

**El Manejo del Ciervo Axis (*Cervus axis*)
En La Residencia Presidencial de Colonia-Uruguay**

**Uruguay
2-6 August 1997**



Sponsored By
Presidencia de la República Oriental del Uruguay
Y la Dirección General de Recursos Naturales Renovables (RENARE)
Del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP)

In Collaboration With
The Conservation Breeding Specialist Group IUCN/SSC/CBSG



**El Manejo del Ciervo Axis (*Cervus axis*)
En La Residencia Presidencial de Colonia-Uruguay**

**Uruguay
2-6 August 1997**

Sponsored By
Presidencia de la República Oriental del Uruguay
Y la Dirección General de Recursos Naturales Renovables (RENARE)
Del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP)

In Collaboration With
The Conservation Breeding Specialist Group IUCN/SSC/CBSG

A contribution of the IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group.

Supporting institutions: Presidencia de la República Oriental del Uruguay y la Dirección General de Recursos Naturales Renovables (RENARE) del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP).

**Participant institutions:
Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable
Instituto de Biología de la Facultad de Ciencias**

Photos courtesy of Dra. Susana Gonzalez, Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable.

Gonzalez, S. and U. S. Seal (eds.). 1997. El Manejo del Ciervo Axis (*Cervus axis*) En La Residencia Presidencial de Colonia-Uruguay. IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group: Apple Valley, MN.

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

Conservators (\$10,000 and above)

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

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

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

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

Allwetter Zoo Munster
African Safari
Audubon Zoological Gardens
Bristol Zoo
Burgers' Zoo
Caldwell Zoo
Calgary Zoo
Chester Zoo
Cologne Zoo
Copenhagen Zoo
Currumbin Sanctuary
Detroit Zoological Park
El Paso Zoo
Federation of Zoological Gardens of Great Britain and Ireland
Fort Wayne Zoological Society
Fort Worth Zoo
Gladys Porter Zoo
Greater Los Angeles Zoo Association
Houston Zoological Garden
Indianapolis Zoological Society
International Aviculturists Society
Jacksonville Zoological Park
Japanese Association of Zoological Parks & Aquariums
Jersey Wildlife Preservation Trust
Living Desert
Marwell Zoological Park
Milwaukee County Zoo
Metro Washington Park Zoo
NOAHS Center
North Carolina Zoological Park

Oklahoma City Zoo

Paignton Zool. & Botanical Gardens
Parco Natura Viva Garda Zool. Park
Perth Zoo
Phoenix Zoo
Pittsburgh Zoo
Royal Zoological Society of Antwerp
Royal Zoological Society of Scotland
Royal Zool. Society of South Australia
San Antonio Zoo
San Francisco Zoo
Schonbrunner Tiergarten
Sedgwick County Zoo
Sunset Zoo (10 year commitment)
Taipei Zoo
Territory Wildlife Park
The WILDS
Union of German Zoo Directors
Urban Services Dept. of Hong Kong
Wassenaar Wildlife Breeding Centre
Wellington Zoo
Wilhelma Zoological Garden
Woodland Park Zoo
Yong-In Farmland
Zoo Atlanta
Zool. Parks and Gardens Board of Victoria
Zurich Zoological Garden

Stewards (\$500-\$999)

Aalborg Zoo
Arizona-Sonora Desert Museum
Auckland Zoo
Banham Zoo
Camperdown Wildlife Center
Cotswold Wildlife Park
Dickerson Park Zoo
Dutch Federation of Zoological Gardens
Erie Zoological Gardens
Fota Wildlife Park
Givskud Zoo
Granby Zoo
Great Plains Zoo
Hamilton Zoo
Knoxville Zoo
Lincoln Park Zoo
Nat. Zool. Gardens of South Africa
Odense Zoo
Paradise Park
Prudence P. Perry
Riverbanks Zoological Park
Rolling Hills Ranch (5 year commitment)
Rostock Zoo
Rotterdam Zoo
The Zoo, Gulf Breeze, FL
Thrigby Hall Wildlife Gardens
Tierpark Rheine
Twycross Zoo
World Parrot Trust
Zoo de la Casa de Campo-Madrid
Zoological Society of Wales
Zoologischer Garten Frankfurt

Curators (\$250-\$499)

Emporia Zoo
Orana Park Wildlife Trust
Marie and Edward D. Plotka
Racine Zoological Society
Roger Williams Zoo
The Rainforest Habitat
Topeka Zoological Park

Sponsors (\$50-\$249)

African Safari
Alameda Park Zoo
Shigeharu Asakura
Apenheul Zoo
Belize Zoo
Brandywine Zoo
Sherman Camp
Claws 'n Paws Wild Animal Park
Darmstadt Zoo
Elaine M. Douglass
Endangered Wildlife Trust
Exotarium
Hancock Wildlife Research Center
Marvin Jones
Kew Royal Botanic Gardens
Lisbon Zoo
Miller Park Zoo
National Aviary in Pittsburgh
National Birds of Prey Centre
Jean H. Nudell
Steven J. Olson
PAAZAB
Palm Beach Zoo at Dreher Park
Potter Park Zoo
Safari Parc de Peaugres
Teruku Shimizu
Tokyo Zoological Park Society
Touro Parc-France

Supporters (\$25-\$49)

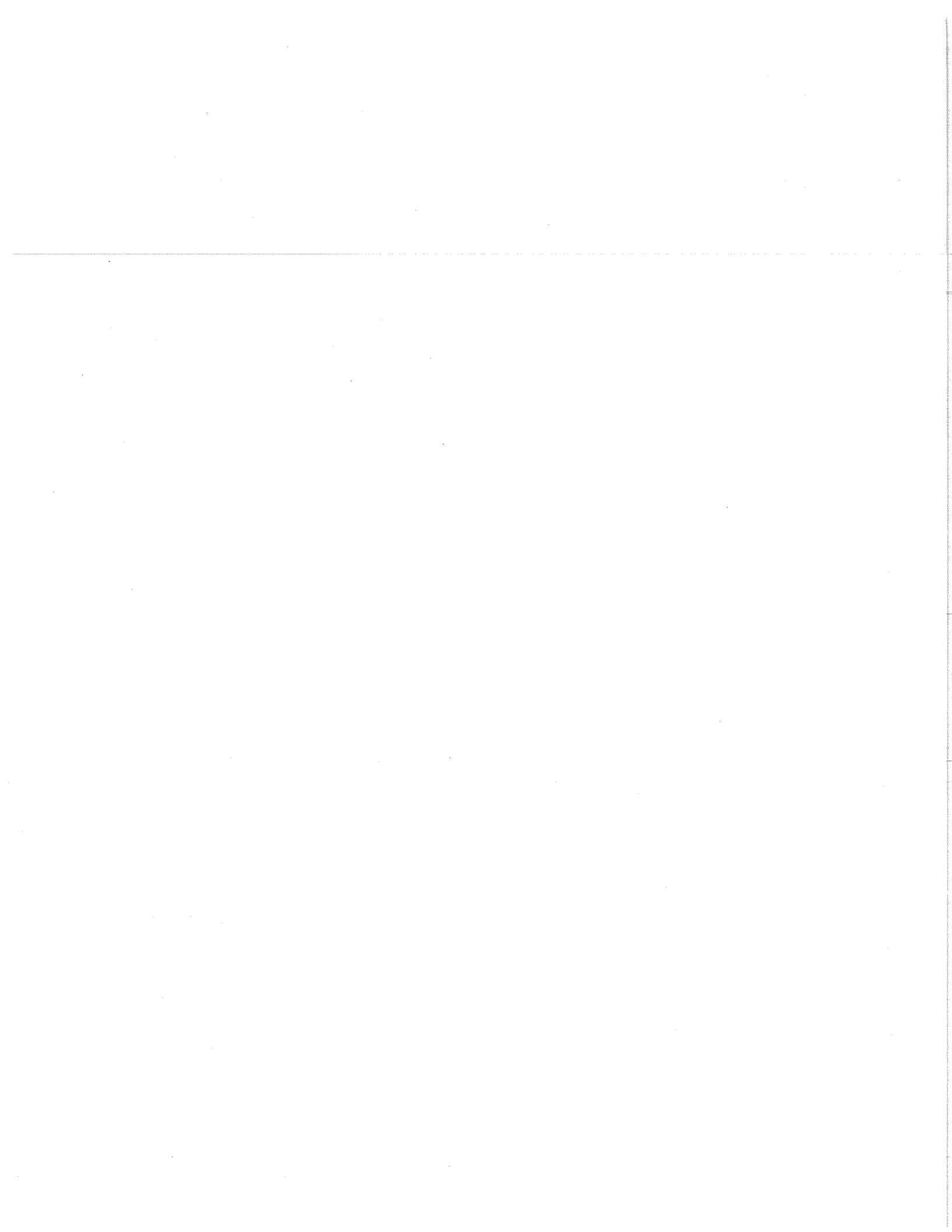
American Loricinae Conservancy
Folsom Children's Zoo & Botanical Garden
Jardin aux Oiseaux
Lee Richardson Zoo
Memphis Zoo
Natur- u. Artenschutz in den Tropen
Oglebay's Good Children's Zoo
Tautphaus Park Zoo

12 December 1997

**El Manejo del Ciervo Axis (*Cervus axis*)
En La Residencia Presidencial de Colonia-Uruguay**

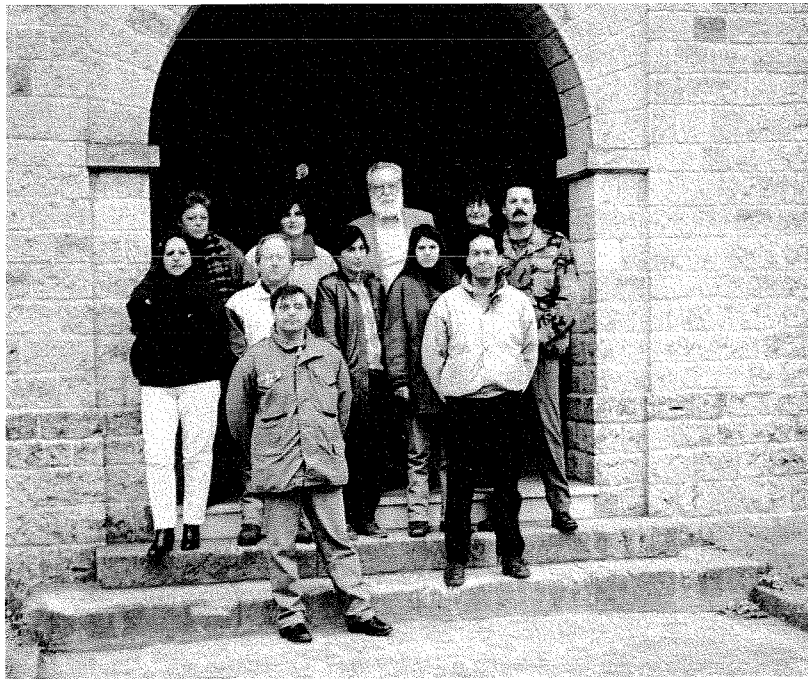
Table of Contents

Resumen Ejecutivo Participants List Recomendaciones	Section I
Recreación Hábitat Control de Danos	Section II
Viabilidad Necesidades de Manejo	Section III
Modelos de Simulación Poblacional de Axis axis	Section IV
Recomendaciones Para El Manejo Del Ciervo Axis (<i>Cervus axis</i>) En La Residencia Presidencial de Colonia-Uruguay	Section V



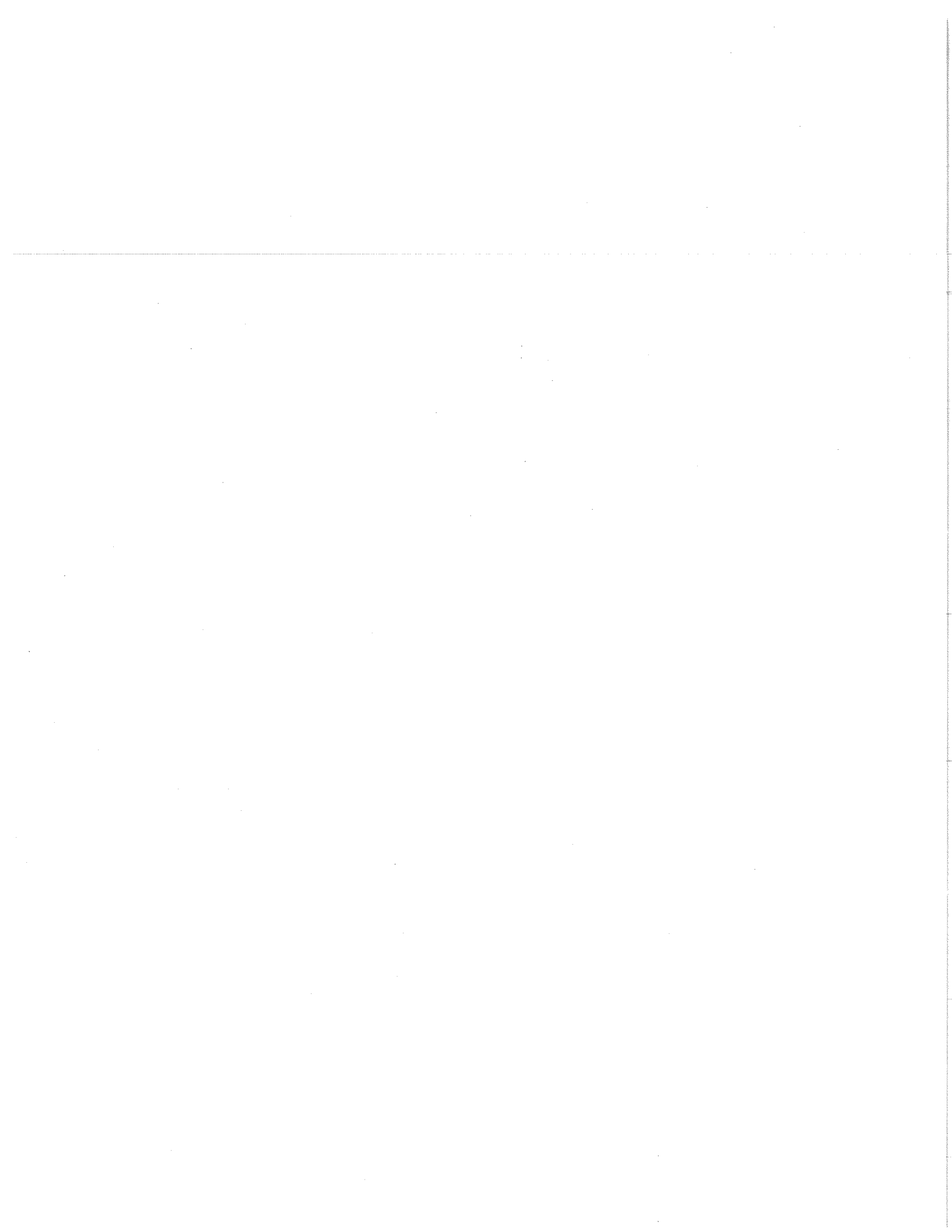
**El Manejo del Ciervo Axis (*Cervus axis*)
En La Residencia Presidencial de Colonia-Uruguay**

**Uruguay
2-6 August 1997**



**Resumen Ejecutivo
Participants List
Recomendaciones**

Section I



RESUMEN EJECUTIVO

SITUACION ACTUAL DEL CIERVO AXIS DEL PARQUE ANCHORENA

El ciervo axis del Parque Anchorena- Colonia, fue introducido en la primera mitad del presente siglo por el Sr. Aarón de Anchorena. De un número no determinado de individuos fundadores, la población tuvo un crecimiento explosivo. Actualmente los ciervos ocupan un área de 245 ha. dentro de las 1370 ha. del establecimiento. La población se mueve libremente en la propiedad y se alimenta de la vegetación nativa e introducida, produciendo una importante depredación de la plantación de árboles de diferentes especies del arboretum. Aproximadamente un 70% de los árboles que se plantaron en los últimos 15 años son destruidos por los ciervos: por ramoneo, por frotado de las astas o como resultado del pisoteo. Paralelamente la dispersión de los ciervos a áreas externas al Parque puede significar un peligro potencial tanto para la flora como para la fauna nativa.

La situación ha llegado a un punto crítico por lo que se consideró que es necesario instrumentar un programa que atenúe o elimine los daños que producen los ciervos en el arboretum.

Para poder realizar un manejo racional de la población del ciervo axis y del arboretum, la Presidencia de la República del Uruguay a través de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables (RENARE) del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca han solicitado asesoramiento a expertos nacionales e internacionales.

Con ese propósito, el pasado 24 de junio visitó el Parque Anchorena el Dr. Christen Wemmer, Director del Grupo Especialista de Ciervos de UICN y Director del "Conservation and Research Center- National Zoological Park" del Instituto Smithsonian de EE.UU., con amplia experiencia en investigación, manejo y conservación de ciervos. El Dr. Wemmer ha trabajado en sitios donde el Axis es nativo, como India y Sri Lanka

El consultor visitante junto con los profesionales y técnicos de la División Fauna de la RENARE, Dr. Jorge Cravino, Dr. Marcel Calvar, Dra. María de los Angeles Berruti, Dra. Nibia Fontana y Tec. Juan Carlos Poetti, realizaron la primera parte del asesoramiento. También participaron la Dra. Susana González del Instituto de Investigaciones Biológicas "Clemente Estable" y Coordinadora Regional de América del Grupo Especialista de Ciervos de la UICN, el Lic. Mariano Merino Coordinador del Grupo Especialista de Ciervos de la UICN para Argentina y los Biólogos del Instituto de Biología de la Facultad de Ciencias Prof. Lic. Federico Achaval, Lic. Mariana Cosse, Lic. Silvia Villar y el Bach. Alejandro Marquez.

El trabajo efectuado consistió en la realización de censos

para estimar el tamaño de la población y su estructura demográfica (proporción de sexos y distribución de edades). Se examinó el impacto de la población en el área del Parque, se discutieron métodos de control con la Ing. Agr. Gabriela Fripp encargada del área forestal y el Mayor José González Stalker Jefe del Establecimiento Parque Anchorena y se recomendaron acciones apropiadas para resolver el problema.

Entre el 2 y 6 de Agosto visitó el Uruguay el Dr. Ulysses S. Seal Director del Grupo Especialista de Conservación y Cría de la UICN con el objetivo de finalizar el asesoramiento solicitado. El Dr. Seal tiene una amplia experiencia científica, ha publicado más de 260 artículos en revistas científicas y cerca de 70 capítulos en libros especializados. En materia de conservación ha realizado asesoramientos y talleres internacionales de especies en el hábitat natural y en cautiverio. Fue la tercera vez que visitó el Uruguay. La primera ocasión fue en 1993 para conducir el TALLER DE CONSERVACION DEL VENADO DE CAMPO. En la segunda oportunidad en Abril de 1997, participó como docente del curso "Conservación de Recursos Genéticos" de Postgrado del PEDECIBA-BIOLOGIA.

En su visita al Parque Anchorena brindó asistencia para el análisis de la estructura de la población de ciervos mediante modelos computacionales. Esto permitirá determinar el número de ejemplares que puede sostener el área del Parque sin producir interferencias con el desarrollo del arboretum. Además se establecerá el número excedente, las medidas para minimizar la expansión de esta especie exótica fuera del área (porque puede ocasionar perjuicios en la fauna y flora nativa) y los métodos para la protección del arboretum.

Los resultados de esta consultoría serán redactados en un documento que establezca las bases para poder manejar con criterio científico la población de ciervo axis del Parque Anchorena.

PARTICIPANTS LIST

Prof. Lic. Federico Achaval
Sección Zoología Vertebrados del
Instituto de Biología de la Facultad de Ciencias
Tristán Narvaja 1674
Montevideo 11200
URUGUAY

Dra. María de los Angeles Berruti
División Fauna RENARE
Cerrito 318
Montevideo 11000
URUGUAY

Dr. Marcel Calvar
División Fauna RENARE
Cerrito 318
Montevideo 11000
URUGUAY

Dr. Jorge Cravino
División Fauna RENARE
Cerrito 318
Montevideo 11000
URUGUAY

Lic. Mariana Cosse
Instituto de Biología de la Facultad de Ciencias
Tristán Narvaja 1674
Montevideo 11200
URUGUAY

Dra. Nibia Fontana
División Fauna RENARE
Cerrito 318
Montevideo 11000
URUGUAY

Ing. Agr. Gabriela Fripp
Encargada del Area Forestal
Parque Presidencial Anchorena
Colonia
URUGUAY

Mayor José González Stalker
Jefe del Establecimiento
Parque Presidencial Anchorena
Colonia
URUGUAY

Dra. Susana González
División Citogenética
Instituto de Investigaciones
Biológicas Clemente Estable
Av. Italia 3318
Montevideo 11 600
URUGUAY

Bach. Alejandro Marquez
Instituto de Biología de la Facultad de Ciencias
Tristán Narvaja 1674
Montevideo 11200
URUGUAY

Lic. Mariano Merino
Estación de Cría de Animales Silvestres
CC 129 Villa Elisa
Buenos Aires
ARGENTINA

Tec. Juan Carlos Poetti
División Fauna RENARE
Cerrito 318
Montevideo 11000
URUGUAY

Dr. Ulysses S. Seal
Director del Grupo Especialista de
Cría y Conservación de la UICN
12101 Johnny Cake Ridge Road
Apple Valley
MN 55124-8151
USA

Lic. Silvia Villar
Instituto de Biología de la Facultad de Ciencias
Tristán Narvaja 1674
Montevideo 11200
URUGUAY

Dr. Christen Wemmer
Director del Grupo Especialista
de Ciervos de UICN
Smithsonian Institution
National Zoological Park
Conservation and Research Center
1500 Remount Road
Front Royal,
Virginia 22630
USA

RECOMENDACIONES

-Establecer un grupo multidisciplinario (comité de asesoramiento), para el desarrollo del plan de manejo, asistencia y análisis. Este grupo también debe evaluar los resultados del mismo.

-Mantener de la manada mayor un grupo de 150 +- 30 ejemplares respetando la cohesión social, estudiando y manejando la estructura de edades y sexos, para lograr una población estable.

-Realizar un seguimiento que determine los parámetros biológicos de esta población y que permita establecer un plan de manejo a largo plazo.

-Continuar protegiendo las nuevas plantaciones forestales, por un período adecuado (cinco a siete años), que les permita sobrevivir sin ser afectadas.

-Instrumentar investigaciones para determinar la capacidad de carga y el uso del hábitat.

-Colectar información biológica de cada animal que sea removido.

-Evaluar la experiencia de los visitantes luego de efectuado el proceso de reducción por un período de un año.

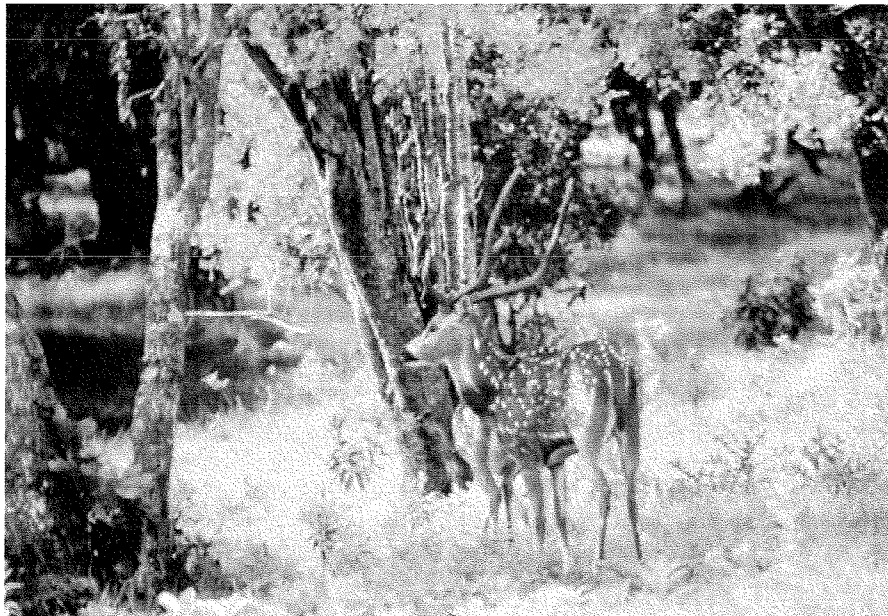
-Evaluar la efectividad de los diferentes métodos de protección de las plantaciones forestales.

-En caso de resolver implementar un plan de manejo del ciervo axis, es importante asegurar fondos para que éste se desarrolle de la forma adecuada.

-Utilizar la presencia en el Parque del ciervo axis para llamar la atención del visitante sobre los cérvidos nativos y sus ambientes.

**El Manejo del Ciervo Axis (*Cervus axis*)
En La Residencia Presidencial de Colonia-Uruguay**

**Uruguay
2-6 August 1997**



**Recreación
Hábitat
Control de Danos**

Section II

RECREACIÓN

En la actualidad el Parque Anchorena representa uno de los destinos turísticos elegido tanto por uruguayos como por extranjeros. Según datos recabados en los últimos años se ha recibido un número de visitantes que oscila entre 12.000 y 16.000, alcanzando un máximo de concurrencia en los meses de octubre y noviembre. Dentro de este público se destaca particularmente un número importante de escolares y docentes a quienes se les imparte conceptos sobre educación ambiental, cumpliendo con esto la voluntad expresada por Aarón de Anchorena en su legado.

El ciervo axis *Cervus axis* se ha tornado en un símbolo del establecimiento. Las encuestas realizadas al público han demostrado que un alto número de visitantes (70%) expresó que visualizar grandes manadas de ejemplares de la especie era uno de los principales atractivos, en segundo orden de importancia después de la mansión presidencial.

Dentro de este contexto en el grupo de trabajo se manifestaron diferentes opiniones.

Una de ellas sería mantener un número acotado de ejemplares que posibilite su visualización, resaltando simultáneamente otros valores naturales, tales como diferentes especies de aves nativas y exóticas. En este sentido se podría destacar la existencia de una especie, también introducida por Aarón de Anchorena, como la charata *Ortalis canicollis*, que se ha desarrollado en un área circunscrita del Parque, sin haberse dispersado en el mismo o a zonas aledañas de monte indígena. Asimismo sería deseable enfatizar sobre la diversidad de especies de flora autóctona y exótica presente, ya que el Parque representa el segundo arboretum del país.

La segunda opinión manifestada se centró en la importancia de contar con grandes rebaños que faciliten la observación por parte del turista, colmando una de las mayores expectativas de su visita.

Para lograr este objetivo es necesario contar con conocimientos más acabados sobre el comportamiento de la especie. De tal forma es menester poder determinar el número mínimo de ejemplares, que cumpla con el requisito de ser visible durante el trayecto guiado, compatibilizando la coexistencia de la especie con la supervivencia de los árboles jóvenes que constituirían el renuevo de la colección, factor principal de afectación botánica.

Teniendo en cuenta la conducta gregaria de la especie es factible la observación de grupos numerosos. En caso de constatarse una pérdida en la visibilidad de individuos, podría experimentarse con el uso de suplementos alimenticios de aceptada palatabilidad, ubicados en lugares estratégicos que contribuiría a la congregación de un número importante de animales, posibilitando el objetivo de facilitar la observación. Esta práctica aumentaría la disponibilidad de recursos humanos y económicos, que debería evaluarse.

A pesar de ser una especie exótica y que en la actualidad es un elemento de afectación del Parque, se debe resaltar en ella sus valores estéticos. Sin duda, es una de las pocas especies de cérvidos que conserva las manchas blancas en el pelaje durante toda su vida, lo cual le confiere una singular belleza. Otro elemento que refuerza lo antedicho es el tamaño de la cornamenta de los machos adultos, que le otorga una elegancia particular y que permite reconocer al visitante, las diferencias entre sexos.

La preferencia del público radicaría en que su observación durante la visita podría ser la única oportunidad de experimentar la visualización de esta especie en el medio silvestre, tanto en un área pública como privada. La posibilidad de observación de mamíferos silvestres de gran porte en espacios naturales en nuestro país, es remota.

La recreación debe transmitir nociones de índole educativa al visitante. Por lo tanto, el explicar la historia de introducción, el comportamiento y el desarrollo de la especie, debe conllevar una información más exhaustiva. Por ejemplo, se debe remarcar el carácter exótico de la especie, en un ambiente exótico, no representativo de los ecosistemas naturales del Uruguay. Asimismo debería aumentarse el conocimiento acerca de los ciervos autóctonos. Partiendo de esto, es conveniente dar a conocer la extinción de nuestro mayor cérvido, el *Blastocerus dichotomus*, ciervo de los pantanos, típico de ambientes de humedales. Así también diferenciarlo del *Mazama gouazoubira*, guazú-birá, relativamente abundante en el monte serrano. Por último destacar la importancia de la conservación de la especie más vulnerable y en riesgo de extinción del país, el *Ozotoceros bezoarticus*, venado de campo, que otrora fuera el herbívoro más abundante de nuestras praderas y que a pesar de haber sido declarado mediante decreto como "Monumento Natural", no cuenta aún con el merecido reconocimiento de patrimonio natural y cultural que representa. Esta forma didáctica impartida al público, crearía un espacio de concientización de la importancia de una especie, seguramente desconocida por nuestro pueblo.

De esta forma el Parque cumpliría un rol educativo relevante, al tiempo de conocer y disfrutar de la belleza de las diferentes especies de fauna y flora, en un ámbito paisajístico singular. Por lo tanto se recomienda la elaboración de un folleto que contenga además de la información existente, otros conceptos como los anteriormente reseñados, que resalten los valores ecológicos y estéticos del lugar.

Hábitat

El ciervo axis es una especie de los márgenes de los bosques, del ecotono entre bosques y praderas. Utiliza los pastizales para alimentarse y los bosques para refugio, descanso y ramoneo.

La carencia de información de esta población hace necesario instrumentar investigaciones para determinar la capacidad de carga por lo menos durante dos años completos. La metodología que recomienda el Dr. Chris Wemmer brindará información de la variación estacional de la oferta alimenticia. Es necesario obtener datos de la preferencia alimenticia en relación a la oferta disponible.

En estos momentos no se pueden efectuar recomendaciones acerca de si es necesario incrementar en sitios específicos las pasturas o mejorarlas, o adicionarse alimentación atractiva, en áreas determinadas para aumentar la visibilidad de los ciervos para los visitantes.

El conocimiento de la capacidad de carga permitirá asesorar también si hay que realizar ajustes a la cuota de extracción anual.

Otras investigaciones complementarias son etológicas. Estas permitirán conocer el comportamiento de los ejemplares en el área del Parque, hábitos de agregación y patrones de dispersión discriminado por sexos. Para determinarlos deberán marcarse algunos ejemplares con collares (20-30 hembras y 10 machos). Esta información permitirá conocer el área real que utilizan los ciervos en el Parque. Otros métodos indirectos para conocer el uso del area real son búsqueda de huellas y fecas.

CONTROL DE DAÑOS

En el momento algunas medidas de control de los daños al arboretum se estan aplicando como proteger árboles individuales, en algunos casos también áreas seleccionadas y caza de control para evitar daños en los cultivos agrícolas (maíz, cebada).

Es necesario considerar que para atenuar los daños que producen los ciervos deben tomarse también medidas para reducir el número de ejemplares. Sin embargo es necesario destacar que aunque esta se lleve a cabo, deben tomarse medidas para proteger los árboles, dado que mientras hayan ciervos existe la posibilidad de predación. Para eliminarla totalmente la única medida es remover la población de ciervos.

Se han recomendado diferentes métodos para implementarse:

- 1) Continuar protegiendo las nuevas plantas por un período adecuado (5 a 7 años) que les permita sobrevivir sin ser afectadas por los ciervos.

Esta solución tiene ventajas pero requiere de una labor intensiva.

- 2) Seleccionar áreas de mayor tamaño (10 ha.) para excluir de los ciervos. Esta solución va a requerir de un cercado de 3 metros de alto mínimo pero tiene ventajas porque se podrían cultivar un número importante de ejemplares y especies.

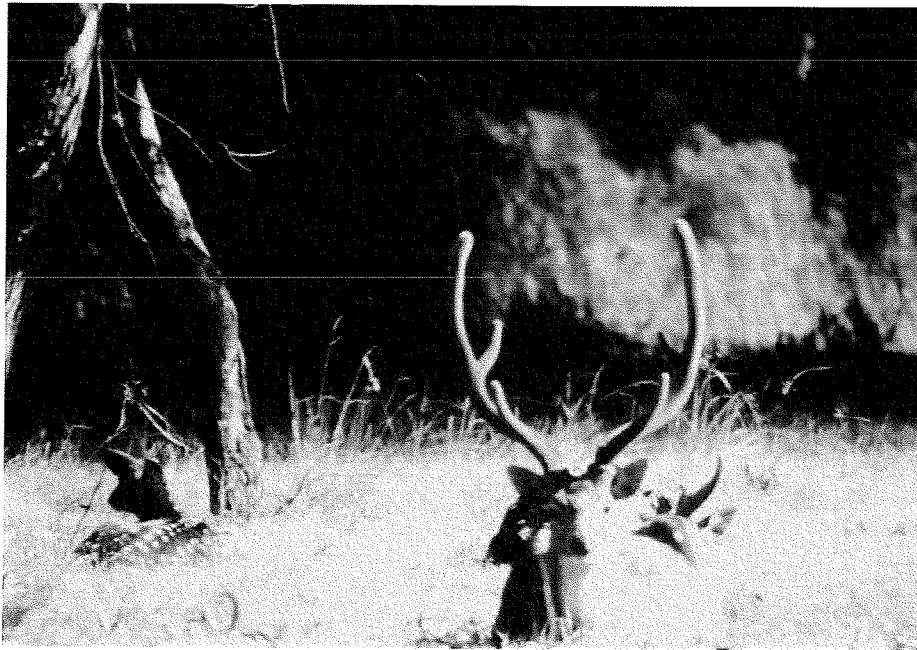
- 3) Considerar mejorar o aumentar hábitat disponible para los ciervos.

- 4) Dividir el Parque en dos por un período de 10 a 15 años en forma rotativa, en la que se excluyan los ciervos y otra para las plantaciones de árboles. Esta alternativa tiene que ser cuidadosamente analizada los costos y la viabilidad. Un análisis de las ventajas y desventajas fue detallada cuidadosamente en el informe presentado por el Dr. Chris Wemmer.

Cualquiera de los métodos que se seleccionen tienen un costo económico que deberá ser evaluado y contar con un presupuesto para poder implementarse en los próximos 20 años. También es importante aclarar que pueden seleccionarse en forma combinada de acuerdo a las necesidades y disponibilidades.

**El Manejo del Ciervo Axis (*Cervus axis*)
En La Residencia Presidencial de Colonia-Uruguay**

**Uruguay
2-6 August 1997**



**Viabilidad
Necesidades de Manejo**

Section III



VIABILIDAD

El tamaño poblacional a seleccionar como meta es el resultado de considerar varios factores como, recreación (facultad de proveer experiencias recreativas al visitante; facilidad de visualización); hábitat (calidad y cantidad disponible); daños (nivel aceptable) y viabilidad (capacidad de la población de persistir o mantenerse o al menos, no desaparecer al cabo de un cierto período, que suele establecerse en cien años).

A su vez, la viabilidad de la población tiene relación de dependencia con respecto a los niveles aceptados de oportunidades de recreación, calidad y cantidad de hábitat disponible y nivel de daño.

El planteo inicial ha sido que nos enfrentamos a un tamaño poblacional que esta ocasionando daños a un determinado bien (el Parque) y por tanto, una de las opciones de manejo resulta ser disminuir el tamaño de la población de ciervos. No se trata de una acción excluyente ya que los daños también pueden disminuirse proveyendo protección particular para los árboles.

Se han propuesto entonces diversos tamaños de población, manejando diferentes criterios. Se hubo partido del tamaño poblacional actual o en todo caso, de la estimación más aceptada del tamaño de la población actual, que se ha adoptado como el número máximo de ejemplares contados. Se entiende, a partir de sucesivas acciones de censado, que el tamaño poblacional sería de 300 ejemplares.

Una de las propuestas plantea reducir la población a la mitad de su tamaño actual, con lo cual se entiende que los daños se estarían reduciendo en igual proporción. Sin embargo, se consideró, al discutir esta propuesta, que en la realidad el nivel de daño si bien sería directamente proporcional al tamaño de la población, no respondería a una escala similar. Esto significa que reducir en un 50% la población no resulta en un descenso del 50% en el nivel de daños.

Otra propuesta tuvo en consideración, a partir de datos extraídos de otras poblaciones de cérvidos, que el tamaño poblacional puede duplicarse en cinco años en condiciones favorables. Atendiendo a ésto, se propuso llegar a un tamaño poblacional de cien ejemplares, con lo cual en cinco años se llegaría a doscientos, cifra menor al tamaño poblacional actual y por tanto supuestamente con un menor nivel de daño asociado. Esta disponibilidad de tiempo para adoptar decisiones permitiría coleccionar datos biológicos de valor para el manejo a largo plazo.

Otra propuesta resultó mantener el grupo o manada mayor, integrado por unos ciento cincuenta ejemplares y eliminar los grupos menores. Concomitantemente se proponía comprobar la existencia de una buena estructura de edades y sexo en la manada. Se recomendó además experimentar si fuera necesario, la adopción de medidas que aseguren la observación de los animales, tales como la provisión, en sitios abiertos, de bloques de sales minerales, melazas, frutas, heno o cualquier otro producto que se probara atrayente para los ciervos.

Se propuso también mantener el tamaño poblacional actual entendiendo que se desconoce el nivel de extracción por caza que viene ocurriendo en los últimos tiempos. Se fundamentó esta

propuesta en que el número actual de ciervos es visible por los visitantes y que cualquier acción de remoción podría tener consecuencias políticas indeseables y paralelamente, podría ocasionar un drástico declinación poblacional, eliminando entonces la facilidad de observación.

Por ultimo cinco criterios deben tenerse en cuenta para definir el tamaño poblacional adecuado:

- 1) **Genéticos:** Para mantener un 90% de la diversidad genética en la población en los próximos cien años.
- 2) **Demográficos:** Mantener una estructura estable de edades.
- 3) Disponer de una capacidad de 95% para recuperarse de una catástrofe que reduzca al 50% la población.
- 4) Presentar un riesgo de extinción de 1% en los próximos cien años.
- 5) Definir el período de tiempo durante el que se desea que la población permanezca. Por ejemplo, suele aceptarse cien años.

Necesidades de Manejo

-El equipo de expertos nacionales junto con los consultores extranjeros, y el personal del Parque Anchorena, destacan la importancia de la experiencia realizada y recomiendan para el futuro crear un grupo asesor permanente para implementar un manejo a mediano (10 años) y largo plazo (20 años) de la población de ciervos.

También se expresó la importancia de planificar un manejo que sea independiente de las personas que actualmente se desempeñan en los cargos.

-Se destaca la necesidad de obtener datos biológicos de la población de ciervo axis del Parque Anchorena por un período de 5 años. Siendo necesario seleccionar la metodología apropiada que permita cumplir con las metas y objetivos especificados.

-Es necesario que haya una coordinación para que el plan de manejo sea a largo plazo y sugerimos que este establecida la autoridad y la responsabilidad legal que permita realizar un trabajo en equipo contemplando el asesoramiento que pueda brindar un grupo especialista multidisciplinario.

-Es imprescindible que se prevea un presupuesto para la implementación del plan de manejo. El presupuesto tiene que contemplar honorarios para personal técnico que pueda realizar esta tarea y gastos para equipos o instalaciones.

-Otro factor a considerar es que se debe evitar que los ciervos abandonen el área del Parque por los peligros que puede ocasionar esta especie exótica en la flora y fauna nativa.

-Este plan de manejo fue pensado para realizar en un período de 20 años (largo plazo), basado en las simulaciones de los modelos que consideran que para tener una población estable debe contemplarse mantener un 90% de variabilidad genética en un período de 100 años. El plan de manejo involucra dos partes: **investigación** para determinar una serie de características biológicas por un período de 5 años y **acciones de manejo** aplicando la información obtenida de la investigación y las recomendaciones que se efectúan en este asesoramiento planificadas para un período de 20 años.

Obtención de datos de la biología general de esta población

Datos demográficos: mediante censos mensuales, por un período de dos años, para determinar la relación de sexo y clase de edad. Esta información permitirá continuar examinando los modelos y comprobar si la población se mantiene estable y si es necesario realizar ajustes metodológicos relativos a la colecta de información o cuota de extracción.

Otros datos que se obtendrán son la tasa de natalidad, mortalidad y éxito reproductivo.

Capacidad de carga

Se recomienda efectuar estudios para determinar si la capacidad

de carga se ha alcanzado. La metodología recomendada en el informe del Dr. Chris Wemmer es apropiada para obtener estos datos luego de dos años de estudio.

Reproducción

El éxito reproductivo es un parámetro importante dado que una población de ciervos puede llegar a duplicarse en solo 5 años. Recomendamos marcar un número de 20-30 hembras con collares para evaluar si luego de 1-2 años de estudio han producido crías, y en que cantidad. El marcaje también permitirá evaluar la técnica de censos empleada, si es eficiente y también si es necesario realizar otras complementarias.

Planificación de extracciones: actualmente se está realizando una extracción periódica de individuos. Una persona encargada elimina los ejemplares que se introducen en el área destinada al cultivo de maíz. El número de individuos extraídos no se ha cuantificado. Es importante que haya una persona responsable de llevar a cabo la tarea de remoción. Todos los individuos sacrificados deberán registrarse en una planilla especialmente diseñada.

Recolección de la información obtenida de los animales removidos: La responsabilidad y la ejecución de las necropsias especialmente en las primeras etapas deberá estar a cargo de un médico veterinario. El mismo se encargará de formar personal para-técnico a efectos de asistir en la tarea. Se diseñará una planilla que recoja la información que se necesita tomar de todos los individuos removidos. Estos datos serán de utilizada para extrapolar la información a la población total. La información se basará en datos biológicos generales, entre los que se considerarán ciertos parámetros reproductivos y sanitarios. Esta planilla debe ser completada para todos los individuos removidos.

Asimismo se completará un formulario con datos acerca del estado sanitario de cada ejemplar y la remisión de material para análisis (laboratorio etc.) que deberá contar con el aval de un médico veterinario.

Entrenamiento y educación del personal del Parque: todo el personal deberá ser informado sobre los objetivos del plan de manejo. Esto permitirá controlar que no haya capturas no planificadas y que los datos necesarios sean correctamente recabados. Para lograr ésto deberán efectuarse charlas a los distintos niveles del personal explicando las nuevas pautas a seguir y justificando la importancia de trabajar coordinadamente. El manejo de cualquier individuo estará restringido a lo establecido en el plan, ya que cualquier cambio alteraría los resultados esperados. Cualquier decisión a tomar debe ser aprobada por el responsable principal del manejo de los ciervos. A modo de ejemplo también deberá entrenarse al personal afectado al registro de los datos de los animales capturados, para que entienda la importancia de su labor y la realice responsablemente, este entrenamiento en particular, debe ser realizado por un especialista en el tema.

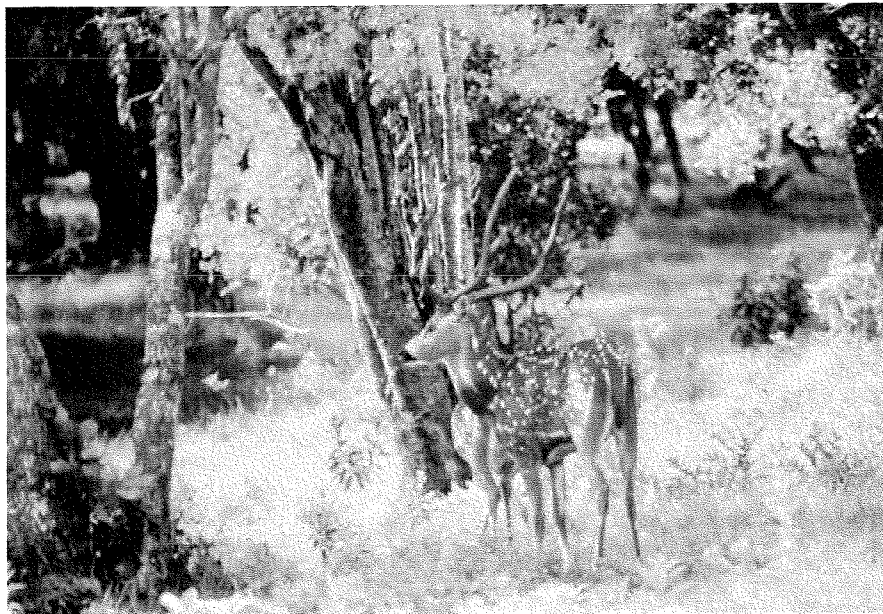
Retroalimentación de los modelos: Es conveniente luego de transcurrido el primer año, utilizar los modelos computacionales, analizar y comparar la evolución esperada y si es necesario ajustar algunos criterios del manejo de la población.

Control de cazadores furtivos: se deberá evitar el ingreso de cazadores furtivos para que no alteren el número de ejemplares que serán mantenidos en la población. Una extracción no controlada afectaría lo planificado, incidiendo en la estimación de la capacidad de sobrevivencia de la población.

Consideraciones finales: Al finalizar el primer año de instrumentación del plan de manejo, es recomendable realizar una evaluación del cumplimiento de todos los puntos mencionados en el mismo y decidir si es necesario mejorar o ajustar metodologías, o estrategias.

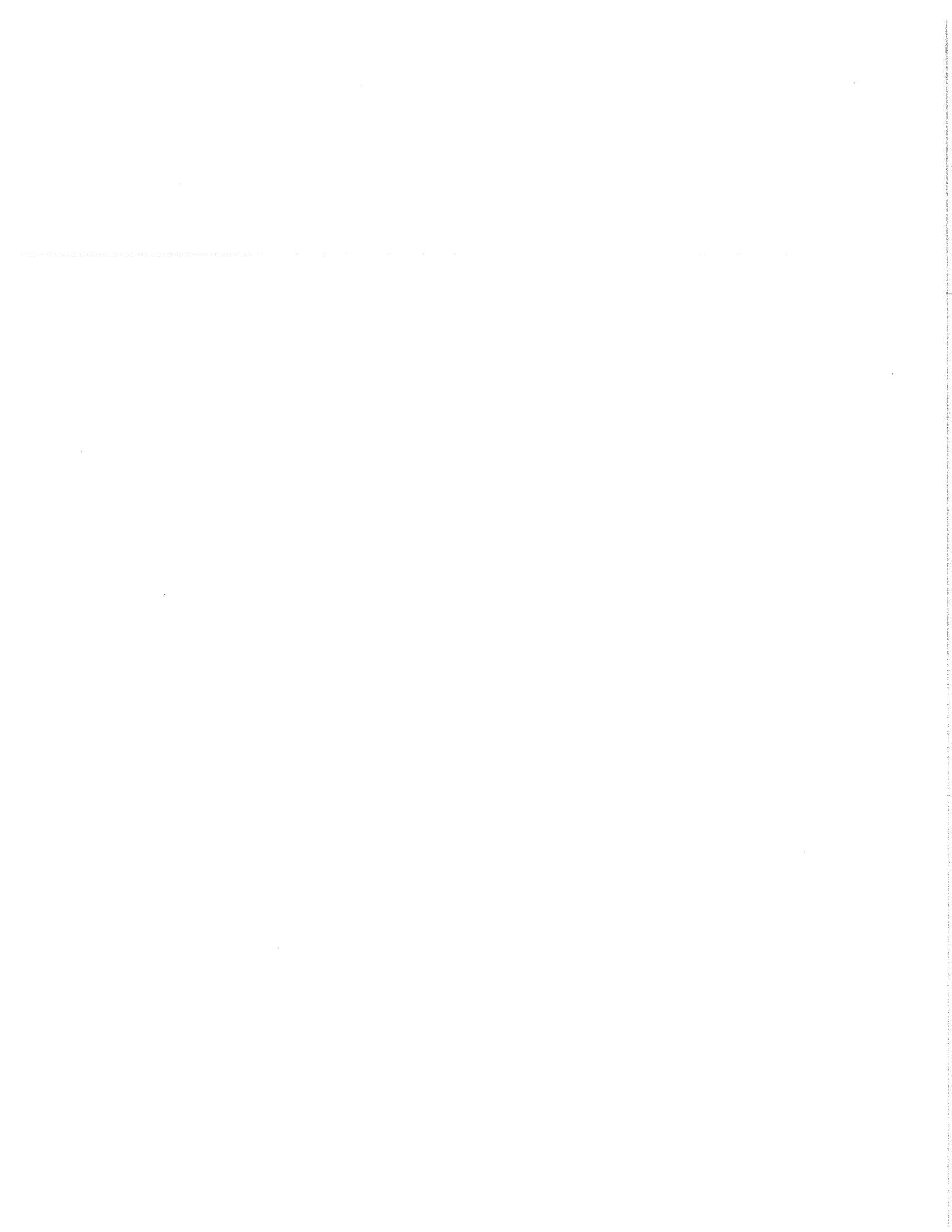
**El Manejo del Ciervo Axis (*Cervus axis*)
En La Residencia Presidencial de Colonia-Uruguay**

**Uruguay
2-6 August 1997**



Modelos de Simulación Poblacional de Axis axis

Section IV



Modelos de Simulación Poblacional de Axis axis

Introducción

La necesidad y los efectos de las estrategias del manejo intensivo, incluyendo programas de remoción, sobre la sobrevivencia y la recuperación a largo plazo de pequeñas poblaciones silvestres puede ser modelada para explorar que prácticas pueden ser efectivas para alcanzar las metas de manejo. La población en cuestión pertenece a la especie introducida Axis axis (chital, ciervo axis) de aproximadamente 300 animales (1 de agosto 1997) en el Parque Anchorena en Uruguay. Puede haber ocurrido que no haya tenido intercambio natural con otras poblaciones silvestres para proveerse tanto de intercambio genético como de refuerzo demográfico. La población se originó quizás de menos de una docena de animales probablemente introducidos y procedentes de cautiverio, alrededor de 1920. Por esto genéticamente el tamaño efectivo de la población (N_e) es pequeño y ha sido pequeño por quizás 70 años o 10 generaciones de Axis axis.

Las metas de manejo para estos ciervos y el programa de manejo del Parque son: 1) mantener un tamaño conveniente de población para asegurar una experiencia satisfactoria para los visitantes, 2) asegurar la viabilidad genética y demográfica por 100 años, y 3) minimizar el daño a la vegetación del Parque. Los objetivos del presente trabajo fueron 1) sugerir un determinado rango de tamaño de la población para alcanzar las metas de manejo, 2) determinar la frecuencia, número, edad, y proporción de sexos de los animales que se necesite remover de la población para lograr y mantener las metas de manejo, 3) preparar un primer plan borrador de manejo en un escenario primario, 4) desarrollar un modelo de población y aprender como usar el modelo para integrar nueva información, cuando se obtenga, dentro del plan de manejo, y 5) proveer experiencia útil para el desarrollo de programas científicos de manejo de vida silvestre en el Uruguay.

El programa VORTEX, un paquete de simulación de modelos escrito por Robert Lacy y Kim Hughes, fue usado como una herramienta para estudiar la interacción de múltiples historias de vidas y variables poblacionales tratadas estocásticamente. El objetivo fue explorar que parámetros demográficos pueden ser más sensitivos frente a prácticas de manejo y testar los efectos en los posibles escenarios de manejo. El programa VORTEX es una simulación Monte Carlo de los efectos de fuerzas tanto determinísticas como demográficas, ambientales y eventos genéticos estocásticos en poblaciones silvestres. VORTEX modela la dinámica de población como eventos discretos, secuenciales (nacimientos, muertes, catástrofes, etc.) que ocurren de acuerdo a probabilidades definidas. Las probabilidades de los eventos son modeladas como constantes o como variables al azar que siguen distribuciones especificadas. VORTEX simula una población atravesando las series de eventos que describen el típico ciclo de vida de organismos de reproducción sexual (o hermafroditas) diploides.

El programa VORTEX no pretende dar respuestas absolutas, porque

proyecta estocásticamente las interacciones de muchos parámetros que intervienen en el modelo y por los procesos aleatorios involucrados en la naturaleza. La interpretación de los resultados depende de 1) el conocimiento de la biología de *Axis axis* en la población de Anchorena, 2) un programa sistemático de remoción, 3) colecta de información básica de todos los animales removidos, 4) conocimiento de las condiciones naturales que afectan la población, y 5) proyección de posibles cambios en las condiciones naturales, amenazas, y manejo en el futuro.

Los resultados del modelo, como en cualquier modelo, están limitados a los datos ingresados. La información biológica para el modelo de la población de *Axis axis* surge de 1) información histórica limitada sobre la manada, 2) los recientes censos desarrollados por el Dr. Chris Wemmer en junio y repetidos en Agosto, 3) los datos de la población global cautiva registrada en el ISIS, y 4) la información publicada sobre las poblaciones silvestres en los países de origen - Sri Lanka e India, 5) sobre poblaciones introducidas en Texas (Estados Unidos), y 6) sobre poblaciones de granja en Australia.

Ingreso de Parámetros para Simulación (Tablas 4 y 5)

Edad de primera reproducción y sistema de apareamiento: Se escogió la edad media de la primera reproducción de tres años para hembras silvestres y cinco para los machos, basándose en la experiencia con poblaciones cautivas y limitadas a observaciones en el campo; la especie es polígina.

VORTEX define al tiempo de reproducción como el del nacimiento de la primera cría hasta que alcanza la edad juvenil, no como la edad de la madurez sexual. *Axis axis* cría a lo largo de todo el año en Anchorena. En vida silvestre las hembras tienen su primer cría, en promedio alrededor de a los 3 años de edad. VORTEX usa la edad media o mediana de reproducción (con una estimación de variación, como se discutirá abajo) más que la edad más temprana edad de producción de la primer cría. Similarmente, mientras que los machos pueden ser fisiológicamente capaces de reproducirse a los 3 o 4 años de edad, constricciones sociales pueden restringir la reproducción a los animales más viejos. El grado de constricción social puede variar con la densidad de la población y la estructura de edades. Para este modelo, hemos tomado 5 años como la edad media de los machos a la que nace la primera cría que engendró. Dado que el sistema de apareamiento en el ciervo *axis* es tratado como polígino en estas simulaciones, las poblaciones deben ser pequeña para que la edad reproductiva de los machos o el número de machos pueda tener un efecto demográfico significativo en el modelo.

Producción de Cervatos: El tamaño de la camada del ciervo *axis* es de un cervato producido luego de un período de gestación de 220-230 días. El porcentaje anual de hembras totalmente adultas que no producen cervatos en Anchorena fue estimado en 5-10% (intervalo entre nacimientos de 1 año). Estos ciervos (hembras) pueden re-criar 4 a 8 semanas después de la pérdida o parto de un cervato. La densidad-dependencia de la reproducción no fue incluida en el escenario ya que la capacidad de carga del hábitat

es aparentemente más alta (mas del doble) que el número de animales que serán manejados en la población. La proporción de sexos al nacimiento fue aceptada como = 0.500 (igual número de machos y hembras) basándose en observaciones en cautiverio. Solamente el 50% de los machos adultos están potencialmente en el pool reproductivo para cualquier momento dado del año.

VORTEX combina el número de cervatos por camada, el intervalo entre camada, y la proporción de hembras en edad adulta produciendo cervatos dentro de una única variable denominada tamaño de camada. La variación anual en la reproducción por parte de las hembras es modelada en el VORTEX ingresando un desvío estándar (SD) para el porcentaje de hembras que producen camadas de cero. Los datos disponibles para el ciervo axis en Anchorena son limitados. Esta variación fue considerada como 5%. Esto puede deberse a fluctuaciones en la abundancia alimenticia, variaciones en la edad a la que las hembras alcanzan la madurez sexual, esterilidad de algunos animales, fluctuaciones en la mortalidad neonatal, y variación demográfica aleatoria. VORTEX determina el porcentaje de reproducción para cada año de la simulación por muestreo desde una distribución binomial con una media especificada (90 o 95%) y un desvío estándar (5%).

Edad de Senescencia: La edad de la última reproducción fue considerada en 15 años y no es probable que los animales sobrevivan mas tiempo en esta población silvestre.

VORTEX asume que los animales pueden reproducirse (con una tasa normal) a lo largo de toda su vida adulta. Los animales que sobreviven mas de 15 años son removidos de la población simulada. Un efecto de la edad máxima en el modelo determinístico es que con el incremento del intervalo de generación al aumentar la expectativa de vida, dado que la edad máxima a la que la reproducción es posible será mayor.

Mortalidad: La mortalidad para el primer año (en el primer año de vida) fue considerada en un 29% para las hembras y un 35% para machos. Estos estimativos están basados en los datos del ISIS para mas de 1900 nacimientos en cautiverio (Tablas 1-3). En algunos escenarios estos valores fueron incrementados a 39% y 45% respectivamente para permitir la posibilidad de altas tasas de mortalidad en esta población libre. Para animales de más de 1 año de edad, la tasa promedio de mortalidad anual ingresada en el modelo fue de 4, 10, 15 y 20 % para hembras y 7, 12, 17, y 22% para machos. En adición, fueron modelados escenarios con altas tasas de mortalidad de machos (cada tasa fue incrementada en 1 o 2%, ej. con adición de 2% tenemos 9, 14, 19 y 24%) basándose en la posibilidad de que esté habiendo una remoción selectiva de machos de la población la cual podría llevar a la aparente distorsión en las proporciones de sexo de adultos observada en la población de Anchorena.

La mortalidad puede ser ingresada en el VORTEX de cuatro maneras: 1) como el porcentaje de mortalidad anual esperada de animales para cada clase de edad, con su correspondiente varianza; 2) como un número fijo de remoción (ej., extracción) para cada clase de edad y sexo; 3) como un evento de catástrofe que reduce la tasa de sobrevivencia normal a alguna cantidad fijada y 4) cuando

K (capacidad de carga) es excedida, todas las clases de edad son reducidas proporcionalmente para truncar la población para el valor ingresado de K.

La tasa de sobrevivencia juvenil (clase de edad de 0 a 1 año) es altamente variable entre las especies y entre las poblaciones silvestres. Los factores que afectan esta mortalidad pueden diferir en importancia entre las poblaciones tanto como para diferentes momentos en la misma población. Diversos factores han sido identificados en algunas especies incluyendo cambios en la disponibilidad del alimento (durante la ovulación, gestación y lactancia), disponibilidad de áreas de nidación y cría, enfermedades, predación y depresión endogámica. Es necesario considerar posibles efectos por depresión endogámica en la población de ciervo axis ya que ha sido una población cerrada desde hace 70 años o 10 generaciones de ciervo axis.

La tasa de sobrevivencia de los sub-adultos (1 a 3 años para las hembras y 1 a 4 años para machos) y adultos (3 años en adelante para hembras y 5 años o más para los machos) de ciervos axis en poblaciones cautivas es bastante constante (Tabla 1). Esta no es la información sobre la mortalidad natural en la población de Anchorena ya que ésta probablemente siendo fuertemente afectada por la influencia humana (remoción) y posiblemente por predación de cervatos jóvenes por carnívoros nativos (zorro). Las tasas de mortalidad han sido consideradas dentro de un rango de 5 a 25% en un año dado. Nosotros modelamos los efectos de las tasas de mortalidad por edad y sexo sobre un rango de valores elegidos para producir una población estable, en incremento o en declinación con diferentes proporciones de sexos.

Catástrofes: Las sequías, con una frecuencia de ocurrencia de 12.5% (aproximadamente una en ocho años) fueron incluidas como un parámetro de catástrofe en algunos de los escenarios. Se sugirió que dicho evento produciría una reducción en la sobrevivencia del 20% y un decrecimiento en la reproducción del 50% en el año de ocurrencia. La estimación de frecuencias se basó en registros históricos. La documentación de estos efectos en cada uno de los eventos requerirá la colección por largo plazo de datos y registros.

Las catástrofes son eventos singulares fuera de los límites de la variación ambiental normal que afecta la reproducción (definido en el VORTEX como reclutamiento de individuos dentro de la población reproductiva) y la sobrevivencia (definida en VORTEX como la mortalidad de adultos) tanto sólo a uno de estos parámetros como a una combinación de ambos. Ejemplos de catástrofes son la falta de recursos alimenticios, sequías, enfermedades, declinación abrupta de las poblaciones de presa, un evento de remoción, inundaciones, ciclones, incendios, o una combinación de eventos. Las catástrofes son modeladas mediante la asignación de una probabilidad de ocurrencia y un factor de severidad en un rango de 0.0 (efecto absoluto o máximo) a 1.0 (sin efecto). También es posible modelar efectos positivos como un buen año para la reproducción introduciendo una severidad de efecto mayor a 1.0.

Capacidad de carga: La capacidad de carga K fue ingresada tanto como 150, posible capacidad elegida para manejo o 500 basándose en la observación de que la población en Anchorena ha sido más alta que la actual y en las altas densidades poblacionales observadas en otros parques de otros países.

El parámetro "K" define un límite superior para el tamaño de la población, por encima del cual es impuesta una mortalidad adicional proporcional a través de las clases de edad para retornar la población hasta el valor ingresado de K. VORTEX utiliza K para imponer densidad-dependencia sobre las tasas de sobrevivencia. Otro módulo de VORTEX tiene la capacidad de imponer efectos de densidad-dependencia sobre la reproducción, las que cambian continuamente cuando la población se aproxima a K. Nosotros incluimos variación ambiental anual (EV) de 15 en K, cuando K fue ingresado como 150 para compensar errores en las estimaciones de los censos. No se testó ninguna tendencia al cambio en K.

Fueron incluidos efectos de variación ambiental en la mortalidad y reproducción.

Depresión endogámica: No hemos incluido depresión endogámica en el modelo porque el tamaño de la población podrá mantenerse para permitir menos del 10% de pérdida de heterocigosidad por 100 años o 14 generaciones. Dado el largo tiempo que esta población ha estado cerrada, podría ser de interés realizar estudios de genética molecular para medir la heterocigosidad remanente en la población y comparar esta con la de otras poblaciones en cautiverio y silvestres para estimar si ha ocurrido una pérdida significativa.

La tasa de endogamia debida a la deriva genética está en función del tamaño de la población. Una población pequeña es vulnerable a una relativamente rápida pérdida al azar de heterocigosidad por deriva y a rápidas tasas de endogamia. Diferencias en la tasa de pérdida de heterocigosidad ocurrirán en las simulaciones con tasas de crecimiento positivo, diferentes capacidad de carga y por tanto en el tamaño poblacional promedio.

También es posible que esta población de ciervo axis este sujeta a efectos de endogamia como resultado de su historia como una población cerrada. La endogamia puede afectar negativamente la vulnerabilidad de las poblaciones silvestres a enfermedades así como su éxito reproductivo. Estos efectos intrínsecos demográficos en la reproducción y mortalidad están incorporados en el rango de nuestras estimaciones presentes (de mortalidad y reproducción). Los parámetros poblacionales usados en los modelos podrían ser ajustados si se midieran estas tasas.

No existe manera conocida de estimar los efectos de la depresión endogámica en la adaptación midiendo los niveles de heterocigosidad molecular (DNA, RNA o proteínas), ya que no hay una población de control para establecer comparaciones.

Distribución Inicial de Edades: Iniciamos los modelos con una distribución estable de edades (Tabla 4), la cual distribuye la población total entre clases de sexo-edad de acuerdo con el

esquema de mortalidad y reproducción especificada en el escenario, usando un algoritmo determinístico de la Matriz de Leslie. Los valores determinísticos para las tasas de crecimiento, tiempo de generación, proporción de sexos de adultos, y estructura de edades de la población son calculados y reportados en un archivo de salida (Tabla 5).

Si se dispone de los datos de campo de las edades para esta población puede ser posible usar en los modelos los datos observados para las principales clases de edad.

Sin embargo, el relevamiento puede no ser útil para detectar una proporción de sexos más sesgada en la distribución de edades para clases de edades de adultos viejos o jóvenes adultos a menos que las edades de ciertos animales puedan ser determinadas por medio de la serie dental por los patrones de la erupción y desgaste.

Tamaño de Población Inicial: Se ingreso un tamaño inicial de 300 animales basados en los mejores estimativos actuales del tamaño de la población de Anchorena. Modelamos poblaciones de 150 individuos para estimar las tasas de remoción necesarias para mantener una población estable y para estimar la tasa de pérdida de la heterocigosidad bajo diferentes escenarios de manejo.

Iteraciones y Años de Proyección: Cada escenario fue repetido 1000 veces y tanto para 20 como para 100 años. Los resultados fueron resumidos en intervalos anuales para las proyecciones de 20 años (Tablas 6, 8, 10 y 12) y en intervalos de 5 años para las proyecciones de 100 años (Tablas 7, 9, y 11). Cada escenario fue tabulado en las tablas con su correspondiente número de archivo para referencia y para poder recuperarlos, si fuera necesario. Las simulaciones fueron corridas usando la versión 7.3 de VORTEX de Mayo, 1997. Los escenarios comparables que difieren solamente en el valor de un parámetro tienen el mismo número con una letra de prefijo diferente en las tablas.

Resultados e Interpretaciones de las Simulaciones de las Poblaciones

Archivos ingresados y egresados

Un muestreo con un archivo de ingreso (#030) fue usado para iniciar los modelos y el archivo de egreso (#030) para los escenarios se incluyen en las (Tablas 4 y 5). La información de ingreso (valores de los parámetros) para cada caso se muestran en el orden en el cual aparecen en el programa.

Resultados Determinísticos

Se listaron en tablas (Tablas 6- 12) los valores estocásticos de "r", como una medida de la tasa de crecimiento de la población para cada escenario. Los valores estocásticos de "r" son usualmente mas bajos, pero nunca mayores, que los valores determinísticos "r". Los resultados determinísticos para cada escenario, incluyeron valores como el de la tasa de crecimiento de la población (r, lambda y Ro), los tiempos de generación para machos y hembras, la distribución estable de edad (estructura de

edades y sexo año a año) y la proporción de sexos de machos adultos por hembras adultas (Tabla 5). La tasa determinística de crecimiento fue calculada por un algoritmo de la matriz de Leslie. Se requieren valores medios de "r" positivos para que una población sobreviva o crezca, y, en principio, un valor de "r" de cero indica una población estable en el modelo determinístico. La constancia de valores negativos de "r" inevitablemente conduce a la población a la extinción. La tasa de crecimiento determinístico no es sensible a las diferencias en el tamaño de población inicial, capacidad de carga, o variación ambiental, pero varía con el nivel de mortalidad, valores reproductivos, y mortalidad adicional impuesta por las catástrofes. Los intervalos de generación calculados para hembras de ciervo axis varía desde 7 a 8 años y para machos desde 8 a 9 años. El intervalo de generación es una función de la edad de la primera reproducción, edad máxima de reproducción, e intervalo entre nacimientos. Entonces con un tiempo de generación aproximado de 7 años, tendremos alrededor de 14 generaciones de ciervo axis en 100 años.

La proporción de sexos machos por hembras adultos (animales en edad reproductiva) en el escenario #030, Tabla 6, fue de 0.48 (87 machos de 5 años en adelante y 180 hembras de 3 años en adelante). Este valor es cercano al observado en agosto, cuando se realizaron cuidadosas observaciones con binoculares y telescopio.

Resultados Estocásticos

General

Los resultados de 5 sets de 32 escenarios se encuentran representados en las Tablas 6-10 y en las Figuras 1-10. Cada tabla contiene los resultados de la variación sistemática (juegos de) de 6 parámetros. Estos parámetros variables son la mortalidad en el primer año por sexos (29 o 39% para cervatos hembras), cuatro tasas de mortalidad de animales juveniles y adultos por sexo, proporción de hembras que producen un cervato vivo por año (90 o 95%), y la ocurrencia o no de catástrofes. Un sets separado de escenarios exploraron los efectos de las tasas de extracción necesarias para producir una población estable para un tamaño medio de población de 150 ± 30 animales (Tablas 11 y 12), los efectos de la extracción continua para las tasas actuales (Tabla 10), y la remoción necesaria para reducir la población al rango de tamaño elegido (Tabla 10, Figura 8). Fueron mantenidos valores constantes para los siguientes parámetros: número de poblaciones, edad de la primera reproducción, cruzamiento polígamo con el 50% de los machos adultos disponibles para cruzamiento, edad máxima, tasa sexual al nacimiento, tamaño de camada. No fueron incluidos en ninguno de los escenarios la depresión endogámica, denso-dependencia de la reproducción, cambios en la capacidad de carga, y suplementación. Los escenarios fueron proyectados para 20 años en la tabla 6, 8, 10 y 12. Las condiciones en la Tabla 7 son idénticas a las de la Tabla 6 excepto en que las proyecciones son por 100 años en la primera. Los sets en las Tablas 6 y 8 difieren solamente en cambios de los valores para la mortalidad de los machos con una tasa base de 7% en la Tabla 6 y una tasa base de 9% en la Tabla 8. Los otros valores de mortalidad de machos en la Tabla 8 también van aumentando en un

2% (columna 3 de las Tablas respectivas).

Las medias (y el desvío estándar "SD" para "r" y "N"), calculados sobre 1000 iteraciones para 20 o 100 años de proyecciones, están dados por: 1) tasa de crecimiento estocástico de la población (r_{stoc}), 2) probabilidad de extinción (P_e), 3) tamaño final de la población (N), 4) retención de la heterocigosidad genética (Het) y 5) tiempo medio para la extinción (T_e) (Tablas 6-12). La tasa de crecimiento estocástico de la población y la probabilidad de extinción son sensibles a los valores y la varianza utilizada para cada uno de los parámetros de mortalidad y reproducción. Los valores de la varianza (desviación estándar o "SD" reflejando la variación ambiental o "EV") para cada parámetro fueron estimados a partir de la variación observada en poblaciones en cautiverio y de estimaciones de otras poblaciones de especies silvestres. Los estimativos utilizados son conservadores (probablemente bajos en relación a la actual variación experimentada en la población de Anchorena) y fueron establecidos para $1/3$ y $1/4$ del valor medio de los valores de los parámetros. En las tablas 4 y 5 se dan ejemplos.

Escenario Básico

Una primera aproximación para el escenario básico fue construido usando la tasa de mortalidad natural anual de 4% en las hembras mayores de un año y de 7% en los machos mayores de 1 año y en las clases de edad de machos con una mortalidad promedio de 29% entre clase de edad de 0-1 año para las hembras y un 35% de tasa de mortalidad promedio entre la clase de edad de 0-1 año para los machos.

Estos valores fueron tomados del análisis de poblaciones de cautiverio de *Axis axis* de la base de datos del ISIS (Tablas 1-3) y están basados en 1963 muertes de animales de edad conocida.

Las tasas de mortalidad natural (sin caza o extracción) en cualquier población de *axis* silvestre no parecen ser menores que estas tasas y posiblemente son mayores debidas a la alta predación, variaciones en los recursos alimentarios, accidentes, luchas entre machos, y enfermedades.

La edad promedio de la primera reproducción en cautiverio es de aproximadamente 3 años para las hembras y machos. La reproducción de los machos en los cérvidos en las poblaciones están generalmente retardadas por varios años, después de alcanzar la madurez completa y es debida a los efectos de la dominancia del comportamiento reproductor, por lo tanto establecimos la edad de la primera reproducción para machos a los 5 años.

Este retraso y la poliginia de la especie combinada con la alta tasa de mortalidad de los machos puede reducir la proporción de machos que crían en relación a las hembras y origina un descenso del tamaño de la población efectiva. Esta tendencia puede incrementar la tasa de pérdida de heterocigosidad por deriva genética en esta población pequeña.

El tamaño de la camada es uno y las hembras crían todos los años.

El número de hembras que no producen crías en un año, fue establecido de 5 a 10% (90-95% de hembras producen una cría por año) basándonos en la experiencia con otras especies de cérvidos y la capacidad probada del ciervo axis para criar dentro de las 4-8 semanas después de la pérdida o nacimiento de crías.

La capacidad de carga del Parque fue establecida en 500 reflejando la probada capacidad de la población de expandirse sino se restringe con remociones.

Sin embargo estos niveles de población podrían poner una presión no deseada en las plantaciones del arboretum en el Parque, podrían probablemente degradar el hábitat natural, haciéndose más dependientes de los cultivos, hacerse vulnerables a enfermedades por la alta densidad, y ser susceptibles a un "crash" en un año malo (sequías).

No se incluyeron tendencias de aumento o declinación de la capacidad de carga en los modelos dado que se cree que la población se manejará en niveles más bajos que se estima la capacidad de carga. Además la intención es la de no manejar el Parque para soportar una población en expansión.

No se incluyeron en los escenarios base, suplementaciones, ni reproducción denso- dependiente, ni remociones o depresión endogámica.

La Tabla 6 muestra los resultados de las proyecciones de los 20 años con hembras adultas, la mortalidad varió de 4% a 20% con su correspondiente mortalidad masculina, con valores establecidos 2% más altos. La tasa de mortalidad del primer año fue establecida en 29% o 39% para hembras y 35% para machos y en 45% para crías, basándonos en datos de poblaciones de cautiverio (Tabla 1-3).

El primer grupo de simulaciones (tabla 6, #030-033) bajo las mejores condiciones de reproducción y mortalidad indicaron que la población podrían mantener tasas de crecimiento positivo de la población (Figura 1) con tasas promedio de mortalidad de hembras de 4% a 15%.

Dado que la especie presenta poliginia, se espera que las tasas de crecimiento de la población no podrían ser sensible a un amplio rango de valores de mortalidad de machos.

Un 2% de incremento adicional en la tasa de mortalidad anual de machos no tuvo efectos en el crecimiento de la población o en el tamaño final de la población (Tabla 8).

Podría esperarse que las tasas de mortalidad de los machos afecten la proporción de machos y hembras adultos y la retención de la heterocigosidad genética (Tabla 6 y 8).

Los resultados en estas simulaciones indican que los parámetros básicos usados fueron concordantes con las observaciones del crecimiento sostenido de la población de Anchorena a lo largo de los últimos 70 años, de unos pocos ejemplares fundadores hasta una población de 300-500 animales, la actual proporción de sexos,

el número de crías y juveniles observados durante los censos y las extracciones de ejemplares de las poblaciones.

Se realizaron pruebas de la consistencia interna en estos valores de los parámetros a partir de comparaciones más detalladas con las estimaciones de la proporción de sexos de los adultos y la proporción de crías y juveniles de la población sugeridos de los datos de censos y muestreos obtenidos en Junio y Agosto.

Catástrofes

La inclusión de una catástrofe (sequía) en los escenarios disminuye la tasa de crecimiento de la población en aproximadamente un 4% (comparar de #030 con #038 en la Tabla 6 y 29 5 N con 29 5 C en Figura 1), incrementa el riesgo de extinción (Figura 2), disminuye el tamaño medio de la población, y disminuye la retención de la heterocigosidad genética (Figura 4).

Será importante detectar este tipo de eventos catatróficos en el curso del manejo de la manada y reducir las extracciones por uno o dos años durante y después de la catástrofes dependiendo de la severidad y duración del evento catastrófico.

La continuación con las extracciones antes que la población se haya recuperado podría incrementar el riesgo de extinción y la pérdida de heterocigosidad genética.

Será posible el uso de los modelos con los datos colectados de los censos durante y después del evento para guiar estas decisiones de manejo.

Tasas de Mortalidad Promedio Anual de las Hembras de 4, 10, 15, y 20%.

Las tasas de mortalidad de 20% para hembras mayores de 1 año son insostenibles bajo cualquiera de las condiciones testadas (Tabla 6, Figuras 1-6). Si una catástrofe es incluida en el modelo, una tasa promedio anual de mortalidad de 15% no podrá soportarse, particularmente si la mortalidad de las crías es mayor al 30% (comparar las columnas marcadas con "C" [catátrofe] con aquellas marcadas con "N" en las leyendas de las figuras 1-6).

Estas tasas de mortalidad con la mortalidad adicional que surge del evento catastrófico, resultan en tasas negativas de crecimiento, con una alta probabilidad de extinción en las proyecciones para los 100 años, y en una no aceptable alta tasa de pérdida de heterocigosidad genética (Tabla 7 Figuras 5 & 6)).

Dado que esta especie es poligínica, la tasa de mortalidad de las hembras adultas puede ser crítica y un factor limitante en el crecimiento y el riesgo de extinción de la población.

Una tasa de mortalidad anual promedio de un 10% produce una tasa de crecimiento anual promedio de la población de 5-10%. Las tasas de crecimiento de la población no fueron sensibles a las tasas de mortalidad de machos, pero la distorsión de la proporción de sexos en favor de las hembras aumenta la tasa de pérdida de heterocigosidad genética (Tablas 6 y 8).

Extracciones de ejemplares de la Población

Hay 3 cuestiones concernientes a las extracciones de ejemplares de la población que fueron evaluadas con los modelos y en las discusiones. El término "extracciones" incluye todos los animales que se quitan de la población por personas y por cualquiera sea el método.

Los análisis, resultados y las interpretaciones reportadas aquí necesitarán ser revisadas a medida que sea obtenida mayor información en las poblaciones. Se intenta proveer una indicación del orden de magnitud del programa necesario para alcanzar y mantener las metas de manejo.

Primero, ¿cuál es el efecto de las continuas extracciones a los niveles actuales que están efectuando los manejadores del Parque Anchorena?

La población de animales ha experimentado la remoción de ejemplares a una tasa de aproximadamente 3 animales por semana desde Enero de 1997, estimando que a cada animal extraído por el personal del establecimiento, 2 son extraídos por cazadores cladestinos en las áreas linderas al Parque.

Eso podría significar un número de 90 animales. No existe información disponible de edad o sexo de esos animales pero indicaría que los machos fueron el blanco de las extracciones por que van a las áreas de plantaciones. Si las extracciones se mantienen en la misma tasa, estas podrían ser de 150 animales por año. Si se continúa con esta tasa de extracción puede llevar a la extinción de la población en 5-8 años (Figura 7 & 8, Tabla 10). Estas proyecciones fueron basadas en una población inicial de 400 animales. Es posible que la población actual no sea mayor de 300 animales, por eso la interpretación de estas figuras debe ser leída con valores de 300, con sustracciones de 2 años desde un rango de 5 a 8 años. Esta población se extinguirá en aproximadamente 3-6 años a partir de Agosto 1997, si la tasa de extracción de animales de 90 por año se mantiene.

Segundo, ¿Cuántos animales deberían ser extraídos y qué estrategia de extracción es necesaria para llegar a un tamaño 150 + 30 animales y alcanzar las otras metas sugeridas en este reporte? El número absoluto que necesitará ser extraído depende del conocimiento del tamaño y estructura demográfica de la población presente (Agosto 1997) y del cronograma de extracciones.

Esto requerirá mejorar los censos de la manada con una estimación del error en los métodos de censos. Será importante también monitorear la manada de cerca durante el tiempo de mantenimiento del programa. Los métodos de los censos necesitarán incluir marcaje de animales (aproximadamente 30) los cuales no serán extraídos durante el programa de reducción de la manada. Esto proveerá las bases para ajustar las estimaciones de los censos y puede también contribuir para tener información de la estructura social de la población en el Parque.

La visión actual de que la población del ciervo axis está compuesta de una manada de gran tamaño y un número de grupos separados probablemente impreciso. Por ejemplo, durante nuestras

observaciones en la primer semana de Agosto 1997, varios grupos pequeños estaban compuestos por machos subadultos y otro de 7 a 9 hembras con crías. Es más probable que la mayoría o todos los animales del Parque sean parte de una unidad social única y que los animales se mueven dentro y fuera del gran grupo por motivos específicos de comportamiento. Entonces será importante llevar adelante cualquier estrategia de extracción con especial selección de la distribución de edad, y sexo de los animales que serán removidos.

Es también necesario adquirir información biológica básica de la manada la cual puede ser obtenida de los animales que se extraigan.

Un escenario posible de extracción podría ser remover de 20-30 animales en intervalos de 3 meses. Se requerirán aproximadamente 6 remociones para dejar a la población dentro de un rango de 150-200 animales (Figura 8). Espaciando las remociones en todo el año se podría proveer información valiosa de la posible estacionalidad en la reproducción de la manada o de su estado.

También podría permitir a un grupo de expertos reunirse periódicamente y coleccionar los datos biológicos necesarios por un período de 1 a 2 días en un programa bien organizado de colecta y análisis.

Este procedimiento podría maximizar los beneficios de coleccionar la información necesaria para el manejo y minimizar el riesgo de extraer muchos animales que interfieran con la estructura social de la población y de la "gran manada".

Estas remociones necesitan ser cuidadosamente planificadas y coordinadas reunir biólogos y veterinarios para coleccionar información básica. Cada animal necesitará ser pesado, sexado, y deben efectuarse observaciones externas acerca de su estado físico y parásitos así como necropsias completas por un patólogo.

En las hembras los ovarios y útero necesitan ser examinados para informar acerca de la historia ovulatoria, sitios de implantación, y la presencia de fetos. Todo feto debe ser pesado y sexado. Será útil preparar una serie de mandíbulas inferiores para asistir en la determinación de la edad de los animales de con la ayuda de un biólogo con experiencia en esta técnica. La edad y sexo de los animales extraídos debe ser especificada basándose en la información de los censos y testada en los modelos.

Tercero, este programa de extracciones a gran escala sería luego reemplazado por un programa de extracciones sostenidas para mantener la población en el rango deseado. Basándonos en los modelos preliminares en este informe, la tasa de remociones necesitaría ser de 10-15 animales por año de una población de 150-200 animales con ajustes hechos para reducir el número a extraer en los años de catástrofes (Tablas 11-12, Figuras 9-12).

Esto significa extraer de 1 a 2 animales por mes- pero con especificaciones de edad y sexo. La meta de mantener una

población estable y viable puede requerir la extracción de ambos sexos. La proporción de sexos y edad dependerá de la adquisición de información complementaria de la estructura de la manada. Diferentes combinaciones de edad y sexo, son posibles pero más simulaciones serán necesarias para elegir las mejores combinaciones. Las extracciones posiblemente necesitarán ser ajustadas cada un año o dos en base a los eventos que ocurran en la manada. La heterocigosidad genética puede ser perdida de la manada (Figura 12) con una pérdida de aproximadamente el 12% del nivel presente en 100 años o 14 generaciones. La tasa de pérdida, menor que 1% por generación, puede minimizar el riesgo de depresión endogámica. Será de valor medir directamente la heterocigosidad genética en la manada actual, que ha estado cerrada por quizás 10 generaciones, para permitir comparaciones con otras manadas y directamente medir la tasa de pérdida a lo largo del tiempo. Sería útil esta medida para evaluar el valor de ocasionales adiciones a la manada de otras fuentes, para adicionar variación genética. Otra opción puede ser la de coleccionar y guardar semen de la manada actual para futuras generaciones para restaurar la variación perdida.

Resumen

Las metas de manejo de este programa son:

- 1) mantener una población grande sustentable para asegurar la satisfactoria experiencia del visitante,
- 2) asegurar la viabilidad genética y demográfica por 100 años y,
- 3) minimizar el daño a la vegetación del Parque.

Los objetivos del presente trabajo fueron:

- 1) sugerir un rango de tamaño poblacional para manejarla para alcanzar las metas de manejo,
- 2) determinar la frecuencia, número, edad y estructura de sexos de los animales que será necesarios extraer de la población para alcanzar y sostener las metas de manejo,
- 3) preparar un borrador inicial para el plan de manejo,
- 4) desarrollar un modelo de población y aprender como usar el modelo para integrar nuevos datos en el plan de manejo, y
- 5) proveer una experiencia útil para el desarrollo de programas científicos de manejo de vida silvestre en el Uruguay.

Este juego de simulaciones y combinaciones de condiciones indican que la población del ciervo axis de Anchorena con 5-10% de tasa promedio natural de mortalidad de hembras adultas, de 29-35% de mortalidad de crías de hembras y con solo un 5-10 % de hembras adultas que no producen crías cada año, es capaz de duplicar su tamaño en 5- 10 años- Si la población está sujeta sólo a mortalidad natural y no hay extracciones, es posible que duplique su tamaño en 5 años.

Los resultados de los modelos indican que la mortalidad de las hembras adultas, la ocurrencia de eventos ambientales extremos y la tasa de extracción son los 3 parámetros demográficos claves para caracterizar la dinámica de esta población del ciervo axis. Las tasas de reproducción y mortalidad de las hembras puede ser estimadas y monitoreadas si un grupo de 25-30 hembras pueden ser marcadas e identificadas individualmente a lo largo de un año.

Una población con una tasa de crecimiento promedio de 10-15% puede duplicarse en 5 -7 años- Si los métodos de seguimiento pueden ser medidos con un error del 10% , puede requerir de uno a dos años para detectar con confianza una tasa del 10% anual de cambio en esta pequeña población.

Los efectos potenciales de la depresión endogámica en la sobrevivencia de una pequeña población no han sido evaluados. La larga historia de aislamiento de esta población la hace potencialmente valiosa para estudios de genética molecular con otras poblaciones de ciervo axis, para evaluar el efecto de los niveles absolutos de heterocigosidad presente en la población, como guía de la efectividad de las acciones de manejo a largo plazo y como base para estimar el tamaño efectivo de la población.

Leyenda de Tablas y Figuras: Condiciones de las Simulaciones y los valores de los Parámetros

Las condiciones standard en todas las simulaciones fueron hechas en 1000 iteraciones de una población de 20 a 1000 años con reportes a intervalos de 1 o 10 años. La población inicial considerada fue de 150, con una población blanco de 300 animales, el número estimado actualmente. Para iniciar las simulaciones, los animales fueron distribuidos en las clases de edad siguiendo la matriz determinística de Leslie. La edad de la primera reproducción en las hembras fue de 3 años y en machos de 5 años. La edad de senescencia fue establecida en 15 años y la proporción de sexos al nacimiento fue de 0.5 (igual número para machos y hembras). La mitad de machos adultos fueron considerados en el pool reproductor y la especie es polígina. Una catástrofe fue incluida en algunos escenarios con una frecuencia de 12.5%. La sobrevivencia fue reducida 20% y la reproducción 50% en el año de ocurrencia. No se incluyeron cambios en la capacidad de carga. La variación ambiental en la mortalidad fue establecida de 2% para los animales mayores de un año y 10% para los de edad 0-1. La variación ambiental fue establecida en 5%.

Las condiciones variables de los escenarios fueron: mortalidad de hembras adultas 5, 10, 15, o 20%, y de los machos 7, 12, 17 o 22% (Tablas 6 & 8). El número de hembras adultas que no producen crias en un año dado se estimó en 5 o 10%. La mortalidad de las crias hembras en 29 o 39% y de los machos de 35 o 45%. Cada juego de escenarios fue hecho con y sin catástrofes.

Los títulos usados en cada columna de las tablas fueron:
File (Archivo) # = output file identifier (número de ingreso),
>1 = tasa de mortalidad promedio anual para animales mayores de un año, , <1 = tasa de mortalidad promedio anual para crias menores de un año, r_{stoc} = valor promedio de r estocástico valor sobre 20 o 100 años, $SD(r)$ = desvío standard de r , P_e = la probabilidad de extinción en 20 o 100 años, N = el tamaño promedio de sobrevivencia de la población en 20 o 100 años, $SD(N)$ = el desvío standard de N , % remain = el promedio de heterocigosis retenido a los 20 o 100 años en las poblaciones que sobreviven, y T_e = el tiempo medio de la primera extinción.

Population Simulation Modeling of *Axis axis*

Introduction

The need for and effects of intensive management strategies, including removal programs, on survival and long-term recovery of small wild populations can be modeled to explore which practices may be effective in meeting management goals. The target population is the introduced *Axis axis* (chital, axis deer) population of about 300 animals (1 August 1997) in Anchorena Park in Uruguay. No natural exchange with another wild population to provide either genetic exchange or demographic reinforcement can occur. The population originated from perhaps less than a dozen animals introduced from other captive populations in the 1920s. Thus the genetically effective population size (N_e) is small and has been small for perhaps 70 years or 10 *Axis axis* generations.

The management goals for this deer and Park management program are: 1) to maintain a suitably large population to ensure a satisfactory visitor experience, 2) to ensure genetic and demographic viability for 100 years, and 3) to minimize damage to the vegetation of the Park. The objectives of the present work were 1) to suggest a target population size range to manage to meet the goals, 2) to determine the frequency, number, age, and sex structure of animals that need to be removed from the population to achieve and sustain the management goals, 3) to prepare a first stage draft management plan, 4) to develop a model of the population and learn how to use the model to integrate new data, as it is acquired, into the management plan, and 5) to provide useful experience for developing scientific wildlife management programs in Uruguay.

VORTEX, a simulation modeling package written by Robert Lacy and Kim Hughes, was used as a tool to study the interaction of multiple life history and population variables treated stochastically. The purpose was to explore which demographic parameters might be most sensitive to management practices and to test the effects of possible management scenarios. The VORTEX program 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 (e.g., births, deaths, catastrophes, etc.) that occur according to defined probabilities. The probabilities of events are modeled as constants or as random variables that follow specified distributions. VORTEX simulates a population by stepping through the series of events that describe the typical life cycle of sexually reproducing (or hermaphroditic), diploid organisms.

VORTEX is not intended to give absolute answers, since it is projecting stochastically the interactions of the many parameters that enter into the model and because of the random processes involved in nature. Interpretation of the output depends upon 1) knowledge of the biology of *Axis axis* in the Anchorena population, 2) a systematic removal program, 3) collection of basic information from all of the animals removed, 4) knowledge of the natural conditions affecting the population, and 5) projections of possible changes in natural conditions, threats, and management in the future.

Model output, as with any model, is limited by the input. The biological information for the modeling of the *Axis axis* population came from 1) limited historical information on the herd, 2)

the recent censuses developed by Dr. Chris Wemmer in June and repeated in August, 3) data on the global captive population registered in ISIS, and 4) published information on free-ranging populations in the countries of origin - Sri Lanka and India, 5) on introduced populations in Texas (United States), and 6) on farm populations in Australia.

Input Parameters for Simulations (Tables 4 and 5)

Age of First Reproduction and breeding system: Three years in the wild for females and 5 years for males were chosen as the mean age of first reproduction, based upon experience with captive populations and limited observations in the wild; the species is polygynous.

VORTEX defines breeding as the time when young are born, not the age of sexual maturity. *Axis axis* breed year round in Anchorena. First births in the wild likely occur when female axis deer are, on average, about 3 years of age. VORTEX uses the mean or median age of reproduction (with an estimate of variation, as discussed below) rather than the earliest age of baby production. Similarly, whereas males may be physiologically capable of breeding at 3 to 4 years of age, social constraints may limit breeding to older animals. The degree of social constraint may vary with population density and age structure. For this model, we chose 5 years as the mean age of males at the birth of the first babies sired. Since the axis deer mating system is treated as polygynous in these simulations, populations must be small for male reproductive age or male numbers to have a significant demographic effect in the model.

Fawn Production: The litter size of axis deer is 1 fawn produced after a gestation period of 220-230 days. The percentage of all adult females annually with no fawns in Anchorena is estimated at 5-10% (interbirth interval of 1 year). These deer can rebreed 4-8 weeks after the loss of a fawn or after parturition. Density dependence of reproduction was not included in the scenarios since habitat carrying capacity is felt to be higher (more than double) than the number of animals that will be managed in the population. The sex ratio at birth was accepted as = 0.500 (equal numbers of males and females) based upon captive observations. Only 50% of the adult males are potentially in the breeding pool at any given time of year.

VORTEX combines number of fawns per litter, interval between litters, and the proportion of adult-age females producing fawns into a single variable called litter size. Annual variation in female reproduction is modeled in VORTEX by entering a standard deviation (SD) for the percent females producing litters of zero. Limited data are available for the axis deer in Anchorena. This variation was set at 5%. It may be due to fluctuations in food abundance, variations in the age at which females reach sexual maturity, infertility in some animals, fluctuations in neonatal mortality, and random demographic variation. VORTEX determines the percent breeding each year of the simulation by sampling from a binomial distribution with the specified mean (90 or 95%) and standard deviation (5%).

Age of Senescence: The age of last reproduction was set at 15 years and it is not likely that animals survive longer in this wild population.

VORTEX assumes that animals can breed (at the normal rate) throughout adult life. Animals surviving beyond the age of 15 are removed from the simulated population. One effect of

maximum age in the deterministic model is an increase in generation time with increasing life expectancy, since the maximum possible age of reproduction will be extended.

Mortality: First year mortality (birth to 1 year of age) was set at either 29% for females and 35% for males. These estimates are based upon ISIS data for more than 1900 births in captivity (Tables 1-3). In some scenarios these values were increased to 39% and 45% respectively to allow for possibly higher mortality rates in this free ranging population. For animals older than 1 year, average annual mortality rates of 4, 10, 15 and 20% for females and 7, 12, 17, and 22% for males were modeled. In addition, scenarios with higher rates of male mortality (each rate was increased by 1 or 2%, i.e. with addition of 2% to yield 9, 14, 19, and 24%) were modeled based upon the possibility that there has been selective removal of males from the population which might account for the apparent distortion in adult sex ratios observed in the Anchorena population.

Mortality can be entered in VORTEX in four ways: 1) as the percentage of animals in each sex-age class expected to die each year, with a corresponding variance; 2) as a fixed number removed (e.g., harvested) in each sex-age class; 3) as a catastrophic event that reduces the normal survival rate by some fixed amount, and 4) when K (carrying capacity) is exceeded, all age classes are proportionally reduced to truncate the population to the value set for K.

Juvenile survival rates (0 to 1 year age class) are highly variable among species and among wild populations. The factors affecting this mortality may differ in importance among populations and at different times in the same population. Factors that have been identified in some species include changes in food availability (during ovulation, gestation, or lactation), availability of nesting and rearing areas, diseases, predation, and inbreeding depression. Possible effects of inbreeding depression need to be considered in this axis deer population since it has been closed for about 70 years or 10 axis deer generations.

Survival rates of subadult (1 to 3 years for females and 1 to 4 years for males) and adult (3 years and older for females and 5 years or older for males) axis deer in captive populations is fairly constant (Table 1). There is no information on natural mortality in the Anchorena population but it is likely to be strongly affected by human influences (removals) and possibly by predation on young fawns by native carnivores (fox). The mortality rate may have ranged from 5 to 25% in a given year. We modeled the effects of age and sex mortality rates over a range of values chosen to produce a stable, growing or declining population of different adult sex ratios.

Catastrophes: Droughts, occurring with a 12.5% frequency (about once in eight years) were included as a catastrophe parameter in some of the scenarios. The event was suggested to produce a 20% reduction in survival and a 50% decrease in reproduction in the year of occurrence. The estimate of frequency was based upon historical records. Documentation of the effects of such an event will require long-term collection of data and record keeping.

Catastrophes are singular events outside the bounds of normal environmental variation affecting reproduction (defined in VORTEX as recruitment of individuals into the breeding population) and survival (defined in VORTEX as mortality of adults) either singly or in combination. Examples of catastrophes are failure of a food resource, droughts, disease, abrupt decline in prey

populations, a removal or harvest event, floods, cyclones, fire, or a combination of events. Catastrophes are modeled by assigning a probability of occurrence and a severity factor ranging from 0.0 (maximum or absolute effect) to 1.0 (no effect). It is also possible to model positive effects of an unusually good year for reproduction by setting the severity effect to greater than 1.0.

Carrying Capacity: K was set at either 150 as a possible management target capacity or 500 based upon observations that the population in Anchorena has been larger than at present and higher densities have been observed in other park populations in other countries.

The carrying capacity, 'K' defines an upper limit for the population size, above which additional mortality is imposed proportionally across the age classes to return the population to the value set for K. VORTEX uses K to impose density-dependence on survival rates. Another VORTEX module has the capability of imposing density-dependent effects on reproduction that change continuously as the population approaches K. We included annual environmental variation (EV) of 15 in K when K was set at 150 to allow for errors in census measurements. No trend of change in K was tested. Environmental variation effects were included in mortality and reproduction.

Inbreeding Depression We did not include inbreeding depression in the model because the size of the population will be maintained to allow less than 10% loss of heterozygosity over 100 years or 14 generations. Given the long time that this population has been closed, it would be of interest to do molecular genetic studies to measure the heterozygosity remaining in the population and compare it to other captive and wild populations to estimate if significant losses have occurred.

The rate of inbreeding due to random drift is a function of population size. A small population is vulnerable to relatively rapid random loss of heterozygosity by drift and rapid rates of inbreeding. Differences in rate of loss of heterozygosity will occur in the simulations with positive growth rates and differences in carrying capacity and hence mean population size. It is also possible that the present axis deer population may be subject to effects of inbreeding as a result of its history as a closed population. Inbreeding could negatively affect the wild population's vulnerability to disease events and its reproductive success. These intrinsic demographic effects on reproduction and mortality are incorporated in the range of our present estimates of mortality and reproduction in the population parameters used in the models and would be incorporated in actually measured rates. There is no known way to estimate inbreeding depression effects on fitness from measured levels of molecular heterozygosity (DNA, RNA, or protein) for which there are no control population comparisons.

Starting Age Distribution: We initialized the models with a stable age distribution (Table 4), which distributes the total population among the sex-age classes in accordance with the specified mortality and reproductive schedules in the scenario, using a deterministic Leslie Matrix algorithm. Deterministic values for population growth rate, generation time, adult sex ratio, and age structure are calculated and reported in the output file (Table 5). If field data on ages become available for this population it would be possible to use in the model the observed data for the major age classes. However, the survey may not be able to detect an already present

skewed age distribution to older or younger adult age classes unless the ages of individual animals can be determined from tooth wear and eruption patterns.

Starting Population Size: This was set at 300 animals based upon the best current estimates of the size of the Anchorena population. We modeled populations of size 150 to estimate the rates of removal needed to maintain a stable population and to estimate the rate of loss of heterozygosity under different management scenarios.

Iterations and Years of Projection: Each scenario was repeated 1000 times and for either 20 or 100 years. Output results were summarized at 1 year intervals for the 20 year projections (Tables 6, 8, 10, and 12) and 5 year intervals for the 100 year projections (Tables 7, 9, and 11). Each scenario tabulated in the tables has a corresponding file number for reference and retrieval of other results, if needed. The simulations were run using VORTEX version 7.3 dated May 1997. Comparable scenarios differing in only one parameter value have the same number with a different letter prefix in the tables.

Results and Interpretations of Population Simulations

Sample Input And Output Files

A sample input file (#030) used to initialize the model and its output file (#030) for the scenarios is included (Tables 4 and 5). The information input (parameter values) for each question and the question are shown in the order in which they appear in the program.

Deterministic results

We list the stochastic 'r' values, as measures of population growth rate, for each scenario in the tables (Tables 6-12). The mean stochastic r values are usually lower, but never higher, than the deterministic r values which are not reported here. Deterministic outputs in each scenario included values for the growth rate of the population (r , λ , and R_0), the generation times for males and females, the stable age distribution (year by year sex and age structure), and the adult male-to-adult female sex ratio (Table 5). The deterministic growth rate was calculated by a Leslie matrix algorithm. Positive mean values of 'r' are necessary for a population to survive or grow, and, in principle, a zero 'r' value indicates a stable population in a deterministic model. Sustained negative values of 'r' inevitably lead to population extinction. The deterministic growth rate is not sensitive to differences in starting population size, carrying capacity, or environmental variation, but varies with level of mortality, reproductive values, and the additional mortality imposed by catastrophes. The calculated generation times for female axis deer varied from 7 to 8 years and from 8 to 9 years for males. The generation time is a function of age of first reproduction, maximal breeding age, and interbirth interval. Thus with an approximate generation time of 7 years, there are about 14 axis deer generations in 100 years. The male to female sex ratio of adults (breeding age animals) was 0.48 (87 5 year and older males and 180 3 year and older females) in scenario #030, Table 6. This value is close to that observed in the August population surveys when careful observations of the individual animals were made with binoculars and a spotting scope.

Stochastic Results

General

The results from 5 sets of 32 scenarios each are presented in Tables 6-10 and Figures 1-10. Each table provides the results of systematic (nested sets) variation of 6 parameters. These variable parameters are the first year mortality by sex (29 or 39% for female fawns), four mortality rates of juvenile and adult animals by sex (4, 10, 15, and 20% for females; 7, 12, 17, and 22% for males), proportion of females producing a live fawn each year (90 or 95%), and the occurrence (12.5% probability of occurrence with severity effects of 0.5 on reproduction and 0.8 on survival) or not of a catastrophe. A separate set of scenarios explored the effects of harvest rates needed to maintain a stable mean population size of 150 ± 30 animals (Tables 11 & 12, Figures 9-12)), the effects of continuing the harvest at the present rates (Table 10, Figures 7 & 8), and the effects and numbers of removals needed to reduce the population to the target size range of 120-180 animals (Table 10, Figure 8). Constant parameter values were maintained in all of the scenarios for: number of populations, age of first reproduction, polygynous breeding with 50% of the adult males available for breeding, maximum age of breeding, sex ratio at birth, and litter size. Inbreeding depression, density dependence of reproduction, trends in carrying capacity, and supplementation were not included in any of the scenarios. The scenarios are projected for 20 years in Tables 6, 8, 10, and 12. The conditions in Table 7 are identical with those of Table 6 except that the projections are for 100 years in Table 7. The sets in Tables 6 and 8 differ only by changes in values for male mortality with a base rate of 7% in Table 6 and a base rate of 9% in Table 8. The other male mortality values in Table 8 are also increased by 2% (column 3 of the respective Tables).

Means (and SD for 'r' and 'N'), calculated over the 1000 iterations for projections of 20 or 100 years, are given for: 1) stochastic population growth rates (r_{stoc}), 2) probabilities of extinction (P_e), 3) final population size (N), 4) retention of genetic heterozygosity (H_{et}) and 5) mean time to extinction (T_e) (Tables 6- 12). Stochastic population growth rates and the probabilities of extinction are sensitive to the values and the variances used for each of the mortality and reproductive parameters. Values for the variance (standard deviation or 'SD' reflecting environmental variation or 'EV') for each parameter were estimated from the variation observed in the captive population and from estimates from other wild species' populations. The estimates used are conservative (probably low relative to the actual variation experienced in the Anchorena population) and were set at 1/3 or 1/4 the value for the mean of the parameter value. Examples are given in Tables 4 & 5.

Base scenario

A first approximation for a baseline scenario was constructed using mean *natural annual mortality* of 4% in the >1 year female and 7% in the >1 year male age classes with 29% mean annual mortality rates in the 0-1 year age class females and 35% mean mortality rates in the 0-1 year age class males. These values were taken from an analysis of the captive *Axis axis* population database in ISIS (Tables 1-3) and are based upon 1963 deaths of known age animals. Natural annual mortality rates (without hunting or other removals) in any wild axis deer population are not likely to be less than these rates and are likely to be higher because of

predation, variations in food resources, accidents, male fighting, dispersal, and disease. The median age of first reproduction in captivity is about 3 years for females and males. Male cervids in wild populations are usually delayed several years before reaching full maturity and dominance in breeding behavior so we set the age of first reproduction for males at 5 years. This delay and the polygyny of the species combined with the higher mortality rate of males will reduce the ratio of breeding males to females and decrease the effective population size. This will tend to increase the rate of loss of heterozygosity by random drift in this small population. The litter size is one and the females breed every year. The number of females not producing a fawn in a year was set at 5 or 10% (90-95% of females produce a fawn each year) based upon experience with other cervid species and the proven capability of axis deer to breed within 4-8 weeks after loss or birth of a fawn.

The Park habitat carrying capacity was set at 500 for one group of simulations reflecting the proven capability of the population to expand in numbers if not constrained by removals. However at this size the population would put unwanted pressure on the arboretum plantings in the Park, would likely degrade the food resources in the natural habitat, would become more dependent upon planted crops, would become more vulnerable to disease at the higher densities, and would be vulnerable to a population crash in a bad year (drought). No trend of increasing or declining habitat carrying capacity was included in the model since it is believed that the population will be managed at lower levels than the estimated capacity. Also it is not intended to manage the Park to support an expanded deer population. No supplementation options, density dependence of reproduction, removals from the population or inbreeding depression were included in the baseline scenarios.

Projections of the population for 20 years were done with adult female mortality varied from 4% to 20% and corresponding male mortality values set at 2% higher levels (Table 6). First year mortality rates were set at either 29% or 39% for females and 35% or 45% for males fawns, based upon captive population data (Tables 1-3). The first group (Table 6, #030-033) of simulations, under the best conditions of reproduction and mortality, indicated the population could maintain positive growth rates (Figure 1) with total average female mortality rates of 4% to 15%. Since the species is polygynous, it was expected that population growth rates would not be sensitive to a wide range of male mortality values. An additional 2% increase in annual male mortality rates had no effect on the population growth rates or final population size (Table 8). Male mortality rates would be expected to affect the adult male to female ratio and the retention of genetic heterozygosity (Tables 6 and 8). The results in these simulations indicate that the baseline parameter values used were consistent with the observations of the sustained growth of the Anchorena deer population over the past 70 years from a few founders to a population of 300-500 animals, the current sex ratio, the number of fawns and juveniles observed during the censuses, and removals of animals from the population. Internal consistency checks on these parameter values were obtained from more detailed comparisons with the estimates of the adult sex ratio and the proportions of fawns and juveniles in the population from the census and survey data obtained in June and August.

Catastrophe

Inclusion of a catastrophe (drought) in the scenarios decreases the population growth rate by about 4% (compare #030 with #038 in Table 6 and columns 29 5 N with 29 5 C in Figure 1), increases the risk of extinction (Figure 2), decreases the mean population size, and decreases the retention of genetic heterozygosity (Figure 4). It will be important to detect such catastrophe events as part of the management of the herd and to reduce removals from the herd for one or two years during and after the catastrophe depending upon the severity and duration of the catastrophe event. Continued removals, which further decrease population size and number of breeding females, before recovery of the population would increase the risk of extinction and hasten the loss of genetic heterozygosity. It will be possible to use the population model with census data collected before, during, and after the event to guide these management decisions.

Average Annual Adult Female Mortality Rates of 4, 10, 15, and 20%.

Mortality rates of 20% for females >1 year old are unsustainable under any of the conditions tested (Table 6, Figures 1-6). If a catastrophe is included in the model, then an average annual mortality rate of 15% cannot be sustained, particularly if the fawn mortality rates are greater than 30% (compare columns labeled with 'C' [=catastrophe] with those labeled with a 'N' in the legends of Figures 1-6). These mortality rates, with the added mortality from the catastrophe event, result in negative growth rates with a high probability of extinction in the 100 year projections, and an unacceptably high rate of loss of genetic heterozygosity (Table 7, Figures 5 & 6). Since this is a polygynous species, the mortality rate of adult females will be a critical rate limiting factor on the population growth rate and on the risk of extinction. An average annual mortality rate of 10% produces annual average population growth rates of 5-10%. The population growth rates were not sensitive to male mortality rates, but distortion of the sex ratio in favor of females increases the rate of loss of genetic heterozygosity (Tables 6 and 8).

Removals from the Population

Three questions concerning removals from the population were evaluated with the model and in the discussions. The term 'removals' is intended to include all animals taken permanently from the population by people by whatever methods. The analyses, results, and interpretations reported here will need to be revised as more information on the population is collected. They are intended to provide an indication of the order of magnitude of the removal program needed to achieve and maintain the management goals for the population.

First, what is the effect of continuing removals at the current rate by the managers of the Anchorena Park? The population has had animals removed at the rate of about 3 per week since January 1997. This would be a total of about 90 animals. Information is not available on the age or sexes of these animals but it was indicated that males were favored targets for removal as were any animals feeding in the area planted with crops. If removals are maintained at this rate, this would be about 150 animals per year. Continuing the removals at the rate of 90 animals per year, with the removal of 30 females and 60 males each year, will drive the population to extinction in 5-8 years (Figures 7 & 8, Table 10). These projections were based upon a starting population size of 400 animals. It is likely the the current population size is no more than 300

animals so that interpretation of the figures should be read from the 300 values with subtraction of about 2 years from the range of 5-8 years. Thus the population will go to extinction in about 3-6 years from August 1997, if the removal rate of 90 animals per year is maintained.

Second, how many animals need to be removed and what removal strategy needs to be used to reach the management target population size of 150 ± 30 animals and meet the other goals suggested in this report? The absolute number that will need to be removed will depend upon knowledge of the size and demographic structure of the present population (August 1997) and upon the time schedule of the removals. This will require an improved census of the herd with an estimate of the error in the census methods. It will also be important to monitor the herd closely during the time that the reductions are taking place and during the maintenance management program. The census method will need to include marked animals (about 30) which are not removed during the herd reduction program. This will provide the basis for more accurate census estimates and can also contribute needed information on the social structure of the population in the Park.

Current views that the axis deer population is composed of a large herd and a number of more or less separate smaller groups is probably not accurate. For example, during our observations in early August 1997 several of the smaller groups were seen to be composed of subadult males and another was a group of 7-9 does with young fawns. It is highly likely that most or all of the animals in the Park are part of a single social unit and that animals move in and out of the larger group and temporarily form smaller groups for specific behavioral reasons. Thus it will be important to undertake any removal strategy with specific choices of the age and sex distribution of the animals to be removed. It is also necessary to acquire fundamental biological information on the herd which can be collected from animals as they are removed.

One possible removal scenario would be to remove 20-30 animals at 3 month intervals. It may require about 6 such removals to reach the target population range of 150-200 animals (Figure 8). Spacing the removals over the year would provide valuable information on possible seasonality in reproduction in the herd and on seasonal variation in their condition. This approach would allow a group of experts to be assembled each time to collect the biological data needed over a period of one or two days in a well-organized collection and analysis program. This approach would maximize the benefits of collecting information needed for management and minimize the risk of removing too many animals or disrupting the social structure of the population and the 'large' herd. These removals need to be carefully planned and coordinated to bring in biologists and veterinarians to collect basic information. For example, each animal would need to be weighed, sex recorded, external observations made of condition and parasites, and a complete necropsy performed by a pathologist. In females the ovaries and uterus need to be examined for information on ovulatory history, implantation sites, and the presence of a fetus. Any fetuses should be weighed and its sex determined. It would be useful to prepare a lower jaw (mandible) series to assist in aging live animals, with the assistance of a deer biologist experienced with this technique. The age and sexes of the animals to be removed should be specified based upon the improved census information and tests in the population model..

Third, this program of large scale removals would then be replaced by a maintenance removal program to maintain the population size in the desired range. Based upon the preliminary

models in this report, the rate of removals would need to be about 10-15 animals per year from a population of 150-200 animals with adjustments made to reduce the number removed in catastrophe years (Tables 11-12, Figures 9-12). This amounts to one or two animals per month – but of specified ages and sexes. The goal of a stable and viable population will require removal of both males and females. The sex ratio and ages will depend on acquiring better information on the herd structure. Different combinations of age and sex are possible but further simulation models need to be done to choose the most effective combinations. The removals will likely need to be adjusted each year or two based upon events occurring with the herd and better information. Genetic heterozygosity will be lost steadily from the herd (Figure 12) with a loss of about 12% from the present level in 100 years of 14 generations. This rate of loss, less than 1% per generation, may minimize the risk of inbreeding depression. It will be of value to directly measure the genetic heterozygosity in the present herd, which has been closed for perhaps 10 generations, to allow comparisons with other herds and to directly measure the rate of loss over time. It also may be useful to evaluate the value of occasional additions to the herd from other sources to add genetic variation. Another option would be to collect and store semen from the present herd for use in later generations to restore lost variation.

Summary

The management goals for this program are: 1) to maintain a suitably large population to ensure a satisfactory visitor experience, 2) to ensure genetic and demographic viability for 100 years, and 3) to minimize damage to the vegetation of the Park. The objectives of the population modeling were 1) to suggest a target population size range for management of the population to meet the goals, 2) determine the frequency, number, age, and sex structure of animals that need to be removed from the population to achieve and sustain the management goals, 3) to suggest components for a first stage draft management plan, 4) to develop a model of the population and learn how to use the model to integrate new data as it is acquired into the management plan, and 5) to provide useful experience for developing scientific wildlife management programs in Uruguay.

Overall this set of simulations, and combinations of conditions indicate that the Anchorena axis deer population with 5-10% average natural adult female mortality, 29-35% female fawn mortality, and with only 5-10% of adult females not producing a fawn each year, is capable of doubling in size in 5-10 years. If the population is subject only to natural mortality and no removals are done, it is likely that the doubling time is around 5 years.

The modeling results indicate that adult female mortality rates, the occurrence of extreme environmental events, and removal rates are three key demographic parameters for characterizing the dynamics of this axis deer population. Female reproduction and mortality rates can be estimated and monitored if a group of 25-30 females are tagged so that they can be individually identified year-round. A population with an average growth rate of 10-15% will have a doubling time of 5-7 years. If the survey methods have a measurement error of only 10% then it may require one-two years to reliably detect a 10% annual rate of change in this small population.

The potential effects of inbreeding depression on the survival of this small population have not been evaluated. The long history of isolation of this population make molecular genetic studies potentially valuable for comparison with other axis deer populations, to evaluate the absolute levels of heterozygosity present in the population, as a guide to the long term effectiveness of the management, and as a basis for estimating the effective population size.

Table and Figure Legends: Conditions Of The Simulations And Parameter Values.

Standard conditions in all of the simulations were 1000 iterations of one population for 20 or 100 years with reports at 1 year or 10 year intervals. Starting population size was set at 150, the target population size or 300 animals, the number currently estimated to be present in the wild population. To initialize the simulation, the animals were distributed across the age classes based upon a deterministic Leslie matrix calculation. The age of first reproduction for females was 3 years and 5 years for males. The age of senescence was set at 15 years and the sex ratio at birth was 0.500 (equal numbers of males and females). One half of the adult males were considered in the gene pool and the species is polygynous. One catastrophe was included in some of the scenarios with a frequency of 12.5%. Survival was reduced 20% and reproduction 50% in the year of occurrence. No trend or variance in carrying capacity was included. The environmental variance in mortality was set at 2% for >1 year old animals and at 10% for 0-1 year old animals. Environmental variance in reproduction was set at 5%.

Variable conditions in the scenarios included: adult females mortality either 5, 10, 15, or 20%; adult male mortality 7, 12, 17, or 22% (Tables 6 & 8). The number of adult females producing no litter in a given year was estimated as 5 or 10%. Female fawn mortality was 29 or 39% and male fawn mortality 35 or 45%. Each set of scenarios was done with and without a catastrophe.

The labels used in the column headings of the tables are: File # = output file identifier, >1 = average annual mortality rates for animals older than 1 year, <1 = average annual mortality rates for fawns less than 1 year, r stoc = mean stochastic r value over either 20 or 100 years, SD(r) = the standard deviation of r, Pe = the probability of extinction at 20 or 100 years, N = the mean surviving population size at 20 or 100 years, SD (N) = the standard deviation of N, % remain = the average heterozygosity retained at 20 or 100 years in the surviving populations, and Te = the mean time of first extinction.

The labels on the X axis for each of the 8 columns of the histograms of Figures 1-6 indicate the mean first year mortality (29 or 39%), the mean proportion of females breeding in a given year (5 or 10%), and whether a catastrophe was included in the scenarios (N or C). The four bars of the histograms in each column are for adult female mortalities of either 4, 10, 15, or 20%. On the Y axis of the Figures, 'r' = mean stochastic population growth rate, 'Pe' = the mean probability of extinction over the time period of the simulations, 'N' = the mean population size, and 'Het' = the mean heterozygosity retained over the time period. The units on the X axis of Figures 9-12 are years.

Figure 3. Mean population size of surviving populations at 100 years with adult female mortalities of 4, 10, 15, & 20%. The conditions in the eight scenarios are as in Figure 1.

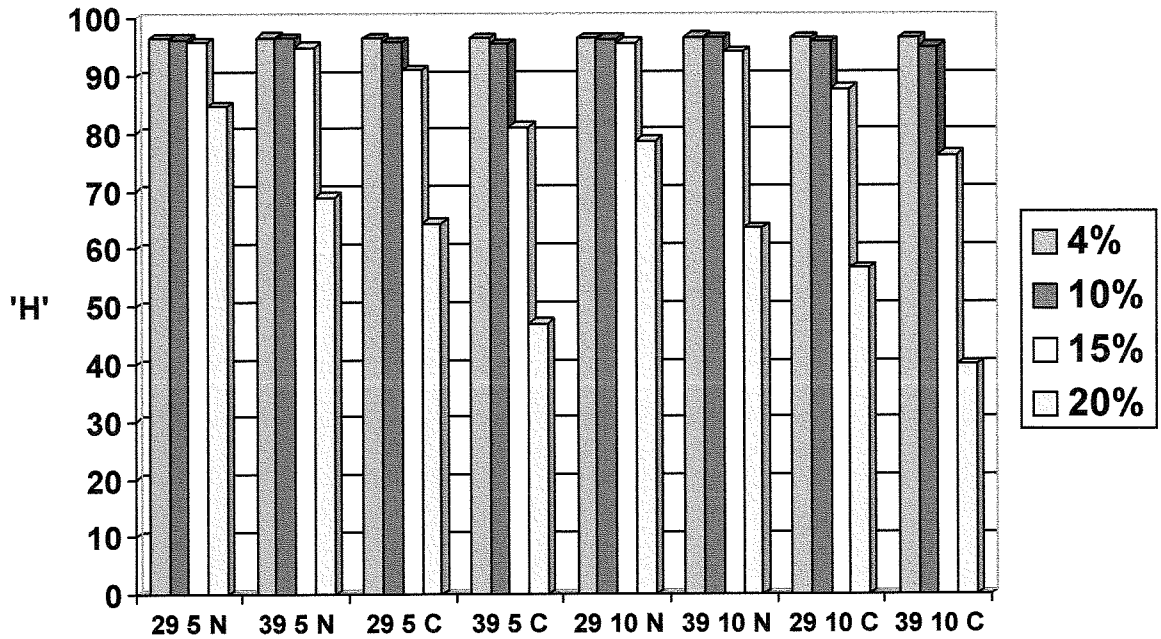
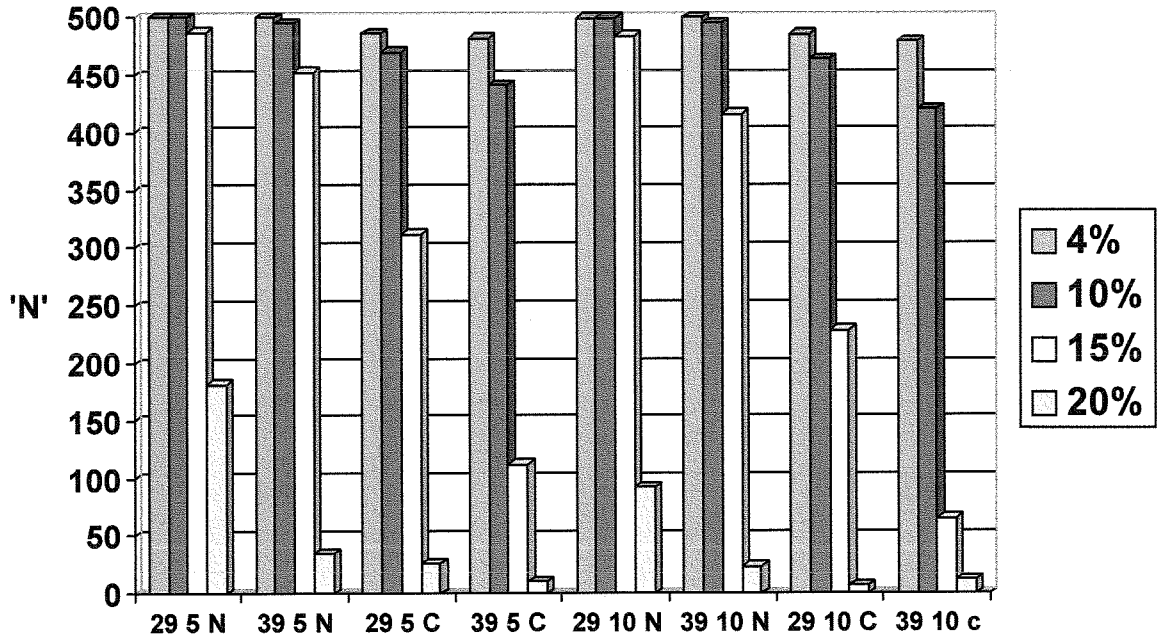


Figure 4. Average heterozygosity remaining in surviving deer populations at 100 years with female mortalities of 4, 10, 15 & 20%. $K=500$, other conditions are as in Figure 1.

Figure 5. Probability of extinction in 100 years in eight scenarios. $K=150$ and other conditions are the same as in Figure 1 and Table 9.

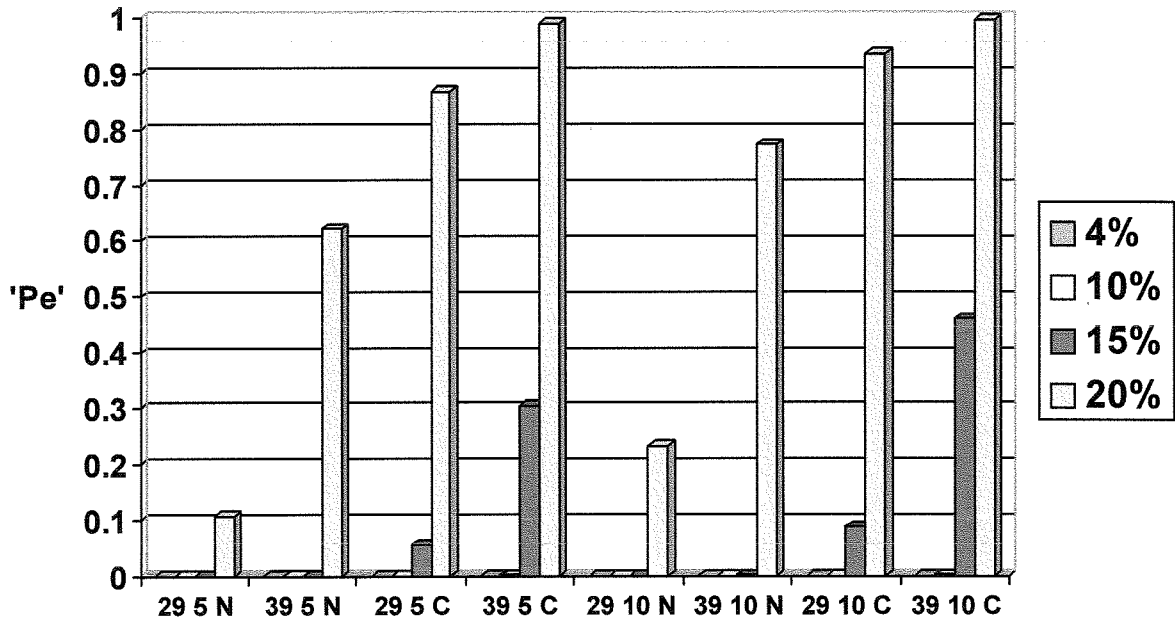


Figure 6. Mean heterozygosity remaining in surviving populations at 100 years with female mortalities of 4, 10, 15 and 20%. $K=150$, other conditions are as in Figure 5.

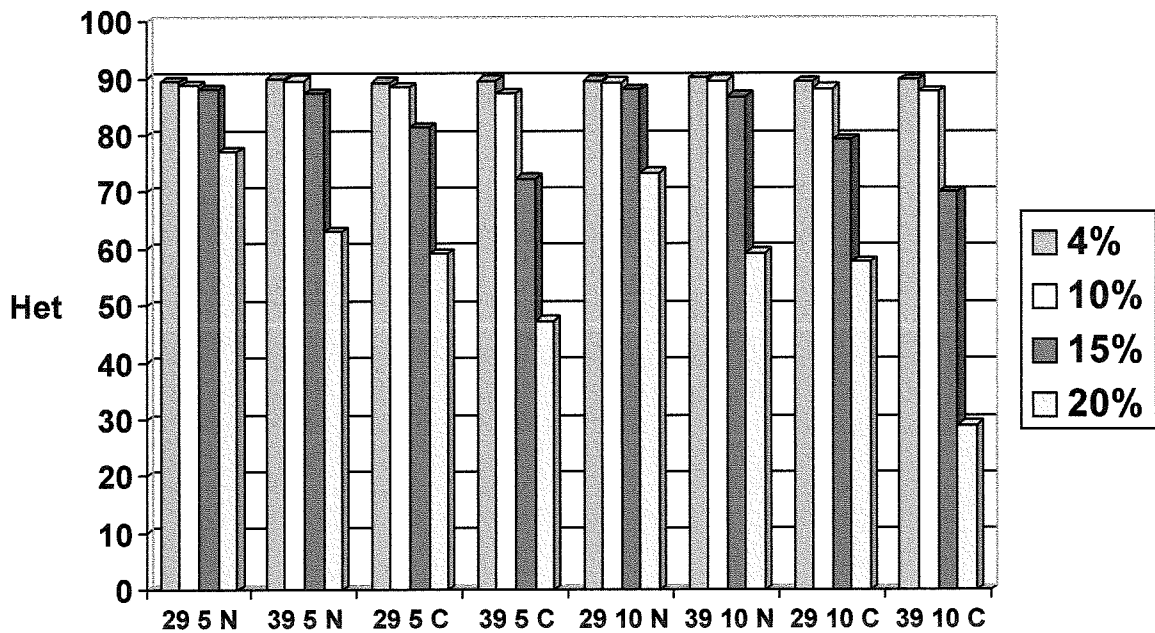


Figure 7. Probability of extinction over 20 years in the base scenario with 4, 10, 15 or 20% female mortality. $K=500$; $N=400$, & 90 animals removed each year; conditions as in Table 10.

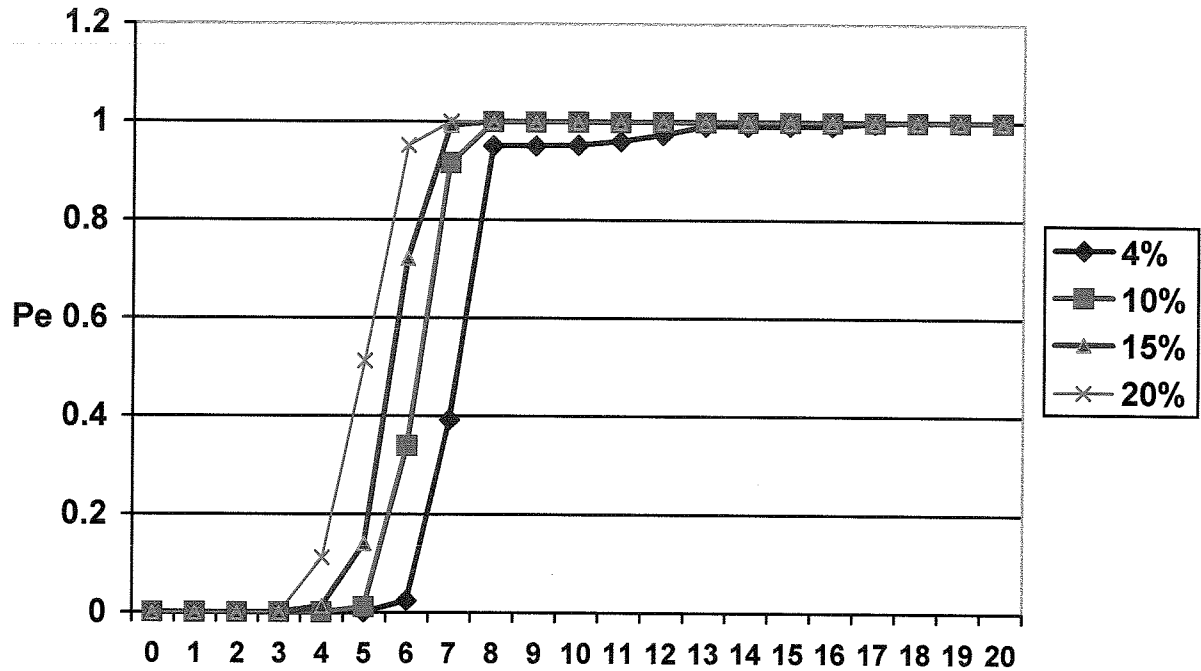


Figure 8. Decline in population size over 5 years with removals of 90 animals per year with female natural mortality of 4, 10, or 15%. Same scenarios as in Figure 7.

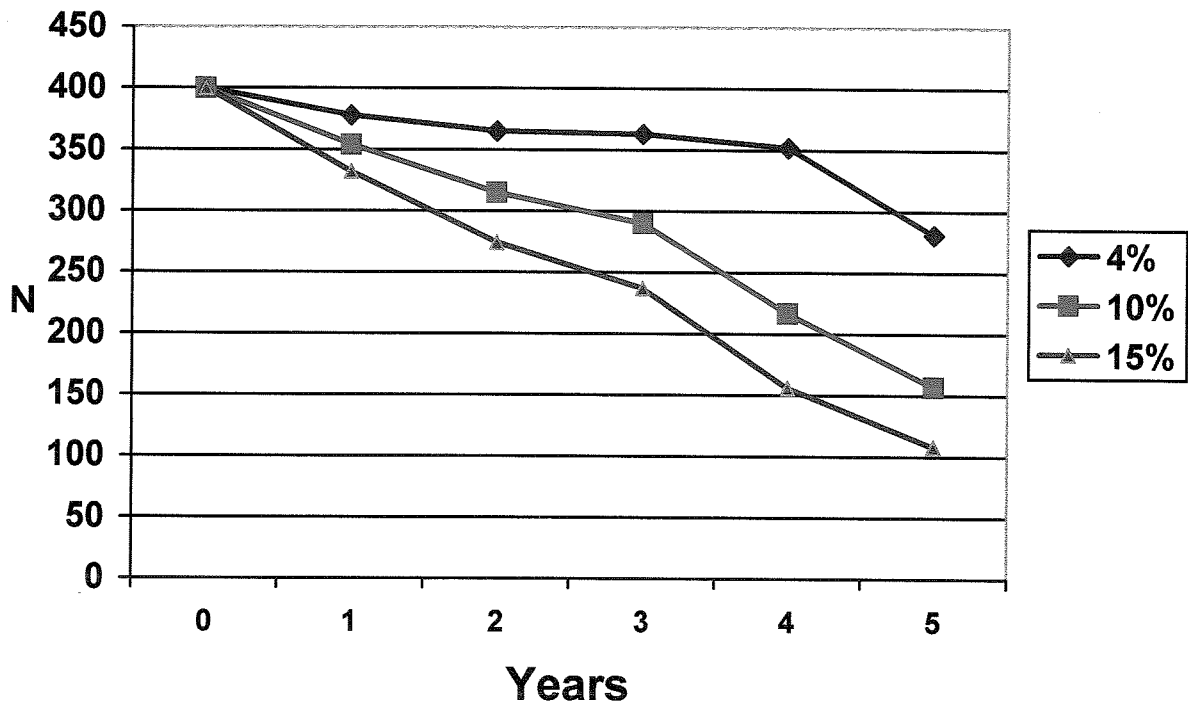


Figure 9. Probability of extinction over 100 years with removal of 8 females and 7 males each year. $K=150$; other conditions as in Figure 1. Scenarios F030,34, & 46, Table 11.

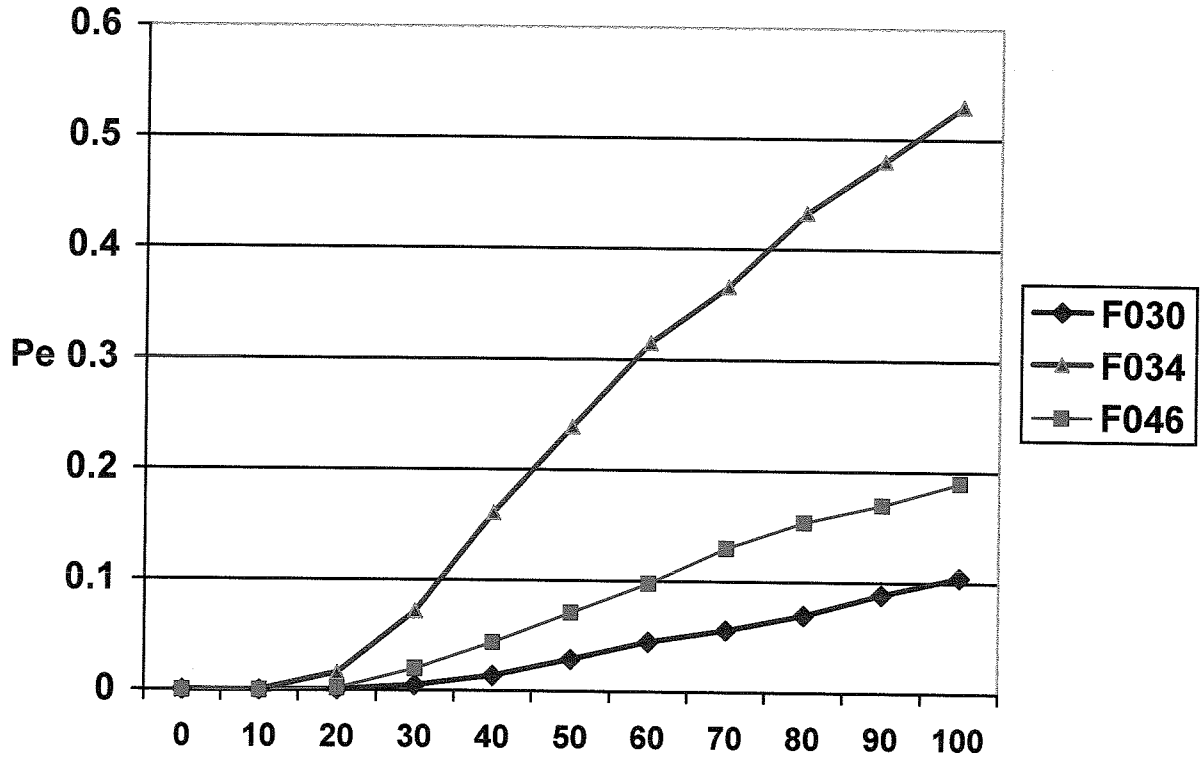


Figure 10. Probability of extinction over 20 years with removal of 8 females and 7 males each year. $K=150$, effects of adult & fawn mortality. Scenarios G030, 31, 34 & 35.

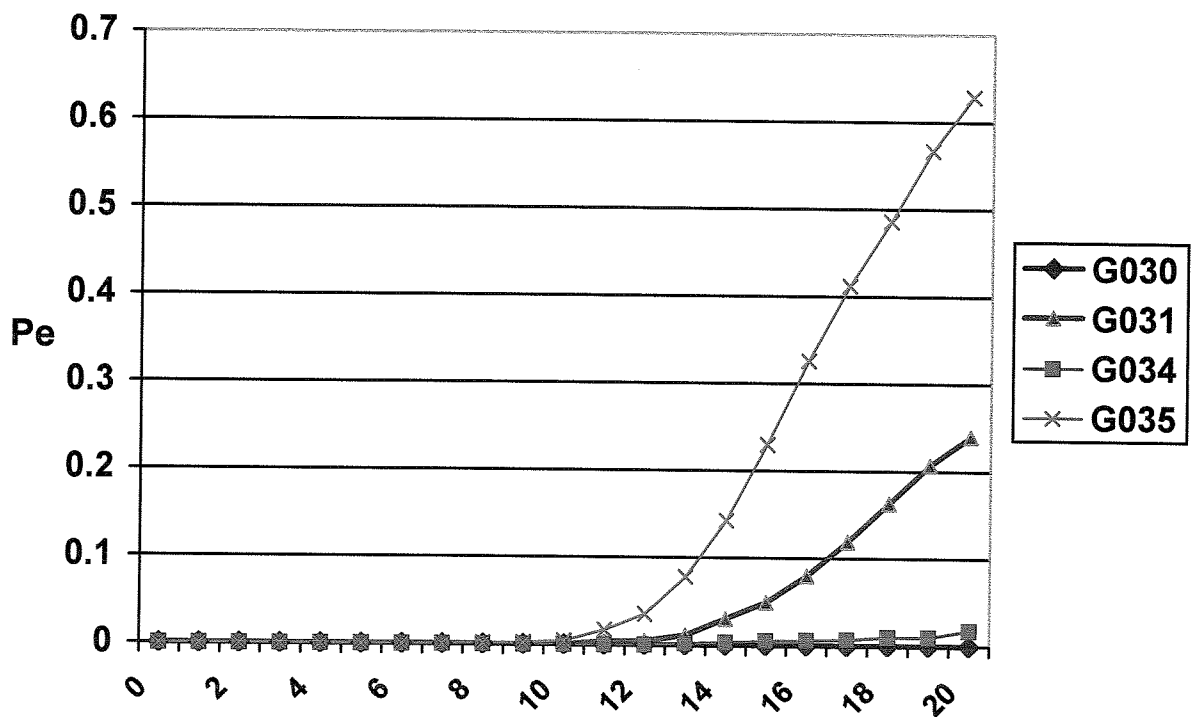


Figure 11. Population size over 20 years with removal of 8 females and 7 males annually with $K=150$, effects of fawn and adult mortality. Scenarios G030, G031, G034, & G035, Table 12.

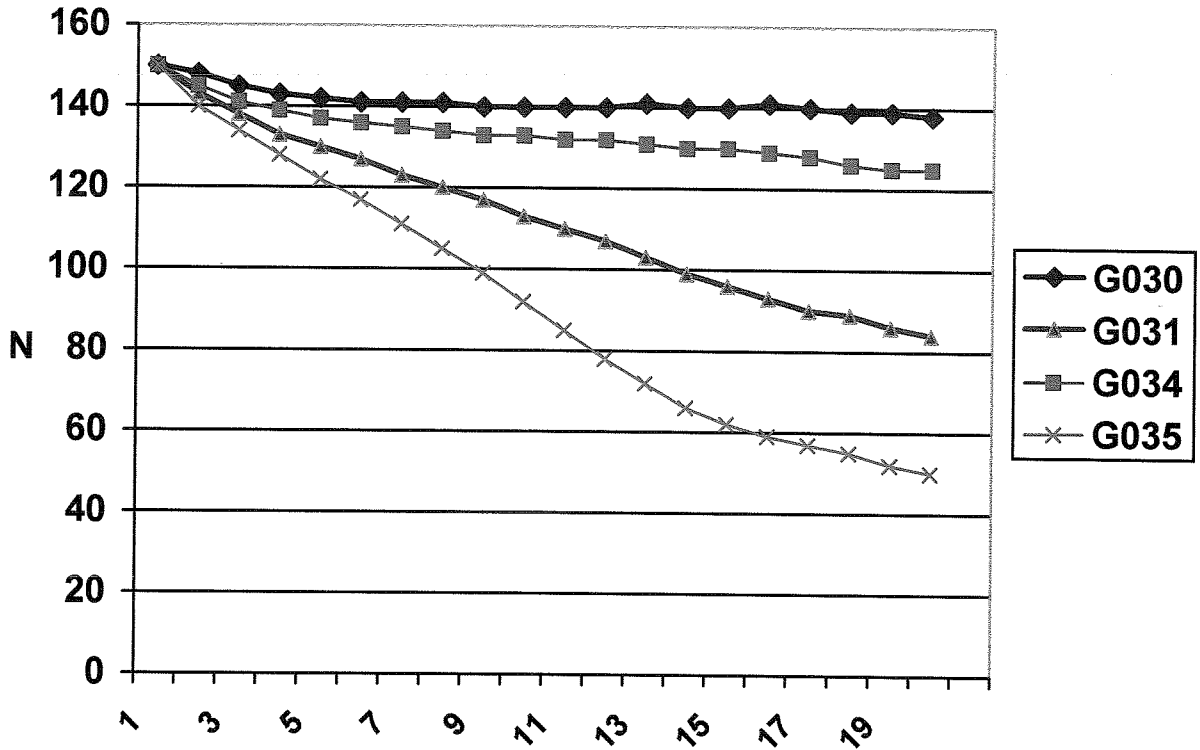


Figure 12. Heterozygosity lost over 100 years with removal of 8 females and 7 males annually with $K=150$: effects of fawn and mortality and non-breeding females (F030, F034, & F046).

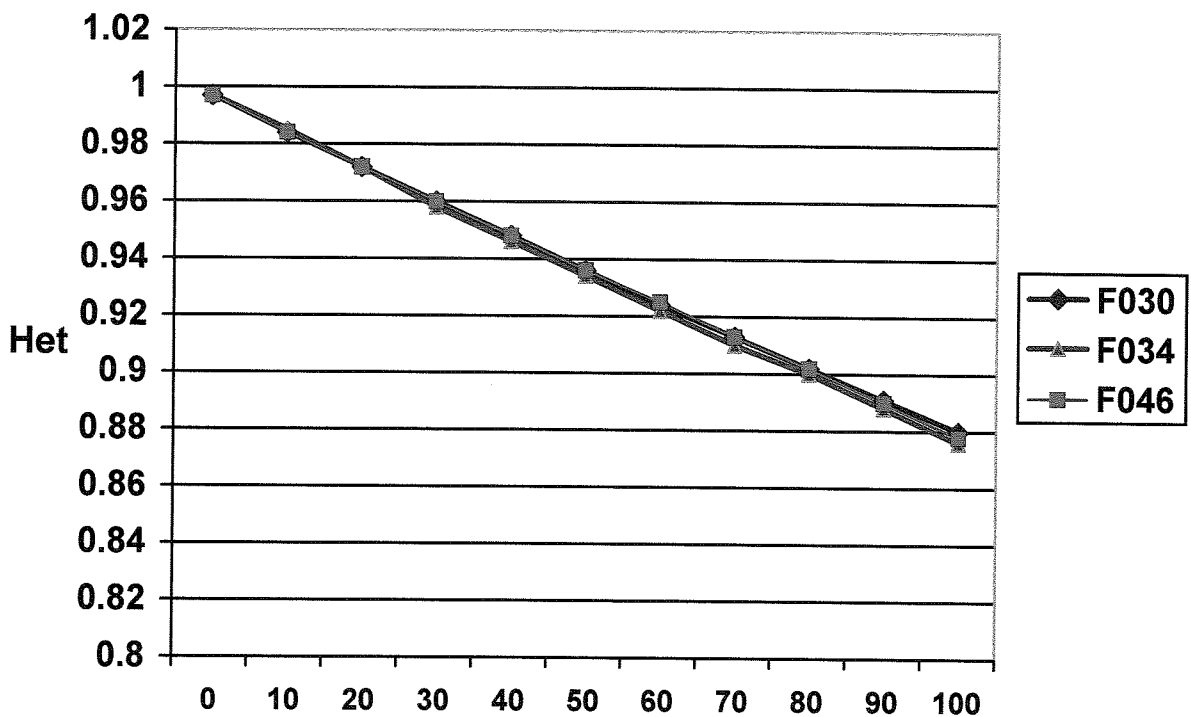


Table 1.

Fecundity and Mortality Report
 AXIS DEER Studbook

Page 1

 =====
 Taxon Name: CERVUS AXIS
 =====

Age Class	Fecundity [Mx]...				Mortality [Qx]...			
	Male	N	Female	N	Male	N	Female	N
0- 1	0.00	1295	0.00	1568	0.35	1930	0.29	2157
1- 2	0.02	965.0	0.04	1307	0.07	1014	0.04	1339
2- 3	0.08	754.1	0.07	1105	0.05	780.9	0.04	1129
3- 4	0.13	597.2	0.08	900.0	0.06	619.1	0.03	915.7
4- 5	0.16	463.1	0.09	733.2	0.07	480.2	0.04	747.3
5- 6	0.15	376.7	0.09	611.7	0.08	394.1	0.05	632.9
6- 7	0.18	310.9	0.08	531.6	0.06	319.4	0.04	545.2
7- 8	0.21	255.5	0.08	440.6	0.08	264.6	0.05	447.4
8- 9	0.17	206.8	0.09	338.8	0.07	217.3	0.04	346.3
9-10	0.20	153.8	0.09	265.7	0.04	156.7	0.09	280.3
10-11	0.16	110.3	0.10	211.6	0.10	116.5	0.08	217.7
11-12	0.18	90.9	0.10	157.2	0.06	93.6	0.10	168.7
12-13	0.16	73.4	0.07	127.9	0.07	75.0	0.07	133.5
13-14	0.16	47.8	0.08	94.0	0.04	48.3	0.10	100.3
14-15	0.30	16.4	0.15	52.3	0.00	16.4	0.13	55.9
15-16	0.12	12.5	0.13	39.9	0.21	14.1	0.09	42.6
16-17	0.00	11.0	0.07	30.4	0.00	11.0	0.28	36.2
17-18	0.70	10.7	0.43	17.6	0.00	10.7	0.20	20.4
18-19	0.20	9.8	0.18	14.1	0.00	9.8	0.07	15.0
19-20	0.00	6.0	0.00	11.1	0.00	6.0	0.00	11.1
20-21	0.00	0.0	0.00	6.8	1.00	1.0	0.14	7.0
21-22	0.00	0.0	0.58	6.0	0.00	0.0	0.00	6.0
22-23	0.00	0.0	0.00	5.8	0.00	0.0	0.17	6.0
23-24	0.00	0.0	0.00	4.4	0.00	0.0	0.20	5.0
24-25	0.00	0.0	0.00	4.0	0.00	0.0	0.00	4.0
25-26	0.00	0.0	0.00	3.6	0.00	0.0	0.25	4.0
26-27	0.00	0.0	0.17	3.0	0.00	0.0	0.00	3.0
27-28	0.00	0.0	0.00	3.0	0.00	0.0	0.00	3.0
28-29	0.00	0.0	0.00	3.0	0.00	0.0	0.00	3.0
29-30	0.00	0.0	0.00	3.0	0.00	0.0	0.00	3.0
30-31	0.00	0.0	0.00	3.0	0.00	0.0	0.00	3.0
31-32	0.00	0.0	0.00	3.0	0.00	0.0	0.00	3.0
32-33	0.00	0.0	0.00	1.9	0.00	0.0	0.00	1.9
33-34	0.00	0.0	0.00	1.0	0.00	0.0	0.00	1.0
34-35	0.00	0.0	0.00	1.0	0.00	0.0	0.00	1.0
35-36	0.00	0.0	0.00	1.0	0.00	0.0	0.00	1.0
36-37	0.00	0.0	0.00	1.0	0.00	0.0	0.00	1.0
37-38	0.00	0.0	0.00	1.0	0.00	0.0	0.00	1.0

T = 9.578
 Ro = 1.066
 lambda=1.01
 r = 0.007

T = 10.145
 Ro = 0.788
 lambda=0.98
 r = -0.024

30 day mortality: 26%
 (1096 deaths out of 4280 arriving
 within 30 days of birth date)

79 specimens of unknown age ignored...
 1084 birth events to known age parents tabulated for Mx...
 [290 parents (includes WILD) not found in data set ignored...]
 1963 death events of known age tabulated for Qx...

Table 2.

Census Report

Restricted to:

AXIS DEER Studbook

Page 1

Dates: As of End of date <= 31/12/1996

Year as of 31 Dec	Specimen Counts	Observed Lambda	
		Annual	Geometric Mean
1996	568.790.67 (1425)	1.00	
1995	581.785.57 (1423)	1.18	1.09 (last 2 yrs)
1994	462.690.51 (1203)	1.12	1.10 (last 3 yrs)
1993	419.612.47 (1078)	1.11	1.10 (last 4 yrs)
1992	390.553.26 (969)	1.11	1.10 (last 5 yrs)
1991	357.496.18 (871)	1.06	1.10 (last 6 yrs)
1990	336.474.13 (823)	1.09	1.09 (last 7 yrs)
1989	327.417.14 (758)	1.21	1.11 (last 8 yrs)
1988	278.345.4 (627)	1.23	1.12 (last 9 yrs)
1987	196.307.5 (508)	1.03	1.11 (last 10 yrs)
1986	191.297.6 (494)	1.13	1.11 (last 11 yrs)
1985	179.254.4 (437)	1.15	1.12 (last 12 yrs)
1984	142.233.5 (380)	1.09	1.11 (last 13 yrs)
1983	120.221.7 (348)	1.12	1.11 (last 14 yrs)
1982	106.199.6 (311)	0.98	1.11 (last 15 yrs)
1981	117.197.3 (317)	1.06	1.10 (last 16 yrs)
1980	113.184.2 (299)	1.02	1.10 (last 17 yrs)
1979	107.180.5 (292)	1.15	1.10 (last 18 yrs)
1978	88.157.8 (253)	1.07	1.10 (last 19 yrs)
1977	73.155.9 (237)	1.14	1.10 (last 20 yrs)
1976	65.136.6 (207)	1.10	1.10 (last 21 yrs)
1975	57.126.6 (189)	1.13	1.10 (last 22 yrs)
1974	51.112.5 (168)	1.21	1.11 (last 23 yrs)
1973	36.99.4 (139)	1.39	1.12 (last 24 yrs)
1972	22.76.2 (100)	1.37	1.13 (last 25 yrs)
1971	15.58.0 (73)	1.04	1.12 (last 26 yrs)
1970	21.49.0 (70)	1.21	1.13 (last 27 yrs)
1969	18.40.0 (58)	1.16	1.13 (last 28 yrs)
1968	14.36.0 (50)	1.22	1.13 (last 29 yrs)
1967	11.30.0 (41)	1.37	1.14 (last 30 yrs)
1966	9.21.0 (30)	1.25	1.14 (last 31 yrs)
1965	10.14.0 (24)	1.09	1.14 (last 32 yrs)
1964	9.13.0 (22)	1.29	1.14 (last 33 yrs)
1963	10.7.0 (17)	1.21	1.15 (last 34 yrs)
1962	7.7.0 (14)	1.40	1.15 (last 35 yrs)
1961	4.6.0 (10)	0.71	1.14 (last 36 yrs)
1960	5.8.1 (14)	1.27	1.14 (last 37 yrs)
1959	3.8.0 (11)	0.92	1.13 (last 38 yrs)
1958	4.8.0 (12)	1.00	1.13 (last 39 yrs)
1957	5.7.0 (12)	1.20	1.13 (last 40 yrs)
1956	3.7.0 (10)	1.00	1.13 (last 41 yrs)
1955	3.5.2 (10)	1.25	1.13 (last 42 yrs)
1954	3.5.0 (8)	1.33	1.14 (last 43 yrs)
1953	2.4.0 (6)	1.00	1.13 (last 44 yrs)
1952	2.4.0 (6)	1.00	1.13 (last 45 yrs)
1951	2.4.0 (6)	1.20	1.13 (last 46 yrs)
1950	1.4.0 (5)	1.25	1.13 (last 47 yrs)

Note: Lambda values include Imports and Exports...

Compiled by: ISIS thru Captive Breeding Specialist Group

SPARKS v1.4

Data current thru: 16 Jul 1997 from ISIS3 database

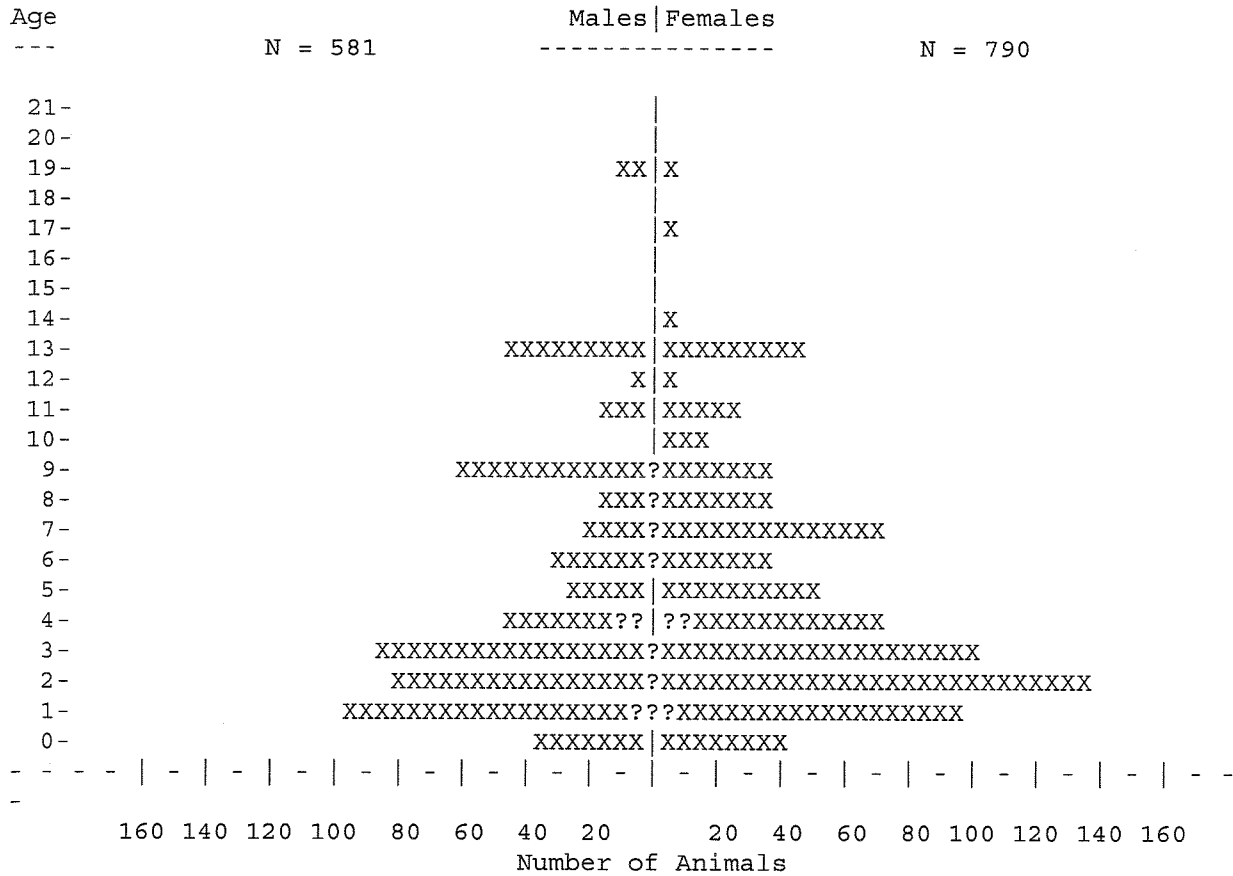
31 Jul 1997

Table 3.

Age Pyramid Report

Restricted to: AXIS DEER
 Status: Living by 31 Jul 1997

=====
 Taxon Name: CERVUS AXIS
 =====



X >>> Specimens of known sex...
 ? >>> Specimens of unknown sex...
 7 Male Specimens of unknown age...
 19 Female Specimens of unknown age...

Compiled by: ISIS thru Captive Breeding Specialist Group SPARKS v1.4
 Data current thru: 16 Jul 1997 from ISIS3 database 31 Jul 1997

Table 4. Vortex input file with the parameter values for the base scenario of the population model. This file provides the structure of the Anchorena axis deer stochastic simulation population model. The output file from VORTEX for this input file is in Table 5.

```

AXIS_030      ***Output Filename***

Y      ***Graphing Files?***
N      ***Each Iteration?***
1000    ***Simulations***
20      ***Years***
1      ***Reporting Interval***
1      ***Populations***
N      ***Inbreeding Depression?***
N      ***EV concordance between repro and surv?***
2      ***Types Of Catastrophes***
P      ***Monogamous, Polygynous, or Hermaphroditic***
3      ***Female Breeding Age***
5      ***Male Breeding Age***
15     ***Maximum Age***
0.500000 ***Sex Ratio***
1      ***Maximum Litter Size (0 = normal distribution) *****
N      ***Density Dependent Breeding?***
5.000000 ***Population 1: Percent Litter Size 0***
95.000000 ***Population 1: Percent Litter Size 1***
5.000000 ***EV--Reproduction***
29.000000 ***Female Mortality At Age 0***
10.000000 ***EV--FemaleMortality***
5.000000 ***Female Mortality At Age 1***
1.500000 ***EV--FemaleMortality***
4.000000 ***Female Mortality At Age 2***
1.200000 ***EV--FemaleMortality***
4.000000 ***Adult Female Mortality***
1.200000 ***EV--AdultFemaleMortality***
35.000000 ***Male Mortality At Age 0***
10.500000 ***EV--MaleMortality***
7.000000 ***Male Mortality At Age 1***
2.100000 ***EV--MaleMortality***
7.000000 ***Male Mortality At Age 2***
2.100000 ***EV--MaleMortality***
7.000000 ***Male Mortality At Age 3***
2.100000 ***EV--MaleMortality***
7.000000 ***Male Mortality At Age 4***
2.100000 ***EV--MaleMortality***
7.000000 ***Adult Male Mortality***
2.100000 ***EV--AdultMaleMortality***
12.500000 ***Probability Of Catastrophe 1***
1.000000 ***Severity--Reproduction***
1.000000 ***Severity--Survival***
3.000000 ***Probability Of Catastrophe 2***
1.000000 ***Severity--Reproduction***
1.000000 ***Severity--Survival***
N      ***All Males Breeders?***
Y      ***Answer--A--Known?***
50.000000 ***Percent Males In Breeding Pool***
Y      ***Start At Stable Age Distribution?***
150    ***Initial Population Size***

```

500 ***K***
0.000000 ***EV--K***
N ***Trend In K?***
Y ***Harvest?***
1 ***First Year Harvest***
20 ***Last Year Harvest***
1 ***Harvest Interval***
0 ***Females Age 1 Harvested***
0 ***Females Age 2 Harvested***
0 ***Adult Females Harvested***
0 ***Males Age 1 Harvested***
0 ***Males Age 2 Harvested***
0 ***Males Age 3 Harvested***
0 ***Males Age 4 Harvested***
0 ***Adult Males Harvested***
N ***Supplement?***
N ***AnotherSimulation?***

Table 5. VORTEX output file for the base scenario (K=500) with projections for 20 years. The input parameter values are listed in Table 4.

VORTEX -- simulation of genetic and demographic stochasticity

AXIS_030

Mon Aug 4 21:44:55 1997

1 population(s) simulated for 20 years, 1000 iterations

No inbreeding depression

First age of reproduction for females: 3 for males: 5

Age of senescence (death): 15

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.

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

95.00 percent of adult females produce litters of size 1

29.00 (EV = 10.00 SD) percent mortality of females between ages 0 and 1

5.00 (EV = 1.50 SD) percent mortality of females between ages 1 and 2

4.00 (EV = 1.20 SD) percent mortality of females between ages 2 and 3

4.00 (EV = 1.20 SD) percent annual mortality of adult females

(3<=age<=15)

35.00 (EV = 10.50 SD) percent mortality of males between ages 0 and 1

7.00 (EV = 2.10 SD) percent mortality of males between ages 1 and 2

7.00 (EV = 2.10 SD) percent mortality of males between ages 2 and 3

7.00 (EV = 2.10 SD) percent mortality of males between ages 3 and 4

7.00 (EV = 2.10 SD) percent mortality of males between ages 4 and 5

7.00 (EV = 2.10 SD) percent annual mortality of adult males (5<=age<=15)

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

EV in mortality will be concordant among age-sex classes

but independent from EV in reproduction.

Frequency of type 1 catastrophes: 12.500 percent

with 1.000 multiplicative effect on reproduction

and 1.000 multiplicative effect on survival

Frequency of type 2 catastrophes: 3.000 percent

with 1.000 multiplicative effect on reproduction

and 1.000 multiplicative effect on survival

Initial size of Population 1: 150

(set to reflect stable age distribution)

Age	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	Total									

	14	12	9	7	6	4	4	3	2	2	1	2
0	1	1		68	Males							
	16	12	11	8	7	6	5	4	3	3	2	2
1	1	1		82	Females							

Carrying capacity = 500 (EV = 0.00 SD)

Animals harvested from population 1, year 1 to year 20 at 1 year intervals:

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

r = 0.155 lambda = 1.168 R0 = 3.166
 Generation time for: females = 7.43 males = 8.58

Stable age distribution:	Age class	females	males
	0	0.127	0.127
	1	0.077	0.071
	2	0.063	0.056
	3	0.052	0.045
	4	0.043	0.036
	5	0.035	0.029
	6	0.029	0.023
	7	0.024	0.018
	8	0.019	0.014
	9	0.016	0.011
	10	0.013	0.009
	11	0.011	0.007
	12	0.009	0.006
	13	0.007	0.005
	14	0.006	0.004
	15	0.005	0.003

Ratio of adult (>= 5) males to adult (>= 3) females: 0.479

Population 1

Year 1

N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000
 N[Surviving] = 1000, P[S] = 1.000
 Population size = 174.63 (0.28 SE, 8.70 SD)
 Expected heterozygosity = 0.996 (0.000 SE, 0.000 SD)
 Observed heterozygosity = 1.000 (0.000 SE, 0.000 SD)
 Number of extant alleles = 283.67 (0.22 SE, 6.95 SD)

Year 2

N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000
 N[Surviving] = 1000, P[S] = 1.000
 Population size = 203.69 (0.42 SE, 13.33 SD)
 Expected heterozygosity = 0.995 (0.000 SE, 0.000 SD)
 Observed heterozygosity = 1.000 (0.000 SE, 0.000 SD)
 Number of extant alleles = 271.60 (0.28 SE, 8.70 SD)

Year 3

N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000
 N[Surviving] = 1000, P[S] = 1.000

Population size = 239.31 (0.56 SE, 17.77 SD)
 Expected heterozygosity = 0.995 (0.000 SE, 0.000 SD)
 Observed heterozygosity = 1.000 (0.000 SE, 0.000 SD)
 Number of extant alleles = 263.06 (0.30 SE, 9.54 SD)

Year 4

N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000
 N[Surviving] = 1000, P[S] = 1.000
 Population size = 278.79 (0.74 SE, 23.36 SD)
 Expected heterozygosity = 0.994 (0.000 SE, 0.000 SD)
 Observed heterozygosity = 1.000 (0.000 SE, 0.001 SD)
 Number of extant alleles = 255.94 (0.32 SE, 10.18 SD)

Year 5

N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000
 N[Surviving] = 1000, P[S] = 1.000
 Population size = 325.43 (0.96 SE, 30.34 SD)
 Expected heterozygosity = 0.994 (0.000 SE, 0.000 SD)
 Observed heterozygosity = 1.000 (0.000 SE, 0.001 SD)
 Number of extant alleles = 250.88 (0.33 SE, 10.51 SD)

Year 6

N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000
 N[Surviving] = 1000, P[S] = 1.000
 Population size = 379.49 (1.19 SE, 37.67 SD)
 Expected heterozygosity = 0.994 (0.000 SE, 0.000 SD)
 Observed heterozygosity = 0.999 (0.000 SE, 0.001 SD)
 Number of extant alleles = 247.05 (0.34 SE, 10.78 SD)

Year 7

N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000
 N[Surviving] = 1000, P[S] = 1.000
 Population size = 440.74 (1.31 SE, 41.41 SD)
 Expected heterozygosity = 0.994 (0.000 SE, 0.000 SD)
 Observed heterozygosity = 0.999 (0.000 SE, 0.002 SD)
 Number of extant alleles = 243.90 (0.34 SE, 10.69 SD)

Year 8

N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000
 N[Surviving] = 1000, P[S] = 1.000
 Population size = 484.54 (0.83 SE, 26.13 SD)
 Expected heterozygosity = 0.994 (0.000 SE, 0.000 SD)
 Observed heterozygosity = 0.998 (0.000 SE, 0.002 SD)
 Number of extant alleles = 239.61 (0.31 SE, 9.74 SD)

Year 9

N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000
 N[Surviving] = 1000, P[S] = 1.000
 Population size = 498.79 (0.35 SE, 11.16 SD)
 Expected heterozygosity = 0.993 (0.000 SE, 0.000 SD)
 Observed heterozygosity = 0.998 (0.000 SE, 0.002 SD)
 Number of extant alleles = 233.59 (0.29 SE, 9.08 SD)

Year 10

N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000
 N[Surviving] = 1000, P[S] = 1.000
 Population size = 499.59 (0.27 SE, 8.53 SD)

Expected heterozygosity = 0.993 (0.000 SE, 0.000 SD)
 Observed heterozygosity = 0.997 (0.000 SE, 0.002 SD)
 Number of extant alleles = 226.93 (0.28 SE, 8.75 SD)

Year 11
 N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000
 N[Surviving] = 1000, P[S] = 1.000
 Population size = 500.17 (0.26 SE, 8.23 SD)
 Expected heterozygosity = 0.993 (0.000 SE, 0.000 SD)
 Observed heterozygosity = 0.997 (0.000 SE, 0.003 SD)
 Number of extant alleles = 220.28 (0.27 SE, 8.53 SD)

Year 12
 N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000
 N[Surviving] = 1000, P[S] = 1.000
 Population size = 500.05 (0.26 SE, 8.34 SD)
 Expected heterozygosity = 0.993 (0.000 SE, 0.000 SD)
 Observed heterozygosity = 0.996 (0.000 SE, 0.003 SD)
 Number of extant alleles = 213.66 (0.26 SE, 8.28 SD)

Year 13
 N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000
 N[Surviving] = 1000, P[S] = 1.000
 Population size = 499.68 (0.26 SE, 8.32 SD)
 Expected heterozygosity = 0.992 (0.000 SE, 0.001 SD)
 Observed heterozygosity = 0.996 (0.000 SE, 0.003 SD)
 Number of extant alleles = 207.13 (0.26 SE, 8.14 SD)

Year 14
 N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000
 N[Surviving] = 1000, P[S] = 1.000
 Population size = 499.79 (0.26 SE, 8.20 SD)
 Expected heterozygosity = 0.992 (0.000 SE, 0.001 SD)
 Observed heterozygosity = 0.995 (0.000 SE, 0.003 SD)
 Number of extant alleles = 200.67 (0.25 SE, 7.88 SD)

Year 15
 N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000
 N[Surviving] = 1000, P[S] = 1.000
 Population size = 500.22 (0.26 SE, 8.23 SD)
 Expected heterozygosity = 0.992 (0.000 SE, 0.001 SD)
 Observed heterozygosity = 0.995 (0.000 SE, 0.003 SD)
 Number of extant alleles = 194.47 (0.25 SE, 7.78 SD)

Year 16
 N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000
 N[Surviving] = 1000, P[S] = 1.000
 Population size = 499.76 (0.26 SE, 8.32 SD)
 Expected heterozygosity = 0.991 (0.000 SE, 0.001 SD)
 Observed heterozygosity = 0.995 (0.000 SE, 0.003 SD)
 Number of extant alleles = 188.88 (0.24 SE, 7.68 SD)

Year 17
 N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000
 N[Surviving] = 1000, P[S] = 1.000
 Population size = 499.89 (0.28 SE, 8.70 SD)
 Expected heterozygosity = 0.991 (0.000 SE, 0.001 SD)

Observed heterozygosity = 0.994 (0.000 SE, 0.003 SD)
 Number of extant alleles = 183.64 (0.24 SE, 7.56 SD)

Year 18

N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000
 N[Surviving] = 1000, P[S] = 1.000
 Population size = 500.09 (0.26 SE, 8.36 SD)
 Expected heterozygosity = 0.991 (0.000 SE, 0.001 SD)
 Observed heterozygosity = 0.994 (0.000 SE, 0.003 SD)
 Number of extant alleles = 178.62 (0.24 SE, 7.45 SD)

Year 19

N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000
 N[Surviving] = 1000, P[S] = 1.000
 Population size = 500.19 (0.27 SE, 8.52 SD)
 Expected heterozygosity = 0.990 (0.000 SE, 0.001 SD)
 Observed heterozygosity = 0.994 (0.000 SE, 0.004 SD)
 Number of extant alleles = 173.89 (0.23 SE, 7.39 SD)

Year 20

N[Extinct] = 0, P[E] = 0.000
 N[Surviving] = 1000, P[S] = 1.000
 Population size = 499.72 (0.26 SE, 8.10 SD)
 Expected heterozygosity = 0.990 (0.000 SE, 0.001 SD)
 Observed heterozygosity = 0.993 (0.000 SE, 0.004 SD)
 Number of extant alleles = 169.34 (0.23 SE, 7.27 SD)

In 1000 simulations of Population 1 for 20 years:
 0 went extinct and 1000 survived.

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

Mean final population for successful cases was 499.72 (0.26 SE, 8.10 SD)

Age 1	2	3	4	Adults	Total	
47.01	37.70	30.05	24.17	87.12	226.05	Males
51.49	42.60			179.59	273.68	Females

During years of harvest and/or supplementation

mean growth rate (r) was 0.1541 (0.0003 SE, 0.0463 SD)

Across all years, prior to carrying capacity truncation,

mean growth rate (r) was 0.1541 (0.0003 SE, 0.0463 SD)

0 of 0 harvests of females could not be completed because of insufficient animals.

0 of 0 harvests of males could not be completed because of insufficient animals.

Final expected heterozygosity was 0.9900 (0.0000 SE, 0.0007 SD)
 Final observed heterozygosity was 0.9933 (0.0001 SE, 0.0036 SD)
 Final number of alleles was 169.34 (0.23 SE, 7.27 SD)

Table 6. Twenty year projections of the Anchorena Axis axis deer population under varying conditions of first year and older mortalities, proportion of females breeding each year, and inclusion of a catastrophe. In this set of simulations male mortality was set at 7, 12, 17, and 22% as indicated.

File #	Mortalities%/Year		r	stoc	SD (r)	Probabil.	Extinc.	N	Population Size	SD(N)	Heterozyg	Time
	>1	<1										
Proportion of females not breeding=5%; no catastrophe.												
030	5	7	29	35	0.154	0.046	0.000	499.72	8.10	99.00	0.0	
031	10	12	29	35	0.101	0.062	0.000	499.31	7.54	98.85	0.0	
032	15	17	29	35	0.051	0.082	0.000	399.80	93.41	98.42	0.0	
033	20	22	29	35	-0.003	0.105	0.000	157.61	72.54	97.12	0.0	
034	5	7	39	45	0.131	0.060	0.000	500.06	7.61	99.02	0.0	
035	10	12	39	45	0.077	0.076	0.000	487.75	32.52	98.81	0.0	
036	15	17	39	45	0.026	0.097	0.000	268.61	97.22	98.11	0.0	
037	20	22	39	45	-0.028	0.122	0.000	97.69	51.20	96.25	0.0	
Proportion of females not breeding=5%; catastrophe at 12.5% freq, severity: reprod.=0.50, survival=0.80.												
038	5	7	29	35	0.117	0.118	0.000	486.34	34.52	98.91	0.0	
039	10	12	29	35	0.062	0.129	0.000	421.22	102.52	98.55	0.0	
040	15	17	29	35	0.012	0.140	0.000	220.23	117.30	97.57	0.0	
041	20	22	29	35	-0.041	0.162	0.001	82.33	54.66	95.03	17.0	
042	5	7	39	45	0.093	0.121	0.000	473.61	55.05	98.89	0.0	
043	10	12	39	45	0.039	0.131	0.000	333.44	123.39	98.37	0.0	
044	15	17	39	45	-0.013	0.149	0.000	139.94	86.00	96.96	0.0	
045	20	22	39	45	-0.068	0.175	0.007	51.37	38.14	93.46	18.1	
Proportion of females not breeding=10%; no catastrophe.												
046	5	7	29	35	0.146	0.046	0.000	499.55	7.88	99.01	0.0	
047	10	12	29	35	0.092	0.062	0.000	498.92	10.54	98.84	0.0	
048	15	17	29	35	0.042	0.081	0.000	355.26	98.30	98.33	0.0	
049	20	22	29	35	-0.009	0.106	0.000	137.22	63.09	96.92	0.0	
050	5	7	39	45	0.123	0.059	0.000	499.89	7.69	99.03	0.0	
051	10	12	39	45	0.068	0.075	0.000	471.33	50.76	98.77	0.0	
052	15	17	39	45	0.019	0.097	0.000	235.68	92.85	98.01	0.0	
053	20	22	39	45	-0.035	0.123	0.000	84.68	43.43	95.96	0.0	
Proportion of females not breeding=10%; catastrophe at 12.5% freq, severity: reprod.=0.50, survival=0.80.												
054	5	7	29	35	0.107	0.118	0.000	482.26	40.10	98.91	0.0	
055	10	12	29	35	0.053	0.127	0.000	394.55	115.39	98.51	0.0	
056	15	17	29	35	0.005	0.138	0.000	194.27	107.20	97.44	0.0	
057	20	22	29	35	-0.051	0.161	0.001	67.70	46.43	94.55	19.0	
058	5	7	39	45	0.084	0.121	0.000	466.12	65.01	98.87	0.0	
059	10	12	39	45	0.030	0.131	0.000	294.77	124.02	98.27	0.0	
060	15	17	39	45	-0.020	0.148	0.000	121.82	74.19	96.75	0.0	
061	20	22	39	45	-0.078	0.175	0.015	42.09	29.74	92.85	19.1	

Table 7. One hundred year projections of the Anchorena Axis deer population under varying conditions of first year and older mortalities, proportion of females breeding each year, and inclusion of a catastrophe. In this set of simulations male mortality was set at 7, 12, 17, and 22%.

File #	Mortalities%/Year			r	SD (r)	Prob. Extinc.	Pop. N	Size SD (N)	Het Mean	T Ext.	
	>1	>1	<1								
Proportion of females not breeding=5%; no catastrophe.											
A030	5	7	29	35	0.154	0.046	0.000	499.87	8.51	96.56	0.0
A031	10	12	29	35	0.101	0.061	0.000	499.25	8.02	96.39	0.0
A032	15	17	29	35	0.051	0.079	0.000	487.14	23.84	95.75	0.0
A033	20	22	29	35	-0.003	0.111	0.046	181.25	137.10	84.83	81.0
A034	5	7	39	45	0.131	0.059	0.000	499.93	7.96	96.72	0.0
A035	10	12	39	45	0.076	0.075	0.000	495.77	12.33	96.48	0.0
A036	15	17	39	45	0.027	0.094	0.000	452.16	60.21	95.01	0.0
A037	20	22	39	45	-0.037	0.159	0.541	35.27	33.95	69.00	73.0
Proportion of females not breeding=5%;catastrophe at 12.5% freq, severity: reprod.=0.50, survival=0.80.											
A038	5	7	29	35	0.116	0.119	0.000	485.63	34.80	96.47	0.0
A039	10	12	29	35	0.063	0.126	0.000	470.18	56.02	95.90	0.0
A040	15	17	29	35	0.012	0.141	0.015	312.28	148.88	91.00	70.1
A041	20	22	29	35	-0.055	0.202	0.800	26.15	28.91	64.46	62.8
A042	5	7	39	45	0.093	0.121	0.000	481.94	39.87	96.54	0.0
A043	10	12	39	45	0.039	0.130	0.000	441.29	75.58	95.50	0.0
A044	15	17	39	45	-0.015	0.161	0.183	112.35	114.05	81.04	74.4
A045	20	22	39	45	-0.085	0.223	0.987	9.85	6.08	47.10	49.7
Proportion of females not breeding=10%; no catastrophe.											
A046	5	7	29	35	0.146	0.045	0.000	499.44	7.92	96.62	0.0
A047	10	12	29	35	0.093	0.060	0.000	498.72	7.73	96.43	0.0
A048	15	17	29	35	0.043	0.078	0.000	484.21	27.71	95.64	0.0
A049	20	22	29	35	-0.014	0.122	0.137	92.39	89.42	78.67	79.3
A050	5	7	39	45	0.123	0.058	0.000	499.78	7.70	96.79	0.0
A051	10	12	39	45	0.069	0.074	0.000	495.19	13.37	96.50	0.0
A052	15	17	39	45	0.019	0.094	0.001	415.85	93.18	94.16	98.0
A053	20	22	39	45	-0.047	0.170	0.705	22.80	22.17	63.46	69.1
Proportion of females not breeding=10%; catastrophe at 12.5% freq, severity: reprod.=0.50, survival=0.80.											
A054	5	7	29	35	0.108	0.117	0.000	485.42	36.59	96.49	0.0
A055	10	12	29	35	0.054	0.125	0.000	463.52	60.43	95.80	0.0
A056	15	17	29	35	0.003	0.143	0.033	227.69	154.01	87.66	75.1
A057	20	22	29	35	-0.066	0.209	0.914	16.87	16.13	56.65	58.6
A058	5	7	39	45	0.086	0.119	0.000	479.12	41.26	96.60	0.0
A059	10	12	39	45	0.031	0.129	0.001	420.35	97.10	95.05	42.0
A060	15	17	39	45	-0.027	0.170	0.369	64.92	70.28	76.27	72.6
A061	20	22	39	45	-0.094	0.225	0.995	12.00	12.59	39.93	45.7

Table 8. Twenty year projections of the Anchorena Axis axis deer population under varying conditions of first year and older mortalities, proportion of females breeding each year, and inclusion of a catastrophe. In this set of simulations male mortality was set at 9, 14, 19, and 24%.

File #	Mortalities%/Year				r	SD(r)	Prob. Extinc.	Pop. N	Size SD(N)	Het	T Ext. Mean
	>1	>1	<1	<1							
Proportion of females not breeding=5%; no catastrophe.											
C030	5	9	29	35	0.155	0.048	0.000	499.66	8.28	98.93	0.0
C031	10	14	29	35	0.101	0.063	0.000	499.13	8.93	98.78	0.0
C032	15	19	29	35	0.050	0.084	0.000	396.02	93.99	98.28	0.0
C033	20	24	29	35	-0.002	0.105	0.000	160.71	72.97	96.88	0.0
C034	5	9	39	45	0.131	0.063	0.000	499.49	8.09	98.96	0.0
C035	10	14	39	45	0.076	0.079	0.000	484.90	36.10	98.72	0.0
C036	15	19	39	45	0.026	0.100	0.000	270.53	98.98	98.01	0.0
C037	20	24	39	45	-0.028	0.126	0.000	97.98	51.87	95.93	0.0
Proportion of females not breeding=5%; catastrophe at 12.5% freq, severity: reprod.=0.50, survival=0.80.											
C038	5	9	29	35	0.116	0.121	0.000	483.14	41.82	98.84	0.0
C039	10	14	29	35	0.063	0.128	0.000	421.21	99.74	98.47	0.0
C040	15	19	29	35	0.013	0.142	0.000	222.86	114.02	97.47	0.0
C041	20	24	29	35	-0.043	0.164	0.002	80.42	52.83	94.62	19.5
C042	5	9	39	45	0.091	0.127	0.000	471.35	57.38	98.79	0.0
C043	10	14	39	45	0.038	0.135	0.000	329.50	125.42	98.22	0.0
C044	15	19	39	45	-0.011	0.152	0.001	145.31	88.61	96.83	19.0
C045	20	24	39	45	-0.068	0.176	0.012	50.98	36.31	93.17	16.7
Proportion of females not breeding=10%; no catastrophe.											
C046	5	9	29	35	0.146	0.047	0.000	499.54	8.14	98.95	0.0
C047	10	14	29	35	0.092	0.063	0.000	498.56	10.19	98.77	0.0
C048	15	19	29	35	0.042	0.083	0.000	354.55	102.49	98.20	0.0
C049	20	24	29	35	-0.011	0.108	0.000	134.50	61.95	96.67	0.0
C050	5	9	39	45	0.123	0.062	0.000	499.58	7.70	98.97	0.0
C051	10	14	39	45	0.069	0.078	0.000	473.91	46.38	98.70	0.0
C052	15	19	39	45	0.019	0.099	0.000	233.83	91.00	97.88	0.0
C053	20	24	39	45	-0.037	0.127	0.000	82.76	44.92	95.59	0.0
Proportion of females not breeding=10%; catastrophe at 12.5% freq, severity: reprod.=0.50, survival=0.80.											
C054	5	9	29	35	0.109	0.118	0.000	482.94	39.13	98.84	0.0
C055	10	14	29	35	0.055	0.128	0.000	398.83	107.71	98.43	0.0
C056	15	19	29	35	0.002	0.143	0.000	184.73	107.23	97.20	0.0
C057	20	24	29	35	-0.051	0.162	0.004	68.64	47.01	94.24	19.2
C058	5	9	39	45	0.085	0.124	0.000	465.75	64.51	98.78	0.0
C059	10	14	39	45	0.030	0.134	0.000	296.35	126.78	98.13	0.0
C060	15	19	39	45	-0.018	0.151	0.000	124.58	74.30	96.58	0.0
C061	20	24	39	45	-0.077	0.176	0.019	43.44	31.40	92.53	17.6

Table 9. Effects of maintaining the Anchorena axis deer population at 150 ± 30 animals for 100 years by management control. Conditions are the same as in Table 7 except that K is set at 150 ± 15 (Mean \pm SD). Projections are for 100 years.

File #	Mortalities %/Year			r stochastic		Prob. Extinc.	Population Size		Hetero Mean	T Ext. Mean
	>1 F	>1 M	<1 F	<1 M	Mean		SD(r)	N		
Proportion of females not breeding=5%; no catastrophe.										
D030	5	7	29	35	0.154	0.053	147.41	14.12	89.39	0.0
D031	10	12	29	35	0.100	0.068	144.38	13.89	88.84	0.0
D032	15	17	29	35	0.051	0.086	137.00	16.31	88.01	0.0
D033	20	22	29	35	-0.006	0.122	70.80	40.96	77.09	78.0
D034	5	7	39	45	0.131	0.065	147.56	14.55	89.98	0.0
D035	10	12	39	45	0.077	0.081	142.24	13.71	89.65	0.0
D036	15	17	39	45	0.025	0.101	123.59	24.48	87.42	0.0
D037	20	22	39	45	-0.039	0.168	27.40	25.80	63.06	70.8
Proportion of females not breeding=5%; catastrophe at 12.5% freq, severity: reprod.=0.50, survival=0.80.										
D038	5	7	29	35	0.115	0.123	141.54	18.18	89.28	0.0
D039	10	12	29	35	0.061	0.132	133.03	22.48	88.37	0.0
D040	15	17	29	35	0.010	0.150	91.95	41.17	81.35	75.4
D041	20	22	29	35	-0.058	0.209	22.11	19.02	59.10	60.2
D042	5	7	39	45	0.092	0.125	139.58	19.07	89.72	0.0
D043	10	12	39	45	0.037	0.136	120.41	29.58	87.43	96.0
D044	15	17	39	45	-0.018	0.170	50.64	37.98	72.27	71.2
D045	20	22	39	45	-0.086	0.225	12.50	9.64	47.36	48.0
Proportion of females not breeding=10%; no catastrophe.										
D046	5	7	29	35	0.145	0.052	147.54	15.10	89.70	0.0
D047	10	12	29	35	0.092	0.068	144.32	13.49	89.29	0.0
D048	15	17	29	35	0.042	0.086	134.03	17.53	88.09	0.0
D049	20	22	29	35	-0.017	0.133	50.79	34.65	73.41	75.6
D050	5	7	39	45	0.123	0.064	146.12	14.67	90.19	0.0
D051	10	12	39	45	0.069	0.080	140.60	14.10	89.55	0.0
D052	15	17	39	45	0.017	0.101	113.80	29.25	86.84	92.5
D053	20	22	39	45	-0.048	0.175	18.55	15.46	59.37	68.4
Proportion of females not breeding=10%; catastrophe at 12.5% freq, severity: reprod.=0.50, survival=0.80.										
D054	5	7	29	35	0.108	0.121	141.39	17.71	89.52	0.0
D055	10	12	29	35	0.054	0.129	131.23	23.11	88.32	0.0
D056	15	17	29	35	0.002	0.151	78.92	42.66	79.26	73.9
D057	20	22	29	35	-0.068	0.212	17.82	14.03	57.76	55.8
D058	5	7	39	45	0.085	0.123	138.73	19.31	89.84	0.0
D059	10	12	39	45	0.031	0.135	118.51	30.42	87.69	90.0
D060	15	17	39	45	-0.028	0.177	40.20	34.05	69.97	70.4
D061	20	22	39	45	-0.094	0.228	4.75	2.22	29.10	44.7

Table 10. Effect of annual removals set at the estimated current 1997 total of 90 animals, 30 females and 60 males distributed across the age classes. Starting population size set at 400 and K=500. Projections are for 20 years.

File #	Mortalities %/Year				r stochastic		Prob. Extinc.	Population Size		Hetero Mean	T Ext. Mean
	>1 F	>1 M	<1 F	<1 M	Mean	SD(r)		N	SD(N)		
Proportion of females not breeding=5%; no catastrophe.											
E030	5	7	29	35	-0.122	0.123	1.000	0.00	0.00	0.00	7.8
E031	10	12	29	35	-0.225	0.132	1.000	0.00	0.00	0.00	6.7
E032	15	17	29	35	-0.311	0.168	1.000	0.00	0.00	0.00	6.1
E033	20	22	29	35	-0.414	0.216	1.000	0.00	0.00	0.00	5.4
E034	5	7	39	45	-0.144	0.113	1.000	0.00	0.00	0.00	7.4
E035	10	12	39	45	-0.244	0.132	1.000	0.00	0.00	0.00	6.4
E036	15	17	39	45	-0.336	0.172	1.000	0.00	0.00	0.00	5.9
E037	20	22	39	45	-0.436	0.219	1.000	0.00	0.00	0.00	5.2
Proportion of females not breeding=5%; catastrophe at 12.5% freq, severity: reprod.=0.50, survival=0.80.											
E038	5	7	29	35	-0.180	0.171	1.000	0.00	0.00	0.00	7.1
E039	10	12	29	35	-0.281	0.186	1.000	0.00	0.00	0.00	6.2
E040	15	17	29	35	-0.372	0.225	1.000	0.00	0.00	0.00	5.7
E041	20	22	29	35	-0.474	0.270	1.000	0.00	0.00	0.00	5.1
E042	5	7	39	45	-0.197	0.166	1.000	0.00	0.00	0.00	6.8
E043	10	12	39	45	-0.299	0.188	1.000	0.00	0.00	0.00	6.0
E044	15	17	39	45	-0.392	0.228	1.000	0.00	0.00	0.00	5.5
E045	20	22	39	45	-0.492	0.268	1.000	0.00	0.00	0.00	4.9
Proportion of females not breeding=5%; no catastrophe.											
E046	5	7	29	35	-0.130	0.114	1.000	0.00	0.00	0.00	7.7
E047	10	12	29	35	-0.234	0.129	1.000	0.00	0.00	0.00	6.6
E048	15	17	29	35	-0.323	0.171	1.000	0.00	0.00	0.00	6.0
E049	20	22	29	35	-0.424	0.216	1.000	0.00	0.00	0.00	5.4
E050	5	7	39	45	-0.151	0.112	1.000	0.00	0.00	0.00	7.3
E051	10	12	39	45	-0.253	0.127	1.000	0.00	0.00	0.00	6.3
E052	15	17	39	45	-0.344	0.168	1.000	0.00	0.00	0.00	5.7
E053	20	22	39	45	-0.447	0.223	1.000	0.00	0.00	0.00	5.2
Proportion of females not breeding=10%; catastrophe at 12.5% freq, severity: reprod.=0.50, survival=0.80.											
E054	5	7	29	35	-0.185	0.165	1.000	0.00	0.00	0.00	7.0
E055	10	12	29	35	-0.287	0.189	1.000	0.00	0.00	0.00	6.2
E056	15	17	29	35	-0.381	0.224	1.000	0.00	0.00	0.00	5.6
E057	20	22	29	35	-0.480	0.266	1.000	0.00	0.00	0.00	5.0
E058	5	7	39	45	-0.200	0.162	1.000	0.00	0.00	0.00	6.8
E059	10	12	39	45	-0.304	0.190	1.000	0.00	0.00	0.00	5.9
E060	15	17	39	45	-0.403	0.227	1.000	0.00	0.00	0.00	5.4
E061	20	22	39	45	-0.505	0.272	1.000	0.00	0.00	0.00	4.9

Table 11. Removal scenarios projected for 100 years, K=150. A total of 8 females (5 adults, two 1 and one 2 year olds) and 7 males (4 adults and one each 1, 2, and 3 year olds) were removed each year.

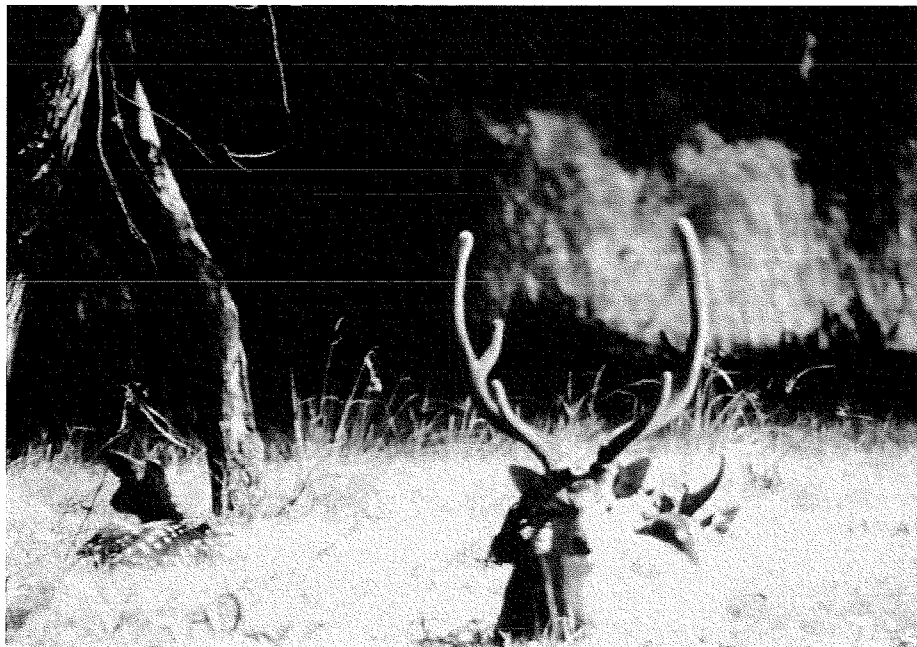
File #	Mortalities %/Year				r stochastic		Prob. Extinc	Pop. N	Size SD(N)	Hetero Mean	T. Ext Mean
	>1 F	>1 M	<1 F	<1 M	Mean	SD (r)					
Proportion of females not breeding=5%; no catastrophe.											
F030	4	7	29	35	0.056	0.083	0.105	137.47	17.58	88.02	66.4
F031	10	12	29	35	-0.115	0.293	0.997	86.67	50.64	86.46	29.8
F034	4	7	39	45	0.007	0.155	0.530	121.49	32.63	87.63	56.3
F035	10	12	39	45	-0.186	0.340	1.000	0.00	0.00	0.00	20.0
Proportion of females not breeding=5%; catastrophe at 12.5% freq, severity: reprod.=0.50, survival=0.80.											
F038	4	7	29	35	-0.076	0.290	0.970	106.67	33.59	86.46	34.0
F039	10	12	29	35	-0.226	0.387	1.000	0.00	0.00	0.00	16.6
F042	4	7	39	45	-0.137	0.328	0.999	19.00	0.00	80.47	25.0
F043	10	12	39	45	-0.268	0.399	1.000	0.00	0.00	0.00	14.2
Proportion of females not breeding=10%; no catastrophe.											
F046	4	7	29	35	0.042	0.094	0.190	133.99	24.70	87.84	59.2
F047	10	12	29	35	-0.143	0.310	1.000	0.00	0.00	0.00	25.2
F050	4	7	39	45	-0.021	0.186	0.772	111.13	38.64	87.33	51.9
F051	10	12	39	45	-0.206	0.349	1.000	0.00	0.00	0.00	18.2
Proportion of females not breeding=10%; catastrophe at 12.5% freq, severity: reprod.=0.50, survival=0.80.											
F054	4	7	29	35	-0.106	0.314	0.993	58.29	46.88	81.81	29.4
F055	10	12	29	35	-0.247	0.400	1.000	0.00	0.00	0.00	15.5
F058	4	7	39	45	-0.152	0.335	1.000	0.00	0.00	0.00	23.0
F059	10	12	39	45	-0.292	0.414	1.000	0.00	0.00	0.00	13.2

Table 12. Removal scenarios projected for 20 years, K=150. . A total of 8 females (5 adults, two 1 and one 2 year olds) and 7 males (4 adults and one each 1, 2, and 3 year olds) were removed each year.

File #	Mortalities %/Year			r stochastic		Prob. Extinc	Pop. N	Size SD(N)	Hetero Mean	T. Ext Mean
	>1 F	>1 M	<1 F	Mean	SD (r)					
Proportion of females not breeding=5%; no catastrophe.										
G030	4	7	29	35	0.062	0.061	138.37	17.30	97.22	0.0
G031	10	12	29	35	-0.061	0.197	84.02	41.97	95.51	17.2
G034	4	7	39	45	0.028	0.090	125.45	27.93	97.15	17.6
G035	10	12	39	45	-0.156	0.294	49.64	35.66	94.08	16.4
Proportion of females not breeding=5%; catastrophe at 12.5% freq, severity: reprod.=0.50, survival=0.80.										
G038	4	7	29	35	-0.041	0.231	97.78	45.38	96.02	15.8
G039	10	12	29	35	-0.212	0.369	55.56	41.22	94.13	14.1
G042	4	7	39	45	-0.097	0.276	79.06	42.69	95.56	15.7
G043	10	12	39	45	-0.270	0.405	38.94	32.33	93.85	13.2
Proportion of females not breeding=10%; no catastrophe.										
G046	4	7	29	35	0.051	0.066	136.64	18.47	97.22	19.0
G047	10	12	29	35	-0.090	0.225	74.67	41.43	95.24	16.9
G050	4	7	39	45	0.012	0.101	116.71	32.24	97.04	18.0
G051	10	12	39	45	-0.183	0.318	44.37	32.41	94.04	15.8
Proportion of females not breeding=10%; catastrophe at 12.5% freq, severity: reprod.=0.50, survival=0.80.										
G054	4	7	29	35	-0.070	0.260	89.83	46.29	95.68	15.8
G055	10	12	29	35	-0.233	0.383	50.22	36.74	93.64	13.9
G058	4	7	39	45	-0.122	0.292	72.89	43.76	95.51	15.5
G059	10	12	39	45	-0.295	0.418	39.12	27.74	94.13	12.8

**El Manejo del Ciervo Axis (*Cervus axis*)
En La Residencia Presidencial de Colonia-Uruguay**

**Uruguay
2-6 August 1997**



**Recomendaciones Para El Manejo Del Ciervo Axis
(*Cervus axis*) En La Residencia Presidencial
de Colonia-Uruguay**

Section V

RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO DEL CIERVO AXIS (*Cervus axis*) EN LA RESIDENCIA PRESIDENCIAL DE COLONIA-URUGUAY

Objetivo

La población de ciervo axis del Parque Anchorena- Colonia, fue introducida en la primera mitad del siglo alcanzando un tamaño que esta interfiriendo con la producción de plantaciones de árboles. La necesidad de resolver este problema ha sido considerada urgente y el Gobierno de Uruguay ha solicitado asesoramiento para el correcto manejo de la manada. El Dr. Christen Wemmer Director del Grupo Especialista de Ciervos de UICN y el Dr. Ulysses S. Seal Director del Grupo Especialista de Conservación y Cría de la UICN fueron consultados para brindar recomendaciones sobre distintas opciones de manejo de la manada. También se estimó el tamaño de la población, evaluando su estructura demográfica, se examinó el impacto de la población en el área del parque y se recomendaron acciones apropiadas para resolver el problema.

Antecedentes

El ciervo axis es una especie nativa del subcontinente Indio, que fue introducida en Colonia en la primera mitad del presente siglo por el Sr. Aaron de Anchorena. De un número no determinado de individuos fundadores, la población creció hasta tener el tamaño actual. Los ciervos ocupan un área de 200 ha. dentro de 1370 ha. del establecimiento. La población se mueve libremente en la propiedad y se alimenta de la vegetación nativa e introducida. El conflicto principal es que produce una importante depredación de la plantación de árboles de diferentes especies, así como de las plantaciones de maíz. Aproximadamente un 70% de los árboles que se plantan son destruidos por los ciervos por ramoneo, por frotado de las astas o como resultado del pisoteo (Ing. Agr. Gabriela Fripp com. pers.). El mantenimiento de los árboles en el Parque es una prioridad establecida por el Sr. de Anchorena en su legado al gobierno del Uruguay, que estipula que el paisaje del parque debe ser preservado. Sin embargo es relevante que para los visitantes los ciervos tienen un significado especial como se desprenden de las encuestas efectuadas, en los adultos y los escolares.

El Parque Anchorena es un destino turístico elegido por uruguayos y extranjeros, especialmente de los países vecinos como Argentina. En los últimos años un número de 12 000 a 16.000 turistas han visitado el establecimiento. En los meses de Octubre a Noviembre un gran número de escolares visitan el parque en compañía de sus maestros sirviendo como propósito a complementar la educación ambiental. A pesar del daño que ocasionan los ciervos, un 70% de los visitantes consideran en las encuestas, que es uno de los atractivos más importantes del Parque. Por esta razón los administradores del parque deben decidir si la exterminación o remoción de los ciervos es adecuada. Un programa que atenúe o elimine los daños que producen, debe instrumentarse a los efectos que al mismo tiempo puedan mantenerse a los ciervos como un elemento importante para ofrecer a los visitantes.

El Escenario

El Parque Anchorena está situado en la confluencia del río San Juan y del Río de La Plata, siendo una mezcla ideal de hábitats

para albergar la población de este ciervo exótico. La propiedad esta subdividida en parcelas que presentan árboles de más de 80 años de edad, existiendo zonas de pastizales nativos e introducidos. Existen 44 especies de árboles y arbustos nativos y 133 de especies exóticas. Existe también un área de 336 ha. de un hábitat nativo, en los bordes del río San Juan donde pastorea el ganado.

Los ciervos axis utilizan estas áreas diferencialmente. El área principal de actividad está localizada en la sección limitada por los caminos: Los Teros, Las Tipas, El Guardaparque donde predominan especies exóticas de árboles incluyendo eucaliptos, robles y otras especies. De esta área y de la circundante, obtienen forraje, en base a la disponibilidad estacional. Estas áreas incluyen además pasturas y frutos de varias especies de robles (*Quercus* spp.) especialmente en otoño. Dado que los ciervos muestran un patrón de forrajeo diferencial en la vida silvestre, estando regulado por los cambios estacionales y la disponibilidad de los recursos.

La Población de ciervos

El tamaño exacto es desconocido, pero seguramente ha sido sobrestimado en 1000 a 3000, basándose en que es común observarlos pastorear en grandes manadas. Durante la última semana de Junio de 1997, se realizó un intento de censado de la población usando el método de conteo a "ambos lados de los caminos". Este esfuerzo preliminar fue limitado por varias circunstancias, incluyendo la falta de experiencia y conocimiento de los participantes y de las condiciones de la vegetación que reducen la visibilidad. De todos modos se obtuvo una idea más aproximada del número y de la distribución por edades de los animales.

Se utilizaron 4 vehículos que transitaron por 4 circuitos los días 25 y 26, durante las horas en que la radiación solar era más intensa. Las rutas se recorrieron a baja velocidad y los participantes observaban a ambos lados del camino utilizando prismáticos. El vehículo se detenía cuando se registraban ciervos y se realizaba el conteo, determinando el sexo y en lo posible la clase de edad.

Los resultados se resumen a continuación

25 de Junio de 1997 (hora de comienzo 15.30)

nº contado nº de machos km recorridos tiempo empleado

189	10	6	31 m.
45	4	3	20m.
0	0	5.9	33 m.
14	1	2.8	30 m

248	15	17.7	1h. 44m

26 de junio de 1997 (hora de comienzo 11.00)

nº contado	nº de machos	km recorridos	tiempo empleado
248	29		
19	1	5	1 h. 28m
9	5	5.9	45m.
24	1	5.2	49 m.
		11	1h. 40 m
300	36	27.1	4h. 27m

26 de junio de 1997 (hora de comienzo 15.00)

nº contado	nº de machos	km recorridos	tiempo empleado
186	15		
49	3	5	33m
0	0	8	1h.
24	0	5.9.	40 m
		10	40m
259	18	28.9	2h. 53m

Puede pensarse que un número significativo de ciervos no hayan sido vistos por la vegetación y que el número real sea mayor al contado. Sin embargo, es claro que la mayoría de los animales son miembros de las dos grandes manadas y que sólo un pequeño grupo está disperso en el resto de la propiedad. Nosotros no dudamos que podría hacerse un conteo mayor pero no creemos que supere dos veces a lo contado. Basamos esta opinión en el hecho de que el ciervo axis es una especie gregaria y que muestra preferencia por los hábitat abiertos. En el invierno (donde la temperatura es de aproximadamente 8-12° C.) es evidente que los animales buscan el calor del sol para el descanso y la rumia. En nuestra opinión, el mayor número de ciervos (aproximadamente 75%) pueden ser observados en los conteos con vehículos. Si esto es válido el total de la población podría ser de 400 animales.

A causa de que los ciervos a menudo comienzan a desplazarse cuando están siendo observados, no fue posible determinar el número exacto de machos de cada grupo. Pero estamos seguros que la proporción de sexos difiere significativamente de 1:1. En 7 de los grupos observados que totalizaron 218 animales contamos solo 36 machos de un año o mayores lo cual muestra una proporción de sexos de 1 macho cada 6 hembras. Esta proporción de sexos sesgada es normal de encontrar en los ciervos, pero encontramos relativamente pocos animales con astas grandes lo cual indicaría que los machos más viejos están siendo perdidos. Este hecho podría explicarse por la mortalidad diferencial que ocurre en los machos y/o en que estén siendo cazados.

En el tiempo limitado disponible no fue posible realizar un conteo preciso de crías. La determinación de la proporción Hembra: cría dará una idea mejor de la tasa de crecimiento de la población.

Las condiciones físicas de los ciervos parece ser muy buena, no hay signos de stress nutricional. Únicamente observamos una hembra herida en una pierna.

Recomendaciones

I Reducción del impacto de los ciervos en la vegetación

Existen dos opciones disponibles para reducir el daño al arboreto

del Parque Anchorena.

- 1) El área de la plantación puede ser cercada para excluir los ciervos.
- 2) Los ciervos pueden ser cercados en una clausura.

Cada solución tiene costos y efectos diferentes en el efecto que producen en los visitantes como se discute posteriormente.

1) Excluir a los ciervos de la plantación:

Hay dos opciones disponibles:

Proteger a los árboles individualmente con tejido, o cercar un área más grande por un período de varios años para realizar plantaciones y favorecer la regeneración.

El cercado puede no ser necesariamente permanente, si el propósito principal es proteger los árboles jóvenes del abuso de los ciervos siendo suficiente, hasta que se hallan desarrollado y puedan sobrevivir al efecto de los animales.

En los dos últimos años, algunas plántulas han sido protegidas envueltas con alambres y malla con 3 estacas de caña. La escasez de material ha limitado la efectividad de esta solución, porque el material es rehusado para nuevos árboles. Como resultado del reciclado, los ciervos destruyeron los árboles no protegidos. Con materiales adecuados, las cercas podrían permanecer rodeando a las plántulas hasta que hallan alcanzado un gran tamaño y les sea posible sobrevivir al ramoneo y otros daños causados por los ciervos. Una solución por lo tanto, sería asegurar el material necesario para proteger las plántulas por los menos 8 años.

Una segunda opción podría ser cercar un área grande de plantación suficiente para establecer un arboreto de 85.000 árboles los cuales podrían ser protegidos por lo menos por 5 años. Se requeriría de una cerca de 3 metros para asegurar la protección de las especies de los saltos de los ciervos que pueden saltar fácilmente hasta 2 metros.

La diferencia de los costos de estas dos opciones deben ser estimadas detenidamente. La primera es una labor intensiva. Los méritos relativos de los dos opciones deben ser evaluadas utilizando una combinación de ambos métodos.

De todos modos excluir los ciervos de las plantaciones por estos métodos requiere el manejo de la población de ciervos, que incluya seguimientos anuales, monitoreo de la producción etc. Estos detalles se discuten en la sección siguiente.

2) Mantener los ciervos en una clausura:

Una segunda alternativa para reducir el impacto de los ciervos en la vegetación es contener la manada en un área cercada. Para efectuarlo se deberá realizar un cercado de 3 metros de alto en lo posible de alambre galvanizado y el tamaño de la malla no debe

exceder las 3 pulgadas. Varios portones de acceso deberán localizarse en puntos estratégicos para el acceso de vehículos, tractores y movimiento de las máquinas. El área central preferentemente usada por los ciervos, debería proveerse de lugares de refugio adecuado, comida y variedad de hábitats. El costo de la clausura, sin embargo es significativo y dependerá del área a cercar.

La construcción de la cerca producirá disturbios que podrían afectar a los ciervos y quizás abandonen temporariamente el área. Para minimizar estas dificultades asociadas al cercado, sugerimos que los postes de la cerca se coloquen antes de la malla. Cuando esta este finalizada podría levantarse por secciones.

Para atraer el máximo número de ciervos a la clausura deberá realizarse una suplementación alimenticia con alfalfa o raciones en varios sitios durante el invierno. También podrían arreararse los animales desde afuera a la clausura, pero los que permanezcan afuera deberán removerse (matarse) para evitar el crecimiento de una manada secundaria fuera de la clausura, la cual depredará la plantación.

También deberá considerarse cual es el método más conveniente para la exhibición de los ciervos al público y para el buen estado de los mismos. Una área completamente cerrada requerirá de varios requisitos, principalmente buena visibilidad de los ciervos, adecuada alimentación y agua, protección contra las inclemencias del tiempo (viento y lluvia), accesibilidad para el personal. Trataremos estos puntos en los párrafos siguientes.

a) Visibilidad por el público:

El número de ciervos necesario para ser visto es la primera consideración. Una gran cercado puede tener muchos ciervos y por lo tanto crear al público una experiencia espectacular de contacto con la vida silvestre. Sin embargo una gran clausura puede también darles oportunidades de permanecer escondidos.

b) Alimentación y agua: El número de ciervos que puede soportar un área dada debe ser determinada, para evitar el sobrepastoreo y la destrucción del hábitat. Como regla general las pasturas pueden soportar mejor el sobrepastoreo que los bosques y arbustos. La capacidad de carga puede ser determinada investigando el impacto del pastoreo. Primero, colectando información básica acerca de la composición de las especies de la pastura usando la técnica de cuadrículas de colecta al azar. Esto debe realizarse previamente a que los ciervos sean confinados al área. Generalmente una caja de un metro cuadrado debe ser ubicadas en la pastura y después identificas las especies de plantas contadas. Segundo, medir el impacto del pastoreo después que los ciervos son confinados, una caja de tejido de alambre de 1 metro puede ser distribuida en la pastura a un tasa de 2 cada 5 hectáreas. La diferencia en la altura de las pastos dentro y fuera de las cajas serán obvias en pocos meses durante la estación de crecimiento. Esto le dará al Encargado del manejo de Ciervos una idea muy clara de cuanta vegetación esta siendo consumida por éstos. El número de ciervos podrá ser aumentado o disminuido dependiendo del impacto del

pastoreo. Si se determina que se está alcanzando la capacidad de carga el excedente deberá ser removido anualmente. Un suplemento permanente de agua debe obviamente considerarse necesario. La clausura debería situarse donde halla fuentes de agua o quizás en los bordes del Río de la Plata o del Río San Juan. Esta gran cantidad de agua podría servir también, como barrera para evitar que escapen y reducirá los costos del perímetro de la clausura.

c) **Protección del viento y de la lluvia:** Es necesario brindarle a los ciervos una variedad de hábitats durante el tiempo cálido para sombra. Las condiciones climáticas del Uruguay son similares a las de la distribución natural del ciervo axis. La especie es tolerante al calor, a diferencia de otros ciervos. Por lo tanto son necesarias áreas de bosque para la sombra. Los ciervos son muy inteligentes para tomar ventaja de las variaciones microclimáticas dentro del área y evitar extremos de calor y frío, frecuentemente buscan refugio de los vientos fríos.

La capacidad de carga de la clausura (la disponibilidad de un área para soportar un número dado de animales sin degradarla) debe ser determinada, para que el stock de animales sea el adecuado. Esta permite que el habitat mantenga en sus características vegetales una mezcla de especies de pastos (que comen los ciervos). Si la capacidad de carga se ignora y el área esta sobrepoblada, la pastura comienza a sufrir por el sobre pastoreo y pisoteo. Esto trae como resultado el aumento de la erosión y la declinación del estado sanitario de los ciervos. Los animales delgados o en malas condiciones físicas deberán ser removidos para mantener una distribución de edad estable. Esto requerirá la presencia de personal capacitado para distinguir entre animales adultos y jóvenes. El método más sencillo para remover animales es el de emplear un "tirador" específicamente para este propósito. El impacto de la manada en la vegetación deberá ser monitoreado durante la estación de crecimiento, colocando varias cajas de malla de alambre de un metro cuadrado en cada pastura. La diferencia en la altura de los pastos dentro y fuera de las cajas darán una buena idea de cuanto consumen los ciervos. Una población densa de ciervos comerá el pasto hasta cerca del suelo y eventualmente reducirán la pastura. Esto sólo será evitado realizando un buen manejo. También debe considerarse que la capacidad de carga de las pasturas cambia estacionalmente y de año a año dependiendo también de la cantidad de precipitaciones ocurridas. Durante el verano las pasturas pueden soportar un número mayor de animales que en el invierno. El número de animales debe ser ajustado para prevenir la destrucción de la pastura durante el invierno cuando la alimentación disponible es escasa y el apetito es alto.

d) **Acceso al personal y visitantes:** La ventaja de tener una clausura pequeña (25 ha.) es que los ciervos van a ser visibles más fácilmente por los visitantes y no será necesario que ingresen, pero deberá realizarse un manejo similar al de una población en cautiverio. Si la clausura es grande (200 ha.) el acceso será necesario para poder verlos. Presentando otros problemas. Primero porteras que deberán ser abiertas y cerradas cada vez que entren los visitantes. Los mata burros no son una solución por que los ciervos aprenden rápidamente a evitarlos,

aún cuando estén separados 2 largos entre ellos. Idealmente una portera magnética activada automáticamente podría permitir la circulación vehicular, entrada y salida con mínimo esfuerzo, pero deben diseñarse los criterios y lineamientos para asegurar que las porteras y las cercas sean a prueba de los ciervos. Por ejemplo deberán realizarse inspecciones regulares al cercado removiendo toda la vegetación que se le adhiera y plántulas así como las ramas y árboles caídos sobre la cerca en las tormentas de viento. Esto debe ser realizado en todo el perímetro del camino construido afuera de la línea de la cerca. Obviamente las porteras y el acceso ocuparan al personal un tiempo adicional y existe siempre el riesgo de la fuga de animales.

II Educación ambiental

El objetivo del Parque Anchorena es la recreación, pero también es la oportunidad de introducir importantes conceptos de educación ambiental, con materiales adecuados en la exhibición. El sitio es el testimonio de la habilidad de un hombre para cambiar el escenario natural de una manera estética, como testimonio de su éxito a creado un hábitat artificial. Es también un ejemplo acerca de los efectos que produce el monocultivo y el ganado, que representan las actividades principales del Uruguay. Sin embargo el propietario combinó los bosques nativos (que son un hábitat amenazado en el Uruguay), siendo El Parque Anchorena un ejemplo de la colonización europea en las pastizales nativos del país. El tema del desarrollo de la agricultura puede ser claramente contrastado con el valor de los escenarios naturales como reservorios de la diversidad biológica. Hay una variedad de métodos para desarrollar estos temas pero la meta debe ser educar a los visitantes sobre el legado natural Uruguayo y los cambios que han ocurrido en un período corto de no más de 200 años. El Parque Anchorena es una historia fascinante para contar acerca de la geología, paleontología, vida silvestre, cultura humana y ecología. Podría convertirse en un centro importante para la educación ambiental pudiendo incluirse las siguientes temáticas:

a) **Geología:** la historia geológica del Río de la Plata y los efectos en los suelos nacionales es de gran consideración. La salud de todas las naciones depende de la naturaleza del suelo y este hecho es poco apreciado a nivel popular.

b) **Paleontología:** los barrancas del Río de La Plata en el Parque Anchorena son ricos en un número importante de fósiles moluscos y mamíferos que se exhiben en la torre. Los paleontólogos de la Facultad de Ciencias podrían asesorar para desarrollar una exhibición estatigráfica de los fósiles del Parque.

c) **Vida Silvestre Nativa:** El Parque es un santuario de vida silvestre y alberga una variedad de vertebrados e invertebrados. Una sección del centro de visitantes debe ser reservada para mostrar materiales de la vida silvestre incluyendo lista de especies, fotografías color e información ecológica. Podrían hacerse tours de estudiantes para la observación de aves, uso de listas de aves, época de nidificación de especies, seguimiento de fenómenos migratorios y conteo de aves. Esta podría ser una actividad regular que contribuiría al conocimiento de las riquezas naturales de la propiedad. Adicionalmente se podrían

diseñar carteles como guía explicativa de las diversas características del hábitat natural.

d) Arboretum:

Algunos árboles fueron identificados con carteles, pero todas las especies de árboles deben ser identificadas y una guía debería ser preparada para educar a los visitantes sobre la biología básica de cada especie, incluyendo la tasa de crecimiento, tipo de polinización y dispersión de las semillas, país de origen, uso, características de la madera y valor económico. A través del arboreto pueden ser enseñadas lecciones importantes acerca de la geografía del mundo y la botánica general.

e) Pastizales:

Sería importante resaltar la importancia de las características de los hábitats originales de pastizal con arbustos y monte ribereño del Parque Anchorena. Es una oportunidad para conocer acerca de la productividad primaria, la evolución de las gramíneas, otras especies de mamíferos como el venado de campo, ñandúes, carpinchos y su reemplazo por el ganado y ovejas. Preparación de herbarios para preservar las plantas y fotos color de las flores silvestres y gramíneas es un material muy útil del punto de vista didáctico.

f) Ciervo Axis:

La biología del ciervo axis y el hecho de que es una especie introducida debe ser tratada y los visitantes no deben quedar con la impresión de que es una especie nativa. Es un ciervo con características estéticas llamativas, que difiere de la especie nativa, el venado de campo, en su habilidad para adaptarse a un amplio rango de condiciones.

Estas ideas pueden ser desarrolladas mas ampliamente revisando la existencia de la disponibilidad del Parque. En suma sin embargo, el centro educativo puede ser usado en varios aspectos.

Este sería el mejor uso del centro de educación ambiental, sin embargo podría simplemente ser una área de reunión en el Parque. Podría servir para orientar al visitante, con maestros, con materiales para interpretar y entender el área. Esto podría efectuarse contratando un docente full time que podría coordinar las visitas de las escuelas, auxiliar a los maestros, planificar actividades especiales y contestar preguntas. El servicio educativo del Parque Anchorena puede brindar un servicio de excelencia a la comunidad muy importante y llenar un vacío en el Uruguay en materia de educación ambiental.

Implementación

Para solucionar el problema de la población del ciervo axis del Parque Anchorena es necesario efectuar modificaciones en las responsabilidades del personal y contar con gastos adicionales. Esto debe enfocarse como un plan de desarrollo comercial del parque. A pesar de que no es un trabajo full time, el manejo de la población de ciervos requerirá de regular atención. Esta podría acompañarse incorporando nuevas responsabilidades al personal o especialistas que deberán ser contratados para

realizarlo. Alternativamente una colaboración con la Universidad (Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable, Instituto de Biología de la Facultad de Ciencias etc.) podría incluirse para desarrollar los objetivos necesarios. Estos objetivos incluyen: 1) seguimiento anual de la población clasificando por edad y sexo. 2) colecta de datos del estado sanitario como por ejemplo fecas para la determinación de parásitos, 3) medidas de la productividad de las plantas, 4) remoción del excedente de animales, 5) tratamiento de los problemas sanitarios (como por ejemplo de enfermedades epidémicas como brucellosis, tuberculosis, clostridiosis etc), y 6) mantenimiento del cercado y porterías. El último punto puede realizarse usando el personal existente.

El trabajo veterinario cuando sea necesario podrá realizarse con el personal existente. Pero los primeros cuatro puntos, requerirán de otros arreglos. Por ejemplo un estudiante graduado podría fácilmente realizar el seguimiento de la población y medir la productividad de la pradera anualmente, pero una parte de los gastos deberán ser aportados por el Parque. El Encargado del Parque podría lógicamente encargarse del seguimiento del manejo de los ciervos. Información adicional de artículos publicados sobre el manejo de los ciervos podrían ayudar a preparar al Mayor J. González para esta responsabilidad, que presenta condiciones naturales, por las observaciones que ha realizado de la manada y el interés demostrado. Es claro que el Mayor J. González está muy interesado y ha logrado entender el significado de los movimientos y el comportamiento de los ciervos en el corto lapso que está ocupando el cargo.

El problema deberá ser analizado desde una perspectiva económica para determinar las opciones a implementar. Como referencia se ha estimado que, de 1700 árboles plantados en el Parque Anchorena cada año, el 70% se pierden por varias razones. Se estima un costo de U\$S 1 cada plántula, significando esta pérdida U\$S 1190. Por lo tanto el costo real de producción es de U\$S 4.76 por planta. Del monto que se pierde (70%), se estima que un 30% son debidas al ramoneo de los ciervos, daños que producen con las astas y al pisoteo.

La Ing Agr. Señora Gabriela Fripp es claramente una especialista en forestación y debe ser apoyada para continuar su labor y lograr un mayor éxito de las plantaciones. Un reporte interno de la información que se recabe deberá ser preparado regularmente para uso interno, a fin de evaluar la implementación.

Referencias:

(Las siguientes referencias son una guía acerca de la biología general del ciervo axis.)

Barrette, C. 1987. Mating behavior and mate choice by wild Axis deer in Sri Lanka. Journal of Bombay Natural History Society; 84(2):361-371.

Graf, W. and L Nichols. 1966. The axis deer in Hawaii. Journal of the Bombay Natural History Society; 63:629-734.

Mishra, H.R. and C. Wemmer. 1987. The comparative breeding ecology of four cervids in Royal Chitwan National Park, Nepal. pp. 259-271 IN: C. Wemmer (ed.) The Biology and Mangement of the Cervidae. Smithsonian Institution Press.

Miura, S. 1981. Social behavior of the axis deer during the dry season in Guiny Sanctuary, Madras, Journal of the Bombay Natural History Society;78:125-138.

Scharatchandra, H.C. and M. Gadgil. 1981. On the time budget of different life history stages of chital (*Axis axis*). Journal od the Bombay Natural History Society; 75 (Suppl.):949-960.