por causas ambientales, de comportamiento, o porque se hallan impedidos por otras causas.

- En el caso de poblaciones con sesgos en los adultos o en la proporción de sexos es apropiado usar estimaciones más bajas para el número de individuos maduros, para compensar por dicho sesgo (p. ej. el tamaño poblacional efectivo estimado).
- Las unidades reproductoras dentro de un mismo clon deberían ser consideradas como individuos, excepto cuando esas unidades son incapaces de sobrevivir solas (p. ej. los corales).
- En el caso de taxones que pierden en forma natural todos o una parte de los individuos maduros en algún momento de su ciclo de vida, la estimación debería hacerse en el momento apropiado, es decir, cuando los individuos maduros están disponibles para la reproducción.

4. **Generación**

La generación puede medirse como la edad media de los progenitores en la población. Esta es mayor que la edad de la primera reproducción, excepto en aquellos taxones en los que los individuos solo se reproducen una vez.

5. **Declinación continua**

Una declinación continua es una declinación (en la extensión de presencia; área de ocupación; área, extensión y/o calidad de hábitat; número de localidades o subpoblaciones; número de individuos maduros) reciente, actual o proyectada al futuro cuyas causas no son conocidas, o no son adecuadamente controladas, y por lo tanto tenderá a continuar a menos que se tomen medidas de remediación. Las fluctuaciones naturales normalmente no se consideran como una declinación continua, pero si se observa una declinación ésta no debería ser considerada como parte de una fluctuación a menos que haya evidencia para ello.

6. **Reducción**

Una reducción (criterio A) es una disminución en el número de individuos maduros de por lo menos la cantidad (%) definido por el período de tiempo (años) especificado, aunque la declinación no necesariamente continúe aun. Una reducción no debería interpretarse como parte de una fluctuación natural a menos que haya evidencia firme para ello. Tendencias descendentes que son parte de fluctuaciones naturales normalmente no se considerarán como reducciones.

7. **Fluctuaciones extremas**

Las fluctuaciones extremas ocurren en ciertos taxones en los que el tamaño de la población o el área de distribución varía amplia, rápida y frecuentemente, típicamente con una variación mayor de un orden de magnitud (p. ej. un incremento o decrecimiento de diez veces).

8. **Severamente fragmentado**

Se considera severamente fragmentado a aquella situación en que los riesgos de extinción, para el taxón, aumentan como resultado de que la mayoría de los individuos se encuentran en subpoblaciones pequeñas y relativamente aisladas. Estas pequeñas subpoblaciones pueden extinguirse, con una reducida probabilidad de recolonización.

9. **Extensión de presencia**

La extensión de presencia se define como el área contenida dentro de los límites continuos e imaginarios más cortos que pueden dibujarse para incluir todos los sitios conocidos, inferidos o proyectados en los que un taxón se halla presente, excluyendo los casos de actividades asociadas al deambular. Esta medida puede excluir a las discontinuidades o disyunciones en las distribuciones generales de los taxones (p. ej. grandes áreas de hábitat obviamente inadecuado) (aunque véase "Área de ocupación"). La extensión de la presencia puede frecuentemente ser medida por un polígono convexo mínimo (el polígono de menor superficie tal que contenga todos los sitios de presencia pero que ninguno de sus ángulos internos exceda los 180 grados).

10. Area de ocupación

El área de ocupación de un taxón se define como el área dentro de su "extensión de presencia" (ver definición) que es ocupada por un taxón, excluyendo los casos de actividades asociadas al deambular. La medida refleja el hecho de que un taxón comúnmente no ocurrirá a través de toda el área de su extensión de presencia, ya que puede, por ejemplo, contener hábitats no viables. El área de ocupación es el área más pequeña esencial para la supervivencia de las poblaciones existentes de un taxón, cualquiera sea su etapa de desarrollo (por ej. los lugares de nidificación colonial, los sitios de alimentación para taxones migratorios). El tamaño del área de ocupación será una función de la escala en que ésta es medida, y debe darse a una escala apropiada para los aspectos biológicos relevantes del taxón. Los criterios incluyen valores en km² y, así para evitar errores en la clasificación, el área de ocupación debería medirse sobre cuadrículas (o unidades equivalente) que sean suficientemente pequeñas (ver Figura 2).

11. Localidad

Se define la localidad como un área geográfica o ecológica discreta en la cual un solo evento (p. ej. contaminación) prontamente afectará a todos los individuos del taxón presente. Una localidad comúnmente, pero no siempre, contiene toda o parte de una subpoblación del taxón, y es típicamente una pequeña proporción del área de distribución total del taxón.

12. Análisis cuantitativo

El análisis cuantitativo se define aquí como la técnica de análisis de la viabilidad poblacional (AVP), o cualquier otra forma de análisis cuantitativo, que estime la probabilidad de extinción de un taxón o población en base al conocimiento del ciclo de vida y a opciones especificadas, con o sin manejo. Al presentarse los resultados de los análisis cuantitativos las ecuaciones estructurales y los datos deberán ser explícitos.

IV) Las categorías¹**EXTINTO (EX)**

Un taxón está Extinto cuando no queda duda alguna que el último individuo existente ha muerto.

EXTINTO EN ESTADO SILVESTRE (EW)

Un taxón está Extinto en Estado Silvestre cuando sólo sobrevive en cultivo, en cautiverio o como población (o poblaciones) naturalizadas completamente fuera de su distribución original. Un taxón se presume extinto en estado silvestre cuando relevamientos exhaustivos en sus hábitats conocidos y/o esperados, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), a lo largo de su distribución histórica, han fracasado en detectar un individuo. Los relevamientos deberán ser realizados en períodos de tiempo apropiados al ciclo de vida y formas de vida del taxón.

EN PELIGRO CRITICO (CR)

Un taxón está en Peligro Crítico cuando enfrenta un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre en el futuro inmediato, según queda definido por cualquiera de los criterios (A a E) de las páginas

Nota: Como se ha hecho con las Categorías de la UICN previas, la abreviatura asignada a cada categoría (entre paréntesis) sigue, en las traducciones a otros idiomas, a nomenclatura inglesa. EX= Extinct; EW= Extinct in the Wild; CR= Critically Endangered; EN= Endangered; VU= Vulnerable; LR= Lower Risk; DD= Data Deficient; NE= Not Evaluated; cd= Conservation Dependent; nt= Near Threatened; lc= Least Concern.

12 y 13.

EN PELIGRO (EN)

Un taxón está En Peligro cuando no está en Peligro Crítico pero está enfrentando un muy alto riesgo de extinción en estado silvestre en el futuro cercano, según queda definido por cualquiera de los criterios (A a D) de las páginas 14 y 15.

VULNERABLE (VU)

Un taxón es Vulnerable cuando no está en Peligro Crítico o En Peligro pero enfrenta un alto riesgo de extinción en estado silvestre a mediano plazo, según queda definido por cualquiera de los criterios (A a E) de las páginas 16 y 17.

MENOR RIESGO (LR)

Un taxón es de Menor Riesgo cuando, habiendo sido evaluado, no satisfizo a ninguna de las categorías de Peligro Crítico, En Peligro, o Vulnerable; y no es Datos Insuficientes. Los taxones incluidos en la categoría de Menor Riesgo, pueden ser divididos en tres subcategorías:

1. **Dependiente de la Conservación (dc).** Taxones que son el centro de un programa continuo de conservación de especificidad taxonómica o especificidad de hábitat, dirigido al taxón en cuestión, de cuya cesación resultaría en que, dentro de un período de cinco años, el taxón califique para alguna de categorías de amenaza antes citadas.
2. **Casi Amenazado (ca).** Taxones que no pueden ser calificados como Dependientes de la Conservación, pero que se aproximan a ser calificados como Vulnerables.
3. **Preocupación Menor (pm).** Taxones que no califican para Dependiente de la Conservación o Casi Amenazado.

DATOS INSUFICIENTES (DD)

Un taxón pertenece a la categoría Datos Insuficientes cuando la información es inadecuada para hacer una evaluación, directa o indirecta, de su riesgo de extinción en base a la distribución y/o condición de la población. Un taxón en esta categoría puede estar bien estudiado, y su biología estar bien conocida, pero se carece de datos apropiados sobre la abundancia y/o distribución. Datos Insuficientes no es por lo tanto una categoría de amenaza o de Menor Riesgo. Al incluir un taxón en esta categoría se indica que se requiere más información, y reconoce la posibilidad que investigaciones futuras mostrarán que una clasificación de amenazada puede ser apropiada. Es importante hacer un uso real de todos los datos disponibles. En muchos casos habrá que tener mucho cuidado en elegir entre Datos Insuficientes y la condición de amenazado. Si se sospecha que la distribución de un taxón está relativamente circunscrita, y si ha transcurrido un período considerable de tiempo desde el último registro del taxón, entonces la condición de amenazado puede estar bien justificada.

NO EVALUADO (NE)

Un taxón se considera No Evaluado cuando todavía no ha sido evaluado en relación a estos criterios.

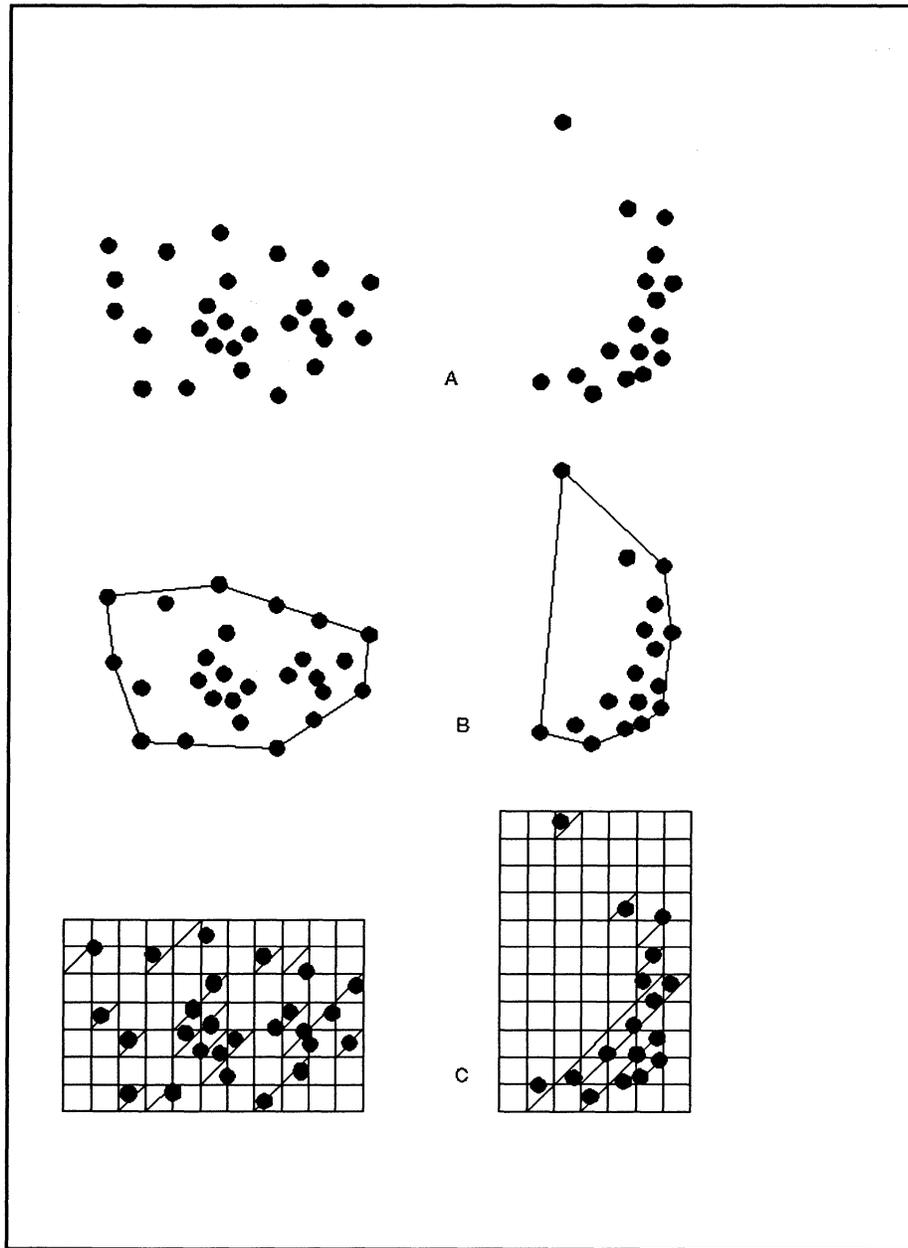


Figura 2:

Dos ejemplos de las diferencias que permiten distinguir entre extensión de presencia y área de ocupación. Los puntos de (a) representa la distribución espacial de las localidades en que se encuentra un taxón en base a la observación, la proyección o la inferencia. En (b) se muestra los posibles límites de la extensión de presencia, la que está dada por la evaluación de la superficie encerrada por dichos límites. En (c) se muestra una medida del área de ocupación que puede ser evaluada como la suma de las celdas de la grilla que están ocupadas.

V) Los criterios para las categorías En Peligro Crítico, En Peligro y Vulnerable

EN PELIGRO CRITICO (CR)

Un taxón está en Peligro Crítico cuando enfrenta un riesgo sumamente alto de extinción en el estado silvestre en un futuro inmediato, como queda definido por cualquiera de los siguientes criterios (A hasta E):

A) Reducción de la población por cualquiera de las formas siguientes:

- 1) Una reducción observada, estimada, o inferida en por lo menos un 80% durante los últimos 10 años o 3 generaciones, seleccionando la que sea más larga, basada en cualquiera de los siguientes elementos, los cuales deben ser especificados:
 - a) observación directa
 - b) un índice de abundancia apropiado para el taxón
 - c) una reducción del área de ocupación, extensión de presencia y/o calidad del hábitat
 - d) niveles de explotación reales o potenciales
 - e) efectos de taxones introducidos, hibridización, patógenos, contaminantes, competidores o parásitos.
- 2) Una reducción en por lo menos un 80% proyectada o que se sospecha será alcanzada en los próximos 10 años o 3 generaciones, seleccionando la que sea más larga, basada en cualesquiera de los puntos (b), (c), (d) o (e) anteriores (los cuales debe ser especificados).

B) Una extensión de presencia estimada como menor de 100 km² o un área de ocupación estimada como menor de 10 km², y estimaciones de que se están dando por lo menos dos de las siguientes características:

- 1) Severamente fragmentado o que se sabe sólo existe en una única localidad.
- 2) En declinación continua, observada, inferida o proyectada, por cualquiera de los siguientes elementos:
 - a) extensión de presencia
 - b) área de ocupación
 - c) área, extensión y/o calidad de hábitat
 - d) número de localidades o subpoblaciones
 - e) número de individuos maduros.

3) Fluctuaciones extremas en cualquiera de los siguientes componentes:

- a) extensión de presencia
- b) área de ocupación
- c) número de localidades o subpoblaciones

C) Población estimada en números menores de 250 individuos maduros y cualquiera de los siguientes elementos:

- 1) En declinación continua estimada en por lo menos un 25% en un período de 3 años o en el tiempo de una generación, seleccionando el que sea mayor de los dos, o

- 2) En declinación continua observada, proyectada, o inferida, en el número de individuos maduros y con una estructura poblacional de cualquiera de las siguientes formas:
 - a) severamente fragmentada (p. ej. cuando se estima que ninguna población contiene más de 50 individuos maduros)
 - b) todos los individuos están en una única subpoblación.
- D) Población estimada en un número menor de 50 individuos maduros.
- E) Un análisis cuantitativo muestra que la probabilidad de extinción en el estado silvestre es de por lo menos el 50% dentro de los siguientes 10 años o 3 generaciones, seleccionando el que sea mayor de los dos.

EN PELIGRO (EN)

Un taxón está EN PELIGRO cuando no está en Peligro Crítico pero encara un riesgo muy alto de extinción en el estado silvestre en el futuro cercano, definido por cualquiera de los criterios siguientes (desde A a E):

- A) Reducción de la población por cualquiera de las formas siguientes:
 - 1) Una reducción por observación, estimación, inferencia o sospecha de por lo menos el 50% durante los últimos 10 años o tres generaciones, seleccionando la que sea más larga, basada en cualquiera de los siguientes elementos (los cuales deben ser especificados):
 - a) observación directa
 - b) un índice de abundancia apropiado para el taxón
 - c) una reducción del área de ocupación, extensión de presencia y/o calidad del hábitat
 - d) niveles de explotación reales o potenciales
 - e) efectos de taxones introducidos, hibridización, patógenos, contaminantes, competidores o parásitos.
 - 2) Una reducción en por lo menos un 50% proyectada o que se sospecha será alcanzada en los próximos 10 años o 3 generaciones, seleccionando la que sea más larga, basada en cualesquiera de los puntos (b), (c), (d) o (e) anteriores (los cuales debe ser especificados).
- B) Una extensión de presencia estimada como menor de 5.000 km² o un área de ocupación estimada como menor de 500 km², y estimaciones de que se están dando por lo menos dos de las siguientes características:
 - 1) Severamente fragmentado o que se sabe sólo existe en no más de cinco localidades.
 - 2) En declinación continua, observada, inferida o proyectada, por cualquiera de los siguientes elementos:
 - a) extensión de presencia
 - b) área de ocupación
 - c) área, extensión y/o calidad de hábitat
 - d) número de localidades o subpoblaciones
 - e) número de individuos maduros.

3) Fluctuaciones extremas en cualquiera de los siguientes componentes:

- a) extensión de presencia
- b) área de ocupación
- c) número de localidades o subpoblaciones
- d) número de individuos maduros

C) Población estimada en números menores de 2.500 individuos maduros y cualquiera de los siguientes elementos:

- 1) En declinación continua estimada en por lo menos un 20% en un período de 5 años o en el tiempo de 2 generaciones, seleccionando el que sea mayor de los dos, o
- 2) En declinación continua observada, proyectada, o inferida, en el número de individuos maduros y con una estructura poblacional de cualquiera de las siguientes formas:
 - a) severamente fragmentada (p. ej. cuando se estima que ninguna población contiene más de 250 individuos maduros)
 - b) todos los individuos están en una única subpoblación.

D) Población estimada en un número menor de 250 individuos maduros.

E) Un análisis cuantitativo muestra que la probabilidad de extinción en el estado silvestre es de por lo menos el 20% dentro de los siguientes 20 años o 5 generaciones, seleccionando el que sea mayor de los dos.

VULNERABLE (VU)

Un taxón es Vulnerable cuando no está en Peligro Crítico o En Peligro pero está enfrentando un alto riesgo de extinción en estado silvestre en el futuro inmediato, definido por cualquiera de los criterios siguientes (A hasta E):

A) Reducción de la población por cualquiera de las formas siguientes:

- 1) Una reducción observada, estimada, o inferida en por lo menos un 20% durante los últimos 10 años o tres generaciones, seleccionando la que sea más larga, basada en cualquiera de los siguientes elementos (los cuales deben ser especificados):
 - a) observación directa
 - b) un índice de abundancia apropiado para el taxón
 - c) una reducción del área de ocupación, extensión de presencia y/o calidad del hábitat
 - d) niveles de explotación reales o potenciales
 - e) efectos de taxones introducidos, hibridización, patógenos, contaminantes, competidores o parásitos.
- 2) Una reducción en por lo menos un 20% proyectada o que se sospecha será alcanzada en los próximos 10 años o 3 generaciones, seleccionando la que sea más larga, basada en cualesquiera de los puntos (b), (c), (d) o (e) anteriores (los cuales debe ser especificados).

- B) Una extensión de presencia estimada como menor de 20.000 km² o un área de ocupación estimada como menor de 2.000 km², y estimaciones de que se están dando por lo menos dos de las siguientes características:
- 1) Severamente fragmentado o encontrado en no más de diez localidades.
 - 2) En declinación continua, observada, inferida o proyectada, por cualquiera de los siguientes elementos:
 - a) extensión de presencia
 - b) área de ocupación
 - c) área, extensión y/o calidad de hábitat
 - d) número de localidades o subpoblaciones
 - e) número de individuos maduros.
 - 3) Fluctuaciones extremas en cualquiera de los siguientes componentes:
 - a) extensión de presencia
 - b) área de ocupación
 - c) número de localidades o subpoblaciones
 - d) número de individuos maduros
- C) Población estimada en números menores de 10.000 individuos maduros y cualquiera de los siguientes elementos:
- 1) En declinación continua estimada en por lo menos un 10% en un período de 10 años o en el tiempo de tres generaciones, seleccionando el que sea mayor de los dos, o
 - 2) En declinación continua observada, proyectada, o inferida, en el número de individuos maduros y con una estructura poblacional de cualquiera de las siguientes formas:
 - a) severamente fragmentada (p. ej. cuando se estima que ninguna subpoblación contiene más de 1.000 individuos maduros)
 - b) todos los individuos están en una única subpoblación.
- D) Población muy pequeña o restringida en la forma de cualquiera de las siguientes dos condiciones:
- 1) Población estimada en números menores de 1.000 individuos maduros.
 - 2) La población está caracterizada por una aguda restricción en su área de ocupación (típicamente menor a 100 km²) o en el número de localidades (típicamente menos de 5). De esta forma dicho taxón tiene posibilidades de ser afectado por las actividades humanas (o por eventos estocásticos, cuyo impacto es agravado por el hombre) dentro de un período de tiempo muy corto en un futuro impredecible, y así llegaría a estar en Peligro Crítico o aún Extinto en un tiempo muy breve.
- E) Un análisis cuantitativo muestra que la probabilidad de extinción en el estado silvestre es de por lo menos el 10% dentro de los siguientes 100 años.

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,

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 pencillata* (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:

HETEROSIS 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