

01674

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**



**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN
Y DE LA SALUD ANIMAL**

**MODELACIÓN DEL EFECTO DE LAS EPIZOOTIAS EN DOS POBLACIONES DE
CIMARRONES (*Ovis canadensis*) EN MÉXICO Y EL PAPEL DE LOS HÍBRIDOS CON
MUFLÓN (*O. musimon*) EN LA CONSERVACIÓN DEL BORREGO CIMARRÓN.**

T E S I S

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS**

PRESENTA:

IVONNE CASSAIGNE GUASCO

TUTOR:

DR. RODRIGO MEDELLÍN LEGORRETA

COMITÉ TUTORAL:

**DR. OCTAVIO MEJÍA VILLANUEVA
DR. FRANCISCO GALINDO MALDONADO**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A mis padres, por su apoyo, amor y ejemplo. Por todos los sacrificios que han hecho por mí, por llenar mi vida de felicidad y tranquilidad, por enseñarme a tratar de ser cada día un mejor ser humano.

A Paco, por tu apoyo, comprensión y amor. Este trabajo también es tuyo. Gracias por estar siempre a mi lado ayudándome a crecer.

A Ian, mi campeón, mi aliento de vida, por el ejemplo que me das día a día de vivir intensamente.

A Mana, mi segunda mamá, por tu entrega y cariño, por haber llenado mi vida de tu compañía y de tantos momentos de felicidad.

A Menis, por estar siempre conmigo, por tu ejemplo y cariño.

A Fer, Poncho y Gus, por ser mis hermanos y llenar mi vida

A mi tío Pepe, Pepe, Yayo, Flor, Laura, Marcela, Carlos, Eva, Angeles, Luis y Celia por su apoyo y cariño en todo momento.

A Fer, Ana Luisa, Poncho, Rick, Laura Elena, Gerardo, Luis Carlos, Gustavo, Marcela, Luis, Fernanda, Carlos, Alex y Daniel, por la grandeza que existe en ustedes.

A Mauro, Juan, Karla, Karyna, Horte y Raúl, por seguir compartiendo cada momento, por su constante apoyo y cariño.

A Nacho, Alejandra y Mariela por más de 20 años de grandiosa amistad.

A Rodrigo, por tu supercomprensión, confianza y apoyo.

A Carlos Manterola por todas las oportunidades y confianza que me has brindado.

A Ana, Pancho, Alberto, Luis Felipe, Carlos, Dulce, Anne, Marcela y Alba, por su amistad y por compartir el deseo de conservar y mejorar la vida de los animales.

A Xoxo, Alejandro, Martín, Andrew, Darrel y Eric, compañeros y mentores en el trabajo de conservación del borrego cimarrón, por sus enseñanzas y amistad.

A mis hermanos los animales por compartir el mundo con nosotros.

*"La naturaleza no será salvada
sino con nuestro espíritu." Jean Dorst
Al final, todos somos uno*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al zoológico Africam Safari por todas las facilidades y apoyo en la realización de este trabajo. Especialmente al Dr. Alberto Parás, por su visión y disponibilidad en pro de la investigación y conservación de la fauna, al Dr. Osvaldo Martínez y Dra. Alejandra Hernández por toda su indispensable ayuda, apoyo y amistad para poder realizar el trabajo experimental, al Dr. Carles Juan Sallés por toda su colaboración, disponibilidad y contribuciones en el área de patología y por compartir su gran experiencia profesional.

A Unidos para la Conservación, por todo el apoyo en el trabajo de conservación del borrego cimarrón. A Carlos Manterola, Manuel Valdés y Ricardo Medina por su apoyo y conocimientos compartidos.

A mis compañeros de trabajo que fueron parte indispensable en el trabajo de campo, María, Alberto, Fernando, Manuel, Erika, Mónica, Mila y Pineda.

Al Dr. Andrés Ducoing por todo su apoyo y asesoría en estadística.

Al Dr. José Antonio Guasco, por todo el apoyo matemático.

Al Instituto de Ecología de la UNAM y al Laboratorio por los conocimientos impartidos.

Al INE por la información proporcionada para la realización de esta tesis, especialmente a Juan Manuel Segundo por su tiempo y apoyo.

Al Dr. Jaime Navarro por su asesoría en estadística.

Al Dr. Rodrigo Medellín, por todo el trabajo, dedicación y apoyo en esta tesis

Al Dr. Octavio Mejía por la idea del proyecto de híbridos y su invaluable enseñanza en los procedimientos

Al Dr. Francisco Galindo por toda la asesoría y apoyo brindado.

Al CBSG por la creación y difusión de herramientas aplicables a la conservación de la fauna, especialmente al Dr. Philip Miller por su apoyo y enseñanza en el programa OUTBREAK.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN -----	1
INTRODUCCIÓN GENERAL -----	2

Estudio 1: Modelación del efecto de las epizootias en dos poblaciones de cimarrones en México.

1.1 Introducción -----	5
1.1.1 Antecedentes -----	5
1.1.2 Características que sitúan en la UICN a las especies <i>Ovis canadensis mexicana</i> , <i>O. c. weemsi</i> y <i>O. c. cremnobates</i> en riesgo de extinción. -----	8
1.1.3 Efectos de la pérdida de la diversidad genética -----	11
1.1.4 Importancia de las enfermedades -----	15
1.1.5 Situación actual de las poblaciones de cimarrones en México: Consanguinidad y riesgos de enfermedades. -----	16
1.1.6 Sistemas de Modelación -----	19
1.2 Objetivos -----	21
1.3 Materiales y Métodos -----	21
1.4 Resultados -----	25
1.5 Discusión -----	27

Estudio 2: Producción de híbridos cimarrón x muflón como herramienta de conservación

2.1 Introducción -----	31
2.1.1 Antecedentes -----	31
2.1.2 Fisiología de la gestación de muflón y cimarrón -----	32
2.1.3 Producción de híbridos -----	33
2.1.4 Estudio de los patrones conductuales -----	35
2.1.5 Híbridos de cimarrón: ¿Herramienta de conservación? -----	37
2.2 Objetivos -----	44

2.3 Materiales y Métodos -----	44
2.4 Resultados -----	48
2.5 Discusión -----	52
DISCUSIÓN GENERAL-----	61
Recomendaciones para el manejo y conservación del borrego cimarrón en México -----	66
LITERATURA CITADA -----	69
CUADROS -----	85
FIGURAS -----	102
ANEXOS -----	118

RESUMEN

El borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) es una especie que a lo largo de toda su distribución geográfica, por efectos antropogénicos directos e indirectos, se encuentra, según la subespecie que se trate, en peligro de extinción, amenazada o bajo determinada protección especial. Dentro de los diversos problemas que enfrentan hoy en día las poblaciones de borrego cimarrón se encuentra la presentación de epizootias. Con el objeto de proyectar las posibles consecuencias de epizootias en las dinámicas de poblaciones de cimarrones en México, se analizaron los porcentajes de mortalidad en epizootias ocurridas en EU. y Canadá y su relación con el tamaño de población. Se encontraron relaciones logarítmicas para tamaño de población y epizootias originadas por el contacto con un patógeno nuevo para la población, y epizootias originadas por procesos de neumonía desencadenados a su vez por factores externos generadores de estrés. Con los datos obtenidos se modelaron dos grupos de poblaciones de cimarrones de México. El grupo de poblaciones con menor número de animales (60) virtualmente se extinguió en ambos casos de epizootias antes de los 30 años, mientras que el grupo de poblaciones con mayor número de animales (435) se extinguió antes de los 30 años en el caso de epizootia originada por un patógeno “nuevo” pero prevaleció en el caso de epizootias desencadenada por factores estresantes durante el periodo de simulación (50 años). Con la finalidad de analizar herramientas alternativas *ex situ* de conservación de la especie, se produjeron híbridos de cimarrón x muflón, de los cuales se describieron algunos aspectos fisiológicos, conductuales y físicos. Se encontró que el híbrido estadísticamente prolongó el proceso de gestación en un muflón, y en dos de las muflonas se presentó una disminución de las concentraciones plasmáticas de progesterona al día 70 de gestación, hecho que sólo había sido reportado en gestaciones de cimarrones. El porcentaje de fertilidad en la producción de híbridos por medio de inseminación artificial intrauterina con semen congelado fue de 26.31%. Se observaron correlaciones positivas entre la edad de la madre y las conductas de succión y asociación con la cría. Existe un uso potencial de estos híbridos en el estudio de enfermedades que afectan a las poblaciones de cimarrones.

Palabras clave: epizootia; *Ovis canadensis*; enfermedades; híbridos; modelaje; Outbreak.

INTRODUCCIÓN GENERAL

Actualmente nos enfrentamos a uno de los pulsos evolutivos con mayor extinción de especies en toda la historia de la tierra, ocasionado no por la naturaleza ni los procesos evolutivos sino por actividades humanas (Myers 1997). Se ha calculado una tasa de extinción de por lo menos 100 y posiblemente hasta 1,000 veces más acelerada que en cualquier otra época evolutiva de la Tierra. Además la extinción de muchas de las especies que actualmente se encuentran catalogadas en algún riesgo de extinción, puede elevar esta tasa hasta por un factor de 10 (Pimm et al. 1995);(Chapin III et al. 1998). México es un país considerado como mega diverso en el cual se calcula habita el 10% de todos los organismos de la Tierra (Ceballos 1993) y en conjunto con Brasil, Colombia, Madagascar, Zaire, Indonesia y Australia mantiene alrededor del 60% de todas las especies del planeta (Mc Neely et al. 1990);(Mittermeier 1988). Sin embargo a pesar de mantener dicha riqueza, en México se extinguieron tan sólo en el siglo pasado alrededor de 42 especies de vertebrados (Ceballos y Brown 1995);(IUCN 2003), y se calcula que las poblaciones de alrededor de 60% de las especies de mamíferos se han disminuido severamente (Ehrlich y Ceballos 1997). La pérdida de poblaciones disminuye la variabilidad genética de la especie, poniendo por un lado en determinado nivel de riesgo a la especie en sí, y por otro lado tiene consecuencias potenciales negativas para el ecosistema en donde ocurre ya que suelen existir relaciones del animal con los procesos básicos del ecosistema (Singer, Papouchis, y Symonds 2000). Por ejemplo se ha demostrado que el alce (*Alces alce*) juega un papel importante para la asimilación de nitrógeno en el suelo (Pastor y Naiman 1992);(Pastor et al. 1993); así como otros ungulados forrajeros influyen en la disponibilidad vegetativa y los procesos de sucesión de la misma. El borrego cimarrón ocupa un nicho único en laderas y pendientes (Singer, Papouchis, y Symonds 2000), por lo que deben existir relaciones importantes entre éste y su ecosistema. Por ejemplo una relación obvia es la que existe entre el borrego y los depredadores naturales. Los grandes ungulados, representan el nivel trófico del que dependen los grandes carnívoros como los lobos (*Canis lupus*), osos (*Ursus spp.*), y pumas (*Puma concolor*), por lo que la supervivencia de estos depende en gran medida de las poblaciones de ungulados.

En la mayor parte de los países existen organizaciones internacionales y/o nacionales que están llevando a cabo esfuerzos por detener la pérdida de poblaciones y especies (Noss y Harris 1986);(Myers 1988);(Margules, Nicholls, y Pressey 1988);(Robinson 1993) (Torbjorn 1995);(Meffe y Carroll 1997);(Ceballos 1999). Dentro de estos esfuerzos existen planes de conservación de acción inmediata, como son el manejo de las poblaciones (reubicaciones¹, control de predadores etc.), estudios sobre enfermedades, comportamientos y hábitos reproductivos así como protección de sus ecosistemas mediante la creación de diferentes reservas. Por otro lado existen planes que trabajan sobre hipótesis y alternativas con proyecciones a largo plazo, como son la generación de bancos de germoplasma, bancos de DNA y la continua investigación en técnicas de reproducción asistida (TRA) como son la inseminación artificial (IA), transferencia de embriones (TE), clonación y fertilización *in vitro* (FIV). Estas herramientas, como se verá más adelante, se están investigando y aplicando en animales silvestres con la finalidad de preservar la genética de las poblaciones y de lograr alternativas de reproducción en especies que lo requieran.

En cuanto a los programas de manejo de poblaciones, actualmente muchos de ellos toman en cuenta estudios de viabilidad de las poblaciones (PVAs). Gran parte de estos estudios se basan en programas de simulación que proyectan la viabilidad de la población a largo plazo. Sin embargo, ya que estos estudios requieren de conocimientos específicos de las poblaciones, la viabilidad de la mayoría de las poblaciones de cimarrones a largo plazo en nuestro país se desconoce. La modelación del efecto de epizootias sobre diferentes poblaciones de cimarrones pretende dar una idea general de las consecuencias que podrían tener las enfermedades en las poblaciones. Este es solamente un aspecto de los que participan en un estudio de viabilidad de poblaciones a largo plazo, por lo que para tratar de predecir el futuro del borrego cimarrón en México, muchos estudios más deberán realizarse, idealmente, para cada población.

Por otro lado, dentro de las herramientas de conservación a mediano plazo, la producción de híbridos de cimarrón puede representar una alternativa para la conservación del cimarrón. Los híbridos pueden ayudar por ejemplo, dentro de las TRA utilizadas para la preservación genética de la especie, como receptores para TE; también pueden utilizarse

¹ Traducción de "translocation": Refiere el movimiento de animales silvestres de un lugar a otro para ser liberados (Woodford 2001).

como sujetos de investigación de diferentes aspectos como son las enfermedades que afectan a las poblaciones de borregos cimarrones en vida libre, los procesos fisiológicos de su reproducción o bien las diferencias conductuales evolutivas entre las especies progenitoras.

Estudio 1: Modelación del efecto de las epizootias en dos poblaciones de cimarrones en México.

1.1 INTRODUCCIÓN

1.1.1 Antecedentes

Se ha estimado que en tiempos prehistóricos, los borregos silvestres que habitaban Norteamérica (*Ovis dall dallii*, *O. dalli stonei*, *O. canadensis canadensis*, *O. c. californiana*, *O.c. auduboni*, *O. c. nelsoni*, *O. c. weemsi*, *O.c. cremnobates*, *O. c. mexicana*), alcanzaron números de entre 500,000 (Valdez 1988) y 4,000,000 (Seton 1929). Sin embargo, para el año de 1991 se calculó una población total de 185,000 borregos de las diferentes especies en Norteamérica, con excepción de la especie *O.c. auduboni* la cual se consideró extinta (Valdez y Krausman 1999). Debido a la gran variabilidad en estas estimaciones, la importancia de las implicaciones de la reducción poblacional puede no ser tan clara. Sin embargo, se debe resaltar que existen poblaciones más afectadas por actividades humanas, como son las de *Ovis canadensis sp*, ubicadas en el suroeste de Canadá, oeste de Estados Unidos y norte de México, las cuales han sufrido de diversas extirpaciones (este de Montana, este de Wyoming, oeste de Dakota del Sur, noroeste de Nebraska, Washington, Oregon, norte de California, Nevada, Nuevo México, Texas, Chihuahua, Coahuila y Nuevo León) (Valdez y Krausman 1999);(Medellin et.al., en prensa). Algunos autores han calculado que las poblaciones actuales de borrego cimarrón se distribuyen en tan sólo un 4% del área de distribución histórica (Lee 1998 en Carabias 2000). En las figuras 1 y 2 se muestran la distribución histórica y actual del borrego cimarrón en México (Valdez y Krausman 1999);(SEMARNAP 2001). Al igual que el cimarrón, muchas otras especies de mamíferos de talla grande han sufrido reducciones similares, como el oso negro (*Ursus americanus*) y el berrendo (*Antilocapra americana*) (Medellin et.al, en prensa), mientras que otras especies más afectadas en México, como el lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*) y el oso grizzly (*Ursus arctos*) se consideran extintas en vida libre (Ceballos, Cabrales y Medellin 2003). El factor común y principal causa de estas reducciones y extinciones ha sido el impacto de las actividades antropogénicas. Debido a estas reducciones poblacionales y a que el borrego cimarrón no es una especie

colonizadora, ha pasado a ser de especie relativamente abundante, a una especie “rara” (Geist 1971);(Valdez y Krausman 1999), lo cual implica mayor vulnerabilidad de extinción (Myers 1997).

Las poblaciones de borrego cimarrón han disminuido rápidamente en las últimas décadas, debido principalmente a la fragmentación y destrucción de su hábitat, cacería ilegal, transmisión de enfermedades de ganado doméstico, desarrollo urbano y actividades recreativas humanas (Valdez y Krausman 1999). Actualmente la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) tiene catalogadas a las 3 subespecies de cimarrón presentes en México en diferentes niveles de riesgo de extinción. *O. c. cremnobates* de Baja California es considerada una especie en “peligro de extinción”, *O.c. mexicana* de Sonora como especie “vulnerable” y *O.c. weemsi* de Baja California Sur se encuentra en el nivel de “críticamente en peligro de extinción” (IUCN 2003). En Baja California se ha estimado una población de 2,000 borregos de la subespecie *O.c. cremnobates* (De Forge et al. 1993) y de 2,000 ejemplares de la subespecie *O.c. weemsi*, mientras que en el estado de Sonora el número de borregos (*O.c.mexicana*) se calculó en el año de 1999 en 2,600 incluyendo los que se encuentran en Isla Tiburón (557) (Carabias et al. 2000). Si bien el número total de animales en México puede estimarse entre 5,500 y 8,800 (Medellin et.al. en prensa), cabe recordar que la especie ha sido extirpada de 3 estados de México y que las poblaciones restantes se encuentran aisladas. Aunque naturalmente siempre se han encontrado en hábitats fragmentados (Hall 1981); (Valdez y Krausman 1999), actualmente el hábitat que sirve como conexión entre diferentes serranías frecuentemente se encuentra ocupado por ganado doméstico o simplemente ha sido sustituido por tierras para agricultura o desarrollo urbano. Además en muchos casos el grupo se conforma de un número reducido de animales (SEMARNAT 2004), aumentando los riesgos de consanguinidad y por ende la susceptibilidad a enfermedades, comprometiendo así la supervivencia de la especie. Considerando todos estos factores, el 17 de mayo de 1994 se publicó en la NOM-059-ECOL-1994 del Diario Oficial de la Federación, el estatus del borrego cimarrón como especie de protección especial considerada prioritaria. Sin embargo, el borrego cimarrón representa no solo un valor genético como especie sino también un importante recurso silvestre para México. A partir de 1987 el gobierno de México ha otorgado un número

limitado de permisos de cacería que llegan a subastarse desde 1995 entre 40,000 y 200,000 dls. en el mercado internacional, principalmente estadounidense. Con la finalidad de apoyar esta captación de recursos y contribuir a la conservación y recuperación del borrego cimarrón, en 1987 la entonces SEMARNAP (Secretaría del medio ambiente, recursos naturales y pesca), actualmente SEMARNAT, promueve el uso cinegético planificado de algunos ejemplares bajo el esquema de sistemas de Unidad de Conservación, Manejo y Aprovechamiento de la Vida Silvestre (UMA). Estas UMAs deben cumplir ante la SEMARNAT con objetivos específicos de manejo, restauración y mantenimiento, reproducción, investigación, exhibición, educación y aprovechamiento sustentable. Con la finalidad de cumplir estos objetivos y evitar que se sigan extrayendo animales de su hábitat, es importante que las UMAs mantengan poblaciones crecientes. Aunque estos esfuerzos contribuyen a la conservación de los cimarrones, los animales en vida libre siguen enfrentando la continua pérdida y fragmentación de hábitats, lo cual no solo representa una causa directa de la disminución de poblaciones sino que disminuye la diversidad genética en las poblaciones existentes. Entre muchas de las consecuencias de la pérdida de diversidad genética (las cuales se describirán más adelante), se encuentran la pérdida de flexibilidad evolutiva y el aumento de enfermedades, efectos que aumentan considerablemente las probabilidades de que las poblaciones desaparezcan (Munson 1993); (Ramey II et al. 2000). Con la finalidad de proteger a la especie en vida libre, se han desarrollado programas de conservación y recuperación del borrego cimarrón que contemplan la reubicación y reintroducción de cimarrones a lugares de donde fue extirpado. En México, el borrego cimarrón ha sido reintroducido en los estados de Coahuila (Medellin et.al. en prensa) y Chihuahua (obs. pers.), en UMAs destinadas a su reproducción para llevar a cabo liberaciones en hábitats naturales e históricos de la especie. Aunque esta es la herramienta más utilizada para lograr la conservación de la especie, como se ha demostrado con las poblaciones de cimarrones en Estados Unidos, no deben dejar de realizarse investigaciones en diversos temas como enfermedades, genética y técnicas en asistencia reproductiva. Contribuyendo entonces a este tipo de investigaciones, y teniendo en cuenta que el borrego cimarrón es una especie bajo determinados estatutos de protección, la creación de híbridos de cimarrón x muflón puede permitir estudios sin exponer animales

puros. Además los híbridos podrían también utilizarse como alternativa de exhibición en zoológicos después de lograr ejemplares 7/8 por absorción a través de determinado número de IA.

1.1.2 Características que sitúan en la UICN a las especies *Ovis canadensis mexicana*, *O. canadensis weemsi* y *O. canadensis cremnobates* en riesgo de extinción.

Biología reproductiva del borrego cimarrón

Aunque el borrego cimarrón presenta comúnmente una relación de sexos de 1:1 (Woodgerd 1964), existen autores que han observado una poligenie dominante en machos en casos en los que se ha reducido previamente la población o esta tiene una calidad pobre en cuanto a recursos (Geist 1971);(Shackleton 1973);(Woodgerd 1964). Una proporción mayor de machos que hembras reduce la capacidad de crecimiento de la población (Fitzsimmons y Buskirk 1992), por lo que una población con pocos individuos podría disminuirse aun más debido a este efecto, poniéndose en mayor riesgo de desaparecer ante efectos estocásticos del medio ambiente o brotes epizoóticos (Lande 1988);(Singer et al. 2000).

Por otro lado, aunque algunos ungulados tienen como estrategia de supervivencia un incremento en sus tasas reproductivas, como el caso del berrendo que habitualmente pare 2 crías para contrarrestar la mortalidad por depredadores, el borrego cimarrón habitualmente tiene una cría por hembra (aunque existen reportes de partos gemelares estos se consideran más bien esporádicos (Eccles y Shackleton 1979);(Spalding 1966). Puede ser que esta estrategia reproductiva se relacione más con las necesidades nutricionales que con la presión de depredadores, ya que existe poca evidencia de impactos severos a las poblaciones de cimarrones por depredadores (Warren 1990). Sin embargo, si se presentan factores indirectos, (como el caso del coyote que se ha beneficiado de efectos antropogénicos -ganado, basura, etc.) (Dumond, Villard, y Tremblay 2001), que provoquen mayor presión de depredadores a las poblaciones de cimarrones, los resultados pueden ser catastróficos considerando su tasa reproductiva.

Tamaño mínimo viable (TMV)

En el caso de México mencionamos ya que se ha calculado un población total de cimarrones de entre 5,500 y 8,800 (Medellin et.al. en prensa). Sin embargo, es importante considerar que este es un número de individuos totales, y que no todos estos animales contribuyen al aumento de la población; el número sería menor si sólo tomáramos en cuenta al número de individuos reproductivamente activos y que están produciendo descendencia (Primack 2001). En base a esto, se han establecido otros parámetros para estimar la supervivencia de una población, como es el tamaño mínimo viable (TMV) (Nunney y Campbell 1993);(Primack 2001). En EU. Se realizó un estudio con 120 poblaciones de cimarrones a fin de determinar el TMV para la persistencia de estas en un tiempo de 50 años (Berger 1990). En este estudio se observó que el 100% de las poblaciones con menos de 50 individuos se extinguieron en 50 años, mientras que virtualmente todas las poblaciones con más de 100 individuos persistieron en el mismo periodo. Estos estudios indican que posiblemente el TMV para poblaciones de borrego cimarrón es al menos de 100 individuos y que las poblaciones con menos de 50 individuos no persistirán ni siquiera en el corto plazo. Otro estudio realizado por Fitzsimmons y Buskirk (1992) sugiere un TMV de 150 animales.

Mortalidad natural

Cuando no existen factores antropogénicos directos o indirectos que les afecten, las poblaciones de cimarrones, se regulan habitualmente por uno o varios de los siguientes factores: (Allen 1980)

*Agentes etiológicos que afectan al sistema respiratorio: Bacterias como *Pasteurella haemolytica* biotipo T y *Corynebacterium*, han sido aisladas de animales sin aparente contacto con animales domésticos (Allen 1980);(Foreyt, Zender, y Johnson 1996);(Festa-Bianchet 1988a). Uno de los factores predisponentes y/o desencadenantes de bronconeumonías en cimarrones ha sido el estrés generado por diversas razones como un estado nutricional deficiente, cambios climáticos, aumentos de población por encima de la capacidad de carga de una zona, etc. (Festa-Bianchet 1988a);(Bunch et al. 1999). En poblaciones seropositivas a enfermedades virales como lengua azul y parainfluenza-3,

pueden presentarse algunas mortalidades especialmente cuando se relacionan con otros factores de estrés (Bunch et.al. 1999);(Ryder, Williams, y Anderson 1994). Aunque generalmente los parásitos no ocasionan mortalidades en poblaciones de cimarrones libres (generalmente una sobrecarga parasitaria se presenta si existe hacinamiento o sobrepoblación de animales), existen ciertos parásitos que han ocasionado en algunos casos mortalidades de los animales como son *Psoroptes spp.*, *Oestrus Ovis*, *Protostrongylus stilesi* y *Muellerius capillares* (Bunch et.al., 1999), aunque podría decirse que generalmente cuando las poblaciones de cimarrones se ven afectadas severamente por estos parásitos, es debido a la presencia cercana de ganado doméstico que sirven como reservorios.

* Deficiencias Minerales: Se han documentado algunas posibles muertes de cimarrones debido a la falta de minerales o vitaminas (Moore 1961)

* Intoxicación alimentaria: Aunque la evidencia de que los borregos puedan ingerir plantas tóxicas que ocasionen una mortalidad, es circunstancial (Allen 1980), es posible que al realizar reubicaciones, los animales puedan ingerir plantas tóxicas de las que no tenían conocimiento.

* Clima: Aunque los borregos toleran temperaturas extremas tanto frías como cálidas, la sequía ha afectado en varias ocasiones a diferentes poblaciones (Monson 1960);(Gross 1960);(Larsen 1962).

*Depredadores: A pesar de que los depredadores pueden llegar a ocasionar una mortalidad de hasta el 75% de las crías de cimarrones en algunas poblaciones (Hass 1989);(Hass 1990), generalmente la depredación no es un factor que disminuya la población de los cimarrones (Allen 1980). En los diferentes hábitats del borrego se pueden contar a varios depredadores como son los pumas (*Felis concolor*), coyotes (*Canis latrans*), lince (*Lynx rufus*), lobos (*Canis lupus*), zorros (*Vulpes vulpes*), jaguares (*Panthera onca*), ocelotes (*Felis pardalis*) y águilas (*Aquila chrysaetos*) (Warren 1990);(Carabias et.al. 2000).

Condiciones Ecológicas

La alta selectividad de hábitat del borrego cimarrón (cañones profundos y empinados, cerros rocosos, montañas y desfiladeros) tiende a crear metapoblaciones con flujo genético (migraciones de individuos entre poblaciones) reducido. La variabilidad genética logra

mantenerse por el movimiento esporádico de machos entre poblaciones (Lacey 1987); sin embargo si las actividades antropogénicas impiden este movimiento, las poblaciones quedarían aisladas y sin el aporte genético necesario para evitar la deriva génica (proceso natural de disminución de la variabilidad genética en poblaciones cerradas). Actualmente, además de las tradicionales actividades ganaderas, la construcción de carreteras, el desarrollo urbano y hasta las actividades recreativas como el montañismo, intervienen con este movimiento y han sido la causa de la disminución drástica de muchas poblaciones de cimarrones (Valdez y Krausman 1999).

Por otro lado en muchas zonas del norte de México, abundan especies exóticas introducidas y animales ferales como burros y caballos (SEMARNAT 2004), quienes en general tienen nichos más grandes, mayor potencial reproductivo, mayor tolerancia a las actividades humanas y sobretodo mayor resistencia a las enfermedades (Sandoval 1979, 1980, 1988);(Seegmiller y Ohmart 1981);(Krausman, Sandoval, y Etchberger 1999). Estas ventajas les permiten a estas especies desplazar y/o disminuir a las poblaciones de cimarrones.

Impactos antropogénicos directos.

La cacería furtiva sigue siendo una amenaza para las poblaciones de cimarrones. En EU. se calculó que en los estados de Nevada y Arizona, en 1960, la cacería furtiva era la causa del 41% de las pérdidas de ejemplares (Welsh 1971). En México, aunque no existen estudios que definan un porcentaje actual de merma en las poblaciones por cacería, sí sabemos que se presenta (obs. pers.) y que no existen los medios suficientes para vigilar ni hacer valer efectivamente las leyes de protección de vida silvestre.

1.1.3 Efectos de la pérdida de la diversidad genética

La capacidad de una población para adaptarse a un ambiente cambiante depende en parte de su variabilidad genética. El flujo genético y las mutaciones genéticas naturales aumentan la variabilidad genética dentro de la población y pueden compensar los efectos de la deriva génica (Primack 2001). En las poblaciones pequeñas (menos de 100 individuos), la tasa de

mutación es demasiado baja como para contrarrestar la deriva génica (Lacey 1987), por lo que requieren forzosamente del aporte genético a partir de la migración.

El aislamiento forzado en que se encuentran muchas de las poblaciones de cimarrones (Allen 1980) por un lado disminuye o impide el flujo genético, y por el otro provoca el apareamiento entre individuos emparentados (llamado endogamia o cruzamientos consanguíneos). Estos cruzamientos resultan en la disminución o pérdida de la heterocigosis, proceso también conocido como depresión endogámica al cual se asocian diversas características detrimentales para la salud como son el desenmascaramiento de alelos recesivos deletéreos, la pérdida de aptitud reproductiva y la pérdida en la variación del sistema inmune (Munson 1993). Múltiples investigadores han sugerido que estas características detrimentales, pueden sustancialmente incrementar los riesgos de extinción (Ralls 1979);(O'Brien y Everman 1988);(Ellstrand y Ellam 1993);(Lande 1994);(Mills y Smouse 1994);(Newman y Pilson 1997);(Saccheri et.al., 1998). La heterocigosis también puede perderse a través de desastres naturales (como una epizootia o cambios del ecosistema) o por selección natural (O'Brien y Everman 1988). Después de un evento catastrófico la población contiene únicamente aquellos alelos de los genomas de individuos supervivientes, presentándose entonces un “cuello de botella”. Un cuello de botella es una reducción severa en el tamaño de la población resultando en la pérdida proporcional de polimorfismo genético (Primack 2001). La limitada heterogenicidad de los genomas sobrevivientes al cuello de botella, proveen menos opciones para la supervivencia de la especie.

Desenmascaramiento de alelos recesivos deletéreos

Los rasgos codificados por alelos recesivos deletéreos pueden variar de fenotipos letales (mutaciones anatómicas no compatibles con la vida) a efectos más sutiles en cuestiones fisiológicas como son altas cantidades de espermatozoides anormales y bajas concentraciones de semen en eyaculados como se ha demostrado en leones asiáticos (*Panthera leo persica*) (Wildt, Bush, y Goodrowe 1987), pumas de Florida (*Felis concolor coryi*)(O'Brien et al. 1990) y cheetahs (*Acinonyx jubatus*)(Howard, Barone y Bush 1991). Un análisis de registros de apareamientos de 44 especies de mamíferos en zoológicos

reveló que la mortalidad juvenil era superior en animales provenientes de cruces entre animales emparentados que entre la progenie de animales no relacionados (Ralls, Ballou y Templeton 1988);(Torbjorn 1995);(Hedrick 2000).

Pérdida de aptitud reproductiva

La depresión endogámica ha demostrado tener efectos como la esterilidad o bajo éxito reproductivo, reducción del tamaño de camadas, del peso al nacimiento y viabilidad de neonatos, así como aumento de pérdidas embrionarias, abortos y mortinatos en poblaciones en cautiverio de ungulados, mamíferos pequeños, carnívoros y primates (Ralls, Ballou y Templeton 1988);(Laikre y Ryman 1991);(O'Brien y Everman 1985), (Ralls y Ballou 1982a);(Ralls y Ballou 1982b);(Ralls, Brugger y Ballou 1979);(Templeton y Read 1984). Estos efectos pueden deberse a la expresión de alelos recesivos deletéreos (por el aumento de homocigosis) y/o a la falta de efectos inmunoestimulatorios en el crecimiento de la placenta (se ha sugerido que el crecimiento de la placenta puede estar inducido por proteínas inmunomoduladoras, y los animales con mayor homocigosis compartirían más antígenos con sus madres, promoviendo así menor inmunoestimulación y menor inmunoprotección)(Munson 1993).

Pérdida de la flexibilidad evolutiva

Los alelos raros y combinaciones inusuales de alelos pueden conferir ventajas en momentos determinados en que se necesite una adaptación del individuo. Estos pueden irse perdiendo en poblaciones pequeñas, limitando entonces su capacidad para responder a cambios ambientales en el largo plazo, incluyendo la contaminación, nuevas enfermedades y cambios climáticos (Allendorf y Leary 1986). Por ejemplo se ha documentado el caso de gorriones cancioneros (*Melospiza melodia*) de la Isla Mandarte al oeste de Canadá, en que las aves con endogamia tuvieron mayores tasas de mortalidad durante tormentas severas que las aves que no tenían endogamia (Keller 1994). En estudios similares en roedores (Jimenez et al. 1994) y caracoles (Chen 1993), se encontró que los grupos con endogamia tuvieron una supervivencia en vida libre significativamente mucho menor a la de los grupos sin endogamia.

Disminución de la capacidad del sistema inmune

La resistencia de un animal hacia una infección es determinada por la suma de su sistema inmunológico no específico (superficie epitelial intacta, fagocitos, células NK, Interferón, etc.) y la inmunidad específica adaptativa (respuestas linfocitarias antígeno específicas). La mayoría de estos sistemas se encuentran bajo un control poligénico y la efectividad de cada componente varía incluso entre individuos heterocigotos. Algunos investigadores han sugerido la posibilidad de una disminución en las funciones del sistema inmune debido a la pérdida de heterocigosis (Munson 1993);(O'Brien y Everman 1988) y desde la década de los 80's se han reportado relaciones entre la endogamia y la susceptibilidad a enfermedades. Este es el caso del cheetah en el que se ha encontrado mayor incidencia de enfermedades (O'Brien y Everman 1985), o el caso de borregos de la isla de Hirta en el Reino Unido, en los que Coltman encontró una mayor carga parasitaria en poblaciones con endogamia a diferencia de poblaciones sin endogamia (Coltman 1999). En este caso, a consecuencia de la mayor carga parasitaria, la población con endogamia resultó con menores tasas de supervivencia al invierno. Por lo tanto los efectos de depresión endogámica en esta población, parecen ser de muertes inducidas por cargas parasitarias relacionadas con algún factor inmunológico. La pérdida de diversidad genética como resultado de la depresión endogámica, ocurre mucho antes de los efectos visibles en los animales (Delport et al. 2001), por lo que las poblaciones pueden encontrarse en riesgo mucho antes de presentar los efectos negativos ya conocidos. Además en el caso del borrego cimarrón, la mayoría de los programas de manejo y reubicaciones tienen pocas generaciones como para que los efectos adversos sean aparentes (Ramey II, Luikart y Singer 2000). Debido a esto es que, aunque se han encontrado poblaciones de cimarrones con monomorfismo proteico sin problemas de reducción de viabilidad para la población, no se puede implicar que no existan efectos perjudiciales ya que estos simplemente pueden aun no ser visibles. En borregos domésticos, por ejemplo, la consanguinidad se ha asociado con disminución de la calidad de lana, y disminución de peso al destete (Ecranbrack y Knight 1991) así como a mayor susceptibilidad a enfermedades en el primer año de vida (Galal et al. 1981). En borregos cimarrón se ha asociado con menor crecimiento de los cuernos (Fitzsimmons y Buskirk 1992), posibles muertes neonatales al producir corderos

más débiles y aumentando el número de mortinatos (Hass 1990), mientras que en cimarrones en cautiverio se ha registrado mayor mortalidad (34%) en corderos con endogamia que en corderos sin endogamia (Sausman 1984).

1.1.4 Importancia de las enfermedades

A pesar de que existe un conocimiento general acerca del papel de las enfermedades en la supervivencia de las poblaciones, recientemente es que se le ha dado mayor atención. En esta década se ha considerado a las enfermedades infecciosas emergentes como responsables de la extinción de poblaciones de diversas especies tanto a nivel local como global (McCallum y Dobson 1995);(Daszak y Cunningham 1999);(Woodroffe 1999). En el caso del borrego cimarrón, a partir de diversos estudios de análisis de impactos de enfermedades, se les ha considerado a estas como la principal causa de extinción de sus poblaciones (Gross, Singer y Moses 2000). Por una parte, la estructura social del borrego cimarrón favorece la diseminación de enfermedades (Gross, Singer y Moses 2000), y por otra, el borrego cimarrón, a diferencia de otros ovinos, es una especie muy susceptible a una gran variedad de patógenos. Dentro de estos *Pasteurella*, *Corynebacterium* y *Mycoplasma* se han asociado a epizootias de neumonías con mortalidades de entre 25 y 100% (Onderka y Wishart 1982);(Jessup 1985);(Festa-Bianchet 1988a);(Sandoval 1988);(Miller, Hobbs, y Williams 1991). Desde 1880 se han documentado por lo menos 34 epizootias en poblaciones de borrego cimarrón en EU. y Canadá y 7 en estudios controlados (Cuadro 1). Las epizootias además de la mortalidad de los animales, pueden reducir el reclutamiento en la población por 3 y hasta 7 años posteriores al evento epizoótico (Onderka y Wishart 1982);(Spraker y Hibler 1982);(Jessup 1985);(Gross, Singer, y Moses 2000), por lo que una población de cimarrones puede ser fácilmente extirpada (Dobson y May 1986);(Lande 1988);(May 1988).

Por otro lado, la presencia humana restringe los patrones de movimiento de los borregos cimarrones, los cuales, como ya se mencionó anteriormente, evitan el contacto y cercanía con actividades humanas. Como consecuencia de esto, los animales se limitan a ciertas reservas o fragmentos aislados disminuyendo el flujo genético entre subpoblaciones (lo cual favorece la susceptibilidad a enfermedades), y aumentando las posibilidades de

retransmisión de algunas enfermedades (Risenhoover, Bailey y Wakelyn 1988) al permanecer en contacto con las fuentes potenciales de infección. Por ejemplo muchos parásitos y algunas bacterias como *Mycobacterium paratuberculosis*, *brucella*, etc. se diseminan fácilmente si los animales permanecen en una misma área. Además este aislamiento también puede provocar un incremento en la eficiencia de depredadores y un sobrepastoreo del forraje presente en la zona (Risenhoover, Bailey y Wakelyn 1988), estos efectos a su vez provocarían estrés en los animales ocasionando una disminución de la capacidad inmunitaria que podría ser determinante en la presentación de epizootias.

Otro de los factores importantes es la presencia de ganado en las cercanías o incluso en el mismo hábitat de los borregos. Estas actividades ganaderas aumentan las posibilidades de contacto entre cimarrones y animales domésticos (Levins et al. 1994);(Schrag y Wiener 1995) ya que los machos de cimarrón, en su búsqueda por reproducirse, se desplazan largas distancias entre diferentes subpoblaciones (Ough y DeVos 1986), haciendo en ocasiones contacto durante este desplazamiento, con animales domésticos (Singer, Papouchis y Symonds 2000). Incluso pueden buscar reproducirse con borregas domésticas y acarrear enfermedades a diferentes poblaciones, algunas de ellas fatales como la pasteurellosis (Ramey II, Luikart y Singer 2000). Se han realizado diversos experimentos los cuales han provisto evidencia de que el contacto nasal entre borrego cimarrón y borrego doméstico causa la muerte del cimarrón después de unos días a consecuencia de neumonía bacteriana, además se ha confirmado que las bacterias presentes en borregos domésticos clínicamente sanos y ausentes en los cimarrones, se encontraron a la necropsia de los borregos cimarrones fallecidos previo contacto con los borregos domésticos (Foreyt 1989); (Callan et al. 1991). También se sabe de al menos 20 casos de epizootias de neumonía y de 8 epizootias de sarna ocurridas en poblaciones en vida libre, después de un contacto de cimarrones con borrego doméstico (Cuadro 1).

1.1.5 Situación actual de las poblaciones de cimarrones en México: Consanguinidad y riesgos de enfermedades

Consanguinidad

Además de las consecuencias, descritas anteriormente, que representa la actual situación de aislamiento entre las diferentes poblaciones de cimarrones en México y el número reducido de animales componentes de varias de estas poblaciones, el problema de endogamia o consanguinidad toma especial interés ya que una población en particular (Isla Tiburón) se ha utilizado ampliamente como población fundadora de muchas UMAs (Carabias et.al. 2000), (obs.pers). Esta población de Isla Tiburón fue fundada por 20 animales en 1975 (Montoya y Gates 1975) y para el año 2000 se calculó una población de 600 animales (SEMARNAT 2004). Aunque aun se están realizando estudios de variabilidad genética, algunos autores como Hedrick y Gutierrez-Espeleta (2001) han publicado una variación genética significativamente menor comparados con poblaciones de Arizona. Esta reducción en la variabilidad sugiere que además del efecto fundador, ha habido una deriva génica en la población. Gran parte de las UMAs en Sonora han tenido como población fundadora animales provenientes de Isla Tiburón y aunque muchas de ellas posiblemente hayan combinado a estos animales con los de aparentemente otras líneas genéticas, no existen estudios de la variabilidad o cercanía genética en las otras poblaciones de cimarrones en Sonora.

Riesgo de Brotes de Enfermedades

Como ya se mencionó anteriormente, las enfermedades han jugado el papel principal en la extinción de poblaciones de borrego cimarrón (Gross, Singer y Moses 2000). En México no se han realizado estudios serológicos completos de las diversas poblaciones ni se tienen publicaciones de reportes de necropsias o causas de la desaparición de muchas de ellas (SEMARNAT 2004). La posible transmisión de enfermedades en reubicaciones, no obstante el profundo impacto que pueda tener en las poblaciones residentes, es un factor que no siempre se considera en nuestro país. Hasta el momento muchas de las reubicaciones del borrego cimarrón a diferentes UMAs en México se llevan a cabo sin realizar estudios serológicos adecuados, tiempos de cuarentena o inclusive sin la revisión y

manejo de los animales por un médico veterinario (obs. pers.). Dentro de las UMAs en México con borrego cimarrón, muchas de ellas mantienen sus poblaciones cerca de ganado (obs. pers.). Si bien no existe contacto directo entre los animales, muchas de las enfermedades potencialmente peligrosas para el borrego pueden transmitirse por vectores, como es el caso de lengua azul y enfermedad epizootica hemorrágica (aunque ambas enfermedades son consideradas exóticas en México, se han encontrado seroprevalencias en varios borregos cimarrones en el Norte de México, (obs. pers.). Otras enfermedades como paratuberculosis, de la cual existen poblaciones de cimarrones seropositivas (Spraker y William 1990), pueden transmitirse por el contacto del borrego cimarrón con el suelo contaminado (hasta en un periodo de 1 año posterior al desalojo de los animales infectados- (Blood, Radostitis y Henderson 1983). Muchas de las UMAs en que se mantienen hoy en día a los borregos, fueron utilizadas previamente por ganado (obs. pers.). Jessup (1985) y otros investigadores del “Desert Bighorn Council” (Technical staff from Desert Bighorn Council 1990) han sugerido conservar una distancia mínima de 13.5 Km. entre zonas ganaderas y poblaciones de cimarrones debido a los posibles riesgos de transmisión de enfermedades como Parainfluenza 3 (PI-3), Diarrea Viral Bovina (DVB), Paratuberculosis (MP), Rinotraqueítis Infecciosa Bovina (RIB), Lengua Azul, Ectima contagioso y Fiebre Aftosa (FA) entre otras; sin embargo en México no existe ninguna normatividad al respecto. Además el problema de las enfermedades continúa con las poblaciones en vida libre ya que se ha observado en al menos 4 sierras del estado de Sonora presencia de cabras, ganado bovino y/o burros ferales (SEMARNAT 2004). Se sabe además de otros tantos ejidatarios que son dueños de cientos de cabras o ganado y que posiblemente pastoreen a sus animales cerca de las sierras de cimarrones, lo cual es suficiente para la transmisión de varias enfermedades.

El desconocimiento y la falta de normas en este aspecto, pueden en un futuro poner en riesgo a muchas poblaciones de cimarrones. Además si consideramos que en nuestro país existe una gran demanda de carne de ovino (año 2001: consumo: 91,776 ton., producción: 36,011 ton., importación: 58,826 ton. (SAGARPA 2002), podemos pensar en la posibilidad de que el número de ovinos domésticos pueda llegar a incrementarse sustancialmente, incrementando los riesgos de transmisión de enfermedades letales a las poblaciones de

cimarrones. No hay que olvidar que los machos de cimarrón suelen desplazarse entre diferentes zonas en época de celo, pudiendo hacer contacto con ovinos domésticos y sirviendo entonces de acarreadores de enfermedades.

Considerando la actual distribución de las poblaciones de cimarrón en México, su aislamiento y posible contacto con animales domésticos, es importante prever catástrofes epizooticas que reduzcan considerablemente los números de animales y por consiguiente las poblaciones, poniendo en riesgo el futuro de la especie en nuestro país.

Los riesgos de enfermedades deben considerarse dentro de los programas de conservación y restauración de ecosistemas ya que el control y la prevención de estas pueden definir el éxito en la supervivencia de poblaciones restauradas.

1.1.6 Sistemas de Modelación

Los sistemas de modelación son herramientas con las que se pueden realizar análisis de viabilidad de poblaciones, comúnmente denominados PVA (Population viability analysis). Los PVA nos permiten a su vez estimar los riesgos de extinción de poblaciones y especies. Dentro de los sistemas de modelación existen diversos programas computacionales que pueden simular la viabilidad de diferentes poblaciones a largo plazo. Dependiendo las características de la población o los factores que se quieren simular, se pueden utilizar alguno de ellos o incluso varios. Algunos ejemplos de los programas que se han utilizado en estudios de diversas especies son ONEPOP (Gross, Roelle y Williams 1973), POPDYN (Samson, Pérez Trejo y Salwasser 1985), RAMAS (Ferson et al. 1988), VORTEX (Miller y Lacey 1999), ECOLOGY (Grier 1980), etc. Sin embargo a pesar de que las enfermedades pueden ser un factor de gran influencia en la supervivencia de poblaciones, los métodos de PVA tradicionales, manejan los impactos de éstas como mortalidades bajas que regulan mas no limitan el crecimiento poblacional. Los modelos existentes que simulan enfermedades infecciosas no han sido relacionados adecuadamente con las aplicaciones de los PVA en la conservación de la fauna (Miller et.al. 2002). Como respuesta a esta problemática se creó OUTBREAK (Pollak et al. 2002), un programa diseñado para realizar simulaciones de riesgos relacionados a enfermedades en poblaciones silvestres el cual nos permite ampliar nuestro entendimiento de la dispersión de enfermedades y evaluar las

estrategias de control y manejo en una población a corto y largo plazo. Aunque este programa fue diseñado recientemente, debido a su especificidad, tiene un alto potencial en el modelaje de los efectos de enfermedades y epizootias en diferentes poblaciones. OUTBREAK tiene adicionalmente la capacidad de trabajar junto con el programa VORTEX, creando así una poderosa herramienta para cualquier PVA.

Sin embargo, por ser simulaciones basadas en la evidencia empírica y científica disponible, que en ocasiones puede ser incompleta e incluso incorrecta, ningún modelo a partir de cualquiera de estos programas, puede predecir de forma exacta la viabilidad de una población. Es decir, que las predicciones obtenidas a partir de cualquiera de estos programas, son útiles para contribuir en la toma de decisiones en los programas de manejo de poblaciones, pero no pueden ser tomados como una realidad a largo plazo, ya que representan únicamente diferentes posibilidades y acercamientos a futuros escenarios de las poblaciones. En sí, estos modelos matemáticos ofrecen una forma de integrar el conocimiento empírico y científico de poblaciones y predecir los resultados de varias alternativas en diferentes escenarios. Este tipo de epidemiología matemática es útil en problemas para los que la experimentación no puede realizarse ya sea por problemas logísticos o éticos. En estas situaciones, los modelos matemáticos pueden jugar un papel en la planeación y experimentación de diseños epidemiológicos, ecológicos e inmunológicos.

1.2 OBJETIVOS

Objetivo general:

Determinar los posibles efectos de epizootias en el tamaño poblacional de borrego cimarrón.

Objetivos particulares:

- a) Determinar el nivel de asociación entre el tamaño de las población y el porcentaje de mortalidad en epizootias.
- b) Modelar el efecto de epizootias en dos poblaciones de cimarrones en México.

1.3 MATERIALES Y MÉTODOS

Dentro de las epizootias que se han documentado y publicado en EU y Canadá sobre poblaciones en vida libre de borregos cimarrón (Cuadro 1), se realizó una diferenciación entre epizootias originadas por el contacto con un patógeno “nuevo” es decir una bacteria, virus o parásito para el cual el cimarrón no hubiera estado en contacto, y por otro lado epizootias originadas por patógenos posiblemente presentes en la población pero desencadenadas por factores externos estresantes. Dicha diferenciación se hizo basándose en la causa reportada por los autores para la epizootia. En el caso de epizootias originadas por un patógeno nuevo, se encontraron en la revisión bibliográfica 12 casos, de los cuales el 83% correspondieron a neumonías originadas por el contacto con borrego doméstico y el 17% a sarna originada por aparente contacto con borrego doméstico. En el caso de epizootias desencadenadas por factores estresantes, se encontraron 7 casos de los cuales 14% se relacionaron con situaciones climáticas extremosas, 29% con actividades humanas cercanas o directas, 14% con estrés nutricional y 43% con la presencia de múltiples factores como son presencia de ganado, actividades humanas, picos poblacionales y/o situaciones climáticas extremosas (sequías prolongadas, temperaturas muy bajas, etc). Tomando en cuenta todos estos datos, se determinó mediante el método de Regresión Lineal (o Ajustes Minicuadráticos) del programa de software Excel, la línea de tendencia y la ecuación correspondiente, siendo “x” el tamaño de la población inicial y “y” el porcentaje de mortalidad reportado en la epizootia. Con la finalidad de conocer con exactitud el tipo de tendencia mas cercano a los puntos conocidos, se compararon líneas de tendencia

logarítmicas, potenciales y exponenciales de acuerdo al error total absoluto de cada una. El error total absoluto es la suma de los errores puntuales, mismos que se calcularon con la siguiente fórmula:

$$e_i = y_i - f(x_i)$$

e_i = Error puntual

y_i = Valor conocido de la variable dependiente

x_i = Valor conocido de la variable dependiente

$f(x_i)$ = Valor de “y” calculado por la función para el valor conocido “ x_i ”

Para modelar las posibles dinámicas de población con respecto a las mortalidades producidas por epizootias, se utilizaron 2 grupos de poblaciones de cimarrones en Sonora, México (se utilizaron poblaciones únicamente de Sonora debido a que de estas se tiene mayor información). La conformación de estos grupos se basó en las Unidades Regionales de Manejo establecidas recientemente por la Dirección General de Vida Silvestre (SEMARNAT 2004). Estas unidades contemplan entre otras cosas, el contacto entre las poblaciones que las conforman, por lo que para el estudio de transmisión de enfermedades, se consideró cada unidad como un grupo poblacional. El primer grupo se encuentra conformado por 2 metapoblaciones que suman un estimado de 60 animales mientras que el segundo grupo se encuentra conformado por 8 metapoblaciones que suman un total estimado de 435 animales. Estos grupos, que en lo subsiguiente se refieren como poblaciones, pueden servir para ejemplificar probables dinámicas en dos diferentes escenarios. Con los resultados obtenidos del análisis de epizootias, se establecieron los probables porcentajes de mortalidad para cada población en epizootias producidas por un patógeno “nuevo” y en epizootias ocurridas por neumonías desencadenadas por factores estresantes.

El programa OUTBREAK versión 0.99 BETA (Pollak et al. 2002) está diseñado para trabajar modelos basados en individuos de una población y simular eventos estocásticos y dinámicas epidemiológicas de una enfermedad mediante procesos de simulación Monte Carlo. Los resultados de la viabilidad de una población a un determinado periodo, se

obtienen a partir de las mortalidades y natalidades naturales que se fijan para cada individuo, así como a partir de eventos estocásticos relacionados con la enfermedad a partir de las simulaciones Monte Carlo. Para llevar a cabo estas simulaciones se requieren entonces de varios parámetros relacionados con la biología de la población como son la edad en que se reproducen, número de crías, número de partos al año, tasas de mortalidad en diferentes edades, promedio de vida, estructura de la población y capacidad de carga en el hábitat en que se encuentran. También se requieren de parámetros de la población relacionados con la enfermedad, como son el porcentaje de animales susceptibles, edad en que se vuelven susceptibles, probabilidad de adquirir o encontrarse con el patógeno, porcentaje de morbilidad y mortalidad, tiempo en que permanecen portadores, porcentaje de permanecer crónicamente infectados y porcentaje de población que adquiere inmunidad permanente. Debido a que algunos de estos parámetros se desconocen para las poblaciones que se modelaron, se fijaron en base a estudios de otros autores según se indique, o bien en suposiciones basadas en conocimientos epidemiológicos generales. Las variables independientes fueron el tamaño de población inicial de 60 y de 435 animales; el porcentaje de mortalidad por enfermedad (para este cálculo se utilizaron los resultados obtenidos en el análisis de mortalidades por epizootias para cada población) 81% por patógeno “nuevo” y 74% por factores estresantes para la población de 60 animales; y 57% por patógeno “nuevo” y 45% por factores estresantes para la población de 435 animales; la tasa de fertilidad en animales infectados fue del 0% en el caso de patógeno “nuevo” y de 20% en factores estresantes; las probabilidades de encontrarse con la fuente del patógeno, en el caso de un patógeno nuevo se consideró un 50% ya que principalmente son los machos lo que pudieran entrar en contacto con animales domésticos portadores (sin embargo también existe la posibilidad de que el animal doméstico sea quien se acerque a una población de cimarrones) mientras que en el caso de las neumonías desencadenadas por estrés se utilizó una probabilidad del 90% ya que se consideró que los factores estresantes permanecen continuamente, provocando un estrés crónico; la probabilidad de contacto entre individuos se calculó en 15% para la población de 435 animales y del 50% para la población de 60, esta variación considera que la probabilidad de contacto es mucho mayor en una población pequeña que en una grande debido a la dispersión de las metapoblaciones. Como

parámetros fijos se estableció la capacidad de carga en 5,000 individuos a fin de que no interfiriera con el efecto de las enfermedades; la tasa de fertilidad en 75%; los porcentajes de mortalidad natural, para los cuales se utilizaron ejemplos y promedios de otras poblaciones estudiadas por largo tiempo en condiciones que podrían considerarse “generales” o “normales” (Hansen 1980; Gross et al. 2000). Estas mortalidades naturales se fijaron en 5% para juveniles y adultos y del 35% para crías. El resto de parámetros se muestran en los Anexos 1- 4. Con estos datos se realizaron 50 repeticiones de simulaciones para proyectar la tendencia poblacional a 30 y 50 años de las 2 poblaciones en los dos diferentes escenarios de epizootias y así obtener el tamaño de población al término del periodo (variable dependiente). Debido a que los factores estresantes pueden ser muy diversos, en ocasiones pueden ser continuos como la presencia de humanos, ganado, animales ferales y/o domésticos en el área, o bien eventos únicos como sequía prolongada o clima frío extremo en un determinado año o bien aumento de densidad poblacional. Estos eventos posiblemente ocasionarían un evento epizoótico único del cual la población tendería a reestablecerse posteriormente. El programa OUTBREAK mantiene el riesgo de contacto de forma continua por lo que de forma adicional, en una hoja de cálculo, se analizó el posible efecto que tendría una epizootia originada por un factor estresante que se presentara una sola vez. Se utilizaron los porcentajes de mortalidad natural y por factores estresantes de los casos anteriores y una tasa de fertilidad durante la epizootia de 0% y del 5% en los 2 años posteriores a la epizootia. No se consideró ningún otro evento estocástico ni la capacidad de carga.

1.4 RESULTADOS

a) Análisis de epizootias

Se encontró una relación logarítmica negativa entre el tamaño de población previo a la epizootia (tamaño inicial) y el porcentaje de mortalidad en la epizootia tanto para las desencadenadas por factores estresantes (Figura 3a; $r^2= 0.96$, $P<0.05$) como las ocasionadas por el contacto con un patógeno nuevo (Figura 4a; $r^2= 0.41$, $P<0.05$). Aun sin hacer esta diferenciación, considerando el porcentaje de mortalidad general, también se obtuvo una relación logarítmica negativa (Figura 5a; $r^2= 0.57$, $P<0.05$). El análisis indicó que para evitar porcentajes de mortalidad mayores al 60%, las poblaciones posiblemente deben ser de por lo menos 240 animales. En las figuras 3b, 4b y 5b se muestran algunos de los probables porcentajes de mortalidad en diferentes números poblacionales.

b) Modelación de dinámicas de población dependientes de epizootias.

Para la modelación de las dinámicas poblacionales se calcularon los porcentajes de mortalidad en epizootias en base a las líneas de tendencia obtenidas en los resultados anteriores. Se modelaron una población de 60 animales y otra de 435 animales por 30 años con un riesgo de contacto continuo con un agente patógeno nuevo (Figuras 6 y 7). Para la población de 60 animales se utilizó una mortalidad en epizootia del 81% mientras que para la población de 435 animales fue del 57%. Debido a que en el programa de simulación se mantuvo la posibilidad del contacto con el patógeno nuevo la población de 60 animales se extinguió a los 10 años, mientras que la población de 435 animales lo hizo al año 28, aunque desde el año 24 quedaba una sola hembra adulta.

En las figuras 8 y 9 se observan las dinámicas de las dos poblaciones en epizootias por neumonías desencadenadas por factores estresantes. Al igual que en la modelación anterior, se consideró la presencia continua de los factores estresantes y por ende el riesgo de epizootias. Se calculó una mortalidad de 74% para la población de 60 animales y del 45% para la población de 435 animales. La población de 60 animales se extinguió a los 28 años, mientras que la población de 435 animales quedó con el 31% de su población original al término de los 50 años, mostrando una tendencia a cero en el aumento de los años. Las tablas demográficas correspondientes a las Figuras 6-9 se muestran en los Anexos 5 y 6.

Considerando un evento epizoótico único en factores estresantes se analizaron en una hoja de cálculo, ambas poblaciones durante 10 años posteriores a un evento epizoótico aislado (Figura 10). La población de 60 animales disminuyó hasta 9 animales en el año 5 (3 años después de la epizootia) y para el año 12 cuenta con 31 animales (51% del tamaño inicial). La población de 435 animales, a los 9 años posteriores a la epizootia recuperó el tamaño inicial de su población.

1.5 DISCUSIÓN

El análisis de la relación entre porcentaje de mortalidad y tamaño poblacional nos permite considerar y evaluar desde el punto de vista de enfermedades, un nuevo “tamaño mínimo viable” para las poblaciones de cimarrones. Habitualmente este concepto relaciona factores genéticos, fluctuaciones demográficas y ambientales (Primack 2001), dentro de las cuales se consideran aspectos de enfermedades más bien naturales y predecibles. En el caso del borrego cimarrón, especie que ha resultado más susceptible que otros ovinos a determinados patógenos y por lo tanto a los efectos de epizootias, las enfermedades pueden tener efectos adversos tan profundos que pueden extinguir poblaciones. Considerando lo anterior, el panorama de la situación actual de las poblaciones de cimarrones en México² puede ser diferente. En el estado de Sonora (sin considerar Isla Tiburón), existen 46 sierras borregueras³, las cuales para su manejo y estudio se han dividido en 11 unidades regionales (SEMARNAT 2004). Sumando el número de animales estimado en el total de poblaciones de cada una de las unidades, tan sólo 3 unidades están formadas por más de 100 animales (número que algunos autores han establecido como mínimo para mantener una población a largo plazo- Berger 1990). Sólo una de ellas cuenta con más de 240 animales, número a partir del cual, según el análisis realizado en este estudio, las mortalidades en una epizootia suelen ser menores o iguales al 60%. Algunos autores han sugerido que en el caso de vertebrados, para preservar adecuadamente la variabilidad genética y permitir la supervivencia de un número mínimo de individuos en años catastróficos deben protegerse al menos entre 500 y 5000 individuos (Lande 1994) (Primack 2001). Las probabilidades de que se presenten eventos epizoóticos en las poblaciones de cimarrones de nuestro país no han sido calculadas, sin embargo el estrés ocasionado por la cercanía del humano y sus actividades, aumentan continuamente la posibilidad de un evento epizoótico. Tal es el caso de la actual presentación de enfermedades infecciosas emergentes en un gran número de especies, en donde el agente causal comúnmente no es un patógeno nuevo sino patógenos ya existentes en la población pero que emergen debido a efectos antropogénicos como la alteración del ecosistema (Daszak 2002).

² El término población implica sólo a los cimarrones en vida libre y no a los que se encuentran en UMAs.

Si tomáramos en cuenta los números poblacionales mínimos sugeridos para que una población subsista a largo plazo genéticamente y enfrentando eventos epizooticos, significaría que posiblemente tan sólo el 27% de las poblaciones de cimarrones en Sonora subsistirían por más de 100 años y que posiblemente sólo el 11% de las poblaciones podrían persistir tanto después de una epizootia por contacto con un patógeno nuevo, como a factores estresantes continuos por 40 años. La situación del borrego cimarrón en EU es similar. Las poblaciones, debido a problemas de fragmentación, también se encuentran aisladas en mayor o menor medida (Hedrick, Gutierrez-Espeleta y Lee 2001), (Allen 1980), (Valdez y Krausman 1999). Ejemplo de esto tenemos los siguientes datos de algunos estados con poblaciones de borregos en EU. En California se tienen registradas 81 poblaciones que suman un total de 4,600 animales; sin embargo existe tan sólo una población con más de 300 animales y 15 poblaciones con más de 100 animales (Torres, Bleich y Wehausen 1994); Nuevo México cuenta con 6 poblaciones y un total de 230 animales, ninguna de estas poblaciones cuenta con más de 100 animales (Fisher 1992); el estado de Utah ha censado 1,400 animales y sólo 4 poblaciones cuentan con más de 100 animales (McKee, Karpowitz y Cresto 1995).

En cuanto a los resultados de la modelación de las poblaciones es importante resaltar que estos no son, al igual que en ningún otro modelo, concluyentes. Se muestra tan sólo una posibilidad de dinámica poblacional en un futuro. Además deberán realizarse nuevos modelos con información más exacta ya que debido a la falta de estudios de estas poblaciones, no se trabajó con cálculos de capacidad de carga, densidad poblacional ni porcentajes de mortalidades naturales, las cuales a su vez varían dependiendo de la calidad del hábitat, el nivel de estrés de la población, los cambios climáticos y de precipitación.

Sin embargo, los resultados son similares a los obtenidos por Gross, Singer y Moses (2000) en poblaciones de borrego cimarrón en Badlands, Dakota del Sur. Gross encontró que en epizootias de enfermedades severas, las poblaciones pequeñas se extinguieron en un corto plazo y el bajo número de animales sobrevivientes (cuando los hay) no presentan dispersión

³ Se definen como sierras boregueras aquellas que tienen las características y requerimientos de hábitat necesarios para la viabilidad de poblaciones de borrego cimarrón.

(movimiento a otros lugares), por lo que la enfermedad termina junto con esa población. Esto sería el caso del modelo de la población de 60 animales ante un patógeno “nuevo”, la cual virtualmente se extinguió a los 9 años posteriores al evento epizootico. Sin embargo Gross y col. también encontraron a través de su modelo, que en el caso de epizootias de enfermedades moderadas, la persistencia de la enfermedad en la población se mantiene constante provocando un efecto de disminución paulatina y constante de la población, terminando en un tiempo de 200 años, en el 50% de los casos, con poblaciones de menos de 40 animales. Este caso es similar al del modelo obtenido en este trabajo con neumonías desencadenadas por factores estresantes ya que las poblaciones subsisten por más tiempo pero si la enfermedad prevalece (en este caso la presencia de factores estresantes), la población continúa disminuyendo paulatinamente. La diferencia de la persistencia de la población en el tiempo de nuestro modelo con respecto al de Gross y col., radica básicamente en la probabilidad del contacto con el agente causal. Estos autores manejaron eventos epizooticos a diferentes intervalos regulares, cada 15, 20, 25, 30, 40 y 60 años, mientras que en el modelo de este trabajo, se utilizó una probabilidad de contacto con la fuente del patógeno del 97 y 99%, para la población de 435 y de 60 animales respectivamente. Estos análisis nos llevan a la conclusión de que las enfermedades pueden tener un papel decisivo en la persistencia de las poblaciones de borrego cimarrón a largo plazo. Los programas de manejo de las poblaciones deben por lo tanto evitar la diseminación e introducción de enfermedades y prever situaciones de estrés que puedan desencadenar epizootias. Las principales situaciones de estrés que deben evitarse son el pastoreo de ganado, asentamientos humanos y la presencia de animales exóticos directamente en las sierras borregueras.

Actualmente el conocimiento del estatus de las poblaciones de cimarrones en México se ha basado principalmente en los censos, mientras que se desconocen aspectos más complejos como son las dinámicas de la población, probabilidad de contactos con animales domésticos, nivel de consanguinidad, flujo genético entre subpoblaciones, etc. No debemos olvidar que la pérdida de variabilidad genética puede ocasionar una falta de adaptación del individuo a los cambios evolutivos, disminuir las aptitudes reproductivas así como la capacidad del sistema inmunológico del animal (Munson 1993; Allendorf y Leary 1986;

O'Brien y Everman 1988). Estos efectos podrían aumentar el porcentaje de mortalidad en una epizootia, favoreciendo la extinción de la población en cuestión. Para que se puedan conservar las poblaciones de cimarrones en nuestro país a largo plazo, es necesario continuar con estudios de las dinámicas de cada población para así prevenir epizootias y tomar las decisiones mas adecuadas para su manejo.

Estudio 2: Producción de híbridos cimarrón x muflón como herramienta de conservación.

2.1 INTRODUCCION

2.1.1 Antecedentes

La producción de híbridos entre diferentes especies se ha logrado por ejemplo entre liebres y conejos, oveja y cabra, caballo y burro, bovino doméstico y bisonte americano (Hafez y Hafez 2000b), cebra y caballo (BBC News 2001), gato doméstico y leopardo (Wildt et al. 1992), leones y tigres (Amin 2001), borrego cimarrón y borrego doméstico (Mejía et al. 1999), e inclusive entre muflones y cimarrones (Cox y Bunch 1977). Las fallas y fracasos sin embargo son más comunes, y en los casos en que se ha logrado obtener híbridos, existen diferencias en el éxito de cruzas recíprocas (Hafez y Hafez 2000b) y en la fertilidad de los híbridos producidos (Cuadro 2). El fracaso al parecer puede ser no sólo debido a las diferencias genéticas del espermatozoide y el óvulo, sino también debido a ciertas diferencias en la constitución fisiológica del aparato reproductor, y rechazos mediados por el sistema inmune (Hafez y Hafez 2000b),(Dent., McGovern y Hancock 1971);(Fernández-Arias et al. 1999). Por una parte, la capacidad de hibridación depende en gran medida del número cromosómico de las especies. Las hibridaciones más comunes son entre especies que comparten el mismo número de cromosomas, aunque también se han realizado hibridaciones entre especies con números diferentes como son por ejemplo, entre el caballo (64 cromosomas) y la cebra (44 cromosomas) (BBC News2001), entre el borrego doméstico (54) y la cabra (60);(Mine et al. 2000) o los diversos cruzamientos entre burros ($2n=62$), cebras ($2n=44$) y caballos ($2n=64$) cuya descendencia presenta un número intermedio de cromosomas (Cuadro 2). La mayoría de los híbridos con resultados intermedios cromosómicos son estériles, sean machos o hembras y aunque en estos casos la infertilidad se ha explicado por la imposibilidad de apareamiento cromosómico durante la meiosis de las células germinales (McDonald 1989), existen casos como el cruzamiento entre búfalo de agua (*Bubalus bubalis*, 50 cromosomas) x búfalo de pantano (*Bubalus carabanesis*, 48 cromosomas), en el que el F1 con 49 cromosomas resulta fértil tanto si es macho como si es hembra (Rosnina, Jainudeen y Hafez 2000).

Por otro lado la fertilidad de los híbridos, aunque los progenitores tengan el mismo número cromosómico, es muy variada ya que por ejemplo en muchos cruzamientos interespecies las hembras híbridos por ejemplo en bóvidos (Ej. Ganado vacuno *-Bos taurus-* x yak *-Bos grunniens-*, vacuno x bisonte *-Bison bison-*), resultan fértiles pero no así los machos. La creación de híbridos por lo tanto es aun un tema del cual se ignoran muchos procesos.

2.1.2 Fisiología de la gestación de muflón y cimarrón

La duración de la gestación está determinada genéticamente, aunque puede ser modificada por factores maternos (edad de la madre), fetales (tamaño de la camada, sexo del feto, funcionamiento hipofisiario y adrenal), genéticos (especies, raza, genotipo fetal) y ambientales (nutrición, temperatura, estación) (Jainudeen y Hafez 2000). En cuanto a los factores genéticos se sabe que existe una influencia del genotipo fetal sobre la duración de la gestación como se demuestra en el caso de híbridos entre el caballo y el burro. En estas cruza la duración de la gestación es más parecida a la del componente paterno que a la materna del feto. Así mismo, en los casos de transferencia embrionaria entre diferentes razas de bovinos domésticos con periodos de gestación diferentes, la raza del embrión ha sido quien determina la duración de la gestación (Jainudeen y Hafez 2000). En el caso de borregas domésticas se ha demostrado que el genotipo del feto es la causa de casi dos tercios de la variación en la duración de la gestación (Jainudeen y Wahid 2000).

La gestación en muflones tiene una duración de 146-156 días y un ciclo estral de 17-18 días (Santiago et al. 1999). En cimarrones la gestación es más larga teniendo una duración de aproximadamente 179 días (Turner y Hansen 1980) y un ciclo estral de 28 días (Monson y Sumner 1980). Aunque ambas especies son consideradas monovuladoras (Santiago et al. 1999), algunos autores consideran que los partos gemelares en muflones son comunes (Bunch y Nguyen 1982). Estas y otras diferencias fenotípicas se muestran en la Cuadro 3.

Los niveles de progesterona reportados durante la gestación para el muflón alcanzan para el día 49 entre 1.9 +/- 0.2 ng/ml. Al día 50 comienzan a subir los niveles alcanzando las concentraciones más elevadas desde el día 86 al 137. La concentración máxima media fue de 5.4 +/- 0.6 ng/ml en el día 115 oscilando en un rango de 3 a 9 ng/ml. (Santiago et al.

1999). Una semana antes del parto los niveles comienzan a descender desde 4.4 +/- 0.5 ng/ml. hasta alcanzar unas concentraciones basales de 0.1 +/- 0.1 ng /ml.

Para el borrego cimarrón se han reportado concentraciones de 1.8 ng/ml. en los primeros días hasta 9.2 ng/ml. para el día 50 (Brundige, Layne y McCabe 1988). Posteriormente se presenta una disminución de la concentración entre los días 50 y 80, esta disminución no se ha reportado en muflonas ni en borregas domésticas (Whitehead y McEwan 1980). Después del día 80 comienzan a elevarse nuevamente hasta alcanzar picos de 13.3 a 23.2 ng/ml que disminuyen rápidamente antes del parto a niveles basales (1.0 – 4.0 ng/ml) (Whitehead y McEwan 1980). Las concentraciones de progesterona también varían de acuerdo al número de fetos (Esteva et al. 1988). En oveja doméstica se han encontrado concentraciones máximas de progesterona en la sangre periférica de 3.78 ng/ml con un sólo cordero entre los días 105 y 110, de 5.09 ng/ml. con gemelos entre los días 125 y 130, y de 9.18 ng/ml con trillizos entre los días 125 y 130 (Geoffrey 1989). Debido entonces a la diferencia entre las concentraciones plasmáticas de progesterona reportadas para gestaciones de cimarrones y para muflones, será importante reportar algunas de las concentraciones de esta hormona en la gestación de un híbrido de ambas especies. Por otro lado algunos autores han encontrado una relación entre los niveles de progesterona durante la gestación con la conducta materna post-parto (Dwyer y Lawrence 1999) por lo que también será importante comparar algunos de los niveles plasmáticos de la concentración de progesterona con las conductas de asociación madre-cría.

2.1.3 Producción de híbridos

En cuanto a la posibilidad de crear híbridos de cimarrón existen reportes de hibridaciones artificiales entre cimarrón e híbridos argali-muflón (Bunch y Workman 1989), entre cimarrón y muflón (Monson y Post 1972), (Williams, Snyder y Martin 1983), cimarrón y borrego de dall (Hobbes y Nowlan 1997), así como de cimarrón con pelibuey (Mejía et al. 1999) e incluso hibridaciones naturales entre cimarrones y ovejas domésticas (Young y Manville 1960). Sin embargo, en general se conoce poco acerca de la prolificidad, pérdidas embrionarias y tasas de éxito en los diferentes intentos y en ninguno de los casos se han realizado estudios conductuales madre-cría. Un aspecto importante a considerar es la

posibilidad de transmisión de enfermedades. Se ha reportado que los híbridos de cimarrón x borregas domésticas tienen, al igual que los cimarrones, mayor susceptibilidad a desarrollar neumonías (Jessup 1985) que cualquier raza de borrego doméstico o que los mismos muflones. Los híbridos de domésticos x cimarrón han desarrollado neumonías en las primeras 3 semanas de vida alcanzando altas mortalidades (Jessup 1985) que llegan hasta 96% al año de nacimiento (Young y Manville 1960). Foreyt y Jessup (1982) propusieron la hipótesis de que los borregos domésticos son más resistentes a las neumonías bacterianas que los borregos cimarrones, siendo además, portadores de cepas capaces de provocar neumonías agudas en los cimarrones. Aunque ya se ha demostrado experimentalmente y por medio de observaciones de poblaciones, que el contacto de borrego cimarrón con borrego doméstico resulta frecuentemente en la muerte del primero (Foreyt 1994);(Callan et al. 1991);(Jessup 1985);(Goodson 1982);(Foreyt y Jessup 1982) sólo se tiene un estudio de mortalidad de cimarrones al contacto con muflones clínicamente sanos (Foreyt 1994) y un reporte de mortalidad de cimarrón al contacto con un híbrido argali-muflón (Callan et al. 1991). En ambas situaciones las investigaciones se realizaron en las Universidades (Universidad de Washington en EU., y Universidad de Utah, EU., respectivamente) y se desconoce el ambiente o previos contactos de los muflones con otros ovinos. Es importante señalar que en el primer estudio, se aisló de uno sólo de los muflones una *Pasteurella haemolytica* biotipo A (no se logró serotipificar), la cual pudo tratarse de A2 que se ha considerado la de mayor citotoxicidad para el cimarrón (Silflow, Foreyt y Lagerquist 1994). En el caso de los híbridos de argali x muflón, se reportaron muertes por neumonía aguda entre las 8 semanas y 3 meses de vida (Bunch y Workman 1989). Aunque estos reportes deben considerarse en el desarrollo metodológico de esta investigación, el hecho de que los muflones no han pasado por una selección genética artificial intensa y no han sido expuestos a enfermedades como los borregos domésticos, sugiere en principio que no deben ser tan resistentes a las cepas de *Pasteurella* de borregos domésticos que suelen provocar la muerte en cimarrones. Es por esto que si se toman muflones de zoológicos, que no hayan estado en contacto con borregos domésticos, las probabilidades de que los híbridos de estos con cimarrón enfermen de neumonías, pueden ser menores que con otros híbridos de cimarrón, especialmente con los híbridos de borregos domésticos. Entre las

diversas especies de ovinos, en la mayoría no existe una variación del número de cromosomas (Cuadro 4) y los cruzamientos entre estos en cautiverio generalmente producen crías que son fértiles, sin embargo hay que considerar que este tipo de cruzamientos no deben hacerse si no se tiene una clara justificación, y deben por lo tanto controlarse y evitar su diseminación en vida libre ya que pueden afectar la diversidad genética de la especie (Delpont et al. 2001). Es por lo tanto fundamental entender que la producción de híbridos de cimarrón en este proyecto se hace exclusivamente con los objetivos de proveer un sujeto de investigación para la conservación de la especie y de proporcionar un posible reemplazo mediante absorción genética para exhibición en zoológicos.

2.1.4 Estudio de los patrones conductuales

Tanto los muflones como los cimarrones son especies de vida libre no domesticados que comparten diversos patrones conductuales como son las relaciones grupales, la distancia de huida de depredadores (incluyendo al humano), etc. Si en su mayoría estas conductas tuvieran una fuerte carga genética, se esperaría que un híbrido entre estas especies mantuviera conductas, que al no ser tan diferentes en sus progenitores, le permitan mantener la capacidad de supervivencia como animal silvestre. Esto es importante en cualquiera de los objetivos en que pretenda utilizarse un híbrido. Por ejemplo si se pretende utilizar al híbrido como receptor para un embrión puro, se espera que la madre híbrido mantenga patrones conductuales que le permitan criar apropiadamente a una cría de cimarrón a fin de que esta pueda desarrollar las conductas necesarias para poder ser apta a reintroducirse exitosamente. Si la finalidad del híbrido es el estudio de enfermedades o la continua inseminación para exhibición de híbridos 7/8, la conducta igualmente se esperaría que fuera lo más similar a la especie deseada, en este caso el borrego cimarrón, ya que muchas enfermedades pueden desarrollarse o no dependiendo de ciertas conductas. Por otro lado, un animal exhibido como cimarrón, debido a los objetivos educacionales que normalmente se persiguen en un zoológico, deben presentar conductas naturales de dicha especie. Con la finalidad de observar un repertorio completo de conducta del híbrido y predecir algunas posibles consecuencias en las diferentes alternativas de investigación y

uso, es necesario describir conductas del híbrido como cría y posteriormente (en un segundo estudio) como madre para poder comparar estas conductas con las de las especies progenitoras. Deberán realizarse otros estudios conductuales similares con muflonas y sus crías en este mismo zoológico y de igual manera con cimarronas y sus crías en condiciones similares de cautiverio en otro zoológico a fin de poder comparar y diferenciar patrones conductuales entre las dos especies y los híbridos.

Como se mencionó anteriormente, existen muchas conductas similares entre muflones y cimarrones. No obstante se han encontrado en algunas ocasiones diferencias que pueden ser importantes. Aunque por lo general las hembras de cimarrón no amamantan otras crías (Simmons 1980) al igual que las muflonas, se ha reportado la existencia de lactancia compartida en algunas poblaciones de cimarrones (Hass 1990). Otra diferencia que se ha encontrado es respecto a la asociación con la madre; si la cría es “seguidora” o permanece escondida cuando la madre se aleja (“ocultadora”), ya que se han reportado crías seguidoras para cimarrones en vida libre y ocultadoras para muflones en vida libre (Pfeffer 1967). Finalmente otra diferencia es la forma característica en que los machos de cimarrones golpean o embisten sus cuernos (Simmons 1980), especialmente en la época reproductiva, aunque esta conducta se valoraría idealmente a los 3 años de edad.

Dentro de los patrones de conducta medibles que podrían ayudar a la diferenciación de algunas conductas de muflones y cimarrones son las conductas maternas, principalmente las de amamantamiento, las cuales ya han sido descritas, aunque con algunas diferencias entre los grupos de estudio, en muflones y cimarrones y además son consideradas fundamentales tanto del punto de vista nutricional como social (Pond 1977). Obregón y col. (1992) determinaron los siguientes parámetros de amamantamiento en corderos de muflones confinados en un “Parque natural”, desde el nacimiento hasta 160 días de edad: Frecuencia, duración media y tasa de éxito de la succión; por otro lado Hass (1990) determinó estos mismos parámetros para corderos de cimarrón, en vida libre, mayores de 2 semanas y hasta las 9 semanas de edad. Aunque estos parámetros suelen ser similares entre los borregos silvestres e incluso con los domésticos (Shackleton, Shank y Wikeem 1999), es importante registrarlos por primera vez en híbridos de cimarrón x muflón a fin de describir posibles diferencias.

En borregos domésticos, Dwyer y Col (1999) realizaron estudios, mediante transferencia de embriones en 2 diferentes razas, que sugieren que algunas conductas, como las de succión y amamantamiento tempranas, son influenciadas por la raza del cordero, es decir que podrían más bien considerarse innatas, mientras que estas mismas conductas pero tardías (cordero mayor a 3 días), son influenciadas por la conducta de la madre. Esos autores sugieren que el desarrollo de las diferentes conductas de amamantamiento pueden tener un efecto a largo plazo en el comportamiento de la vida del cordero. Es por esto que para nuestro trabajo consideramos importante estudiar la asociación y las conductas de succión entre el híbrido y su madre. Finalmente la colecta de datos conductuales en este y otros estudios subsecuentes, nos permitirá posiblemente reconocer y diferenciar algunas conductas de la cría como innatas o aprendidas y así tener más herramientas para realizar a largo plazo por ejemplo un programa de reintroducción de cimarrones exitoso.

2.1.5 Híbridos de cimarrón: ¿Herramienta de conservación?

Para las poblaciones de borrego cimarrón en México, la creación de híbridos de cimarrón puede utilizarse como una herramienta más en los programas de conservación de la especie. Los híbridos pueden utilizarse como a) receptores para transferencia de embriones de cimarrón, b) sujetos de investigación de diversos aspectos fisiológicos, patológicos y conductuales y c) sujetos que permitan, mediante continuas inseminaciones, la futura obtención de animales 7/8 cimarrones con fines exclusivamente de exhibición en cautiverio, evitando la extracción de animales de vida libre.

Receptores en transferencia de embriones

La transferencia de embriones (TE) presenta una alternativa para rescatar subespecies que pudieran estar críticamente amenazadas o bien para preservar la genética de poblaciones que pudieran extinguirse en vida libre (Flores-Foxworth et al. 1995) (Jabbour y Bainbridge 1996). Es una técnica de reproducción asistida que puede ser útil como muchas otras que ya se han aplicado y se continúan investigando en fauna silvestre como son la inseminación artificial realizada con éxito en diversas especies de carnívoros, ungulados no domésticos, primates, mamíferos marinos, reptiles y aves (Lasley, Loskutoff, y Anderson 1994);(Gee y

Temple 1978);(Quinn, Blasdel y Platz 1982);(Wildt et al. 1992);(Asher, Berg, y Evans 2000);(Bartels et al. 2001), la colecta y conservación de germoplasma utilizado en planes de conservación en Sudáfrica (Endangered Wildlife Trust 1998), colecta y conservación de DNA (Ryder et al. 2000), la fertilización in vitro y consecuente TE, realizada en tigre siberiano, caracal, gato del desierto de la India, primates como babuinos y macacos y en el búfalo de agua (Pope et al. 2001), e incluso actualmente la clonación, realizada exitosamente en gaur (*Bos gaurus*) (Harris 2000) y muflón (*O. orientalis musimon*) (Briggs 2001) y otros estudios relacionados como la transferencia de núcleo en células somáticas inter especie realizada en el tigre de Siberia (*Panthera tigris altaica*) (Hwang et al. 2001). Ninguna de estas técnicas se utiliza en lugar de otras formas de conservación *in situ*; sin embargo presentan la posibilidad de ampliar las herramientas y técnicas de manejo de programas de conservación de especies en peligro de extinción, principalmente de forma *ex situ* con ciertos alcances a la conservación *in situ*.

El primer éxito de la transferencia embrionaria en fauna silvestre fue en 1981 de un embrión de gaur (*Bos gaurus*) transferido y nacido vivo de una vaca Holstein. (Stover, Evans y Dolensek 1981). Desde ese momento hasta la actualidad se ha logrado la TE en diversas especies como son el muflón (*O. musimon*) (Bunch, Foote y Whitaker 1977), borrego armenio rojo (*O. orientalis*) (Flores-Foxworth et al. 1995), bongo (*Tragelaphus euryceros*) (Dresser et al. 1985), cabra montés (*Capra pyrenaica hispanica*) (Fernández-Arias et al. 2001), cérvidos (*Cervus elaphus*, *Dama dama*) (Fenesty et al. 1994), búfalos (*Bubalus bubalis*) (Madan et al. 1994), caballo de Przewalski (*Equus przewalskii*) (Summers et al. 1987), gato del desierto de la India (*Felis sylvestris ornata*) (Pope et al. 1989) etc, casi todos ellos transferidos a especies domésticas. Sin embargo, en la mayor parte de las transferencias embrionarias inter especies existe una alta mortalidad en la fase de blastocisto (Allen et al. 1976), y en los casos en que se logra la gestación, la mayoría no llegan a término (Fernández-Arias et al.1999), por ejemplo la transferencia de embriones de cebra a burros y de borrego Dall a borrego doméstico aun presentan problemas como abortos y reabsorciones (Buckrell et al. 1990), (Kydd et al. 1985). Los mecanismos que permiten o rechazan esta compatibilidad no están bien entendidos aunque se piensa principalmente en rechazos inmunológicos y/o incompatibilidad de placenta (Anderson

1988); (Dent, McGovern y Hancock 1971). Como podemos ver en la transferencia de embriones la receptora suele ser una especie doméstica de fácil manejo, sin embargo, debido a la diferencia entre tiempo de gestación de las especies comunes de borregos (5 meses) y cimarrones (6 meses), es probable que exista incompatibilidad fisiológica por lo que la creación de un híbrido, que pueda en teoría mantener una gestación más larga, puede ser un mejor receptor para el embrión de cimarrón. La transferencia a un híbrido ya ha sido sugerida como una técnica para incrementar la posibilidad de éxito de las transferencias de embriones interespecie (Durrant y Benirschke 1981). En España se realizó un trabajo similar para el rescate de la cabra montés (*C. pyrenaica hispanica*). En su primera investigación, Fernández-Arias y col. (Fernández-Arias, Folch y Alabart 1996), transfirieron embriones de la cabra montés directamente a la cabra doméstica obteniendo dos crías vivas de 53 embriones transferidos (3.77%), a pesar de que entre estas especies sólo existe una diferencia de 10 días en la duración de la gestación. Sin embargo, a través de la transferencia de embriones a híbridos lograron gestar una F1y dos F2 obteniendo 3 crías vivas de 6 embriones transferidos (50%) (Fernández-Arias et al. 2001). Tomando en cuenta estas experimentaciones, es posible que la transferencia de embrión de cimarrón a un híbrido tenga mas éxito que si se transfiriera directamente a una especie doméstica o cualquier otra especie de ovino como el muflón (*O. musimon*). La transferencia de embriones como una técnica de reproducción alternativa, puede incrementar de manera rápida el número de individuos en cautiverio con fines de exhibición o de futuras reintroducciones. Nos referimos al término reintroducción para definir el movimiento de animales nacidos en cautiverio a un hábitat natural. La reintroducción es una herramienta ampliamente recomendada en planes de conservación y actualmente el 64% de los planes para recuperación de especies en peligro en EU- contemplan la reintroducción (Tear et al. 1993). La reintroducción a vida libre de animales nacidos a través de una transferencia embrionaria puede ser importante por ejemplo cuando las poblaciones que se pretendan transplantar sean seropositivas a patógenos que no se encuentran en el área en donde se piensa incrementar la variabilidad genética, ya que la TE, al tratarse de la transferencia de un organismo no expuesto a la mayoría de los patógenos, disminuye significativamente la posibilidad de introducción de patógenos (Lasley, Loskutoff y Anderson 1994); o bien

cuando las poblaciones en vida libre de determinada especie no cuenten con un mínimo necesario de animales como para permitir una tasa de extracción; o simplemente para aumentar el número de animales que se pretendan reintroducir. Es importante mencionar que el aumentar el número de animales en un proyecto de reintroducción puede incrementar las probabilidades de éxito de este (Komers y Curman 2000), ya que dependiendo de la biología de la especie que se trate, poblaciones fundadoras con un número pequeño de animales generalmente no logran su supervivencia a largo plazo.

Aunque la reintroducción de animales criados en cautiverio y además en este caso, por otra especie, pudiera no parecer razonable, en diversas ocasiones la reintroducción de animales provenientes de cautiverio ha mostrado ser exitosa. En el caso de ungulados se han logrado reintroducciones exitosas desde 1962 (Flammand 1999). Algunos estudios sugieren que, en el caso de artiodáctilos, por ejemplo el Oryx de Arabia (Flammand 1999), los animales reintroducidos logran el aprendizaje adecuado estando en vida libre, especialmente al estar en conjunto visual con animales libres de su propia especie. Este es el caso, por ejemplo, de un cimarrón criado artificialmente y acostumbrado a la presencia de humanos, que al ser reintroducido a la edad de 7 meses a su hábitat natural con un grupo de cimarrones, sus conductas de habituación al humano cambiaron completamente, adaptándose a las de los cimarrones en vida libre (Forrester y Hoffmann 1962). Otro caso importante de reintroducciones en cimarrones es el citado por Ostermann (2001). En este estudio realizado en las montañas de Santa Rosa al sur de California, Osterman comparó la supervivencia y reclutamiento de 2 poblaciones de cimarrones liberados en la zona, una de origen de cautiverio y otra de origen silvestre, en un período de 13 años (1985 – 1998). Ambos grupos fueron liberados en hábitats con poblaciones libres de cimarrones con los cuales se mezclaron (factor que Osterman considera una clave para la supervivencia de los animales liberados). Los resultados para ambos grupos fueron similares, teniendo una baja supervivencia y reclutamiento principalmente en el primer año. Ninguno de los grupos, sin embargo, consiguió establecer poblaciones a largo plazo. El reclutamiento para ambos fue muy bajo durante todo el periodo comprendido en el estudio, aparentemente por consecuencias relacionadas con la urbanización (los borregos se acercan a pastar a zonas urbanas facilitando la transmisión de enfermedades y la depredación en campo abierto). El

45 % de los animales murieron en el primer año aparentemente por depredación de pumas, mejorando posteriormente. En los programas de reintroducciones, se ha cuestionado la capacidad de reacción a depredadores de animales criados en cautiverio, sin embargo, en este estudio, debido a que la depredación disminuyó los números de ambos grupos similarmente, Osterman hipotetiza que la mortalidad por depredadores puede relacionarse más con el conocimiento del hábitat que a la experiencia con depredadores, esta hipótesis también ha sido apoyada por otros autores como Rowland y Schmidt (1981) y Wolf (1996). Considerando estos alentadores resultados de reintroducción pero sin restarle importancia a los posibles problemas conductuales que generaría el que un híbrido criara a un cimarrón, deben realizarse estudios conductuales apropiados a fin de buscar la mejor compatibilidad con conductas de cimarrones. En caso de que se considerara en un futuro reintroducir cimarrones puros nacidos de híbridos debe considerarse realizar la liberación de las crías al año de edad a fin de evitar manejar múltiples generaciones en cautiverio y reducir los problemas asociados con la adaptación al cautiverio (Ostermann, De Forge y Edge 2001). Con base en los estudios mencionados anteriormente, un híbrido de cimarrón x muflón podría utilizarse como vientre receptor para la aplicación de técnicas de TE, como una herramienta más en los programas de conservación del borrego cimarrón.

Híbridos como sujetos de investigación

La creación artificial de estos híbridos puede también ayudar en la investigación de diversos aspectos fisiológicos, patológicos y conductuales, ya que debido a que el borrego cimarrón es una especie bajo protección o con determinado grado de amenaza de extinción según la subespecie, no pueden ser empleados ejemplares puros. Ejemplo de estas aplicaciones de híbridos han sido estudios realizados sobre paratuberculosis con híbridos de muflón x cimarrón (Williams, Snyder y Martin 1983), neumonías por *Protostrongylus stilesi* (Monson y Post 1972) en híbridos de cimarrón x muflón, estudios de la artritis-encefalitis caprina en híbridos de muflón y borrego doméstico (Guigen et al. 2000), estudios de genética en el polimorfismo bioquímico de la sangre en híbridos de muflón y borrego doméstico (Tucker y Clarke 1980) y estudios sobre líneas evolutivas en híbridos de cimarrón x argali-muflón (Bunch y Workman 1989). Además se han desarrollado

estudios conductuales en híbridos de ciervo rojo (*Cervus elaphus*) x venado sika (*Cervus nipon*) (Long , Moore y Hayden 1998) y en híbridos entre diferentes subespecies de focas con la finalidad de conocer más acerca de las conductas progenitoras (Page, Goldsworthy y Hindell 2000). También se han utilizado híbridos para generar conocimiento acerca de procesos fisiológicos como son la reproducción, como en el caso de híbridos de gato doméstico y leopardos (Wildt, Monfort, Donoghue, Johnston y Howard 1992).

En cuanto a la importancia del estudio de enfermedades, han existido varias poblaciones de borregos cimarrones que han desaparecido a consecuencia de epizootias originadas por el contacto con algún borrego doméstico (Goodson 1982);(Clark y Jessup 1992);(Mouton, Lee y Olding 1991);(Foreyt 1992);(Coggins y Matthews 1992);(Martin, Schommer y Coggins 1996);(Sandoval 1988);(Ryder et al. 1992); (Cassirer et al. 1996). Los principales agentes etiológicos involucrados han sido *Pasteurella haemolytica* (serotipos A y T) y *Psoroptes sp.* (Foreyt 1992);(Foreyt, Coggins y Fowler 1990);(Foreyt 1990), comunes para el borrego doméstico pero aparentemente letales para el borrego cimarrón. Se han desarrollado algunos estudios para crear vacunas contra *Pasteurella* para el borrego cimarrón, pero aun no se han obtenido resultados del todo exitosos respecto a la exposición del cimarrón vacunado ante el antígeno (Foreyt 1992);(Ward et al. 1999). Los híbridos podrían utilizarse con mayor facilidad y sin ocasionar mortalidades a borregos cimarrones, en estudios inmunológicos que ayuden a desarrollar una vacuna eficaz para algunas de las poblaciones de cimarrones que puedan estar en contacto con borregos domésticos, así como en estudios de sarna psoróptica y de diversos agentes involucrados en enfermedades en borrego cimarrón.

En cuanto a los estudios conductuales y fisiológicos, los híbridos pueden ayudar a reconocer algunas conductas inherentes (genéticamente transmitidas) y algunas conductas aprendidas. De esta forma podrían plantearse por ejemplo, programas de reintroducción más eficaces. Por otro lado, pueden permitir el desarrollo de estudios que nos permitan conocer más acerca de su fisiología reproductiva. Por ejemplo, los híbridos de gato doméstico x leopardo permitieron generar el conocimiento de el tiempo exacto más

favorable para lograr una inseminación artificial exitosa, la cual se aplicó posteriormente en cheetahs y leopardos (Wildt et al. 1992). Así mismo, se pueden generar estudios en híbridos de cimarrón que permitan generar conocimiento, por ejemplo acerca de su particular fisiología reproductiva, sin exponer directamente al borrego cimarrón.

Animales para exhibición en zoológicos.

A la fecha de la realización de este trabajo, en México, existen tan sólo 2 zoológicos que cuentan con borregos cimarrones. El zoológico de Chapultepec que cuenta con 8 ejemplares, 4 hembras y 4 machos, y el Centro Ecológico de Sonora que cuenta con 2 ejemplares machos adultos.

Aunque muchos zoológicos tienen interés en mantener a esta especie dentro de su colección, actualmente el programa de conservación del borrego cimarrón no está destinando animales para este fin y de ocurrir lo contrario, los animales provendrían de vida libre o UMAs que teóricamente están manejando poblaciones con el fin de repoblar el hábitat histórico y actual de la especie. Una forma alterna de incrementar el número de borregos cimarrón en zoológicos sin capturar animales de vida libre puede ser a través de mecanismos de absorción por inseminación artificial.

En algunos zoológicos se mantienen híbridos de diferentes especies con el fin único de exhibición (Ej. Zoológico zoofari, híbridos de cebra x caballo) por lo que un híbrido 7/8, cuyo fenotipo sería el de un cimarrón, puede exhibirse como borrego cimarrón, y mantenerse siempre en cautiverio.

Ante la actual disminución y desaparición de poblaciones de cimarrones en México, la búsqueda de diferentes alternativas para conservar las restantes poblaciones es una medida necesaria para todas las ramas involucradas en la biología de la conservación. La producción de híbridos de cimarrón puede permitir desarrollar estudios conductuales, de enfermedades y de técnicas de asistencia reproductiva que ayuden en diferentes formas a la conservación del borrego cimarrón e inclusive puede permitir la creación de ejemplares con un fenotipo de cimarrón con fines de exhibición en zoológicos y así evitar la captura de animales de vida libre para este fin.

2.2 OBJETIVOS

Objetivo general:

Producir híbridos de cimarrón (*O. canadensis*) x muflón (*O. musimon*) bajo un contexto de conservación de la especie, describiendo algunos aspectos fisiológicos de la gestación y realizando estudios conductuales madre-cría.

Objetivos Particulares:

- a) Determinar la duración de la gestación de híbridos (muflón x cimarrón) en muflonas, así como registrar mensualmente los niveles de progesterona durante la etapa de gestación.
- b) Determinar el porcentaje de fertilidad con la técnica de I.A. intrauterina con semen congelado en la producción del híbrido.
- c) Describir pautas de comportamiento madre-cría durante las primeras 4 semanas de vida de los individuos híbridos.

2.3 MATERIAL Y MÉTODOS

Localización y sujetos:

Se utilizaron 13 hembras muflón (*Ovis musimon*) nacidas en cautiverio, mantenidas en un encierro rectangular de 12 mts x 30 mts en un zoológico en Valsequillo Puebla (temperatura anual promedio de 16.6 °C; promedio máxima: 24 °C, promedio mínima 9.8 °C; humedad relativa media de 61%)(Sistema Meteorológico Nacional 2003). El encierro cuenta con pasto en toda su superficie salvo en la manga y corral de manejo. Cuenta con un árbol que provee de sombra natural a los borregos. Estos animales no están habituados al contacto cercano de humanos y no han tenido contacto con ninguna especie doméstica. El grupo cuenta con hembras de edades de entre 10 meses hasta 11 años. (Edad promedio = 2.4 años; ver Cuadro 5).

El semen congelado de borrego cimarrón fue donado por el centro ecológico de Sonora.

Metodología:

Producción de híbridos:

- a) Diagnóstico de gestación: Con la finalidad de verificar que las hembras aisladas para este proyecto no se encontraran gestantes, se realizó un ultrasonido por vía

rectal. Ninguna de las hembras se encontró gestante. Se colectaron muestras sanguíneas para obtener niveles basales de Progesterona mediante RIA.

- b) Sincronización: Se aplicó por vía vaginal un CIDR o esponja impregnados con 40 mg de Acetato de Fluorogestona (FGA) o Acetato de Medroxi-progesterona (MAP) a cada borrega. Estos fueron retirados a los doce días, momento en que se les aplicó por vía IM 200 UI de eCG. (Bunch 1991)
- c) Inseminación: A las 52-56 hrs. de retirar el progestágeno, previo retiro de alimento y agua de las borregas por 24 hrs., se realizó la inseminación intrauterina por medio de laparoscopia, método recomendado cuando se utiliza semen congelado (Bunch 1991). En cada cuerno uterino se depositó una pajilla con semen de cimarrón a una concentración de 100 millones de espermatozoides. Se utilizó el siguiente protocolo de contención química: Xilacina IM (0.2 mg/kg) y Ketamina IV(2 mg/kg).
- d) Medición de progesterona: Debido al estrés que supone el manejo de los animales para colectar periódicamente muestras de sangre para la determinación de niveles de progesterona plasmáticos, y las consecuencias negativas sobre la ovulación que este produce (Dobson et al. 2001), se optó por obtener muestras plasmáticas una vez por mes. La medición de niveles de progesterona plasmática se realizó no con la finalidad de evaluar la gestación, sino para obtener algunos indicadores de los niveles plasmáticos relacionados con los días de gestación y su posible relación con conductas maternas y/o con el genotipo del embrión. La colecta de sangre se realizó a partir de la vena yugular con tubos vacutainer heparinizados. Las muestras se centrifugaron inmediatamente y el plasma se mantuvo a -20° C hasta su análisis. La determinación de los niveles de progesterona se hizo mediante el método Coat-A-Count Progesterone de radioinmunoanálisis (RIA).
- e) Análisis Estadístico: Con la finalidad de comprobar que la gestación del híbrido se prolongaría con respecto a la media de gestación de un muflón, se realizó una t de student para comparar las medias (SPSS versión 9).

Estudio conductual:

- a) Mediante una combinación de muestreos focales y de barrido se obtuvo la información sobre comportamiento materno e individual.
- b) Preliminarmente se realizaron observaciones ad libitum a fin de desarrollar un catálogo de comportamientos maternos (Anexo 7).
- c) Las observaciones se registraron por 3 horas al día (10:00 - 11:30 horas, y de 14:30 - 16:00 horas), 5 días de la semana durante las primeras 4 semanas de vida del cordero, excepto para la primera cría (Xoxo). Para esta cría se había determinado un tiempo menor de observación sin embargo, basándonos en un análisis de correlaciones de mitades (Martin y Bateson 1986b), se obtuvieron resultados más confiables incrementando el tiempo de observación. El tiempo total de observación fue de 390 horas.
- d) Mediciones: (Las hojas de registro utilizadas se muestran en el Anexo 8).

- Estados de comportamiento materno (muestreo focal)
 - duración de la succión (seg.)
- Eventos de comportamiento materno (muestreo focal)
 - frecuencia de succión /hr.
 - frecuencia en que el cordero/ madre inicia la succión
 - frecuencia en que el cordero/ madre termina la succión

Basándonos en Cowie y col. (1951), la acción de succión se consideró que iniciaba cuando la cría ponía su cabeza bajo la glándula mamaria y finalizaba cuando la cría retiraba su cabeza fuera de la glándula mamaria. Si esta acción duraba 5 segundos o más se consideraba como succión, en caso de durar menos de 5 seg. se consideró como intento de succión (Shackleton y Haywood 1985). En todas las acciones de succión e intentos de succión se identificó a la cría y a la madre a fin de registrar si se presentaba lactancia compartida o intentos de succión de la cría con otras madres.

- Estados de comportamiento individual (muestreo focal)
 - locomoción
 - alimentación de sólidos
 - parado

- descanso

- Índice de asociación (muestreo de barrido cada 10 minutos):

Para obtener este parámetro, en las observaciones se consideró a la cría junto a la madre si se mantenían a una distancia no mayor de un metro y medio, calculando el cuerpo de la madre como 1 mt. El índice se obtuvo con la siguiente fórmula, adaptada de la fórmula original propuesta por Martin y Bateson (Martin y Bateson 1986a):

$$\text{Índice de asociación} = N_{AB} / N_A + N_{AB}$$

donde N_{AB} = número de barridos en que se observaron a la cría y madre juntas; y N_A = número de barridos en que se observó la cría separada de la madre.

e) Análisis estadístico:

Se compararon las variables de comportamiento materno (duración de la succión, frecuencia de succión, asociación madre-cría) y de comportamiento individual (locomoción, parado, descanso y alimentación) entre semanas de vida de los híbridos para evaluar sus diferencias mediante un análisis de varianza multivariado para observaciones repetidas y comparaciones múltiples entre medias mediante la prueba de Tukey (Reyes 1990; Zar 1996).

Se hicieron correlaciones de Pearson, entre la edad de la madre y las variables de comportamiento materno mencionadas anteriormente así como con los niveles de progesterona de la madre.

La información obtenida en el presente estudio fue analizada utilizando el paquete estadístico JMP (SAS Institute Inc, 1989).

2.4 RESULTADOS:

Duración de la gestación

La duración de la gestación, desde la fecha de inseminación intrauterina hasta el día del parto fue en promedio de 154.2 días \pm DE = 2.59. Aunque el tiempo de gestación no se prolongó el tiempo necesario para aproximarse a una gestación de cimarrón, si se encontró una diferencia estadística entre la gestación de un muflón (\bar{x} = 150) y la gestación de un híbrido cimarrón x muflón en una muflona (N= 5; t = 3.63, p = .02; intervalo de confianza del 95% min 150.99, max. 157.41). La duración de gestación para cada borrega se presenta en el cuadro 6. Los días al parto oscilaron entre 150 y 157 días. Se presentaron 3 partos simples, un parto gemelar, un parto de triates y un mortinato.

El peso promedio de las crías hembras vivas (N=6), fue de 1.65 Kg. \pm DE = 0.5, aunque en este promedio no se consideró el peso de Xoxo ya que no fue registrado. El peso de la otra cría de parto simple (María), fue sustancialmente mayor (2.61 Kg.) al de las crías de partos gemelares (\bar{x} =1.46 Kg.). Sólo se obtuvo una cría macho, de parto gemelar y su peso fue de 1.826 Kg. Los pesos individuales se muestran en el cuadro 6.1.

Se obtuvo un mortinato a los 156 días con un peso de 435g.; no se encontró ninguna causa aparente para la falta de crecimiento (reporte de patología, Anexo 9).

Concentraciones plasmáticas de progesterona.

Los resultados de las concentraciones plasmáticas mensuales de progesterona obtenidos se muestran en el cuadro 7. La concentración máxima registrada fue de 29.17 ng/ml de una borrega gestando 2 crías. Los picos más altos se registraron entre los días 115 y 134. En las gestaciones de la número 102 y de Martha, se observó una disminución en los niveles de progesterona correspondientes a las colectas del día 70. De las otras borregas no se colectó muestra de sangre en su día 70 correspondiente.

Porcentaje de fertilidad en la producción de híbridos a través de inseminación artificial intrauterina con semen congelado.

El porcentaje de fertilidad en la producción de híbridos vivos, logrado a través de inseminación artificial intrauterina con semen congelado fue de 26.31% (19 inseminaciones y 5 partos, ver cuadro 8) y de 31.57% en gestación de más de 150 días (% de preñez, considerando el mortinato).

Se obtuvieron 4 partos simples (66.6%), 1 parto gemelar (16.6%) y 1 parto de triates (16.6%). De estos se presentó un mortinato (de parto simple) y una cría que falleció (del parto de triates) al segundo día de su nacimiento. La cría del parto de triates fue la más pequeña y por su corta estatura no alcanzó la glándula mamaria por lo que no recibió calostro. Fue retirada al siguiente día para crianza artificial pero falleció, según el reporte del patólogo Dr. Carles Juan-Sallés, a consecuencia de una neumonía bacteriana, originada posiblemente por el estado de inmunosupresión debido a la falta de calostro y leche (reporte de patología, Anexo 10). Ninguna de las otras crías presentó signos clínicos de enfermedad respiratoria, desde su nacimiento hasta los 90 días de edad.

Se observaron las siguientes características físicas en los híbridos: El 83% de las hembras presentaron cuernos. Aunque en algunos casos las muflonas llegan a presentar cuernos, en el caso de este zoológico las muflonas nunca los han presentado⁴. Las hembras de cimarrón a diferencia, siempre presentan cuernos. Ninguna de las crías presentó el parche blanco extenso en la zona de los glúteos, característica en los cimarrones. En el cuadro 13 y figuras 17, 18 y 19 (fotos) se muestran algunas de las características físicas de los híbridos.

Estudio conductual

Estados de comportamiento materno:

La duración media se obtuvo a partir de los datos colectados para todas las crías con excepción de Xoxo, de la cual no se obtuvo este parámetro (N=6). La duración media de la succión durante las 4 semanas fue de $36.98 \pm DE = 2.71$ segundos; $36.53 \pm DE = 7.9$ seg. la primera semana, $40.31 \pm DE = 13.7$ seg. la segunda semana, $37.37 \pm DE = 10.8$ la tercera

⁴ Comunicación personal con MVZ Alejandra Hernández, Africam Safari.

semana y $33.72 \pm DE= 9.7$ la cuarta semana. No se encontró diferencia significativa en las diferentes semanas de edad.

Eventos de comportamiento materno:

Del total de observaciones, se registraron 418 conductas de succión, de las cuales 161 fueron intentos de succión y de estas, 4 fueron dirigidas a madres de otros corderos. Sólo se registró una succión (de 11 seg.) a una madre extraña (cría B a la madre de A), posiblemente por descuido de la borrega ya que esta terminó con la succión al parecer en el momento en que identificó que no era su cría. La frecuencia media de succión/hr fue de $1.4 \pm DE= 0.9$ succiones/hr en la primera semana, aumentando ligeramente para la segunda semana a $1.65 \pm DE= 0.5$ succiones/hr, disminuyendo a $1.54 \pm DE= 0.9$ succiones/hr para la tercera semana, terminando con una frecuencia de $0.76 \pm DE= 0.2$ succiones/hr a la cuarta semana (Fig. 11). Se encontró una diferencia estadística ($F= 6.45$, $p<.01$, $r^2= 0.76$), que mediante comparaciones post-hoc realizadas con la prueba de Tukey HSD indicaron dicha diferencia en la cuarta semana ($\bar{x} = 0.76$, $DE = 0.19$) con respecto a la segunda ($\bar{x} = 1.65$, $DE = 0.47$) y tercera semana ($\bar{x} = 1.54$, $DE = 0.86$).

En general el tipo de succiones observadas fueron iniciadas por la cría y finalizadas por la madre aunque se observaron algunas succiones en que dio inició la cría y finalizó la cría; en la primera semana de edad (6%), segunda semana (5%) y hasta la 3ª semana de edad (3%); otro tipo de relación de succión fueron las que dio inició la madre y finalizó la madre, y las que dio inició la madre y finalizó la cría, pero se presentaron esporádicamente por lo que estos resultados sólo se muestran en el cuadro 9.

Como dato adicional, se obtuvieron para 2 corderos (del mismo parto) las latencias a primer intento de succión, primera succión y latencia entre primera y segunda succión. Estos registros se muestran en el cuadro 10.

Estados de comportamiento individual:

Las proporciones en los estados conductuales observados se muestran en las Figuras 12 y 13. Estos datos solo fueron colectados para las crías A, B y V ($N= 5$), ya que los de Xoxo y

María realizados por diferentes observadores, no se consideraron confiables. Por medio de ANOVA se encontraron diferencias estadísticas que mediante comparaciones post-hoc realizadas con la prueba de Tukey HSD indicaron dicha diferencia entre las diferentes semanas de edad para las conductas de “alimentación con sólidos” ($F= 30.74$, $p<.01$, $r^2= 0.947$); “locomoción” ($F= 14.85$, $p<.01$, $r^2 0.89$); y “parado” ($F= 4.39$, $p= 0.01$, $r^2= 0.719$).

Índice de asociación:

En general la asociación de las crías con la madre fue mayor en la primera semana y descendiendo gradualmente para la cuarta semana. Para el caso de las crías A se observó que seguían estando asociadas con la madre por encima de la asociación con otros del grupo o de la no asociación hasta la cuarta semana de edad. Las crías B-Osvaldo, B-Alejandra y V-Manfer, se mantuvieron en grupo desde la segunda semana y esta asociación fue aumentando conforme disminuía la asociación con la madre. Se encontró una diferencia estadística entre las diferentes semanas de edad para la conducta de asociación de la madre con la cría ($F= 9.38$, $p<.01$, $r^2= 0.82$). En las comparaciones post-hoc realizadas con la prueba de Tukey HSD se encontró una diferencia significativa de medias de la primera y segunda semana de edad ($\bar{x} = 682.34$, $DE =370.75$; $\bar{x} = 619.9$, $DE =186.34$) con respecto a la cuarta semana de edad de la cría ($\bar{x} = 325.82$, $DE =261.73$). Los datos de los índices de asociación de madre-cría individuales pueden observarse en el cuadro 11. Adicionalmente se muestran en el cuadro 12 las proporciones de asociación de cada cría con la madre, con otros miembros del grupo y de la proporción sin asociación (cría sola).

Al momento de correlacionar la edad de la madre con los diferentes comportamientos registrados, se encontraron correlaciones positivas entre esta y la frecuencia de succión/hr ($r^2 = 0.84$, $p <0.05$; Figura 14), la duración de la succión promedio ($r^2 = 0.77$, $p <0.05$; Figura 15) y el tiempo de permanencia con su cría ($r^2 = 0.72$, $p <0.05$; Figura 16). Aunque otros autores han mencionado una correlación entre los niveles de progesterona y la frecuencia de succión (Dwyer C.M., Dingwall W.S., y Lawrence A.B. 1999), en este caso no se encontró dicha correlación ($r^2 = 0.33$, $p>0.05$). Sin embargo las correlaciones con progesterona no darían resultados confiables ya que no se tomaron muestras suficientes como para establecer una curva de concentraciones de progesterona durante la gestación.

2.5 DISCUSIÓN

Producción de híbridos

En cuanto al proceso de gestación se encontró que la media de su duración se incrementó 4 días con respecto a la media de gestación de un muflón (150 días), lo cual resultó ser significativo. Sin embargo el genotipo del feto híbrido parece no tener la influencia esperada sobre la duración de la gestación ya que de los 30 días de diferencia en tiempo de gestación entre un muflón y un cimarrón, los 4 días representan apenas un 13 % de incremento. Este resultado es muy similar al del Dr. Bunch con los híbridos de argali-muflón x cimarrón (Bunch y Workman 1989) en el que también el tiempo de gestación fue mucho más cercano al de la gestación más corta, es decir la del argali-muflón. Con la finalidad de saber un poco más del efecto del genotipo del embrión sobre los días de gestación, sería recomendable realizar inseminaciones con semen de cimarrón a las F1 y medir el tiempo de gestación en estas. También podrían realizarse investigaciones con los F1, tratando de incrementar los días de gestación por otros medios (Ej. controles hormonales, inhibidores de Prostaglandinas, investigaciones con citocinas, etc.) Si se logra incrementar los días de gestación de un híbrido de cimarrón, la técnica desarrollada podría aplicarse posteriormente para la transferencia de un embrión de cimarrón directamente a un muflón sin la necesidad de un híbrido.

Por otro lado, los niveles de progesterona a lo largo de la gestación parecen relacionarse más con los de cimarrones. En ovinos domésticos la concentración máxima de progesterona, incluso tratándose de triates ha alcanzado 9.18 ng/ml. (Geofrey 1989), mientras que en esta investigación registramos niveles de 29.17 ng/ml para una gestación gemelar, resultado similar a la concentración máxima registrada en gestación gemelar de híbridos de ovino doméstico x cimarrón de 26.5 ng/ml. (Mejía et al. 1999). Además se presentó una disminución de las concentraciones de progesterona entre los días 50 y 80 (en las 2 borregas muestreadas en este intervalo), la cual no se presenta en muflones pero es característica de las gestaciones en cimarrones (Whitehead y McEwan 1980). Al parecer, la presencia del feto híbrido, en este sentido si tiene un control sobre algunos aspectos del mantenimiento de la gestación.

Resulta muy interesante el peso de 435g del mortinato a los 150 días de gestación. El peso normal de una cría de parto simple de muflón usualmente es de 2 a 2.5 kg en este zoológico⁵, y el que se tiene reportado para un cimarrón es de 2.1 a 3.9 kg (Hass 1995). Los pesos de algunos híbridos de cimarrón han sido de 0.7 – 2.3 kg (argali-muflón x cimarrón (Bunch y Workman 1989), y de 1.62 ± 0.26 a 1.93 ± 0.83 kg. (ovino doméstico x cimarrón, (Mejía et al. 1999). Esto indica que los híbridos de cimarrón al nacer alrededor de los 150 días, suelen presentar un peso similar e inclusive menor al del peso promedio al nacimiento de la madre. En teoría y comparando con el resto de nacimientos, esta cría debía haber pesado por lo menos 1 kg., sin embargo es posible que este evento esté relacionado con algún factor de la hibridación. Bunch (1989), obtuvo mortinatos de híbridos de argali-muflón x cimarrón con pesos de 0.7 y 0.8 kg. (aunque también obtuvo 1 cría F1 viva de 0.7 kg. que falleció posteriormente (com. pers.)⁶. La tasa de mortinatos de argali-muflón x cimarrón del Dr. Bunch fue 29% (Bunch y Workman 1989), mientras que en esta investigación fue sólo el 11%.

Aunque no se sabe qué peso tendría una cría de cimarrón a los 150 días, existe la probabilidad de que doblen su peso en los últimos 30 días, y que a los 180 días el mortinato de 435g quizá hubiera tenido un peso normal. Otra posibilidad es que la cría hubiera desarrollado un “enanismo” por algún defecto genético como consecuencia de la hibridación. Esto debe continuarse estudiando en otras investigaciones.

Por otro lado una de las crías del parto de triates murió a consecuencia de una neumonía bacteriana. Aunque esta mortalidad pudiera atribuirse en cierto grado a la genética de cimarrón, el cual es una especie que ha demostrado ser más susceptible a las neumonías, es mucho más probable que la neumonía se dio como consecuencia de una inmunosupresión ya que este cordero no tomó calostro y fue abandonado por la madre. Incluso en borregos domésticos una cría abandonada por la madre muere en muchas ocasiones por infecciones bacterianas ocasionadas por la inmunosupresión relacionada con la falta de alimento. El resto de las crías no presentó ningún signo clínico relacionado con enfermedades respiratorias. Debido a las muertes que se han reportado entre muflón y cimarrón (Foreyt

⁵ Com. Pers. MVZ Alejandra Hernández, zoológico Africam Safari. Diciembre 2003.

⁶ Dr. Thomas Bunch. Comunicación por correo electrónico, junio 2003.

1994) y a experiencias previas de híbridos de cimarrón x muflón y de cimarrón x argali-muflón, realizados por Bunch (1989) en que los híbridos desarrollaron neumonías fatales (a partir de la 8ª semana de vida) al estar en contacto con sus madres, podía pensarse que los híbridos de nuestro proyecto desarrollaran alguna enfermedad respiratoria, sin embargo al tiempo en que se escribe este análisis, ninguno de los híbridos ha presentado evidencia clínica de enfermedad respiratoria. El Dr. Bunch mantuvo a sus animales de experimentación en un área de la Universidad de Utah por lo que pudiera ser que esta área hubiera estado previamente contaminada, o bien que las muflonas con las que trabajó hubieran tenido contacto con algún ovino o incluso algún ungulado que les hubiese transmitido alguna cepa de *Pasteurella* a la cual el muflón sea resistente pero no así los híbridos debido posiblemente a su susceptibilidad genética por la parte de cimarrón. Considerando la otra investigación realizada por Foreyt (1994), recordemos que sólo uno de los muflones era portador de *Pasteurella h.* biotipo A. El resto de los muflones (4) eran portadores de cepas del mismo tipo que las de los cimarrones (T4) por lo que no se puede pensar que naturalmente los muflones sean portadores de la cepa A2 la cual se ha considerado la de mayor citotoxicidad para el borrego cimarrón (Silflow, Foreyt y Lagerquist 1994). También podría sugerirse que algunos aspectos climatológicos como la humedad y la temperatura podrían estar influyendo en la presentación de neumonías de los híbridos en Utah; el estado de Utah tiene una temperatura anual promedio de 11.11°C con una mínima de -3.61°C y una max. de 25.5°C, una humedad relativa de 55.5% con rangos en el año de entre 22% y 79%, mientras que el estado de Puebla tiene una temperatura anual promedio de 16.6°C con una mínima de 9.8°C y una máxima de 24°C, una humedad relativa media de 61% con rangos en el año de 48% y 71% (Sistema Meteorológico Nacional 2003); (Meteorological system 2004). Las condiciones climatológicas del estado de Puebla en México y del estado de Utah en EU no parecen ser tan diferentes por lo que no se puede tener la certeza de cuánto pueda estar influyendo este factor en la ausencia de casos de neumonía en este proyecto.

Este resultado de salud de los híbridos es importante ya que, si en un futuro se logra realizar directamente una transferencia de embrión exitosa de un cimarrón a otro ovino, el muflón podría representar un buen candidato como vientre receptor, ya que a diferencia del borrego

doméstico, puede ser que no sea portador natural de las cepas de *Pasteurella haemolytica* presentes en borregos domésticos, letales para los cimarrones.

En cuanto a las características físicas observadas en los híbridos, todos ellos resultaron con menor talla que un cimarrón. A las 6 semanas de edad, el macho, quien presentó mayor talla, alcanzó 46 cm, mientras que un cimarrón normalmente alcanza esa talla a las 4 semanas de vida. A los 3 meses de edad María, de parto simple, alcanzó una talla de 51 cm, mientras que la de un cimarrón suele ser de 56 cm. (Hansen y Deming 1980). Estos resultados son comprensibles ya que los muflones son de talla menor a los cimarrones (muflón adulto 60-75 cm., cimarrón 76-100 cm), por lo que en una combinación de estos se esperaría obtener algo intermedio. En la fotografía que se muestra como figuras 17, el macho con 7 meses de edad se observa de igual talla que las hembras muflonas adultas. Una de las hembras (B-Alejandra) al parecer no desarrolló una talla normal, ya que a los 7 meses de edad se observa mucho menor a su hermano y al resto de las crías como se observa en la figura 19.

Porcentaje de fertilidad

Aunque existe un porcentaje de fertilidad del 64 a 81% obtenido regularmente con la técnica de inseminación intrauterina con semen congelado en borregos domésticos (D'Alessandro et al. 2001), y del 70% en inseminaciones en borregos cimarrones (Bunch 1991), no hay que olvidar que estos son porcentajes con semen y receptoras de la misma especie. El Dr. Mejía y Col. (1999) reportaron un porcentaje de fertilidad de 41.6% para la producción de híbridos de cimarrón x pelibuey con la misma técnica, y de 27.7, 29 y 35.2% en 3 diferentes ocasiones de producciones de híbridos de cimarrón x muflón (Palma et al. 2003a). El porcentaje de fertilidad obtenido en este trabajo de 31.57%, fue similar al obtenido en los trabajos anteriormente mencionados, e indican que posiblemente existan factores relacionados con la hibridación causantes de la disminución de la fertilidad. Aunado a esto, en este experimento el 46% de las hembras tenían entre 11 y 12 meses de edad y de estas sólo 1 hembra (id 146) quedó gestante. Moses y Col. (1997) reportaron en un estudio de gestación a través de inseminación artificial intrauterina una diferencia

significativa entre un grupo de hembras adultas y hembras juveniles (de entre 19 y 20 meses) siendo significativamente menor la tasa de éxito en las juveniles. Considerando que la edad a la que habitualmente quedan gestantes las muflonas es de 18 a 30 meses de edad, es posible que este factor haya contribuido a la disminución de la fertilidad. Otros factores que suelen intervenir en el porcentaje de fertilidad obtenido es la concentración del semen en la pajilla (D'Alessandro et al. 2001), la calidad del semen, el método de sincronización, el tiempo en que se realiza la inseminación después de la sincronización, el sitio de aplicación del semen, el estrés propio que sufre el animal y la experiencia del que realiza el procedimiento. Al respecto es importante mencionar que se trabajó con una concentración de semen de 100 millones de espermatozoides por pajilla. En otros estudios en ovinos domésticos, esta concentración ha dado como resultado un porcentaje de fertilidad del 71%, mientras que una concentración de 200 millones ha dado como resultado una fertilidad de 81% (D'Alessandro et al. 2001), sin embargo para trabajar con semen de cimarrón, considerando que se trata de una especie clasificada en el CITES (Apéndice II), esta es la concentración más adecuada para obtener mayor número de pajillas y mantener una viabilidad y tasa de fertilización aceptables. Por otro lado con respecto al estrés, algunos estudios han demostrado que sus efectos interfieren con los procesos de ovulación (Dobson et al. 2001). Debido a que las hembras con que se trabajó, con excepción de Martha, no están acostumbradas a ningún manejo físico, ni habituadas a la cercanía de las personas, es muy posible que se encontraran con estrés durante y después de las inseminaciones, factor que pudo haber afectado negativamente la ovulación. Otros autores han reportado situaciones similares de la relación del estrés con la disminución de producción de progesterona y del comportamiento estral en hembras de cimarrón (Whitehead y McEwan 1980). En cuanto a la importancia del porcentaje de fertilidad con respecto al alcance en alternativas de uso de los híbridos para la conservación del borrego cimarrón, cabe resaltar lo siguiente. Si se pretenden utilizar estos híbridos para fines de exhibición o investigación de enfermedades o comportamiento, considerando un porcentaje de fertilidad promedio de 33%, obtenido entre este trabajo y los citados anteriormente en la producción de híbridos y un porcentaje de partos gemelares del 25% (este dato puede variar según la genética de los muflones con que se trabaje, por lo que consideramos el obtenido

en este trabajo), tendríamos que realizar 25 inseminaciones para obtener 10 crías F1. Ahora bien, si los híbridos se pretenden utilizar para transferencia de embriones, se debe considerar además una relación de sexos al nacimiento de posiblemente 1:1, esto incrementaría las inseminaciones artificiales necesarias a 49 para obtener 10 crías hembras F1, ya que los machos híbridos no serían útiles. A partir del F1 habría que contemplar otros factores como el porcentaje de producción de embriones, el porcentaje de preñez y el porcentaje de crías en una transferencia de embriones. Aunque puede ser útil utilizar híbridos para este fin, se debe considerar el tiempo necesario para este tipo de investigaciones. La utilización de los híbridos en investigaciones de enfermedades, considerando los problemas que enfrentan las poblaciones de cimarrones, pueden tener una aplicabilidad más inmediata.

Estudio conductual

En la segunda semana de vida de los híbridos, se observó un aumento en la duración y frecuencia media de la succión con respecto a la primera semana de vida. Posteriormente en la tercera y segunda semana ambos parámetros fueron disminuyendo paulatinamente. Estos resultados son diferentes en cuanto a lo que se tiene reportado por otros autores en muflones (Obregón, Arias de Reyna y Recuerda 1992) en los que en la primera semana de vida se observaron las duraciones y frecuencias de succión más altas y a partir de la segunda semana comienzan a disminuir. En el caso de cimarrones, las observaciones registradas han sido a partir de la segunda semana de vida del cordero (Horejsi 1976), por lo que se desconoce si estos parámetros de succión son menores en la primera que en la segunda semana de edad. En todo caso, este probable aumento observado en este estudio, pudiera estar relacionado con un factor de estrés provocado por la presencia del observador en la primera semana de vida de las crías. Es decir que las madres pudieron haber disminuido la atención hacia su cría en la primera semana debido a que las observaciones comenzaban al día de nacimiento de la cría sin una previa habituación del grupo de borregas al observador. En estudios posteriores será necesario habituar a las borregas a la presencia del observador posiblemente 5 días antes de la fecha probable de parto. De hecho a la llegada del observador, en el 100% de los casos, el grupo de borregos junto con todas

las crías presentaban la conducta de huida, como si las crías fueran “seguidoras”. También en otros lugares de cautiverio las muflonas se han reportado como seguidoras a diferencia de su estado en vida libre. Podría ser que esta fuera una conducta que se ha perdido en confinamiento, sin embargo existen otras especies de ungulados, por ejemplo, de venados sica en el mismo zoológico en que se trabajo este proyecto, que mantienen sus conductas como “ocultadores” a pesar del confinamiento. Este punto deberá estudiarse a futuro a fin de tratar de conocer más sobre el efecto del medio ambiente sobre este patrón conductual.

Dentro de los eventos de comportamiento materno, se registró el intento de succión hacia otras madres, comportamiento que se ha reportado en algunas poblaciones de cimarrones, sin embargo no es concluyente de que esta conducta se transmita genéticamente ya que también ha sido observada en otras crías de muflones (Obregón, Arias de Reyna y Recuerda 1992). Deberá continuarse esta investigación con las F1 como madres, a fin de comprobar si ellas permiten o no la succión de otras crías.

La duración media de la succión, estado de comportamiento materno, fue mayor a la reportada para cimarrones por Festa-Bianchet, y a la reportada por Obregón en muflones. Festa-Bianchet (1991) reportó una media de 27.8 seg, 26.7 seg y 26.5 seg. en un estudio de 3 años para borregos cimarrones en vida libre, en Alberta, Canadá, de edades estimadas entre 5 días y 34 días de edad. Obregón (Obregón, Arias de Reyna y Recuerda 1992) reportó en muflones en vida libre una media de 21.9 ± 1.9 seg para la primera semana de vida del cordero y un rango de 8 a 16 segundos para la tercera semana. Posiblemente los cimarrones y muflones en vida libre presenten succiones de menor duración debido a la presencia natural de depredadores y el estrés que esto pueda representar para las madres. Ya que se ha sugerido que la raza del cordero es el factor que mayormente influencia el comportamiento y actividad temprana (primeros 3 días) del mismo y no la raza (o subespecie) de la madre (Dwyer y Lawrence 1999), esperaríamos que estas conductas de succión fueran en un principio posiblemente diferentes a las de otros muflones que compartan las mismas características del encierro, y posteriormente (a partir de la segunda semana de edad) se vuelvan muy similares. Este hecho deberá investigarse con híbridos F2, embriones transferidos y otras crías de muflones en el mismo zoológico.

El tiempo de latencia a la primera succión ($\bar{x} = 40$ min.) fue similar aunque ligeramente menor al reportado para borregas domésticas (45 a 90 min) (Dwyer, Dingwall y Lawrence 1999). En estas últimas, Dwyer observó, a través de transferencia de embriones de borregos de diferentes razas, que las conductas de succión de corderos en los 3 primeros días de vida, son independientes de la raza de la madre (Dwyer y Lawrence 1999). Por lo tanto para conocer más acerca del predominio genético en los híbridos de esta conducta, se deberá comparar este parámetro con el de cimarrones y muflones en ambientes similares.

Las correlaciones encontradas entre la edad de la madre y la frecuencia y duración de succión de la cría, así como con la permanencia con su cría indican que a mayor edad de la madre, fue mayor el cuidado y la atención hacia la cría. Este hecho ya se ha reportado tanto en borrego doméstico (Dwyer y Lawrence 2000a) como en borrego cimarrón (Festa-Bianchet 1988b), en el cual los autores encontraron que las madres de más de 3 años permiten succiones de mayor duración a sus crías, que las madres con edades de entre 2 y 3 años. Existe la teoría de que la experiencia del cordero con su madre en su infancia, puede marcar su futuro desarrollo como madre. Este hecho se ha comprobado en primates (Fairbanks 1989) mientras que Dwyer y Lawrence (2000a) han sugerido la posibilidad de que esto se presente en borregos. Para este proyecto, el desarrollo de conductas maternas positivas del híbrido serán muy importantes, por lo que, si consideramos la posibilidad sugerida por Dwyer y Lawrence, es deseable que las madres muflonas tengan la edad y experiencia apropiadas a fin de que los híbridos posteriormente desarrollen conductas maternas adecuadas. Lo más recomendable por lo tanto, es realizar las inseminaciones a borregas con experiencia previa en maternidad y de por lo menos 2 o 3 años de edad.

Finalmente todos estos estudios conductuales deberán continuarse a fin de acercarse a resultados más concluyentes. En borregos domésticos Dwyer y Lawrence (2000b) han comprobado que sólo algunas de las conductas inmediatas (3 primeros días de edad) dependen del genotipo del cordero, mientras que la mayor parte del comportamiento de un cordero se moldea por la madre. De continuarse los estudios mencionados anteriormente, podremos llegar a conclusiones semejantes, que permitan por ejemplo, desarrollar mejores programas de reintroducción.

Los resultados obtenidos en este trabajo son por lo tanto importantes para los esfuerzos paralelos a otras acciones más directas. Ya sea que los híbridos se utilicen para investigaciones de enfermedades, receptores de embriones o para su exhibición en zoológicos, son parte de investigaciones que nos llevan a conocer más de la fisiología y patologías del borrego cimarrón.

DISCUSIÓN GENERAL

Las poblaciones de borrego cimarrón en México, aunque con algunos logros aislados, siguen encontrándose amenazadas. Las UMAs por otro lado, quienes en un principio formarían parte de la conservación del borrego cimarrón como lugares de recría para futuras repoblaciones, no han tenido hasta el momento la funcionalidad que se había esperado, ya que muchas de ellas posiblemente no podrán aportar animales debido por un lado a los cambios de comportamiento generados en los animales al estar confinados y habituados a dietas comerciales y por otro lado a los riesgos de transmisión de enfermedades debido al confinamiento en zonas ganaderas (obs. pers.). Las actividades antropogénicas siguen en aumento con consecuencias severas para las poblaciones. No sabemos la variabilidad genética existente en muchas de ellas ni las repercusiones fisiológicas que puedan presentarse como consecuencia de una disminución de esta variabilidad. Considerando la población mínima sugerida y los eventos epizoóticos que podrían originarse, muchas de las poblaciones posiblemente no subsistirán a largo plazo. Esto no significa que se dejen de realizar las acciones que se han desarrollado para su conservación, simplemente es importante reconocer que para lograr conservar las poblaciones de borrego cimarrón a largo plazo, deben desarrollarse acciones e investigación tanto a nivel *in situ* como *ex situ*. Por ejemplo, las reubicaciones, técnica de conservación *in situ*, ha demostrado en diversas ocasiones reestablecer poblaciones de cimarrones en lugares de donde fueron extirpados o bien reforzar algunas metapoblaciones. Sin embargo, no siempre han resultado exitosas (sólo 41% de las reubicaciones han conseguido establecer poblaciones de más de 100 cimarrones - Singer, Papouchis y Symonds 2000). Además en ocasiones se dificulta conseguir animales suficientes para crear una población fundadora. En borrego cimarrón se ha estimado que el mínimo para una población fundadora debe ser de 41 animales (Singer Papouchis y Symonds 2000). En EU aunque se han realizado un gran número de movimientos de borregos de diferentes poblaciones, comúnmente el número de animales que se pueden extraer para ser reubicados es muy bajo (Zeigenfuss, Singer y Gudorf 2000) (Johnson y Swift 2000). Esto incrementa los costos del programa, los cuales se han calculado en unos \$3,000 dls por borrego reubicado en el año

1999 en ese país (Zeigenfuss, Singer y Gudorf 2000). En estos casos, utilizando una herramienta alternativa como las TRA, resultaría muy benéfico contar con el aporte de animales nacidos por transferencia embrionaria y así aumentar el número de animales a reintroducir.

Otra herramienta necesaria en la conservación del borrego cimarrón es la protección de su hábitat, sin embargo tampoco se puede dar por hecho que con esta acción se vayan a proteger las poblaciones y la especie ya que muchos parques nacionales y reservas naturales pueden ser insuficientes para detener la disminución de poblaciones, ya sea por problemas de endogamia o por problemas de enfermedades en la población. Muchas reservas se crean generalmente cuando la mayoría de las poblaciones de la especie amenazada han sido severamente reducidas, por lo que en esta situación, una especie tiende a decaer rápidamente hacia la extinción (Primack 2001).

Si las poblaciones de cimarrones comenaran a declinar severamente, las alternativas para rescatar poblaciones e incluso subespecies, no serían muchas. Si se confinaran a los animales restantes con la finalidad de incrementar su número como se hizo exitosamente por ejemplo con el hurón de patas negras (Biggins 1997), aún existiría el problema de la posible consanguinidad y los riesgos de transmisión de enfermedades. Recordemos que el borrego cimarrón, a diferencia de otros ungulados silvestres, parece ser más susceptible a los efectos adversos de las epizootias (Dunbar 1992) por lo que al juntar animales de diversas poblaciones que hubieran ido declinando, podría resultar en altas mortalidades. El problema de consanguinidad también podría ser una de las posibles causas de la declinación de las poblaciones (aumento de mortalidades en crías y/o disminución en la capacidad de la respuesta inmunológica). En esta situación hipotética, los híbridos de cimarrón podrían haber permitido el desarrollo de dos alternativas: 1) el uso de vacunas que protegieran a los animales restantes y 2) la transferencia de embriones a receptores F1 o F2; si además existieran bancos de semen, el acervo genético podría incrementarse. Para conservar eficazmente al borrego cimarrón en nuestro país, se deben desarrollar y aplicar toda una gama de alternativas como son la protección de su hábitat, reubicaciones y manejo de las poblaciones, así como la investigación en aspectos fisiológicos, patológicos y

conductuales. Se ha presentado el caso, sin embargo, de algunos sectores que no aprueban la realización de determinados proyectos *ex situ*, principalmente por temor a perder el enfoque en la conservación *in situ*. Tal fue el caso del rechazo por parte del Desert Bighorn Council al proyecto propuesto por la Universidad de Texas A.M. para realizar híbridos de cimarrón x borrego doméstico y utilizarlos como vientres receptores en la transferencia de embriones de cimarrones (Brigham 1996). A pesar de que esta herramienta ha sido planteada desde 1972 por Thomas Bunch, hasta la fecha, no se ha realizado (Bunch, Foote y Spillett 1972). La propuesta fue rechazada en base a los siguientes puntos que se citan: “1) posibilidad de que los híbridos transmitieran enfermedades de ganado doméstico a poblaciones nativas, 2) implicaciones genéticas negativas ante la posibilidad de terminar creando animales que estuvieran habituados al humano y que no tuvieran instinto de protección en su hábitat natural, principalmente por los problemas que podrían presentarse al reintroducir estos animales y 3) confusión de prioridades de destino de recursos económicos, siendo mejor utilizarlos para reubicaciones.” Aunque estos puntos son de gran relevancia y deben ser tomados en consideración, ciertos aspectos pueden modificarse o mejorarse a fin de lograr un punto medio en el que se obtenga una herramienta para la conservación del borrego cimarrón. Por ejemplo, es cierto que se podrían transferir enfermedades, pero una evaluación serológica completa y esquemas de cuarentenas previas a liberaciones en vida libre, disminuirían los riesgos de transmisión de enfermedades. La preocupación principal, por su alto impacto en las poblaciones, es la de transmitir cepas patógenas y letales de *Pasteurella haemolytica*; sin embargo, actualmente se ha logrado aislar el biotipo más patógeno (biotipo A2) (Silflow, Foreyt y Lagerquist 1994), (Foreyt 1994), por lo que las muestras bacteriológicas podrían tipificarse poniendo a la vista cualquier riesgo de enfermedad. Además el utilizar muflones o algún otro ovino no doméstico disminuiría considerablemente los riesgos a diferencia de si se utiliza cualquier especie de borrego doméstico, como se vió en los resultados de incidencia de enfermedades de los híbridos de cimarrón x muflón obtenidos en el presente trabajo. En cuanto al punto número 2 de las implicaciones de habituación al humano y pérdida de su instinto, es importante mencionar que si se utiliza una especie silvestre, como el muflón, no se presenta necesariamente una habituación al humano, como se observó en este trabajo en el que el

grupo de muflones e híbridos mantuvieron siempre la conducta de huida ante el acercamiento del observador. Por otro lado, en los reportes de artiodáctilos reintroducidos, criados en cautiverio, se menciona una pérdida de la habituación al humano (Flammand 1999), (Forrester y Hoffmann 1962). Osterman demostró en reintroducciones de cimarrones nacidos en cautiverio que los animales desarrollaron las conductas necesarias para su supervivencia en vida libre, de la misma forma que animales de vida libre reubicados de un hábitat a otro diferente (Ostermann, De Forge y Edge 2001). Por lo tanto, es posible que un cimarrón nacido en cautiverio y criado por una madre sustituta con conductas similares a las de un cimarrón, puede tener posibilidades de ser reintroducido exitosamente. En el punto número 3 se menciona el destino de recursos. Al respecto, definitivamente se deben priorizar acciones directas inmediatas, pero deben existir recursos financieros para investigaciones en otras herramientas. De hecho, no existe necesariamente una competencia de los recursos económicos ya que algunos fondos ni siquiera serían destinados a reubicaciones debido a que se enfocan en temas muy particulares como son por ejemplo los diversos temas de reproducción en especies en cautiverio. Es decir que algunas instituciones privadas como algunos zoológicos son quienes podrían destinar fondos a este tipo de investigaciones, mismos que posiblemente no destinarían a programas de conservación nacionales.

Por otro lado los híbridos pueden algún día proporcionarnos una herramienta en la investigación de enfermedades para la protección de especies en vida libre. Ya se mencionó ampliamente el impacto que tienen y han tenido las enfermedades en poblaciones de cimarrones, por lo que cualquier herramienta que nos genere conocimiento de la fisiología de su sistema inmunológico es muy importante para el futuro del borrego cimarrón.

No debemos olvidar que la actual situación de disminución en la variabilidad genética de algunas poblaciones de cimarrón (Hedrick, Gutierrez-Espeleta y Lee 2001) y posiblemente de muchas más que se encuentran aisladas (Allen 1980), puede extrapolarse a muchas especies de mamíferos en los cuales se han encontrado efectos de depresión endogámica y alelos detrimentales (Lacey 1987). Se requerirán de muchas herramientas de manejo para preservar pequeñas poblaciones genéticamente viables como son la realización de corredores y otras formas de conexión entre áreas protegidas (Meffe y Carroll 1994);(Noss

1983);(Rosenberg, Noon y Meslow 1997), estudios de dinámicas poblacionales que consideren riesgos de epizootias, reubicaciones de animales y el empleo de otras técnicas de apoyo. Diferentes herramientas serán necesarias y aplicables en diferentes circunstancias. La investigación de diversas técnicas que promuevan la conservación *ex situ* no se contraponen ni obstaculiza la conservación *in situ*, sin embargo el uso de alternativas *ex situ* debe continuarse preferencialmente financiado por medios privados, especialmente zoológicos, de tal manera que el aporte federal sirva para acciones de conservación *in situ* como el financiamiento del repoblamiento y mantenimiento de las poblaciones en vida libre, la protección del hábitat junto con programas de vigilancia y aplicación de las leyes federales. El alcance de la creación de híbridos para el programa de conservación puede tener mayor importancia en el futuro por lo que es conveniente seguir realizando investigaciones de su producción y usos. Posiblemente una de las aplicaciones más inmediatas de los híbridos sea sobre el estudio de enfermedades que afectan a las poblaciones en vida silvestre.

Recomendaciones para el Manejo y Conservación del borrego cimarrón en México.

- 1) Realizar estudios serológicos por medio de pruebas de ELISA de todas las poblaciones de borrego cimarrón contemplando como mínimo el siguiente panel de enfermedades: Parainfluenza-3 (PI-3), Lengua Azul (LA), Brucellosis (*B. abortus*, *B. ovis*), Ectima Contagioso (EC), Enfermedad Epizoótica Hemorrágica (EEH), Paratuberculosis, Tuberculosis, Diarrea Viral Bovina (DVB), Clamidirosis, Mycoplasmosis, Anaplasmosis, Rinotraqueítis Infecciosa Bovina (RIB), Pasteurellosis por *P. haemolytica* y *P. multocida*, Fiebre Q, Neumonía progresiva ovina (NPO) y Neumonía por Virus Respiratorio Sincitial Bovino (VRSB). Corroborar resultados positivos con pruebas secundarias de PCR (Polymerase Chain Reaction), fijación de complemento, Inmunodifusión en Agar, etc., según se aplique el caso. La mayor parte de estas enfermedades se sabe que afectan negativamente al borrego cimarrón, desde efectos clínicos ligeros en individuos hasta altas mortalidades en la población. Sin embargo otras de las enfermedades mencionadas (DVB, RIB, VRSB, NPO, Fiebre Q), no se sabe con certeza si se desarrollan clínicamente en borrego cimarrón, o que tanto puedan potencializar el efecto de otros patógenos, por lo que se debe empezar por conocer las seroprevalencias de anticuerpos de estas enfermedades en las poblaciones a fin de estudiar posteriormente su posible patogenia. El panel completo de estudios serológicos permitirá desarrollar el control y manejo adecuado de las poblaciones de cimarrón. Por ejemplo, en el caso de las reubicaciones, es necesario conocer el contacto previo de las poblaciones con determinados patógenos a fin de evitar altas mortalidades, tanto para la población reubicada como para la receptora.
- 2) Colectar semen, sangre (suero), muestras de órganos y tejidos de los machos aprovechados cinegenéticamente. Aunque para colectar semen se requiere de médicos veterinarios calificados (mismos que podría financiar en determinadas ocasiones el estado o la nación), la colecta de sangre, órganos y otros tejidos podría realizarse por personas que tuvieran conocimientos básicos de la anatomía de un borrego. Para este fin se presenta en el Anexo 11 una sugerencia del procedimiento para la colecta

y envío de estas muestras. La colecta de semen serviría para que se iniciara un banco de germoplasma de la especie. Esto es algo que debería de realizarse con todas las especies endémicas o en determinado nivel de riesgo en nuestro país. Las muestras de órganos y tejidos son parte complementaria del continuo estudio del estado de salud de las poblaciones. Con ciertos tejidos como la piel y el pelo deben realizarse estudios de DNA a fin de conocer el nivel de variabilidad genética en las diferentes poblaciones y así llevar a cabo el manejo necesario para permitir un aporte genético en las poblaciones que lo requieran.

- 3) Determinar capacidad de carga de las diferentes sierras borregueras a fin de prever posibles epizootias. Si el tamaño de la población excede la capacidad de carga, puede generarse estrés en los animales quienes a su vez pueden inmunosuprimirse y enfermar. Estas enfermedades, como se describió en el presente trabajo de tesis, pueden tener efectos epizoóticos en la población.
- 4) Establecer normas de regulación respecto a distancias mínimas (13.5 km) entre ganado y sierras borregueras. Evitar el contacto directo a través de cercos entre animales domésticos y borregos cimarrones es determinante para la posible supervivencia de las poblaciones de cimarrones. Sin embargo esta medida por sí sola es insuficiente ya que muchas enfermedades se transmiten por vectores y en otras el agente etiológico sobrevive determinado tiempo en el hábitat, por lo cuál la transmisión de la enfermedad se logra de forma indirecta. Además la presencia de ganado en el hábitat establecido de una población de cimarrones genera estrés en estos animales y aumenta sus densidades poblacionales. El aumento de densidad poblacional facilita la retransmisión de enfermedades.
- 5) Repoblar sierras borregueras y zonas de donde fueron extirpados considerando recomendaciones establecidas por diversos autores (Zeigenfuss, Singer y Gudorf 2000);(Singer, Papouchis y Symonds 2000);(Johnson y Swift 2000). Algunos aspectos básicos como el número de animales a reintroducir, la composición de sexos y edades, así como algunas características específicas del hábitat, son determinantes para el establecimiento y supervivencia de la población reubicada.

- 6) Dar asesoría a ejidatarios para que sean ellos quienes obtengan el mayor beneficio de los permisos de aprovechamiento cinegético, de esta manera habría más motivación para la conservación de las poblaciones de cimarrones. Actualmente, con muy pocas excepciones, los que obtienen mayor beneficio de las actividades cinegéticas del borrego cimarrón son pocos individuos, ya que son estos quienes realizan la venta del servicio a los cazadores, incluyendo por supuesto el permiso de aprovechamiento cinegético otorgado por la SEMARNAT. Según la ubicación a donde corresponda el permiso cinegético, las comunidades ejidatarias del área, reciben un pago muy bajo por el macho cimarrón cazado en sus tierras (en proporción a las ganancias obtenidas por la venta del servicio y permiso de caza). Si las comunidades ejidatarias recibieran asesoría sobre como ellos mismos podrían ser los beneficiarios directos del aprovechamiento cinegético, existiría un beneficio económico directo para toda la comunidad generándose una conciencia de protección del recurso. Este ha sido el caso de la comunidad Seri, quienes con ayuda de la ONG Unidos para la Conservación y de la UNAM, comenzaron a organizar y administrar, en beneficio de la comunidad, el aprovechamiento cinegético en Isla Tiburón.

LITERATURA CITADA

- Allen R.W. 1980, "Natural mortality and debility," en *The desert bighorn. Its life history, ecology and management*, Gale Monson y Lowell Sumner, eds., The University of Arizona Press, Tucson, Arizona, pp. 172-185.
- Allen W.R., Stewart F., Trounson A.O., Tischner M., y Bielanski W. 1976, "Viability of horse embryos after storage and long-distance transport in the rabbit", *Journal Reprod Fertil*, vol. 47, pp. 387-390.
- Allendorf F.W. y Leary R.F. 1986, "Heterozygosity and fitness in natural populations of animals," en *Conservation Biology: The science of scarcity and diversity*, M.E.Soulé, ed., Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, pp. 57-76.
- Amin H. Hybrid Lions. <http://lionshrine.topcities.com/otherlions.htm> . 2001.
- Anderson G.B 1988, "Interspecific pregnancy: barriers and prospects", *Biol Reprod*, vol. 38, pp. 1-15.
- Asher G.W., Berg D.K., y Evans G. 2000, "Storage of semen and artificial insemination in deer", *Animal Reproduction Science* , vol. 62, pp. 195-211.
- Bailey J.A. "The increase and dieoff of Waterton Canyon Bighorn Sheep: Biology, management and dismanagement", Proc of the second biennial symposium edn, Northern Wild Sheep and Goat Council, pp. 325-340.
- Barret S.C.H. y Kohn J.R. 1991, "Genetic and evolutionary consequences of small population size in plants: Implications for conservation," in *Genetics and Conservation of rare plants.*, Falk D.A. y Holsinger K.E., eds., Oxford University Press, New York, pp. 3-30.
- Bartels P., Friedman Y., Lubbe K., Mortimer D., Rasmussen L.A., y Godke R.A. 2001, "The live birth of an eland (*Taurotragus oryx*) calf following estrous synchronization and artificial insemination using frozen thawed epididymal sperm", *Theriogenology*, vol. 55, no. 1, p. 381.
- BBC News. Zebra X horse hybrid. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/1408717.stm> . 2001.
- Berger J. 1990, "Persistence of different-sized populations: An empirical assesment of rapid extinctions in bighorn sheep", *Conservation Biology*, vol. 4, pp. 91-98.
- Biggins D.E. 1997, "Conservation Management. Case Studies. Case Study 1 Management of an endangered Species: The Black footed ferret.," en *Principles of Conservation Biology*, 2nd edn, Meffe G.K. y Carroll C.R., eds., Sinauer Associates Inc, Sunderland, Massachusetts, pp. 419-479.
- Blaisdell J.A. 1982, "Lava beds wrap-up, what did we learn?", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 26, pp. 32-33.
- Blood D.C., Radostitis O.M., y Henderson J.A. 1983, "Diseases caused by bacteria - IV," en *Veterinary Medicine. A textbook of the diseases of cattle, sheep, pigs, goats and horses.*, 6th edn, Blood D.C. et al., eds., Bailliere Tindall, London, pp. 631-660.
- Briggs H. Endangered sheep cloned. BBC World Service.
http://news.bbc.co.uk/1/hi/english/sci/tech/newsid_1573000/1573309.stm. 1-11-2001.

- Brigham W. 1996, "Response to "The propagation of desert bighorn sheep (*O. canadensis*) by interspecies embryo transfer using domestic ewes (*O. aries*). "Proposal by Texas A&M University", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 40, p. 73.
- Brundige G.C., Layne L.J., y McCabe T.R. 1988, "Early pregnancy determination using serum progesterone concentration in bighorn sheep", *J.Wildl Management*, vol. 52, no. 4, pp. 610-612.
- Buckrell BC, Gartley CJ, Mehren KG, Crawshaw GJ, y Johnson W.H. 1990, "Failure to maintain interspecific pregnancy after transfer of Dall's sheep embryo to domestic ewes", *Journal Reprod Fertil*, vol. 90, pp. 387-394.
- Bunch T.D. 1991, "Artificial insemination of wild sheep", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 35, pp. 20-22.
- Bunch T.D., Boyce W.M., Hibler C.P., Lance W.R., y Spraker T.R. 1999, "Diseases of North American Wild Sheep," en *Mountain Sheep of North America*, 1st edn, Valdez Raul y Krausman Paul R., eds., The University of Arizona Press, Tucson, Arizona, pp. 209-217.
- Bunch T.D., Foote WC, y Spillett J.J. 1972, "Inter-species embryo transfer in the propagation of rare species of wild sheep: Methods, application, current limitations and possible role in wildlife propagation," *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 16, pp. 14-20.
- Bunch T.D., Foote WC, y Whitaker B 1977, "Interespecies ovum transfer to propagate wild sheep," *J.Wildl Management*, vol. 41, pp. 726-730.
- Bunch T.D. y Nguyen T.C. 1982, "Blood group comparisons between European mouflon sheep and North American desert bighorn sheep," *The Journal of Heredity*, vol. 73, pp. 112-114.
- Bunch T.D. y Workman G. 1989, "Hybridization of desert bighorn and argali-mouflon wild sheep", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 32, pp. 16-18.
- Callan R.J., Bunch TD., Workman G., y Mock R.E. 1991, "Development of pneumonia in desert bighorn sheep after exposure to a flock of exotic wild and domestic sheep.", *J.Am.Vet.Med.Assoc.*, vol. 198, pp. 1052-1056.
- Carabias J., Provencio E., Ramírez R.F., Berlanga H., Navarro P., Rojo A., y Martínez H. 2000, *Proyecto para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable del borrego cimarrón (O. canadensis) en México.*, primera edn, SEMARNAP, México D.F.
- Cassirer F.E., Oldenburg L., Coggins V., Fowler P., Rudolph K., Hunter D., y Foreyt W.J. 1996, "Overview and preliminary analysis of a bighorn sheep dieoff, Hells Canyon 1995-96", *Bienn.Symp.North.Wild Sheep and Goat Counc.*, vol. 10, pp. 78-86.
- Ceballos G. 1993, "Especies en Peligro de Extinción", *Ciencias*, vol. No. especial (mayo), pp. 5-10.
- Ceballos G. 1999, "Areas prioritarias para la conservación de los mamíferos de México.", *Biodiversitas*, vol. 27.
- Ceballos G. y Brown JH 1995, "Global patterns of mammalian diversity, endemism, and endangerment", *Conservation Biology*, vol. 9, pp. 559-568.
- Ceballos G., Cabrales A.J., y Medellín R.A. 2003, *The mammals of Mexico: composition, distribution, and conservation status*. Museum of Texas Tech University, Lubbock, Texas.

- Chapin III F.S., Sala O., Burke I., Grime P.J., Hooper D.U., Lauenroth W.K., Lombard A., Mooney H.A., Mosier A., Naeem S., Pacala S.W., Roy J., Steffen W.L., y Tilman D. 1998, "Ecosystem Consequences of Changing Biodiversity", *BioScience*, vol. 48, no. 1, pp. 45-52.
- Chen X. 1993, "Comparison of inbreeding and outbreeding in hermaphroditic *Arianta arbustorum* (land snail).", *Heredity*, vol. 71, pp. 456-461.
- Clark R.K. y Jessup D.A. 1992, "The health of mountain sheep in the San Andres Mountains, New Mexico.", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 36, pp. 30-35.
- Coggins V.L. y Matthews P. 1992, "Lamb survival and herd status of the lostine bighorn herd following a pasteurella die-off", *Proc.Bienn.Symp.North.Wild Sheep and Goat Counc.*, vol. 8, pp. 147-154.
- Coltman D.W. 1999, "Parasite-mediated selection against inbred Soay sheep in a free-living, island population.", *Evolution*, vol. 53, pp. 1259-1267.
- Cowie A.T., Folley S.T., Gross B.A., Harris G.W., Jacobson D., y Richard K.C. 1951, "Terminology for use in lactational physiology.", *Nature*, vol. 271, p. 421.
- Cox L.M. y Bunch T.D. Sheep and goats- an evolutionary jackpot. *Utah Science*, 23-26. 1977. Utah State University. Magazine Article
- D'Alessandro A.G., Martemucci G., Colonna M.A., y Bellitti A. 2001, "Post-thaw survival of ram spermatozoa and fertility after insemination as affected by prefreezing sperm concentration and extender composition.", *Theriogenology*, vol. 55, pp. 1159-1170.
- Daszak P. 2002, "Emerging Infectious Diseases. A key role for conservation medicine.", en *Conservation Medicine. Ecological Health in Practice.*, Aguirre Alonso et al., eds., Oxford University Press, New York, pp. 40-61.
- Daszak P. y Cunningham A.A. 1999, "Extinction by infection.", *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 14, p. 279.
- De Forge J., Ostermann S., Toweill D., Cyrog P., y Barrett E. 1993, "Helicopter survey of Peninsular Bighorn Sheep in Northern California.", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. checar, pp. 24-28.
- Dean H.C. 1977, *Desert bighorn in Canyonlands National Park.*, Master, Utah State University.
- Delgadillo C.A.C., Mejía O.V., Berruecos V.J.M., y Vásquez P.C.G. 2003, "Estudio morfológico de los cromosomas del borrego Cimarrón (*Ovis canadensis*), Tabasco o Pelibuey (*Ovis aries*) y su cruce.", *Veterinaria México*, vol. 34, no. 1, pp. 27-37.
- Delpont W., Marina A.A., Grant J.T., Swartz E.R., y Bloomer P. 2001, "Conservation genetics and translocations: an integrated approach to management.", BL Penzhorn, ed., Wildlife Group. South African Veterinary Association, Onderstepoort, Republic of South Africa, pp. 4-9.
- Dent J., McGovern P.T., y Hancock J.L. 1971, "Immunological implications of ultrastructural studies of goat X sheep hybrid placentae.", *Nature*, vol. 231, pp. 116-117.
- Dobson A.D. y May R.M. 1986, "Disease and conservation.", en *Conservation biology: the science of scarcity and diversity.*, M.E.Soulé, ed., Sinauer Associates Inc., Sunderland, Massachusetts, pp. 345-365.

- Dobson H., Tebble J.E., Smith R.F., y Ward W.R. 2001, "Is stress really all that important?", *Theriogenology*, vol. 55, no. 1, pp. 65-73.
- Dresser B.L., Pope C.E., Kramer L., Kuehn G., Dahlaussen R.D., Maruska E.J., Reece B., y Thomas W.D. 1985, "Birth of Bongo antelope (*Tragelaphus euryceros*) to eland antelope (*Tragelaphus oryx*) and cryopreservation of bongo embryos.", *Theriogenology*, vol. 23, p. 190.
- Dumond M., Villard A., y Tremblay E. 2001, "Does coyote diet vary seasonally between a protected and an unprotected forest landscaper?", *Ecoscience*, vol. 8, pp. 301-310.
- Dunbar M.R. 1992, "Theoretical concepts of disease versus nutrition as primary factors in population regulation of wild sheep.", *Proc. Bienn. Symp. North. Wild Sheep and Goat Counc.*, vol. 8, pp. 1-7.
- Durrant B. y Benirschke K. 1981, "Embryo transfer in exotic animals.", *Theriogenology*, vol. 15, pp. 77-83.
- Dwyer C.M., Dingwall W.S., y Lawrence A.B. 1999, "Physiological correlates of maternal-offspring behaviour in sheep. A factor analysis", *Physiology and Behaviour*, vol. 67, no. 367, pp. 443-454.
- Dwyer C.M. y Lawrence A.B. 1999, "Does the behaviour of the neonate influence the expression of maternal behaviour in sheep?", *Behaviour*, vol. 136, pp. 367-389.
- Dwyer C.M. y Lawrence A.B. 2000a, "Effects of maternal genotype and behaviour on the behavioural development of their offspring in sheep.", *Behaviour*, vol. 137, pp. 1629-1654.
- Dwyer C.M. y Lawrence A.B. 2000b, "Maternal behaviour in domestic sheep (*Ovis aries*): Constancy and change with maternal experience.", *Behaviour*, vol. 137, pp. 1391-1413.
- Eccles T.R. y Shackleton David 1979, "Recent records of twinning in mountain sheep.", *J. Wildl Management*, vol. 48, pp. 974-976.
- Ecranbrack S.K. y Knight A.D. 1991, "Effects of inbreeding on reproduction and wool production of rambouillet, targhee, and Columbia ewes.", *J. Anim. Sci.*, vol. 69, pp. 4734-4744.
- Ehrlich P.R. y Ceballos G. 1997, "Población y medio ambiente: ¿Que nos espera?", *Ciencia*, vol. 48, no. 4, pp. 19-30.
- Ellstrand N.C. y Elam D.R. 1993, "Population genetic consequences of small population size: Implications for plant conservation.", *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 24, pp. 217-242.
- Endangered Wildlife Trust. Wildlife breeding research centre. 1998. Pretoria, South Africa. Pamphlet
- Esteva M., Mañes S., del Palacio M.A., y López S.A. 1988, "Efecto de la ovariectomía sobre los niveles plasmáticos de progesterona, estrona libre y conjugada en ovejas gestantes.", *Rev Esp Fisiol*, vol. 44, no. 2, pp. 197-204.
- Fairbanks L.A. 1989, "Early experience and cross-generational continuity of mother-infant contact in Vervet monkeys.", *Dev. Psychobiol.*, vol. 22, pp. 669-681.
- Fenesty P.F., Asher G.W., Beatson N.S., Dixon T.E., Hunter J.W., y Bringans M.J. 1994, "Embryo transfer in deer.", *Theriogenology*, vol. 41, pp. 133-138.

- Fernández-Arias A., Alabart J.L., Folch J., y Beckers J.F. 1999, "Interspecies pregnancy of Spanish Ibex (*Capra pyrenaica*) fetus in domestic goat (*Capra hircus*) recipients induces abnormally high plasmatic levels of pregnancy associated glycoprotein.", *Theriogenology*, vol. 51, no. 8, pp. 1419-1430.
- Fernández-Arias A., Folch J., y Alabart J.L. 1996, "Successful interspecific embryo transfer between Spanish Ibex (*Capra pyrenaica*) and domestic goat (*Capra hircus*) using micro-osmotic pumps for FSH administration.", *Theriogenology*, vol. 45, no. 1, p. 247.
- Fernández-Arias A., Roche R., Alberio J.L., Alabart J.L., y Folch J. 2001, "Use of hybrids as recipients in interspecies embryo transfer in the *Capra* genus.", *Theriogenology*, vol. 55, no. 1, p. 383.
- Ferson S., Rohlf F.J., Ginzburg L.R., y Jacquez G. RAMAS/ a user manual: Modeling fluctuations in age-structured populations. 1988. Setauket, NY, Exeter Publishing. Computer Program.
- Festa-Bianchet M. 1988a, "A pneumonia epizootic in bighorn sheep. with comments on preventive management.", *Proc.Bienn.Symp.North.Wild Sheep and Goat Counc.*, vol. 6, pp. 66-76.
- Festa-Bianchet M. 1988b, "Nursing behaviour of bighorn sheep: correlates of ewe age, parasitism, lamb age, birthdate and sex.", *Animal Behaviour*, vol. 36, pp. 1445-1454.
- Festa-Bianchet M. 1991, "The social system of bighorn sheep: grouping patterns, kinship and female dominance rank.", *Animal Behaviour*, vol. 42, pp. 71-82.
- Fisher A.S. 1992, "Status of desert bighorn sheep in New Mexico, 1991.", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 36, p. 80.
- Fitzsimmons N.N. y Buskirk S.W. 1992, "Effective population sizes for bighorn sheep.", *Proc Biennial Symposium of the North American Wild Sheep and Goat Council*, vol. 8, pp. 1-7.
- Flammand J.R. 1999, "Medical aspects of Arabian Oryx reintroduction.", en *Zoo and Wild Animal Medicine. Current Therapy 4.*, Murray Fowler y Eric Miller, eds., W.B. Saunders Company, pp. 687-698.
- Flores-Foxworth, Coonrad S.A., Moreno J.F., Kraemer D.C., y Westhusin M. 1995, "Interspecific transfer of IVM IVF - derived red sheep (*Ovis orientalis gmelini*) embryos to domestic sheep (*Ovis aries*).", *Theriogenology*, vol. 44, pp. 681-690.
- Foreyt W.J. 1989, "Fatal *Pasteurella haemolytica* pneumonia in bighorn sheep after direct contact with clinically normal domestic sheep.", *American Journal of Veterinary Research*, vol. 50, pp. 341-344.
- Foreyt W.J. 1990, "Pneumonia in bighorn sheep: Effects of *Pasteurella haemolytica* from domestic sheep and effects on survival and long-term reproduction.", *Proc.Bienn.Symp.North.Wild Sheep and Goat Counc.*, vol. 7, pp. 92-101.
- Foreyt W.J. 1992, "Failure of an experimental *Pasteurella haemolytica* vaccine to prevent respiratory disease and death in bighorn sheep after exposure to domestic sheep.", *Proc.Bienn.Symp.North.Wild Sheep and Goat Counc.*, vol. 8, pp. 155-163.
- Foreyt W.J. 1994, "Effects of controlled contact exposure between healthy bighorn sheep and llamas, domestic goats, mountain goats, cattle, domestic sheep, or mouflon sheep.", *Proc.Bienn.Symp.North.Wild Sheep and Goat Counc.*, vol. 9, pp. 7-14.
- Foreyt W.J., Coggins Victor L., y Fowler Pat 1990, "Psoroptic scabies in bighorn sheep in Washington and Oregon.", *Proc.Bienn.Symp.North.Wild Sheep and Goat Counc.*, vol. 7, pp. 135-142.

- Foreyt W.J. y Jessup D.A. 1982, "Fatal pneumonia of bighorn sheep following association with domestic sheep.", *Journal of Wildlife Diseases*, vol. 18, pp. 163-168.
- Foreyt W.J., Zender S., y Johnson R. 1996. "A 20-year health evaluation study of a healthy bighorn sheep population in northeastern Washington.", *Proc.Bienn.Symp.North.Wild Sheep and Goat Counc.*, vol. 10, pp. 66-71.
- Foreyt William J. 1990, "Pneumonia in bighorn sheep: effects of *Pasteurella haemolytica* from domestic sheep and affects on survival and long - term reproduction.", *Proc.Bienn.Symp.North.Wild Sheep and Goat Counc.*, vol. 7, pp. 92-101.
- Forrester D.J. y Hoffmann R.S. 1962, "Growth and behavior of a captive bighorn lamb.", *Journal of Mammalogy*, vol. 44, no. 1, pp. 116-118.
- Galal E.S.E., Afifi E.A., El-Kimaray S., Ahmad I.A., y Shawar A.F. 1981, "Lamb survival as affected by inbreeding and cross-breeding.", *J.Agric.Sci.(Camb)*, vol. 96, no. 1, p. 1.
- Gee G.F. y Temple S.A. 1978, "Artificial insemination for breeding non-domestic birds.", *Symposia of the Zoological Society of London.*, vol. 43, pp. 51-72.
- Geist V. 1971, *Mountain sheep: A study in behavior and evolution*. University Chicago Press, Chicago and London.
- Geoffrey H.A. 1989. "Gestación y su diagnóstico." en *Reproducción y Obstetricia en Veterinaria. Teriogenologia.*, 6a edn, Geoffrey H.Arthur, ed., Edit. Interamericana., Madrid, p. 65.
- Goodson N.J. 1982, "Effects of domestic sheep grazing on bighorn sheep populations: A review.", *Proc.Bienn.Symp.North.Wild Sheep and Goat Counc.*, vol. 3, pp. 287-313.
- Grier J.W. 1980, "ECOLOGY: A simulation model for small populations of animals.", *Creative Computing*, vol. 6, no. 7, pp. 116-121. Computer Program.
- Gross J.E. 1960, "History. present and future satus of the desert bighorn sheep in the Guadalupe Mountains of southeastern New Mexico and northwestern Texas.", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 3, pp. 53-57.
- Gross J.E., Roelle J.E., y Williams G.L. 1973, *Program ONEPOP an information processor: a system modeling and communication project.*, Colorado St. Univ, Ft. Collins, Progress report.Computer Program.
- Gross J.E., Singer F.J., y Moses Michael 2000, "Effects of disease, dispersal, and area on bighorn sheep restoration.", *Restoration Ecology*, vol. 8, no. 4S, pp. 25-37.
- Guigen F., Mselli L., Durand J., Du J., y Favier C. 2000, "Experimental infection of mouflon-domestic sheep hybrids with caprine arthritis-encephalitis virus.", *American Journal of Veterinary Research*, vol. 61, no. 4, pp. 456-461.
- Hafez E.S.E. y Hafez B. 2000a, *Apendice II. Número cromosómico y capacidad reproductiva en híbridos de equinos, bovinos y caprinos.*, 7a edn, Mc Graw Hill, México D.F.
- Hafez E.S.E. y Hafez B. 2000b, "Fecundación y segmentación." en *Reproducción e Inseminación Artificial en animales.*, 7a edn, Hafez E.S.E. y Hafez B, eds., Mc Graw Hill, México D.F., pp. 113-128.
- Hall E.R. 1981, *The mammals of North America.*, 2nd edn, John Wiley and Sons, New York.

- Hansen C. 1980, "Population Dynamics," en *The Desert Bighorn. Its life history, ecology, and management.*, 4th edn, Monson G. y Sumner L., eds., The University of Arizona Press, Tucson, Arizona, pp. 217-235.
- Hansen C.G. y Deming O.V. 1980, "Growth and Development," en *The Desert Bighorn. Its life history, ecology and management.*, 4th edn, Monson G. y Sumner L., eds., The University of Arizona Press, Tucson, Arizona, pp. 152-171.
- Harris R.F. 2000, "Gaur Power", *Current Biology*, vol. 10, no. 22, p. R812.
- Hass C.C. 1989, "Bighorn lamb mortality: predation, inbreeding, and population effects.", *Can.J.Zool.*, vol. 67, pp. 699-705.
- Hass C.C. 1990, "Alternative maternal-care patterns in two herds of bighorn sheep.", *Journal of Mammalogy*, vol. 71, no. 1, pp. 24-35.
- Hass C.C. 1995, "Gestation periods and birth weights of desert bighorn sheep in relation to other caprinae.", *The Southwestern Naturalist*, vol. 40, no. 2, pp. 139-147.
- Hedrick P.W. 2000, "Inbreeding and related topics," en *Genetics of Populations*. Second edition, Hedrick Philip W. ed. Jones and Bartlett Publishers. Sudbury Massachusetts.
- Hedrick P.W., Gutierrez-Espeleta G.A., y Lee R.M. 2001, "Founder effect in an island population of bighorn sheep.", *Molecular Ecology*, vol. 10, pp. 851-857.
- Hobbes M. y Nowlan U. 1997, "Hybridization of Thinhorn and Bighorn sheep, *Ovis dalli* x *O. canadensis*", *Canadian Field Naturalist*, vol. 111, no. 4, pp. 647-648.
- Horejsi B.L. 1976, *Suckling and feeding behaviour in relation to lamb survival in bighorn sheep (Ovis canadensis canadensis Shaw)*, PhD, University of Calgary. Calgary, Alberta.
- Howard J.G., Barone M.A., y Bush M. 1991, "A heterologous salt-stored zona pelucida assay for assessing sperm capacitation and the impact of teratospermia in the cheetah (*Acinonyx jubatus*).", *Proc Am Soc Androl J. Andrology Suppl.* p. 50.
- Hwang W., Kim K., Kim G., Jin Y., Kim Y., Chung H., Yoon T., Han C., y Eo Y. 2001, "Interspecies somatic cell nuclear transfer for the production of endangered Korean Tiger (*Panthera tigris altaica*).", *Theriogenology*, vol. 55, no. 1, p. 271.
- IUCN. The World Conservation Union. <http://www.iucn.org> . 2003.
- Jabbour H.N. y Bainbridge D.R.J. 1996, "Deer: Reproduction and conservation.", *Reprod Dom Anim*, vol. 31, pp. 501-504.
- Jainudeen M.R. y Hafez E.S.E. 2000, "Gestación, fisiología prenatal y parto," en *Reproducción e inseminación artificial en animales*, 7a edn, Hafez E.S.E. y Hafez B., eds., Mc Graw Hill, México, pp. 144-159.
- Jainudeen M.R., Wahid H. y Hafez E.S.E. 2000, "Ovejas y cabras," en *Reproducción e inseminación artificial en animales*, 7a edn, Hafez E.S.E. y Hafez B., eds., Mc Graw Hill, México, pp. 177-187.
- Jessup D.A. 1981, "Pneumonia in bighorn sheep: Effects on populations.", *Cal-Neva Wildlife Trans* pp. 72-78.

- Jessup D.A. 1985, "Diseases of domestic livestock which threaten bighorn sheep populations.", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 29, pp. 29-33.
- Jimenez J.A., Hughes K.A., Alaks G., Graham L., y Lacey R.C. 1994, "An experimental study of inbreeding depression in a natural habitat.", *Science*, vol. 266, pp. 271-273.
- Johnson T.L. y Swift David M. 2000, "A test of a habitat evaluation procedure for Rocky Mountain Bighorn Sheep.", *Restoration Ecology*, vol. 8, no. 4S, pp. 47-56.
- Keller L.F. 1994, "Selection against inbred song sparrows (*Melospiza melodia*) during a natural population bottleneck.", *Nature*, vol. 372, pp. 356-357.
- Kilpatric J. 1982, "Status of desert bighorn sheep in Texas-1982.", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 26, pp. 102-104.
- Komers P.E. y Curman P.G. 2000, "The effect of demographic characteristics on the success of ungulate re-introductions.", *Biological Conservation*, vol. 93, pp. 187-193.
- Krausman P.R., Sandoval A.V., y Etchberger R.C. 1999, "Natural history of desert bighorn sheep.", en *Mountain Sheep of North America*, 1st edn, Valdez Raul y Krausman Paul R., eds., University of Arizona Press., Tucson, Arizona, pp. 139-191.
- Kydd J., Boyle M.S., Allen W.S., Shephard A.M., y Summers P.M. 1985, "Transfer of exotic equine embryos to domestic horses and donkeys.", *Equine Vet J Suppl*, vol. 3, pp. 80-83.
- Lacey R.C. 1987, "Loss of genetic diversity from managed populations: Interacting effects of drift, mutation, immigration, selection and population subdivision.", *Conservation Biology*, vol. 1, pp. 143-158.
- Laikre L. y Ryman N. 1991, "Inbreeding depression in a captive wolf (*Canis lupus*) population.", *Conservation Biology*, vol. 5, p. 33.
- Lande R. 1988, "Genetics and demography in conservation.", *Science*, vol. 241, no. 1456, p. 1460.
- Lande R. 1994, "Risk of population extinction from fixation of new deleterious mutations.", *Evolution*, vol. 48, pp. 1460-1469.
- Lange R.E.Jr. 1980, "Psoroptic scabies in wildlife in the United States and Canada.", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 24, pp. 18-20.
- Larsen P.A. 1962, "Progress of mexican bighorn sheep population and management investigations on the San Andres-Big Hatchet Mountains of New Mexico.", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 6, pp. 126-128.
- Lasley B.L., Loskutoff N.M., y Anderson GB 1994, "The limitation of conventional breeding programs and the need and promise of assisted reproduction in non domestic species.", *Theriogenology*, vol. 41, pp. 119-132.
- Levins R.T., Awerbuch, Brinkman U., Eckardt I., Epstein P., Makhoul N., y de Possas C.A. 1994, "The emergence of new diseases.", *American Scientist*, vol. 82, pp. 52-60.
- Long A.M., Moore N.P., y Hayden T.J. 1998, "Vocalizations in red deer (*Cervus elaphus*), sika deer (*Cervus nippon*) and red×sika hybrids.", *Journal of Zoology*, vol. 244, pp. 123-134.

- Madan M.L., Singla S.K., Chauhan, y Manik R.S. 1994, "In Vitro production and transfer of embryos in buffaloes.", *Theriogenology*, vol. 41, pp. 139-143.
- Margules C.R., Nicholls A.O., y Pressey R.L. 1988, "Selecting networks of reserves to maximize biological diversity.", *Biological Conservation*, vol. 43, pp. 63-76.
- Martin K.D., Schommer T., y Coggins V.L. 1996, "Literature review regarding the compatibility between bighorn and domestic sheep.", *Proc Biennial Symposium of the North American Wild Sheep and Goat Council*, vol. 10, pp. 72-77.
- Martin P. y Bateson P. 1986a, "Conducta social," en *La medición del comportamiento.*, Martin P. y Bateson P., eds., Alianza Editorial, Madrid, España, pp. 130-139.
- Martin P. y Bateson P. 1986b, "Diseño de la investigación," Capitulo 2 en *La medición del comportamiento.*, Martin P. y Bateson P., eds., Alianza Editorial, Madrid, España, pp. 34-56.
- May R.M. 1988, "How many species are there on earth?", *Science*, vol. 241, pp. 1441-1449.
- McCallum H. y Dobson A. 1995, "Detecting disease and parasite threats to endangered species and ecosystems.", *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 10, pp. 190-194.
- McDonald L.B. 1989, "Reproductive patterns in horses.", en *Veterinary Endocrinology and Reproduction*, 4th edn, McDonald L.B., ed., Lea y Febiger, Philadelphia.
- McKee N.R., Karpowitz J.F., y Cresto J. 1995, "Status of desert bighorn sheep in Utah-1994.", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 39, pp. 80-81.
- Medellin R.A., Manterola C., Valdez M., Hewitt D.G., Doan-Crider D., y Fulbright T.E., "History, ecology, and conservation of the pronghorn antelope, bighorn sheep, and black bear in Mexico.", en *Biodiversity Conservation in Northern Mexico.*, Cartron J.L. y Ceballos Gerardo, eds., University of New Mexico Press, New Mexico. En Prensa.
- Meffe G.K. y Carroll C.R. 1994, "The design of conservation reserves.", en *Principles of Conservation Biology.*, Meffe G.K. y Carroll C.R., eds., Sinauer Associates, Sunderland MA, pp. 265-306.
- Meffe G.K. y Carroll C.R. 1997, "The species in conservation.", en *Principles of Conservation Biology*, 2nd edn, Meffe G.K. y Carroll C.R., eds., Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts, pp. 57-86.
- Mejía O., Becerril M., Cervantes J., y Dávalos J. "Híbridos de cimarrón (*Ovis canadensis* X *Ovis aries*).", X Congreso Nacional de Producción Ovina, pp. 98-102.
- Meteorological system. UTAH Climate. <http://www.met.utah.edu/jhorel/html/wx/climo.html> 2004.
- Miller M.W., Hobbs T., y Williams E.S. 1991, "Spontaneous Pasteurellosis in captive Rocky Mountain bighorn sheep (*Ovis canadensis canadensis*): clinical, laboratory, and epizootiological investigations.", *Journal of Wildlife Diseases*, vol. 27, pp. 534-542.
- Miller P. y Lacey R.C. VORTEX: A stochastic simulation of the extinction process. 1999. Apple Valley M.N., Conservation Breeding Specialist Group/SSC/IUCN.
- Miller P., Lacey R.C., Pollak J.P. y Bright P. 2002. "Outbreak. A model of Wildlife Disease Epidemiology and its Impacts on Population Viability", en *Animal Movements and Disease Risk. Workbook*, 3rd edition. Africam Safari, Puebla, México. IFAW/ Conservation Breeding Specialist Group/SSC/IUCN, pp. 187-198.

- Mills L.S. y Smouse P.E. 1994, "Demographic consequences of inbreeding in remnant populations.", *American Naturalist*, vol. 144, pp. 412-431.
- Mine O.M., Kedikilwe K., Ndebele R.T., y Nsoso S.J. 2000, "Sheep-goat hybrid born under natural conditions.", *Small Ruminant Research*, vol. 37, pp. 141-145.
- Mittermeier R. 1988, "Primate diversity and the tropical forest: case studies from Brazil and Madagascar and the importance of the Megadiversity countries.", en *Biodiversity*, Wilson E.O., ed., National Academy Press, Washington, pp. 145-154.
- Monson G. 1960, "Effects of climate on desert bighorn numbers.", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 4, pp. 12-14.
- Monson G. y Sumner L. 1980, *The desert bighorn. Its life history, ecology, and management*. University of Arizona Press, Tucson.
- Monson R. y Post G. 1972, "Experimental transmission of *Protostrongylus stilesi* to bighorn-mouflon sheep hybrids.", *The Journal of Parasitology*, vol. 58, no. 1, p. 29.
- Montoya B. y Gates G. 1975, "Bighorn capture and transplant in Mexico.", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 19, pp. 28-32.
- Moore T.D. 1961, "The Texas bighorn sheep transplant", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 5, pp. 53-55.
- Moses D., Martínez A.G., Iorio G., Valcárcel A., Ham A., Pessi H., Castañón R., Macía A., y De las Heras M.A. 1997, "A large-scale program in laparoscopic intrauterine insemination with frozen-thawed semen in Australian Merino Sheep in Argentina Patagonia.", *Theriogenology*, vol. 48, pp. 651-657.
- Mouton R.J., Lee R.M., y Olding R.J. 1991, "A desert bighorn sheep decline in Aravaipa Canyon, Arizona", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 35, pp. 18-19.
- Muir P.D., Semiadi G., Asher G.W., Broad T.E., Tate M.L., y Barry T.N. 1997, "Sambar deer (*Cervus unicolor*) x red deer (*C. elaphus*) interspecies hybrids.", *Journal of Heredity*, vol. 88, no. 5, pp. 366-372.
- Munson L. 1993, "Inbreeding and disease in captive wild animals." en *Zoo and Wild Animal Medicine. Current Therapy 3.*, 3rd edn, Fowler Murray E., ed., W.B. Saunders Company, Pennsylvania, pp. 73-79.
- Myers N. 1988, "Threatened biotas: "hotspots" in tropical forests.", *Environmentalists*, vol. 8, no. 3, pp. 1-20.
- Myers N. 1997, "Global Biodiversity II: Losses and Threats.", en *Principles of Conservation Biology*, 2nd edn, Meffe G.K. y Carroll C.R., eds., Sinauer Associates Inc, Sunderland, Massachusetts, pp. 123-158.
- Nadler C.F., Korobitsina K.V., Hoffmann R.S., y Vorontsov N.N. 1973, "Cytogenic differentiation, geographic distribution and domestication in a palaeartic sheep (*Ovis*).", *Zeit f.Saugertiekunde*, vol. 38, pp. 109-125.
- Newman D. y Pilson D. 1997, "Increased probability of extinction due to decreased effective population size: experimental population of *Clarkia pulchella*.", *Evolution*, vol. 51, pp. 354-362.
- Noss R.E. y Harris L.D. 1986, "Nods, networks, and MUMs: preserving biodiversity at all scales.", *Environmental Management*, vol. 10, pp. 299-309.

- Noss R.F. 1983, "A regional landscape approach to maintain diversity.", *BioScience*, vol. 33, pp. 700-706.
- Nunney L. y Campbell K.A. 1993, "Assesing minimum viable population size: Demography meets population genetics", *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 8, pp. 234-238.
- O'Brien S.J. y Everman J.F. 1985, "Genetic basis for species vulnerability in the cheetah.", *Science*, vol. 227, p. 1428.
- O'Brien S.J. y Everman J.F. 1988, "Interactive influence of infectious disease and genetic diversity in natural populations.", *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 3, pp. 254-259.
- O'Brien S.J., Roelke M.E., Yuhki N., y Richards, K. W. 1990, "Genetic introgression with the Florida Panther (*Felis concolor coryi*).", *Nat Geo Res*, vol. 6, pp. 485-494.
- Obregón F., Arias de Reyna L., y Recuerda P. 1992, "Nursing and suckling behaviour in the mouflon.", *Ethology Ecology and Evolution*, vol. 4, pp. 285-291.
- Onderka D.K. y Wishart W.D. 1982, "Experimental contact transmission of *Pasteurella haemolytica* from clinically normal domestic sheep causing pneumonia in Rocky Mounatin bighorn sheep.", *Journal of Wildlife Diseases*, vol. 24, pp. 663-667.
- Onderka D.K. y Wishart W.D. 1984, "A major bighorn sheep die-off from pneumonia in Southern Alberta.", *Proc. Bienn.Symp.North.Wild Sheep and Goat Counc.*, vol. 3, pp. 356-363.
- Ostermann S.D., De Forge J., y Edge D.W. 2001, "Captive breeding and reintroduction evaluation criteria: a case study of Peninsular Bighorn Sheep.", *Conservation Biology*, vol. 15, no. 3, pp. 749-760.
- Ough W.D. y DeVos J.C.Jr. 1986, "Intermountain travel corridors and their management implications for bighorn sheep.", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 28, pp. 32-36.
- Page B., Goldsworthy S.D., y Hindell M.A. 2000, "Vocal traits of hybrid fur seals: intermediate to their parental species.", *Animal Behaviour*, vol. 61, no. 5, pp. 959-967.
- Palma I.M., Cinco F., Gurrola I., y Mejía O. 3 A.D.a. "Congelamiento de semen de borrego cimarrón (*Ovis canadensis mexicana*) de ejemplares en cautiverio o para actividades cinegéticas.", Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, cd. de México, pp. 286-288.
- Palma I.M., Flores C., Rojas S., Gual F., Peña R.M., Cinco F., Martínez J., Gurrola I., y Mejía O. 3 A.D.b. "Producción de híbridos entre borrego cimarrón (*Ovis canadensis mexicana*) y borregos domésticos (*Ovis aries*).", Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, Cd. de México, pp. 289-291.
- Pastor J., Dewey B., Naiman R.J., Mc Innes P.F., y Cohen Y. 1993, "Moose browsing and soil infertility in the boreal forests of Isle Royale National Park.", *Ecology*, vol. 74, pp. 467-480.
- Pastor J. y Naiman R.J. 1992, "Selective foraging and ecosystem processes in boreal forests.", *American Naturalist*, vol. 134, pp. 690-705.
- Pfeffer P. 1967, "Le mouflon de Corse (*Ovis ammon musimon* Schreber, 1782); position systematique, ecologie et ethologie comparees.", *Mammalia*, vol. 31, pp. 5-251.
- Pimm S.L., Russell G.J., Gittleman J.L., y Brooks T.M. 1995, "The future of biodiversity.", *Science*, vol. 269, pp. 347-350.

- Pollak J.P., Miller P., Lacey R.C., y Brught P. OUTBREAK: A model of Wildlife Disease Epidemiology and its impacts on Population Viability. [0.99 BETA]. 2002. Conservation Breeding Specialist Group/SSC/IUCN.
- Pond C.M. 1977, "The significance of lactation in the evolution of mammals.", *Evolution*, vol. 31, pp. 177-199.
- Pope C.E., Gelwicks E.J., Wachs K.B., Keller G.L., Maruska E.J., y Dresser B.L. 1989. "Successful interpecies transfer of embryos form the Indian desert cat (*Felis silvestris ornata*) to the domestic cat (*Felis catus catus*).", *Biol Reprod*, vol. 40, no. 1, p. 61.
- Pope C.E., Gomez M.C., Davis A.M., Harris R.F., Mikota S.K., Boyd E.H., y Dresser B.L. 2001, "Oocyte retrieval, in vitro fertilization and embryo transfer in the caracal (*Caracal caracal*).", *Theriogenology*, vol. 55, no. 1, p. 397.
- Primack R. 2001, "Problemas de las poblaciones pequeñas.", en *Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas latinoamericanas.*, Primack Richard et al., eds., Fondo de Cultura Económica, México D.F., pp. 363-383.
- Quinn H., Blasdel T., y Platz C.C. 1982, "Successful artificial insemination in the checkered garter snake.", *International Zoo Yearbook*, vol. 28, pp. 177-183.
- Ralls K., Brugger K., y Ballou J. 1979, "Inbreeding and juvenile mortality in small populations of ungulates.", *Science*, vol. 206, p. 1101.
- Ralls K. y Ballou J. 1982a, "Effect of inbreeding on juvenile mortality in some small mammal species.", *Lab Anim*, vol. 16, p. 159.
- Ralls K. y Ballou J. 1982b, "Effects of inbreeding on infant mortality in captive primates.", *International Journal of Primatology*, vol. 3, p. 491.
- Ralls K., Ballou J., y Templeton A.R. 1988, "Estimates of lethal equivalents and the cost of inbreeding in mammals.", *Conservation Biology*, vol. 2, pp. 185-193.
- Ramey II R.R., Luikart G., y Singer F.J. 2000, "Genetic Bottlenecks resulting from restoration efforts: The case of Bighorn Sheep in Badlands National Park.", *Restoration Ecology*, vol. 8, no. 4S, pp. 85-90.
- Reyes Castañeda P. 1990. "Pruebas de hipótesis", en *Bioestadística Aplicada*, 2ª ed (reimp 1995), Reyes Castañeda, ed, Trillas, México D.F., pp. 95-131.
- Risenhoover K.L., Bailey J.A., y Wakelyn L.A. 1988, "Assesing the Rocky Mountain bighorn sheep management problem.", *Wildlife Society Bulletin*, vol. 16, pp. 346-352.
- Robinson J.G. 1993, "The limits to caring: Sustainable living and the loss of biodiversity.", *Conservation Biology*, vol. 7, no. 1, pp. 20-27.
- Rosenberg D.K., Noon B.R., y Meslow C.E. 1997, "Biological corridors: Form, function, and efficacy.", *BioScience*, vol. 47, no. 10, pp. 677-687.
- Rosnina Y., Jainudeen M.R., y Hafez E.S.E. 2000, "Genética de la incapacidad reproductiva.", en *Reproducción e inseminación artificial en animales.*, 7a edn, Hafez E.S.E. y Hafez B., eds., Mc Graw Hil, México D.F., pp. 316-326.

- Rowland M.M. y Schmidt J.L. 1981, "Transplanting desert bighorn sheep: a review.", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 25, pp. 25-28.
- Ryder O.A., McLaren A., Brennar S., Zhang Y., y Benirschke K. 2000, "DNA banks for endangered animal species.", *Science*, vol. 288, pp. 275-277.
- Ryder T.J., Williams E.S., y Anderson S. 1994, "Residual effects of pneumonia on the bighorn sheep of Whiskey Mountain, Wyoming.", *Proc. Bienn.Symp.North.Wild Sheep and Goat Council.*, vol. 9, pp. 15-19.
- Ryder T.J., Williams E.S., Mills K., Bowles K.H., y Thorne T.E. 1992, "Effects of pneumonia on population size and lamb recruitment in whiskey mountain bighorn sheep.", *Proc.Bienn.Symp.North.Wild Sheep and Goat Council.*, vol. 8, pp. 136-146.
- Saccheri I., Kuusari M., Kankare M., Vikman P., Fortelius W., y Hanski I. 1998, "Inbreeding and extinction in a butterfly population.", *Nature*, vol. 392, pp. 491-494.
- SAGARPA. Estimación del Consumo Nacional Aparente (CNA) de Carne de Ovino. <http://www.sagarpa.gob/cna> . 26-2-2002.
- Samson F.B., Pérez Trejo F., y Salwasser H.Shaffer M.L. 1985, "On determining and managing minimum population size.", *Wildlife Society Bulletin*, vol. 13, pp. 425-433.
- Sandoval A.V. 1979, *Preferred habitat of desert bighorn sheep in the San Andres Mountains, New Mexico.*, Master of Science, Colorado State University.
- Sandoval A.V. 1980, "Management of a psoroptic scabies epizootic in bighorn sheep (*Ovis canadensis mexicana*) in New Mexico.", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 24, pp. 21-28.
- Sandoval A.V. 1988, "Bighorn sheep die-off following association with domestic sheep: case history.", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 32, pp. 36-38.
- Santiago J., González de Bulnes A., Gómez A., y López A. 1999, "Changes in the concentrations of progesterone during pregnancy in the mouflon (*Ovis gmelini musimon*).", *Medicina Veterinaria*, vol. 16, no. 3, pp. 134-141.
- Sausman K.A. 1984, "Survival of captive-born *Ovis canadensis* in North American zoos.", *Zoo Biology* , vol. 3, pp. 111-121.
- Schrag S.J. y Wiener P. 1995, "Emerging infectious diseases: what are the relative roles of ecology and evolution?", *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 10, pp. 319-324.
- Seegmiller R.F. y Ohmart R.D. 1981, "Ecological relationship of feral burros and desert bighorn sheep.", *Wildlife Monographs* , vol. 78, pp. 1-58.
- SEMARNAP <http://www.semarnap.gob.mx>. 2001
- SEMARNAT. Evaluación y análisis del estado actual de las poblaciones silvestres de borrego (*Ovis canadensis*): Recomendaciones para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable. SEMARNAT . 2004. En Prensa
- Seton E.T. 1929, "The bighorn.", in *Lives of the game animals*, Vol.3 Part 2 edn, Seton E.T., ed., Doubleday Doran Co., Garden City, New York, pp. 519-573.

Shackleton D. 1973, *Population quality and bighorn sheep (Ovis canadensis canadensis Shaw)*, PhD, Thesis University of Calgary, Alberta.

Shackleton D. y Haywood J. 1985, "Early mother-young interactions in California bighorn sheep, *Ovis canadensis californiana*.", *Canadian Journal of Zoology*, vol. 63, no. 4, pp. 868-875.

Shackleton D., Shank C.C., y Wikeem B.M. 1999, "Natural History of Rocky Mountain and California Bighorn Sheep.", in *Mountain Sheep of North America*, 1st edn, Valdez Raul y Krausman Paul R., eds., The University of Arizona Press, Arizona, pp. 78-138.

Silflow R.M., Foreyt W.J., y Lagerquist J.E. 1994, "Evaluation of the cytotoxicity of various isolates of *Pasteurella haemolytica* from bighorn sheep and other ungulate populations.", *Proc Biennial Symposium of the North American Wild Sheep and Goat Council*, vol. 9, pp. 1-6.

Simmons N.M. 1980, "Behavior," in *The Desert Bighorn. Its life history, ecology and evolution.*, 4th edn, Monson G. y Sumner L., eds., University of Arizona Press., Tucson, Arizona, pp. 124-144.

Singer F.J., Bleich V.C., y Gudorf M.A. 2000, "Restoration of bighorn sheep metapopulations in and near Western National Parks.", *Restoration Ecology*, vol. 8, no. 4S, pp. 14-24.

Singer F.J., Papouchis C.M., y Symonds K.K. 2000, "Translocation as a tool for restoring populations of bighorn sheep.", *Restoration Ecology*, vol. 8, no. 4S.

Singer F.J., Williams E.S., Miller M.W., y Zeigenfuss L.C. 2000, "Population growth, fecundity, and survivorship in recovering populations of bighorn sheep.", *Restoration Ecology*, vol. 8, no. 4S, pp. 75-84.

Sistema Meteorológico Nacional. Información climatológica del estado de Puebla. <http://www.smn.cna.gob.mx> . 2003. México D.F.

Spalding D.J. 1966, "Twinning in bighorn sheep.", *J. Wildl Management*, vol. 30, p. 207.

Spraker T.R. y Hibler C.P. 1982, "An overview of the clinical signs, gross and histological lesions of the pneumonia complex in bighorn sheep.", *Proceedings of the Northern Wild Sheep and Goat Council*, vol. 3, pp. 163-172.

Spraker T.R. y William J.A. 1990, "Problems with "multiple land use" dealing with bighorn sheep and domestic livestock.", *Proc. Bienn.Symp.North.Wild Sheep and Goat Council.*, vol. 7, pp. 67-75.

Stover J., Evans J., y Dolensek E.P. 1981, "Interspecies embryo transfer from the gaur to the domestic holstein.", *Proceedings of the American Association of Zoo Veterinarians*. pp. 122-124.

Summers P.M., Shephard A.M., Hodges J.K., Kydd J., Boyle M.S., y Allen W.S. 1987, "Successful transfer of the embryo of Prezewalski's horse (*Equus przewalskii*) and grant's zebra (*E. burchelli*) to domestic mares (*E. caballus*).", *Journal Reprod Fertil*, vol. 80, pp. 13-20.

Tear T.H., Scott J.M., Hayward P.H., y Griffith B. 1993, "Status and prospects for success of Endangered Species Act: A look at recovery plans.", *Science*, vol. 262, pp. 976-977.

Technical staff from Desert Bighorn Council 1990, "Guidelines for management of domestic sheep in the vicinity of desert bighorn habitat.", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 34, pp. 33-35.

Templeton A.R. y Read B. 1984, "Factors eliminating inbreeding depression in a captive herd of Speke's gazelles.", *Zoo Biology*, vol. 3, p. 177.

- Torbjorn E. 1995, "Conservation breeding as a tool for saving animal species from extinction.", *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 10, no. 11, pp. 438-443.
- Torres S.G., Bleich V.C., y Wehausen J.D. 1994, "Status of bighorn sheep in California, 1993.", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 38, pp. 17-28.
- Tucker E.M. y Clarke S.W. 1980, "Comparative aspects of biochemical polymorphism in the blood of Caprinae species and their hybrids.", *Anim. Blood Grps biochem. Genet.*, vol. 11, pp. 163-183.
- Turner J.C. y Hansen C.G. 1980, "Reproduction," in *The desert bighorn. Its life history, ecology, and management.*, 4th edn, Monson G. y Sumner L., eds., The University of Arizona Press, Tucson, Arizona, pp. 145-151.
- Valdez R. y Krausman P.R. 1999, "Description, distribution, and abundance of mountain sheep in North America.," in *Mountain sheep of North America*, 1st edn, Valdez Raul y Krausman Paul R., eds., The University of Arizona Press, Tucson, Arizona, pp. 3-19.
- Ward A.C.S., Hunter D., Rudolph K., DeLong W.J., Bulgin J.M., Cowan L.M., McNeil H.J. y Miller M.W. 1999, "Immunologic response of domestic and bighorn sheep to a multivalent *Pasteurella hamolytica* vaccine.", *Journal of Wildlife Diseases*, vol. 35, no. 2, pp. 285-296.
- Warren E.K. 1990, "Predator relationships." in *The Desert Bighorn. Its life history, ecology and management.*, 4th edn, Monson G. y Sumner L., eds., The University of Arizona Press, Tucson, Arizona, pp. 186-196.
- Weaver R.A. 1989, "Status of Bighorn Sheep in California, 1988.", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 33, pp. 11-13.
- Welsh G.W. 1971, "What's happening to our sheep?", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 15, pp. 63-73.
- Welsh G.W. y Bunch T.D. 1982, "Three-year observation of psoroptic scabies in desert bighorn sheep from Northwestern Arizona.", *Desert Bighorn Council Transaction*, vol. 26, pp. 42-44.
- Whitehead P.E. y McEwan E.H. 1980, "Progesterone levels in peripheral plasma of Rocky Mountain bighorn ewes (*Ovis canadensis*) during the estrous cycle and pregnancy.", *Can.J.Zool.*, vol. 58, pp. 1105-1108.
- Wildt DE, Bush M., y Goodrowe KL 1987, "Reproductive and genetic consequences of founding isolated lion populations.", *Nature*, vol. 329, p. 328.
- Wildt DE, Monfort S.L., Donoghue A.M., Johnston L.A., y Howard J.G. 1992, "Embryogenesis in conservation biology- or, how to make an endangered species embryo.", *Theriogenology*, vol. 37, no. 1, pp. 161-184.
- Williams E.S., Snyder S.P., y Martin K.L. 1983, "Pathology of spontaneous and experimental infection of North American wild ruminants with *Mycobacterium paratuberculosis*.", *Vet Pathol*, vol. 20, no. 3, pp. 274-290.
- Wishart W.D., Jorgenson J.T., y Hilton M. "A minor die-off of bighorns from pneumonia in Southern Alberta (1978)", *Proceedings of the second biennial symposium edn, Northern Wild Sheep and Goat Council.*, Salmon, Idaho, pp. 229-245.
- Wolf C.M., Griffith B., Reed C., y Temple S.A. 1996, "Avian and mammalian translocations: update and reanalysis of 1987 survey data.", *Conservation Biology*, vol. 10, pp. 1142-1154.

Woodford M.H. 2001, Preface in "Quarantine and health screening protocols for wildlife prior to translocation and release into the wild." Office International des Epizooties, Veterinary Specialist Group/Species Survival Commission of the World Conservation Union (IUCN), Care for the Wild International and the European Association of Zoo and Wildlife Veterinarians.

Woodgerd W.R. 1964, "Population dynamics of bighorn sheep on Wildrose Island.", *J.Wildl Management*, vol. 28, pp. 381-391.

Woodroffe R. 1999, "Managing disease threats to wild mammals.", *Animal Conservation*, vol. 2, pp. 185-193.

Young S.P. y Manville R.H. 1960, "Records of Bighorn Hybrids.", *Journal of Mammalogy*, vol. 41, pp. 523-525.

Zar Jerrold H. 1996. "Múltiple Comparisons", en *Biostatistical Analysis*, 3a edición, Zar Jerrold H. ed., Prentice Hall. New Jersey, pp. 211-234.

Zeigenfuss L.C., Singer F.J., y Gudorf M.A. 2000, "Test of a modified habitat suitability model for bighorn sheep.", *Restoration Ecology*, vol. 8, no. 4S, pp. 38-46.

Cuadro 1: Epizootias y mortalidades que han sido reportadas en borrego cimarrón (*O. canadensis*).

Lugar	Fecha epizootia % mortalidad - (Pob. inicial)	Enfermedad Asociada	Referencia
Wyoming	1881, 1885	Sarna	(Lange 1980)
Montana	1880-1890	Sarna	(Lange 1980)
Idaho	1870-1880	Sarna	Smith, en (Goodson 1982)
California	1870-1879, 1898	Sarna	(Lange 1980)
Rock Ck., Montana	1900-1920	No determinada	(Goodson 1982)
Rocky Mountain National Park Colorado	1917-1930 100%	Neumonía	Packard y Shepherd en (Goodson 1982)
UTAH	1916-1922	Sarna	(Dean 1977)
Sun River Montana	1925 70%	No determinada	Picton en (Goodson 1982)
Colorado	1931	Sarna	(Lange 1980)
Oregon	1936	Sarna	(Lange 1980)
Kootenay Natl. Park British Columbia Canada	1939	Neumonía	(Goodson 1982)
Thompson Falls Montana	1942-1950 100% (50)	No determinada (aparente contacto con borrego dom.)	(Goodson 1982)

Cuadro 1 (Cont.)

Dinosaur Natl. Mon. Colorado	1950 100%	No determinada	(Goodson 1982)
Upper Rock Creek, Montana	1965-1970 100% (150)	Neumonía por contacto con borrego doméstico	(Goodson 1982)
Bull River British Columbia Canada	1965 97% (250)	Neumonía por contacto con borrego doméstico	(Goodson 1982)
Utah St. Univ. Utah	1970s 100%	Neumonía por contacto con borrego doméstico	(Goodson 1982)
Univ. British Columbia Canada	1970s 100%	Neumonía por contacto con borrego doméstico	(Goodson 1982)
Colorado St. Univ. Colorado	1970s 100%	Neumonía por contacto con borrego doméstico	(Goodson 1982)
Black Gap Wildlife Management Area	1971 90% (20)	Neumonía por estrés al ser liberados	(Kilpatric 1982)
Sheep River Sanctuary, Alberta	1979 10% (100)	Neumonía desencadenada por parásitos pulmonares	(Wishart, Jorgenson y Hilton 1980)
Black Mountains, California y Nevada	1980-1981 38% (511)	Sarna aparentemente desencadenada por estrés (sequía y pico poblacional)	(Welsh y Bunch 1982)

Cuadro 1(Cont.)

Waterton Canyon, Colorado	1980-1981 77% (77)	Neumonía desencadenada por estrés de act. humanas (construcciones)	(Bailey 1986)
MacQuire Creek, British Columbia Canada	1981-1982 52% (50)	Neumonía por contacto con borrego dom.	Davidson en (Goodson 1982).
Lava Beds Natl. Mon. Can.	1980 76% (42)	Neumonía por estrés desencadenada aparentemente por captura	(Blaisdell 1982)
Mormon Mountains Nevada	1981 50% (600)	Neumonía por contacto con borrego dom.	(Jessup 1981)
Methow Game Range Washington	1979-1981 93% (14)	Neumonía por contacto con borrego doméstico	(Foreyt y Jessup 1982)
Wigwam, British Columbia, Canada	1982 50% (300)	Neumonía por contacto con borrego doméstico	(Goodson 1982)
Warner Mountains California	1988 100% (65)	Neumonía por aparente contacto con borrego doméstico	(Weaver 1989)
Latir parks, N.M.	1981 100% (36)	Neumonía por contacto con borrego dom.	(Sandoval 1988)

Cuadro 1 (Cont.)

Sheep River Wildlife Sanctuary, Alberta	1985 54% (250)	Aparente neumonía; posible origen estrés	(Festa-Bianchet 1988a)
Lostine, Wallowa Mountains, Oregon	1986 70% (97)	Neumonía por contacto con borrego dom.	(Coggins y Matthews 1992)
Wash. St. Univ. Washington	1987 30% (10 hembras)	Neumonía por contacto con borrego dom.	(Foreyt 1990)
Utah St. Univ. Utah	1988 80% (5)	Neumonía por contacto con borrego dom.	(Martin, Schommer, y Coggins 1996)
Sheep River Alberta	1988 100% (2)	Neumonía por contacto con borrego dom.	(Onderka y Wishart 1984)
Southeast Wasington	1988 62%	Sarna (<i>Psoroptes ovis</i>)	(Foreyt, Coggins, y Fowler 1990)
Aravaipa Canyon Arizona	1989 59% (195)	Lengua azul -EHD, sequía, presencia de ganado	(Mouton, Lee y Olding 1991)
Whiskey Mountains Dubois, Wyoming	1990-1991 30-40% (600-900)	Neumonía por estrés climático (bajas temperaturas)	(Ryder et al. 1992)
Utah St. Univ. Utah	1991 100% (5)	Neumonía por contacto con borrego dom.	(Callan et al. 1991)

Cuadro 1 (Cont.)

East Range Nev	1992-1993	No determinada	(Martin, Schommer y Coggins 1996)
Desatoya Range Nev	1992-1993	Neumonía	(Martin, Schommer , y Coggins 1996)
Hells Canyon Ram Washington and Oregon.	1995 50-75% (700)	Neumonía, estrés por ganado, cabras y borregos domésticos	(Cassirer et al. 1996)

Cuadro 2: Número cromosómico y capacidad reproductiva reportados en algunos híbridos de equinos, bovinos y caprinos. (Hafez y Hafez 2000a);(BBC News 2001);(Delgadillo et al. 2003);(Mine et al. 2000);(Rosnina, Jainudeen, y Hafez 2000);(Palma et al. 2003b);(Muir et al. 1997).

Especies y número cromosómico (2N) PADRE	MADRE	Núm. Cromosómico del Híbrido	Capacidad Reproductiva
Caballo silvestre de Mongolia, 66 (<i>E. przewalskii</i>)	Caballo doméstico, 64 (<i>E. caballus</i>)	65	Se ignora
Burro, 62 (<i>E. asinus</i>)	Caballo doméstico, 64 (<i>E. caballus</i>)	63 (Mula)	Estéril
Caballo doméstico, 64 (<i>E. caballus</i>)	Burro, 62 (<i>E. asinus</i>)	63 (Burdégano)	Macho: Estéril Hembra: Fértil excepcionalmente
Onagro nubio, 62 (<i>E. asinus africanus</i>)	Burro, 62 (<i>E. asinus</i>)	62	Fértil
Onagro silvestre de Mongolia, 56 (<i>E. hemionus</i>)	Burro, 62 (<i>E. asinus</i>)	59	Ocasionalmente Fértil
Cebra de Grevy, 46 (<i>E. grevyi</i>)	Caballo doméstico, 64 (<i>E. caballus</i>)	55	Estéril
Burro, 62 (<i>E. asinus</i>)	Cebra de Montana, 34 (?) (<i>E. zebra</i>)	48	Estéril
Cebra, 44	Pony de Shetland, 64	?	Estéril
Cebra de Burchnelli, 44 (<i>E. burchnelli</i>)	Burro, 62 (<i>E. asinus</i>)	53	Estéril

Cuadro 2 (Cont)

Bisonte americano, 60 (<i>Bison bison</i>)	Cebú, 60 (<i>Bos indicus</i>)	60	Hembras fértiles
Búfalo de agua, 50 (<i>Bubalus bubalis</i>)	Búfalo de pantano, 48 (<i>Bubalus carabanesis</i>)	49	Fértiles
Bisonte americano, 60 (<i>Bison bison</i>)	Bovino doméstico, 60 (<i>Bos taurus</i>)	60 (Cattalo)	Machos F1 estériles
Bovino doméstico, 60 (<i>Bos taurus</i>)	Bisonte americano, 60 (<i>Bison bison</i>)	60 (Cattalo)	Machos F1 estériles
Ciervo sambar, 56 (<i>Cervus unicolor</i>)	Ciervo rojo, 68 (<i>Cervus elaphus</i>)	62	?
Cabra doméstica, 60 (<i>Capra hircus</i>)	Berberisco, 58 (<i>Ammotragus lervia</i>)	59 (?)	Fetos a término pero no hay hibridos vivos
Cabra doméstica, 60 (<i>Capra hircus</i>)	Ovino doméstico, 54 (<i>Ovis aries</i>)	57	Estéril Embriones reabsorbidos o abortados generalmente
Ovino doméstico, 54 (<i>Ovis aries</i>)	Muflón, 54 (<i>Ovis musimon</i>)	54	Fértiles
Borrego cimarrón, 54 (<i>Ovis canadensis</i>)	Ovino doméstico, 54 (<i>Ovis aries</i>)	54	Fértiles

Cuadro 3: Algunas diferencias fenotípicas y fisiológicas entre muflón (*O. musimon*) y cimarrón (*O. canadensis mexicana*). (Hass 1995), (Bunch y Nguyen 1982), (Turner J.C. y Hansen 1980), com. pers.⁷

	<i>Ovis musimon</i>	<i>Ovis canadensis</i>
Duración gestación	\bar{x} = 150 días	\bar{x} = 179 días
Ciclo estral	17-18 días	28 días
Número crías	Habitualmente una, pero los gemelos son comunes.	Una cría. Los gemelos son raros.
Peso adultos	Macho: \bar{x} = 50 kg Hembra: \bar{x} = 30 kg	Macho: \bar{x} = 73 kg. Hembra: \bar{x} = 48 kg.
Talla (altura a los hombros)	60-75 cm.	76-100 cm.
Peso al nacimiento	\bar{x} = 2 - 2.8 kg.	\bar{x} = 2.5 - 3.9 kg.
Color	Hembras café claro (miel) a café oscuro (rojizo o marrón). Machos presentan (en invierno) una zona blanca o más clara en la región dorso-central, y una gola o gorguera. Presentan una limitada zona blanca pélvica que abarca la porción caudal de la zona muscular gluteobíceps y se continúa por la mitad medial de los miembros pélvicos.	Café claro (arena) a oscuro (grisáceo) en forma homogénea. Presentan al igual que los muflones una zona blanca en la región pélvica, pero mucho más extensa abarcando por completo la zona muscular gluteobíceps.
Cuernos	Presentes en machos, hembras ocasionalmente.	Presentes en machos y hembras.

⁷ MVZ Hernández Alejandra, zoológico Africam Safari, noviembre 2003.

Cuadro 4: Números de cromosomas de los ovinos domésticos y silvestres y de las especies emparentadas (Nadler C.F. et al. 1973).

Nombre Sistemático	Nombre Común	Origen	Cromosomas
<i>Ovis nivicola</i>	Borrego de las nieves	Siberia orient.	52
<i>Ovis aries</i>	Borrego doméstico	Europa	54
<i>Ovis musimon</i>	Muflón europeo	Europa	54
<i>Ovis orientalis</i>	Muflón asiático	Asia	54
<i>Ovis dalli</i>	Borrego de Dall	América del Norte	54
<i>Ovis canadensis</i>	Borrego cimarrón	América del Norte	54
<i>Ovis ammon</i>	Arkhar o argali	Asia	56
<i>Ovis vignei</i>	Urial	Asia	58
<i>Ammotragus lervia</i>	Berberisco	África del Norte	58
<i>Capra hircus</i>	Cabra doméstica	Europa	60
<i>Capra aegagrus</i>	Cabra silvestre	Europa/Asia	60

Cuadro 5: Identificación y fecha de nacimiento de muflonas utilizadas para la i.a. con semen de cimarrón.

ARKS	NO. MUESCA	FECHA NACIMIENTO
3382	70	11-NOV- 99
4363	131	19-NOV-01
4389	149	4-DIC-01
3590	94	19-JUN-00
3906	123	15-FEB-01
3920	127	5-MAR-01
4384	142	2-DIC-01
4393	146	4-DIC-01
4395	151	4-DIC-01
	154	22-DIC-01
3879	102	30-ENE-01
2976	48	28-ENE-98
	MARTHA	1992

Cuadro 6: Días de gestación y peso al nacimiento de los híbridos de muflón x cimarrón.

Hembras gestantes	Días al parto	Id cría	Sexo	Peso
102	150	Xoxo	Hembra	No se registró
Martha	156 (mortinato)	S/n	Hembra	435 g
70	155	María	Hembra	2.61 kg
127 (B) (collar blanco)	154	B-Osvaldo M/230	Macho	1.826 kg.
127 (B)	154	B-Alejandra M/229	Hembra	1.324 kg.
48 (A) (collar azul)	155	S/n (fallecida)	Hembra	1.032 kg.
48 (A)	155	A-Mila M/232	Hembra	1.358 kg.
48 (A)	155	A-Albpin M/231	Hembra	1.4 kg
146 (V) (collar verde)	157	V-Manfer M/234	Hembra	1.434 kg.

Cuadro 7: Concentraciones plasmáticas de progesterona en muflonas gestantes de híbrido cimarrón x muflón.

Identificación	Fecha / Días de gestación	Niveles de Progesterona
Martha	Basal	0.03
(mortinato)	4 sept. 02 / 29 días	9.20
	15 oct 02 / 70 días	7.60
	5 nov 02 / 91 días	5.31
	17 dic 02 / 133 días	8.95
	6 ene 03 / 153 días	0.64
102	Basal	0.55
	4 sept 02 / 29 días	10.92
	15 oct 02 / 70 días	8.56
	5 nov 02 / 91 días	10.48
	17 dic 02 / 133 días	20.66
70	Basal	0.21
	5 nov 02 / 47 días	8.01
	17 dic 02 / 89 días	11.85
	31 ene 03 / 134 días	14.99
127	Basal	0.30
(2 crías)	31 ene 03 / 87 días	11.07
	28 feb 03 / 115 días	29.17
	27 mzo 03 / 142 días	11.75
48	Basal	0.32
(3 crías)	31 ene 03 / 87 días	13.45
	28 feb 03 / 115 días	26.71

Cuadro 7 (Cont.)

	27 mzo 03 / 142 días	13.93
146	Basal	0.37
	17 dic 02 / 42 días	3.91
	31 ene 03 / 87 días	4.12
	28 feb 03 / 115 días	14.24

Cuadro 8: Calendario de inseminaciones y partos en la producción de híbridos de cimarrón x muflón.

SINCRONIZACIÓN	INSEMINACION	PARTOS
<i>23 julio</i>	<i>6 Agosto</i>	
102	102	3 enero
Martha	Martha	6 enero
70	70	repetidora
123	123	repetidora
127	127	repetidora
<i>4 septiembre</i>	<i>19 septiembre</i>	
94	94	Repetidora
48	no se encontró esponja	- - -
70	70	17 de febrero
123	123	repetidora
127	127	repetidora
<i>23 octubre</i>	<i>5 noviembre</i>	
94	94	repetidora
48	48	7 de abril
123	123	repetidora
127	127	6 de abril
154	154	repetidora
131	131	repetidora
142	142	repetidora
149	149	repetidora
146	146	8 de abril
151	151	repetidora

Cuadro 9. Distribución de tipos de inicio y término de la conducta de succión de híbridos cimarrón x muflón.

Inicia- Finaliza	1ª sem	2ª sem	3ª sem	4a sem
C – C	6 %	5%	3%	0%
M – C	0.14%	0%	0.43%	0.29%
M - M	0.29%	0.57%	0.43%	0%
C - M	93.57%	94.43%	96.14%	99.71%

Cuadro 10: Latencia de 2 corderos híbridos cimarrón x muflón, a primeras conductas con relación a la succión.

	B- Osvaldo	B- Alejandra
Latencia a primer intento de succión	10 minutos	9 minutos
Latencia a primera succión	31 minutos	49 minutos
Latencia entre primera y segunda succión	25 minutos	10 minutos

Cuadro 11: Índices de Asociación Madre - Cría híbrido.

Híbrido	1a sem	2a sem	3a sem	4a sem
Xoxo	1	0.6875	0.48	0.3333
Maria	0.8125	0.7317	0.3478	0.25
B-Osv	0.1285	0.4216	0.2631	0.125
B-Ale	0.1667	0.4333	0.2247	0.1194
A-Mila	0.9367	0.8051	0.8202	0.6986
A-Albpin	0.8987	0.8333	0.7977	0.6756
V-Manfer	0.8333	0.4268	0.2584	0.0789

Cuadro 12: Proporciones de asociación Madre – Cría híbrido

1a sem							
	Xoxo	María	B-Osv	B-Ale	A-Mila	A-Albpin	V-Manfer
S	0%	11%	22%	9%	3%	6%	3%
M	100%	74%	12%	17%	93%	90%	83%
O	0%	14%	66%	74%	4%	4%	13%
2a sem							
S	0%	7%	0%	0%	6%	5%	5%
M	69%	63%	42%	43%	81%	83%	43%
O	31%	30%	58%	57%	13%	12%	52%
3a sem							
S	4%	28%	0%	1%	3%	3%	1%
M	48%	32%	27%	22%	82%	80%	26%
O	48%	40%	73%	76%	15%	17%	73%
4a sem							
S	13%	36%	2%	1%	1%	4%	4%
M	35%	25%	13%	12%	70%	68%	8%
O	52%	39%	86%	87%	29%	28%	88%

S= solo; M = Madre; O= Otros miembros del grupo

Cuadro 13: Características físicas de los híbridos cimarrón x muflón.

Identificación híbrido - Edad	Talla (pezuña a la cruz)	Circunferencia cabeza	Largo cabeza (de inserción oreja a punta de la nariz)	Color / presencia de cuernos
Xoxo 4.5 meses	55 cm	38 cm	18 cm	Café claro (arena) Presenta cuernos
María 3 meses	51 cm	36 cm	16 cm	Café muy claro (miel), con franja blanca en cabeza. Presenta cuernos.
A-Mila 1.5 meses	41 cm	28 cm	15 cm	Café claro (arena). No presenta cuernos.
A-Alpin 1.5 meses	38.5	27 cm	13 cm	Café claro (arena). Presenta cuernos.
B-Osvaldo 1.5 meses	46 cm	28 cm	15 cm	Café claro (arena). Presenta cuernos (más desarrollados que en las hembras).
B-Alejandra 1.5 meses	38 cm	25.5 cm	14 cm	Café claro y blanco, con franja blanca en la cabeza. Presenta cuernos
V-Manfer 1.5 meses	40 cm	27.5 cm	14 cm	Café claro (arena). Presenta cuernos.

FIGURAS



Figura 1: Distribución histórica del borrego cimarrón (*O. canadensis*) en México.



Figura 2: Distribución actual del borrego cimarrón (*O. canadensis*) en México

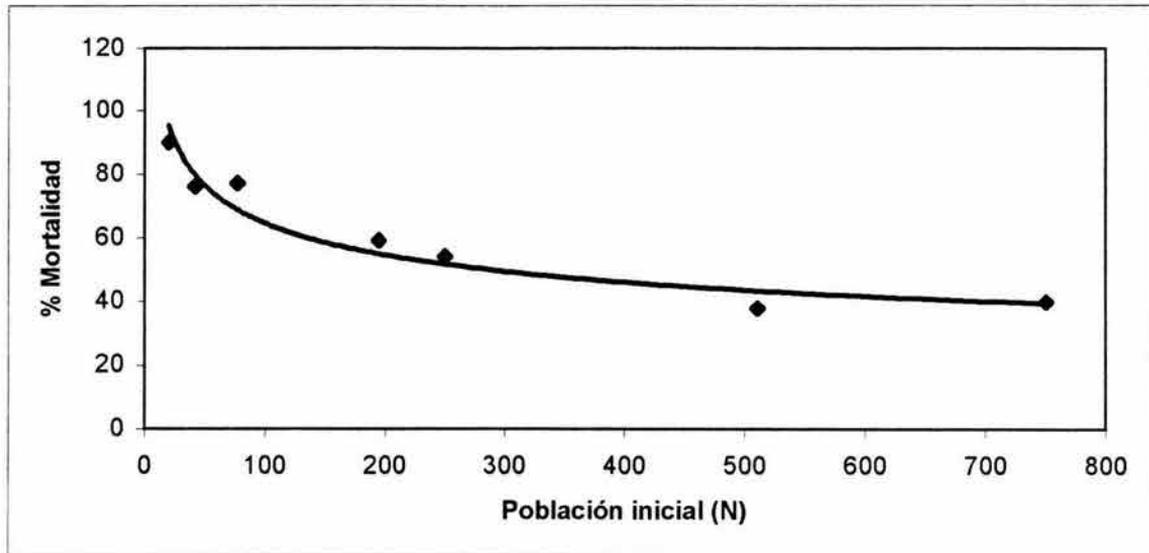


Figura 3a: Relación entre el tamaño de población inicial (previo a la epizootia) y el porcentaje de mortalidad en epizootias desencadenadas por factores estresantes ($r^2= 0.96$, $p < 0.05$). Se obtuvo la siguiente fórmula $y = -14.619 \ln(x) + 134.53$ con un error estimado de 4.6%.

Población Inicial (N)	% Mortalidad esperada
20	91
50	77
100	67
163	60
200	57
300	51
324	50
400	46

Fig. 3b: Relación entre diferentes números de poblaciones iniciales y el posible porcentaje de mortalidad causado por una epizootia desencadenada por factores estresantes. Para que el porcentaje de mortalidad sea igual o menor al 60%, se requeriría posiblemente de una población mínima de 160 animales.

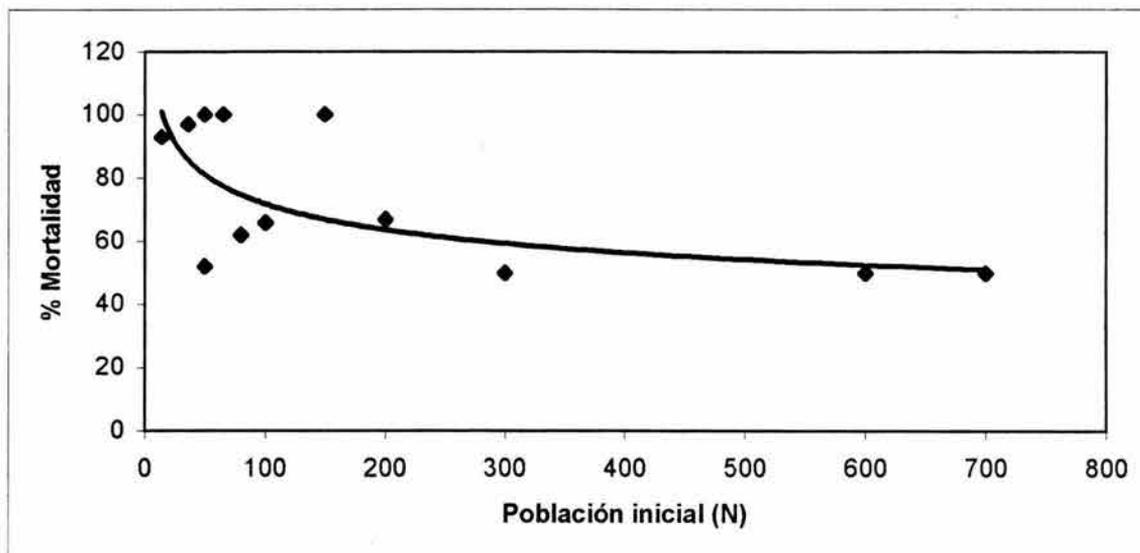


Figura 4a: Relación entre el tamaño de población inicial (previo a la epizootia) y el porcentaje de mortalidad en epizootias originadas por el contacto con un patógeno “nuevo” ($r^2= 0.41$, $P < 0.05$). Se obtuvo la siguiente fórmula $y= -12.257 \text{ Ln} (x) + 131.29$ con un error estimado de 17.35%.

Población Inicial (N)	% Mortalidad esperada
20	94
50	83
100	75
200	66
335	60
400	58
500	55
760	50
800	49

Fig. 4b: Relación entre diferentes números de poblaciones iniciales y el posible porcentaje de mortalidad desencadenado por una epizootia originada por contacto con patógeno “nuevo”. Para que el porcentaje de mortalidad sea igual o menor al 60%, se requeriría posiblemente de una población mínima de 335 animales.

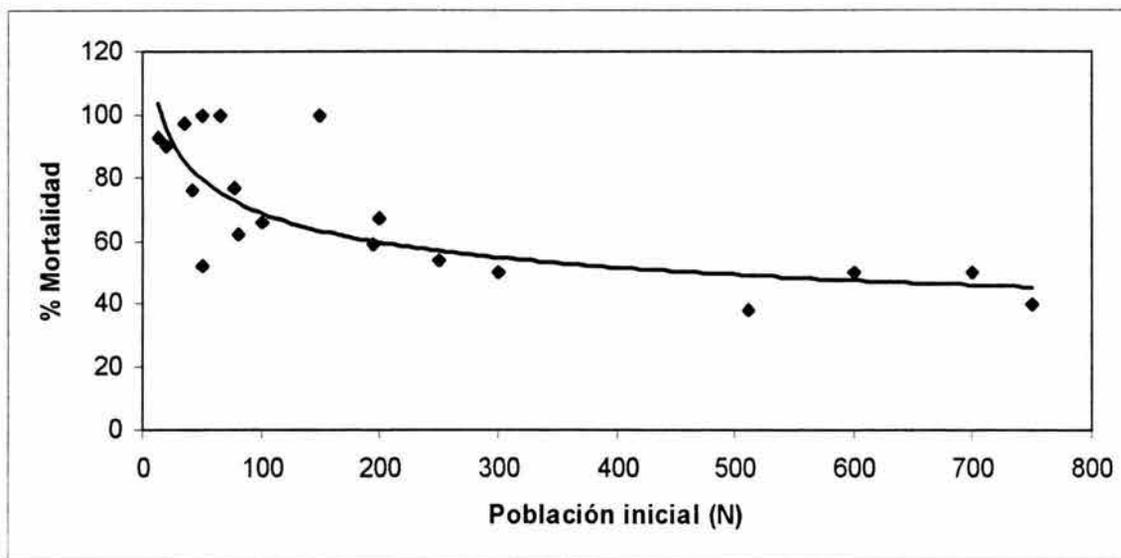
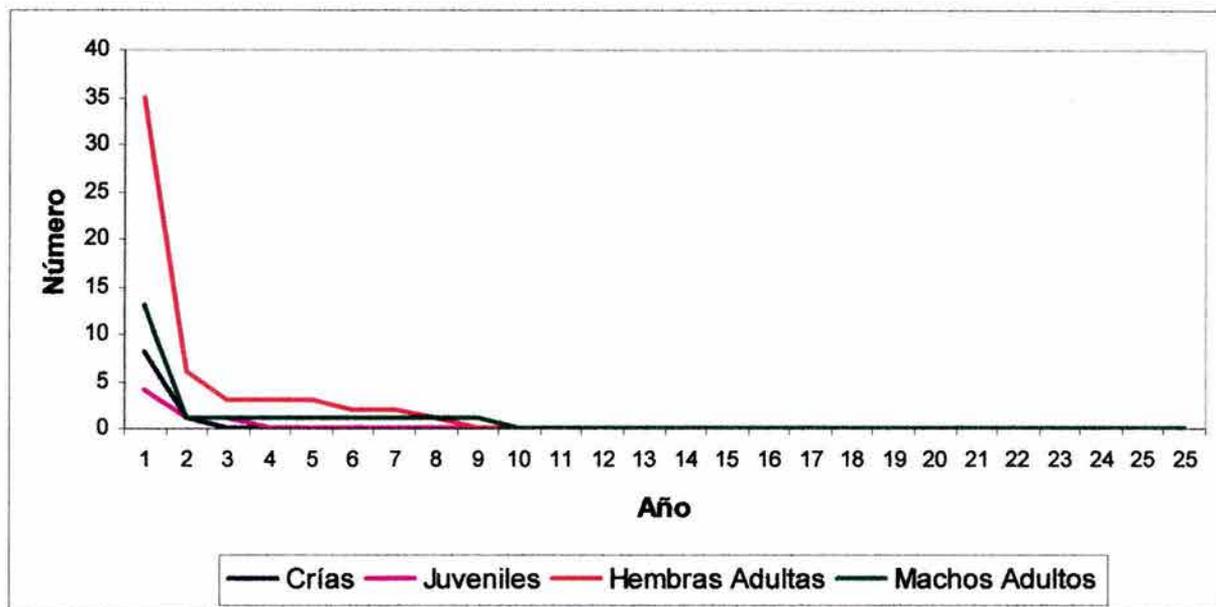


Figura 5a: Relación entre el tamaño de población inicial (previo a la epizootia) y el porcentaje de mortalidad en epizootias documentadas ($r^2= 0.573$, $P < 0.05$). Se obtuvo la siguiente fórmula $y= -13.63 \ln(x) + 134.73$ con un error estimado de 14.89%.

Población Inicial (N)	% Mortalidad esperada
20	93 %
50	81 %
100	72 %
200	62 %
240	60 %
300	57 %
400	53 %
500	50 %
600	47 %

Fig. 5b: Relación entre diferentes números de poblaciones iniciales y el posible porcentaje de mortalidad desencadenado por una epizootia. Para que el porcentaje de mortalidad sea igual o menor al 60% se requeriría posiblemente de una población inicial de 240 animales.

(A)



(B)

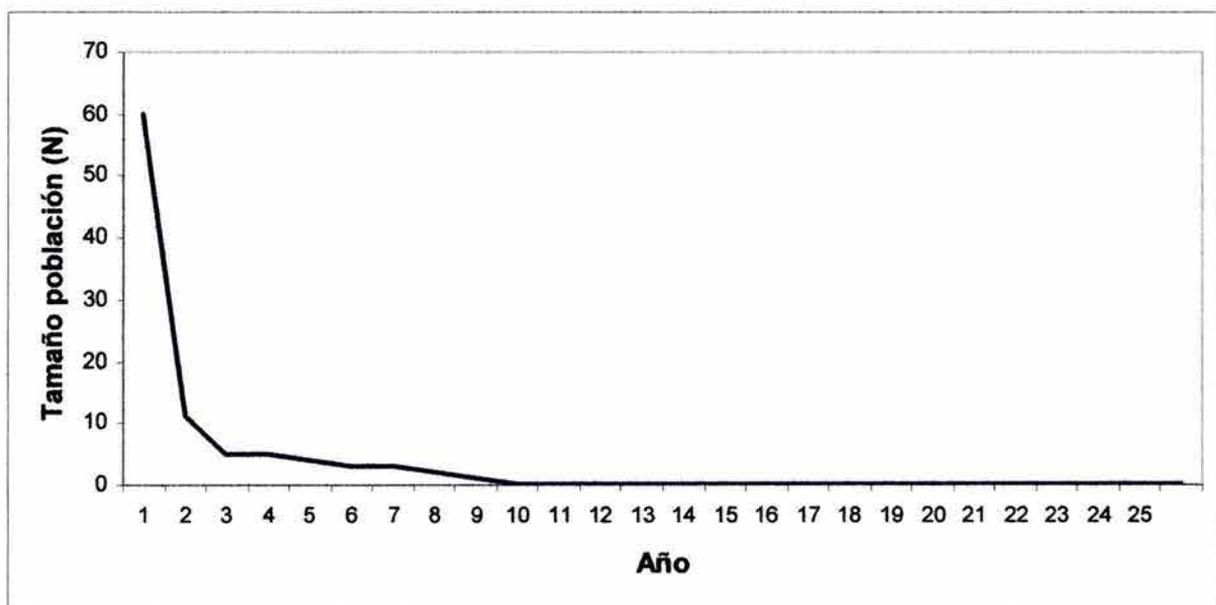
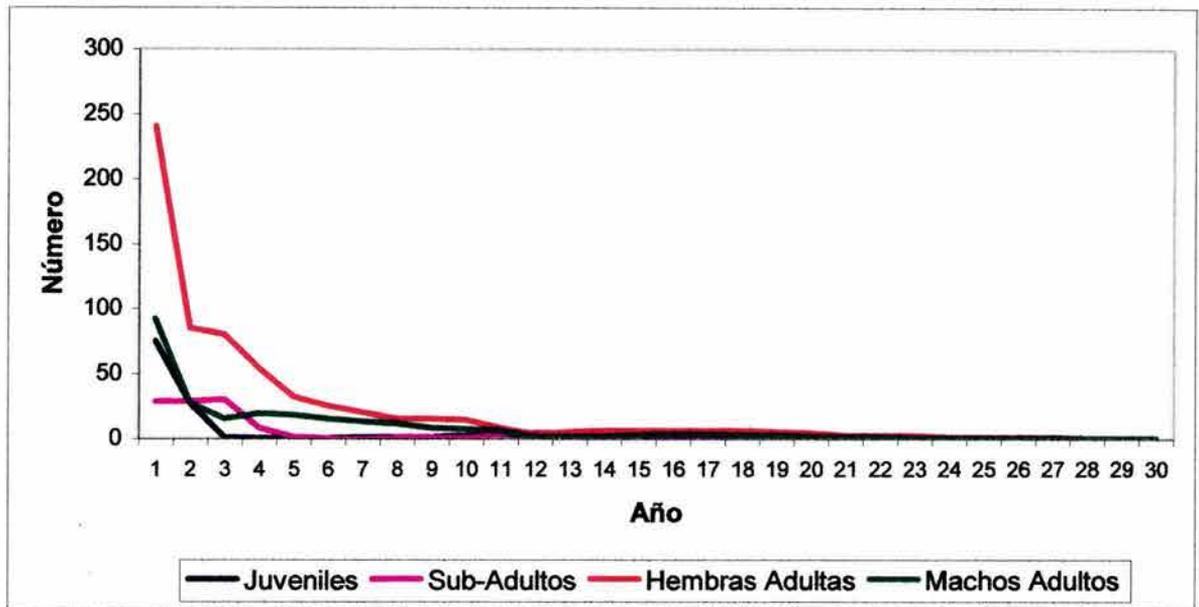


Figura 6: Dinámica demográfica de una población de 60 animales en su composición estructural (A) y en la población total (B) durante y después de una epizootia por contacto con un patógeno “nuevo”. Se consideró que el riesgo de contacto permaneció durante los 30 años para los que se modeló las población.

(A)



(B)

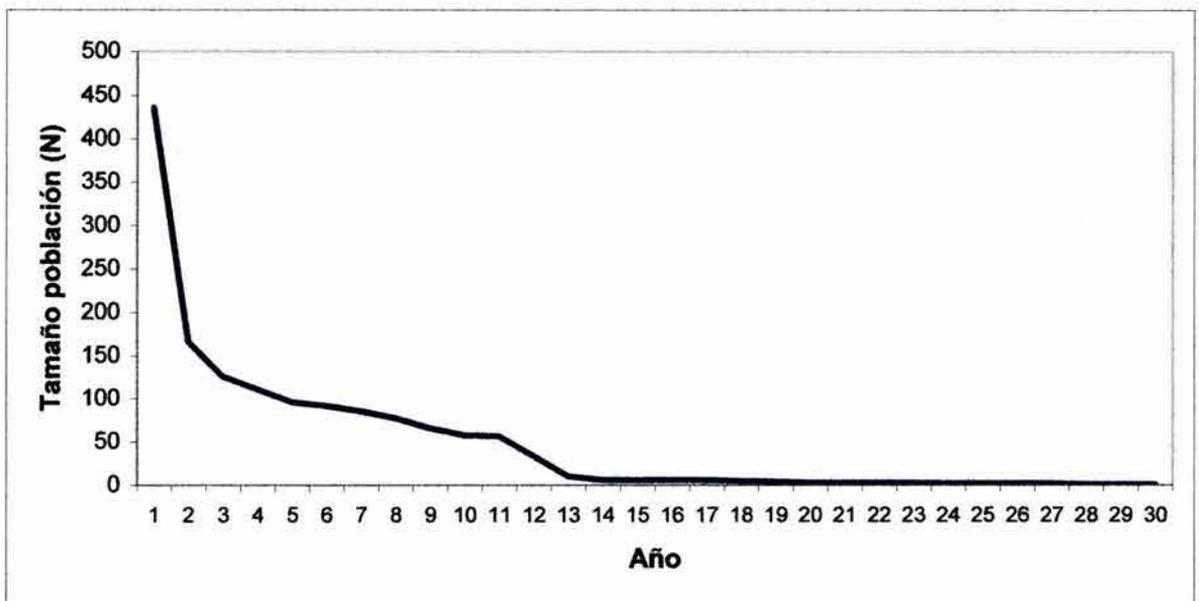
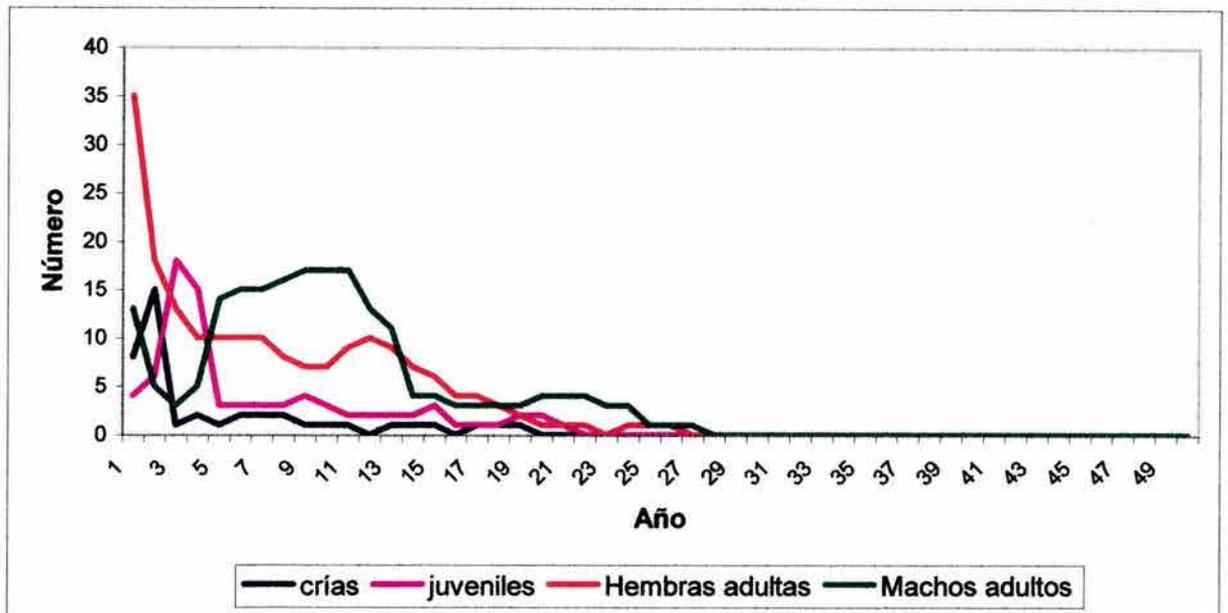


Figura 7: Dinámica demográfica de una población de 435 animales en su composición estructural (A) y en la población total (B) durante y después de una epizootia por contacto con un patógeno “nuevo”. Se consideró que el riesgo de contacto permaneció durante los 30 años para los que se modeló las población.

(A)



(B)

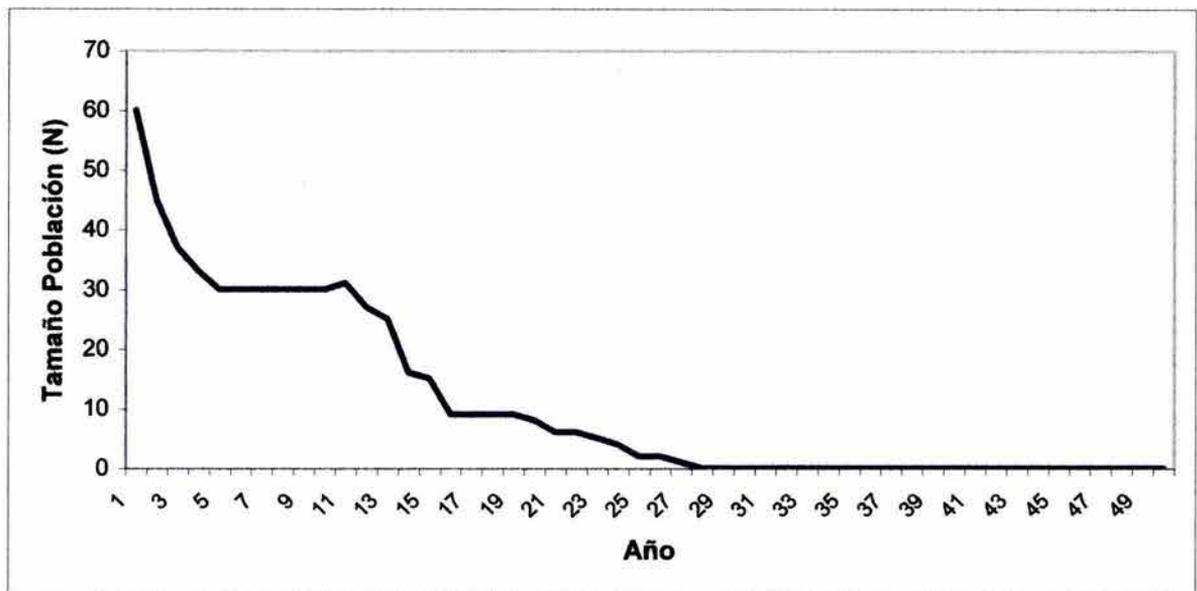
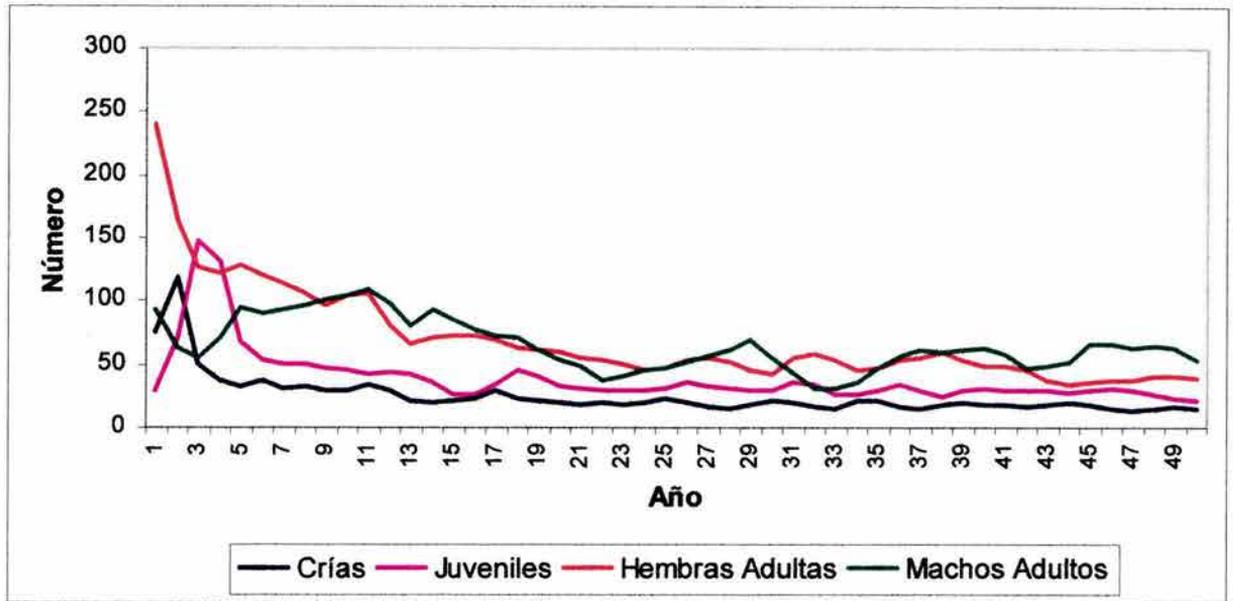


Figura 8: Dinámica demográfica de una población de 60 animales en su composición estructural (A) y en la población total (B) durante y después de una epizootia por neumonia desencadenada por factores estresantes. Los factores estresantes se mantuvieron por 50 años.

(A)



(B)

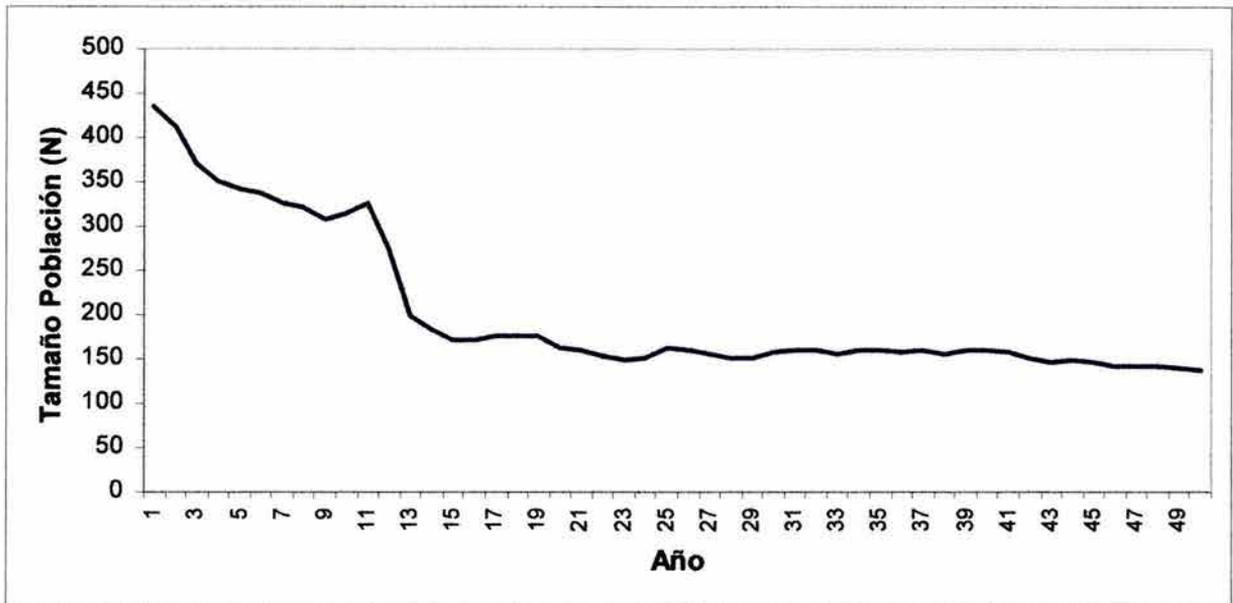
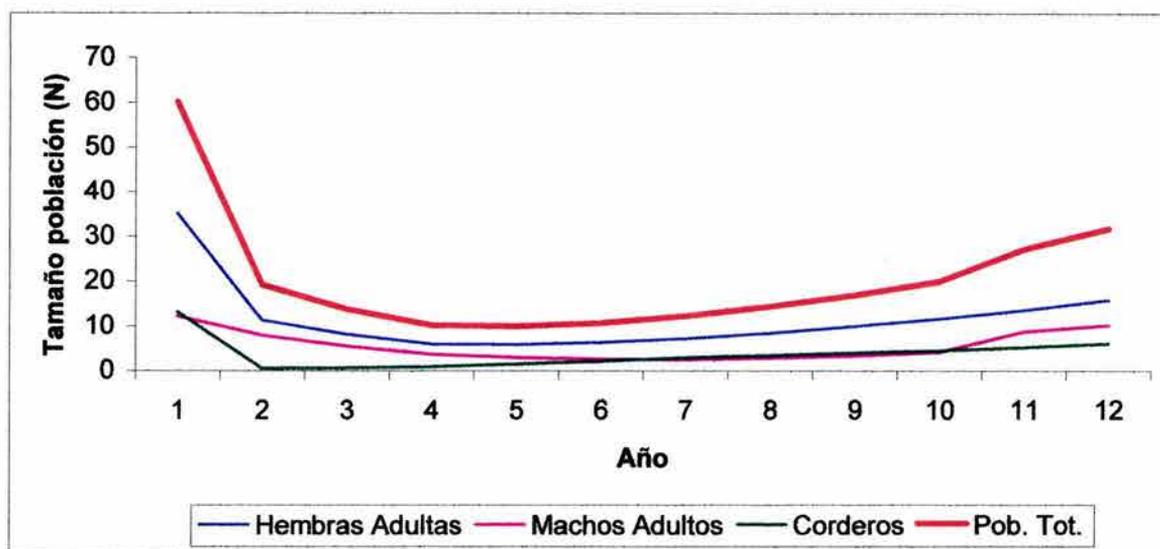


Figura 9: Dinámica demográfica de una población de 435 animales en su composición estructural (A) y en la población total (B) durante y después de una epizootia por neumonía desencadenada por factores estresantes. Los factores estresantes se mantuvieron por 50 años.

(A)



(B)

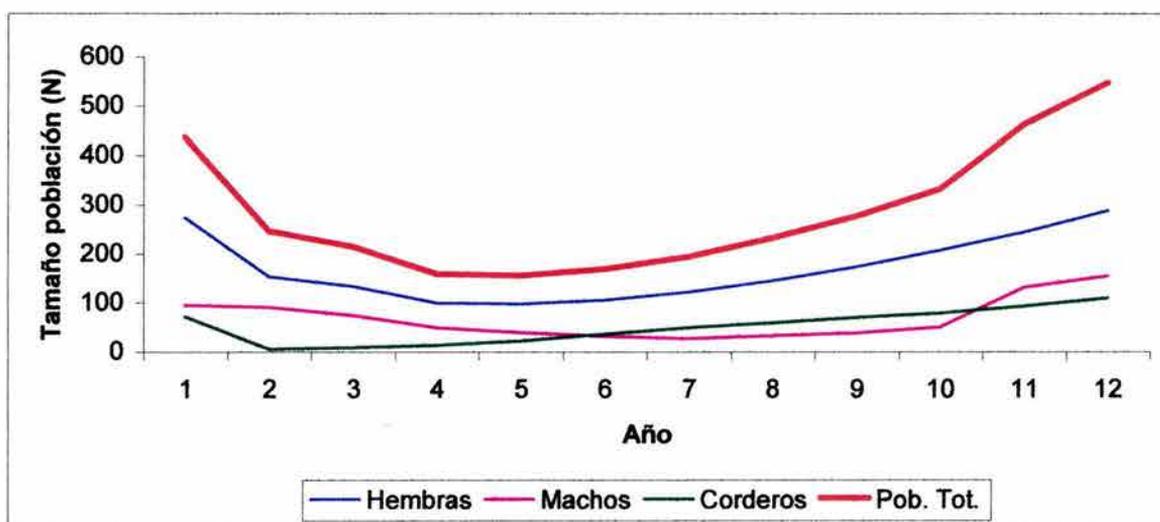
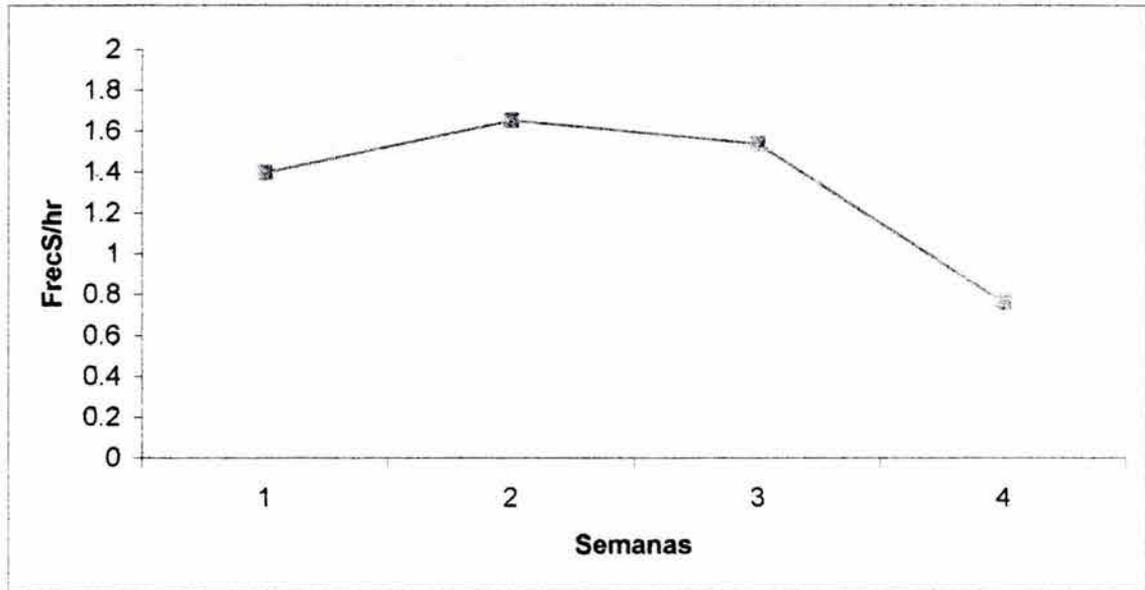


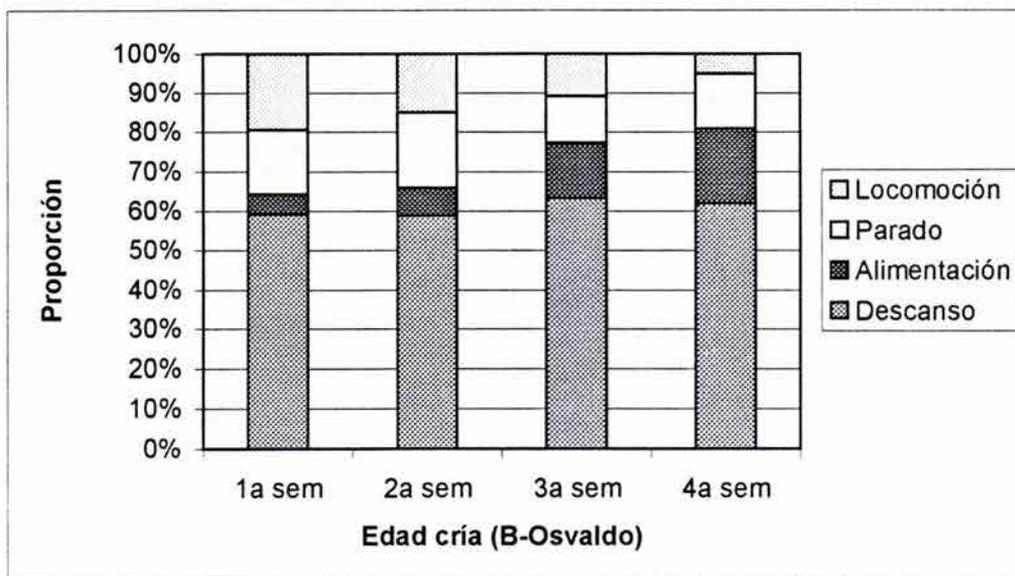
Figura 10: Dinámica de una población de 435 animales (A) y de una población de 60 animales (B), posterior a una epizootia por neumonía desencadenada por factores estresantes que se presentaron una sola vez. El año 2 representa el momento de la epizootia. A los 10 años del evento epizoótico la población (A) sólo ha recuperado el 51% de su tamaño inicial, mientras que la población (B) a los 9 años del evento se ha recuperado en su totalidad.



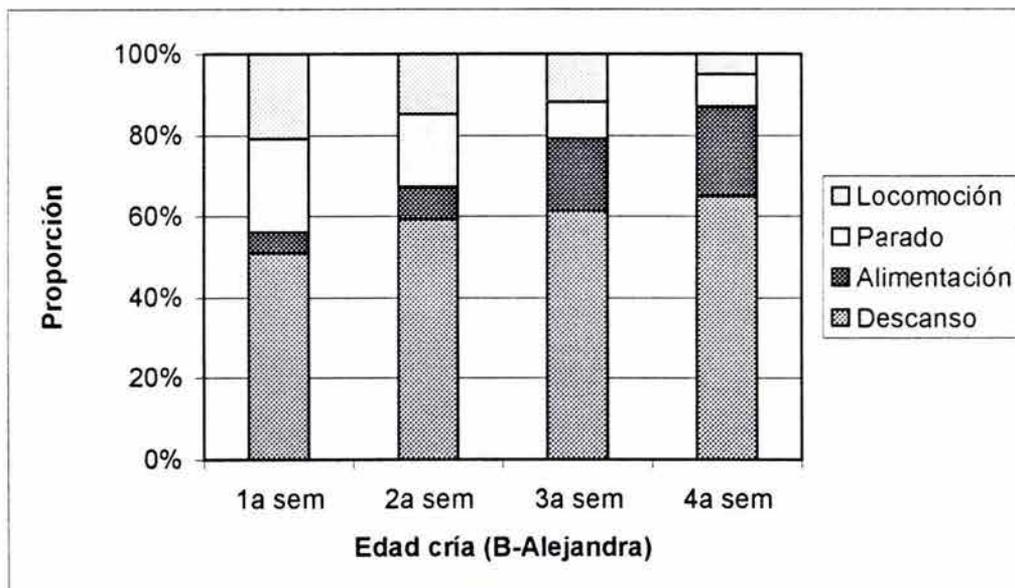
Semana	Media	DE	EE	Min 95%	Max 95%
1	1.39714	0.865962	0.3273	0.5963	2.198
2	1.65286	0.475174	0.1796	1.2134	2.0923
3	1.54	0.863404	0.32634	0.7415	2.3385
4	0.76	0.198578	0.07506	0.5763	0.9437

Figura 11: En la gráfica se muestran las medias aritméticas de la frecuencia de succión por hora de los híbridos de cimarrón x muflón (N= 7), en cada semana de edad (1-4 semanas). En la tabla se muestran además la DE, el EE y los límites inferiores y superiores en un intervalo de confianza al 95%.

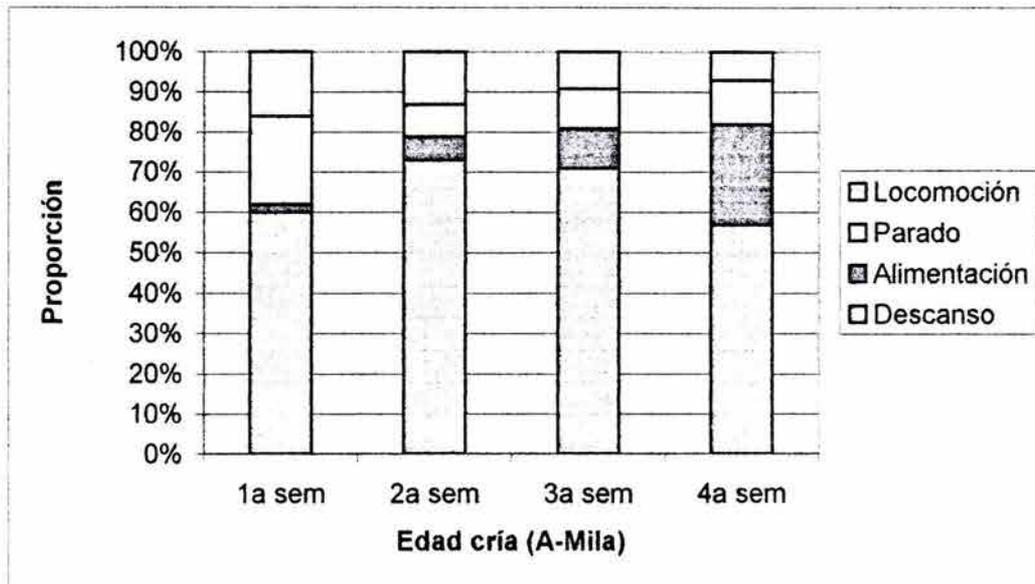
(A)



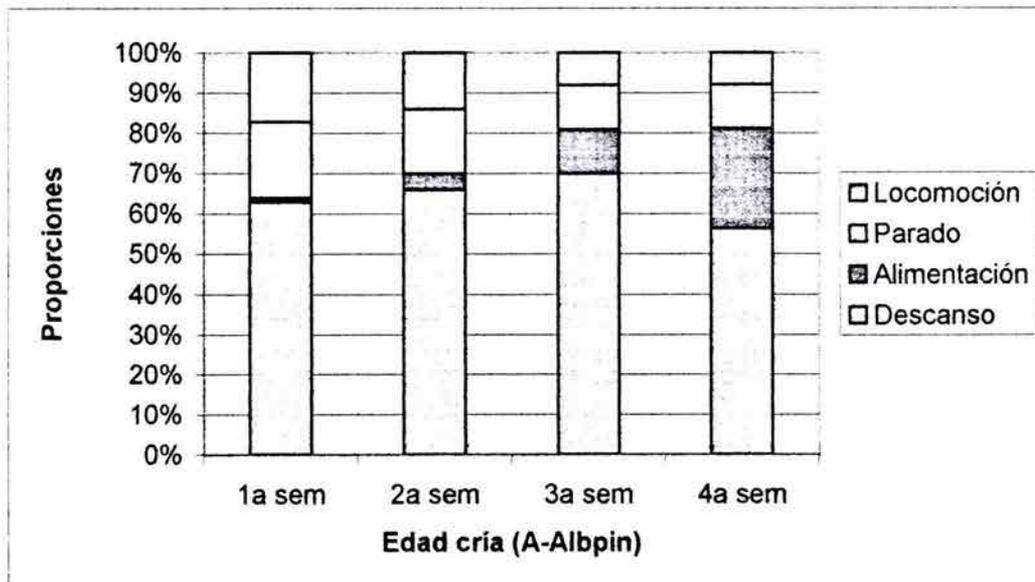
(B)



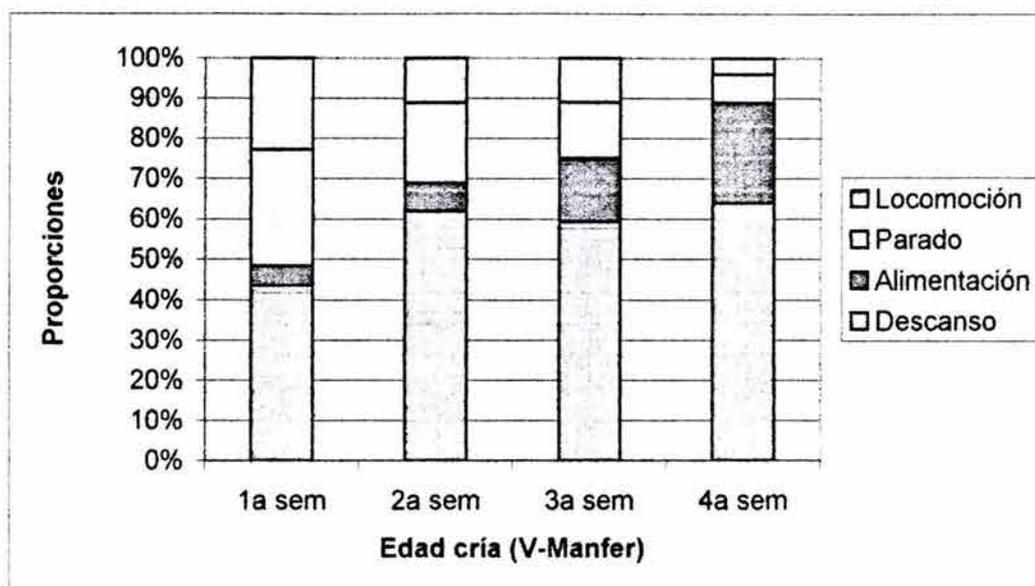
(C)



(D)



(E)



Figuras 12 A-E: Proporciones de los estados conductuales individuales de los híbridos B-Osvaldo (A), B-Alejandra (B), A-Mila (C), A- Albpin (D) y V-Manfer (E) desde el día 2 de nacimiento hasta las 4 semanas de edad.

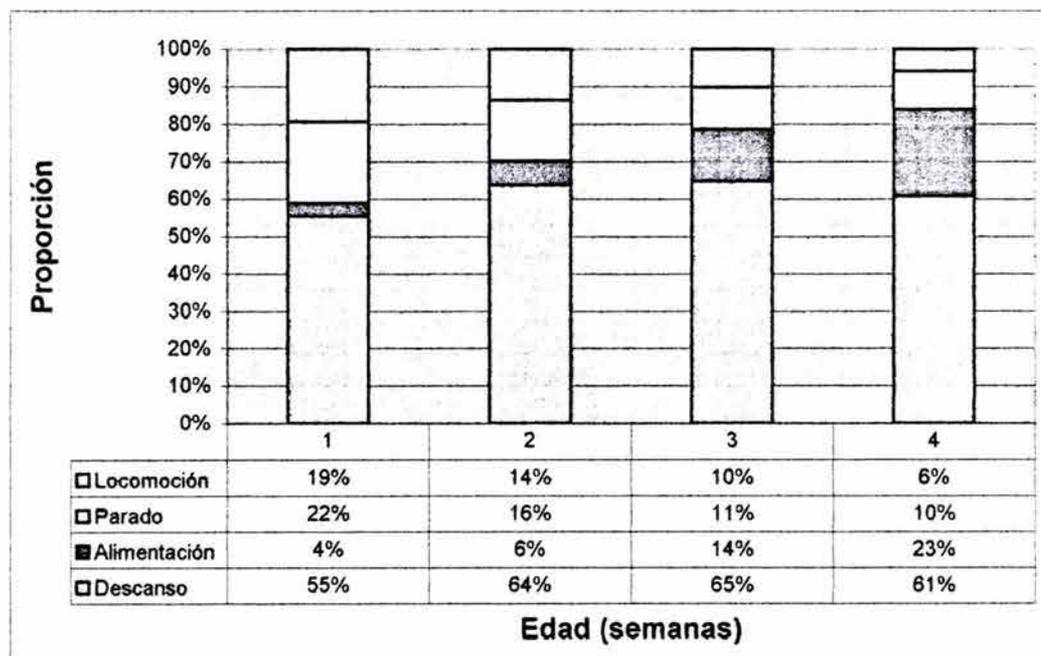


Figura 13: Promedio de las proporciones de los estados conductuales individuales de los híbridos (N=5) en sus primeras 4 semanas de edad.

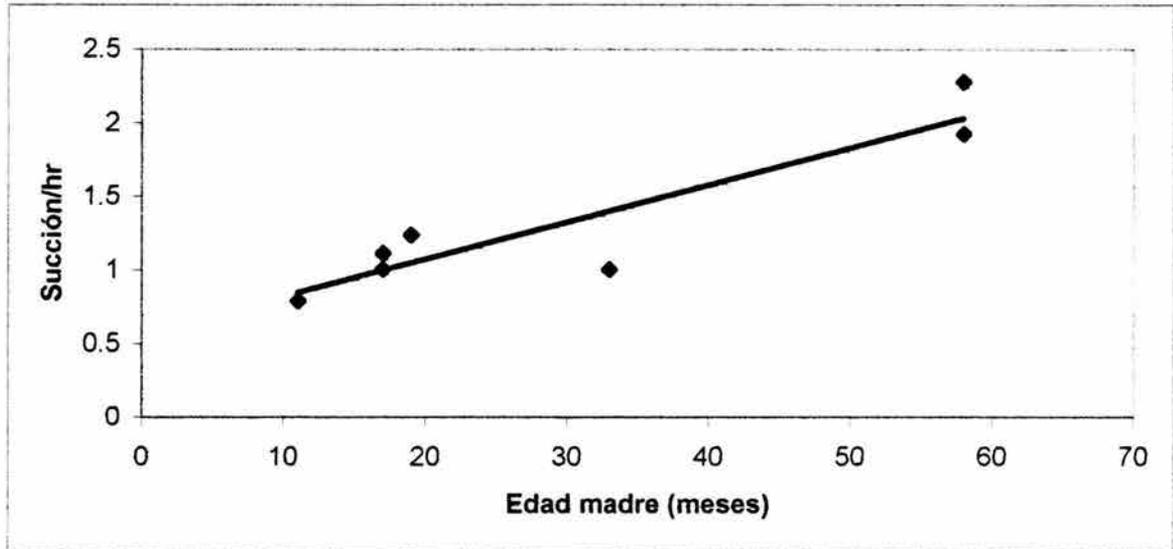


Figura 14: Correlación lineal positiva entre la edad de la madre y la frecuencia de la conducta de succión por hora de su cría ($r^2 = 0.84$, $P < 0.05$). Los puntos representan la media de la frecuencia de succión por hora de cada cría. Se observa que a mayor edad de la madre se permite una mayor frecuencia de succión de sus crías.

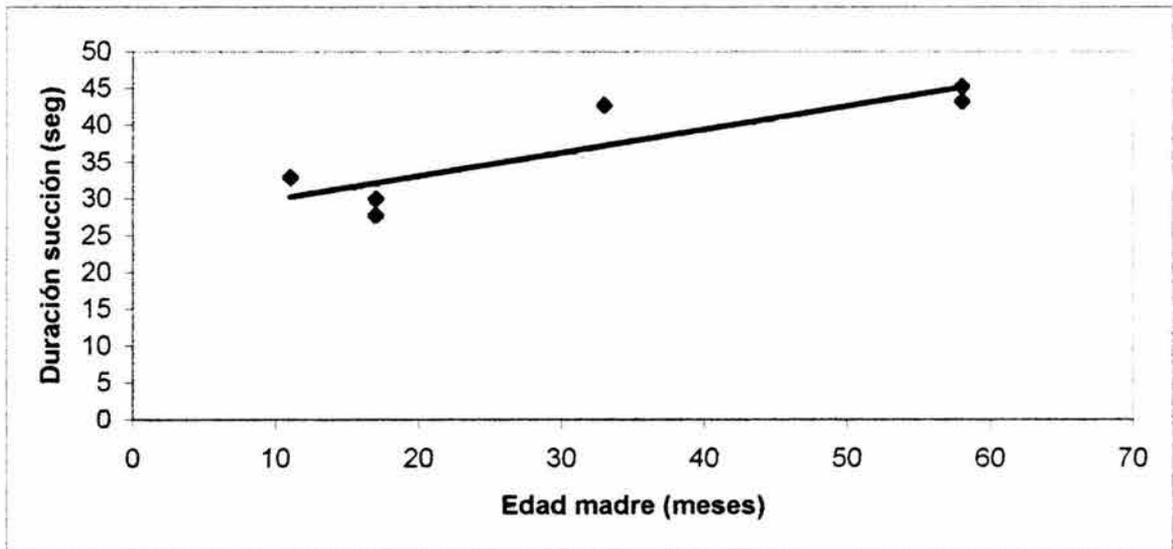


Figura 15: Correlación lineal positiva entre la edad de la madre y el promedio de la duración de succión de sus crías durante las 4 semanas registradas ($r^2 = 0.77$, $P < 0.05$). Se observa que a mayor edad de la madre se presentan succiones de mayor duración.

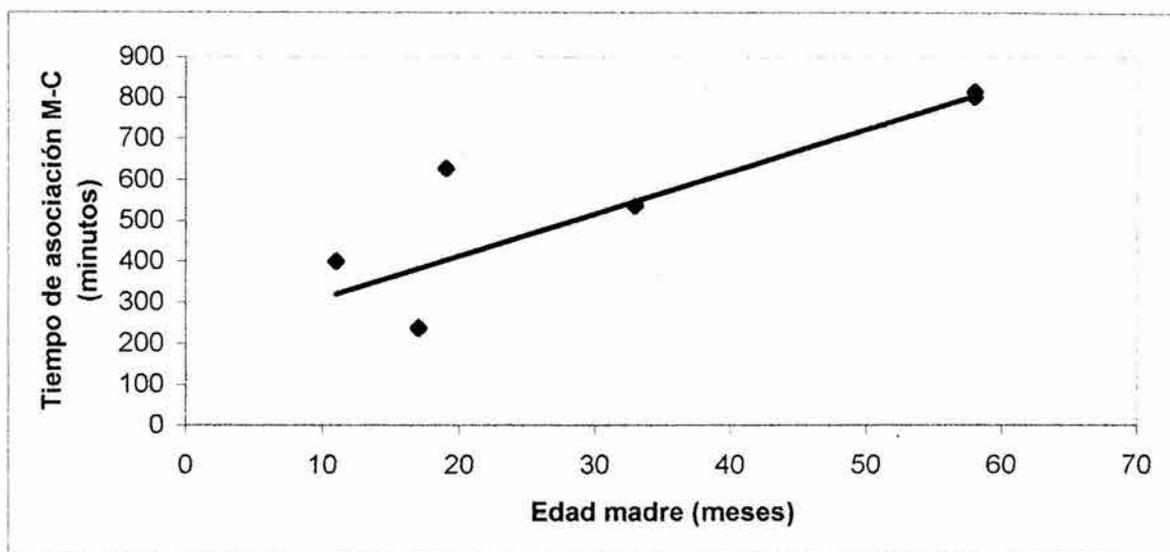


Figura 16: Correlación lineal positiva entre la edad de la madre y el tiempo de asociación de esta con su cría ($r^2 = 0.72$, $P < 0.05$). Se observa que a mayor edad de la madre las crías permanecieron más tiempo con ellas.

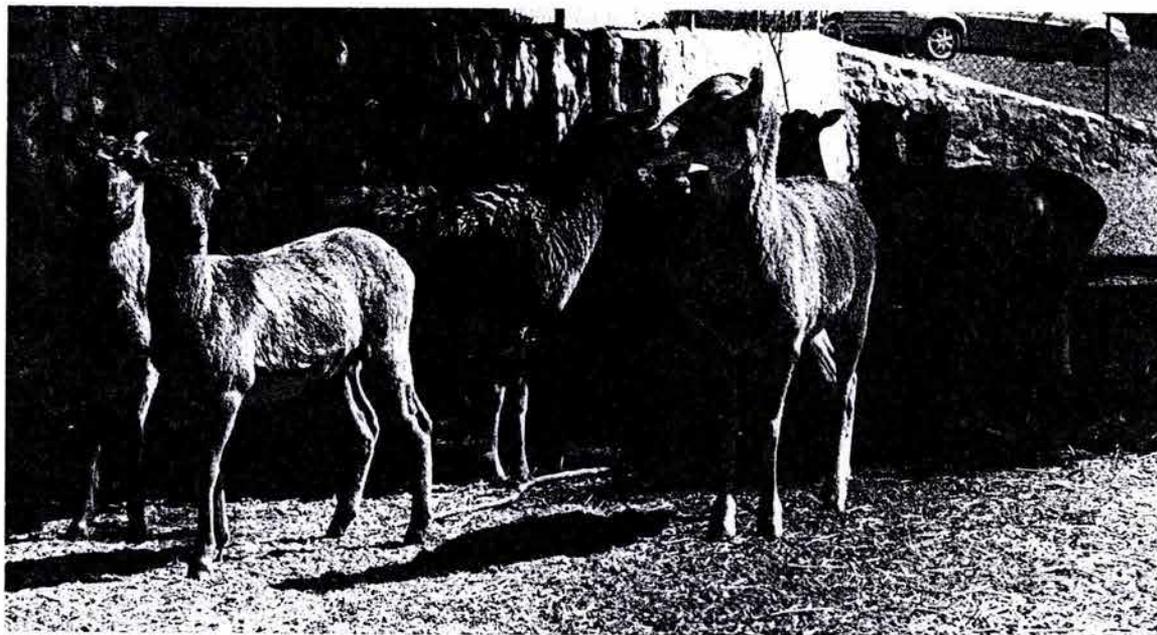


Figura 17: Fotografía de híbridos de borrego cimarrón (*O. canadensis*) x (*O. musimon*). Al frente del lado izquierdo se observa la única cría hembra sin cuernos. Atrás a lo largo de la foto se observan 3 hembras con cuernos y un macho. Al frente del lado derecho se observa una de las muflonas adultas del grupo.

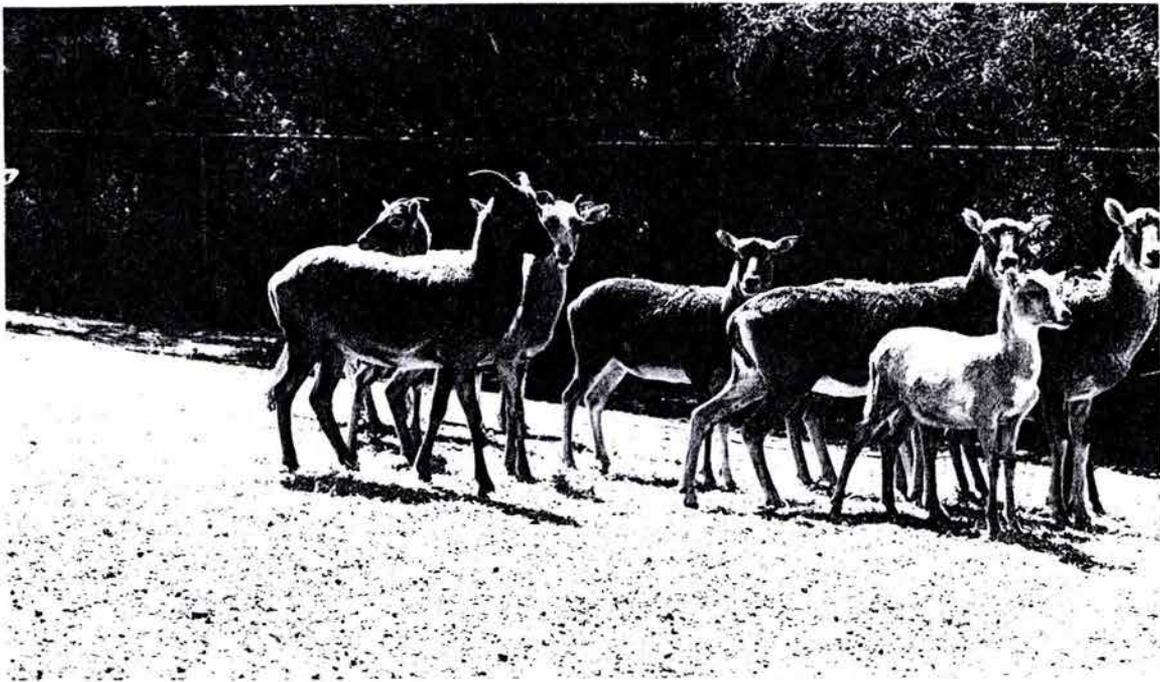


Figura 18: Fotografía de híbridos de borrego cimarrón x muflón. Al frente del lado izquierdo se observa el macho a los 7 meses de edad. Atrás de este se observan 2 hembras con cuernos. Al frente del lado derecho se observa la cría B-Alejandra de talla mucho menor que el macho (hermano). El resto de los animales son muflonas adultas del grupo.

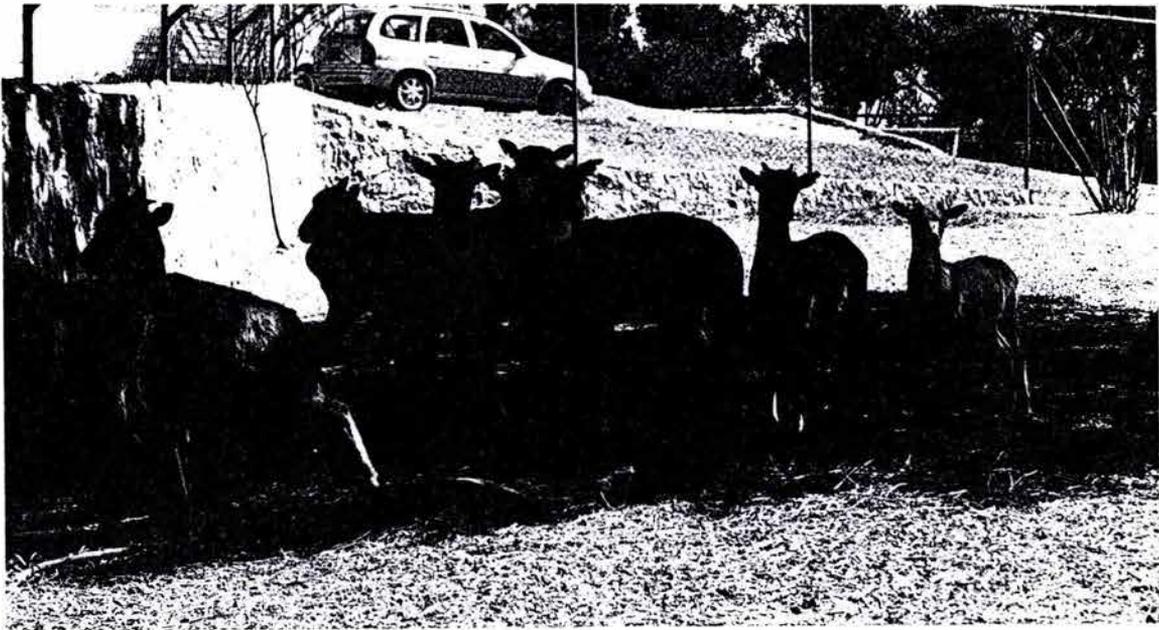


Figura 19: Fotografía de híbridos de cimarrón x muflón. Se observan 5 hembras F1 con cuernos. Del lado derecho se encuentra la cría B-Alejandra y a su lado la cría V-Manfer ambas con 7 meses de edad.

Anexo 1: Epizootia por factores estresantes para una población de 60 animales.

OUTBREAK
 Version 0.95 BETA
 Programming by JP Pollak
 Design by JP Pollak, Philip Miller,
 Bob Lacey, and Patti Bright

**Disease Epidemiology Module
 Information Worksheet**

A. Population Demographic Parameters

A1. What is the window of breeding within each year?

First day of breeding (0-365): 210 Last day of breeding: 285

A2. At what age do individuals begin breeding? (Integer between 0 and maximum age) 3

A3. At what age do individuals stop breeding? (Integer between 0 and maximum age) 12

A4. What is the basic species life history ?

	A/S	E	I	R/V
Mortality				
0-1	.35	.35	.80	.5
Subadult	.05	.05	.74	.05
Adult male	.05	.05	.74	.05
Adult female	.05	.05	.74	.05
Fecundity				
% breeding	.75	.75	.2	.4
# litters/year	1	1	1	1
Litter size	1	1	1	1

A5. What are the initial population distributions?

	A/S	E	I	R/V
0-1	8	0	0	0
Subadult	4	0	0	0
Adult male	13	0	0	0
Adult female	35	0	0	0

A6. What is the initial population size? (Integer greater than 0) 60

A7. What is the carrying capacity (K) of the population? (Integer greater than 0) 5000

A8. How do you want to enforce the carrying capacity each year?

- Maintain K for each day of the year?
 Apply K once per year on day X: _____

B. Disease Parameters

B1. At what age (in days) does an individual become susceptible? (Integer between 0 and maximum age)	<u>60</u>
B2. Of those individuals that are at the appropriate age, what proportion becomes susceptible? (Probability between 0 and 1)	<u>0.98</u>
B3. What is the average proportion of the population that is encountered each day? (Proportion between 0 and 1)	<u>0.65</u>
B4. If encountered by an infected individual, what is the probability of transmission? (Probability between 0 and 1)	<u>0.2</u>
B5. What is the average encounter rate per day with an outside disease source? (Probability between 0 and 1)	<u>0.99</u>
B6. What is the incubation (latent) period of infection (in days)? (Integer between 0 and maximum age)	<u>14</u>
B7. What is the probability that an infected individual becomes infectious? (Probability between 0 and 1)	<u>0.25</u>
B8. What is the proportion of individuals that remain chronically infectious? (Probability between 0 and 1)	<u>0.2</u>
B9. What is the minimum amount of time (in days) an individual will remain infectious? (Integer between 0 and maximum age)	<u>15</u>
B10. What is the maximum amount of time (in days) an individual will remain infectious? (Integer between 0 and maximum age)	<u>365</u>
B11. After reaching the minimum amount of time for being infectious, what is the probability of recovering and becoming resistant? (Probability between 0 and 1)	<u>0.01</u>
B12. After reaching the minimum amount of time for being infectious, what is the probability of returning to the susceptible state? (Probability between 0 and 1)	<u>0.25</u>
B13. What proportion of the individuals that recover acquire permanent immunity?(Proportion between 0 and 1)	<u>0.01</u>
B14. For those that do not acquire permanent immunity, how long (in days) do they remain resistant? (Integer between 0 and maximum age)	<u>90</u>

Anexo 2: Epizootia por factores estresantes para una población de 435 animales.

OUTBREAK

Version 0.95 BETA

Programming by JP Pollak

Design by JP Pollak, Philip Miller,
Bob Lacey, and Patti Bright

**Disease Epidemiology Module
Information Worksheet**

A. Population Demographic Parameters

A1. What is the window of breeding within each year?

First day of breeding (0-365): 210 Last day of breeding: 285

A2. At what age do individuals begin breeding? (Integer between 0 and maximum age) 3

A3. At what age do individuals stop breeding? (Integer between 0 and maximum age) 12

A4. What is the basic species life history?

	A/S	E	I	R/V
Mortality				
0-1	.35	.35	.7	.5
Subadult	.05	.05	.45	.05
Adult male	.05	.05	.45	.05
Adult female	.05	.05	.45	.05
Fecundity				
% breeding	.75	.75	.2	.4
# litters/year	1	1	1	1
Litter size	1	1	1	1

A5. What are the initial population distributions?

	A/S	E	I	R/V
0-1	75	0	0	0
Subadult	28	0	0	0
Adult male	92	0	0	0
Adult female	240	0	0	0

A6. What is the initial population size? (Integer greater than 0) 435

A7. What is the carrying capacity (K) of the population? (Integer greater than 0) 5000

A8. How do you want to enforce the carrying capacity each year?

Maintain K for each day of the year?

Apply K once per year on day X: _____

B. Disease Parameters

B1. At what age (in days) does an individual become susceptible? (Integer between 0 and maximum age)	<u>60</u>
B2. Of those individuals that are at the appropriate age, what proportion becomes susceptible? (Probability between 0 and 1)	<u>0.98</u>
B3. What is the average proportion of the population that is encountered each day? (Proportion between 0 and 1)	<u>0.3</u>
B4. If encountered by an infected individual, what is the probability of transmission? (Probability between 0 and 1)	<u>0.2</u>
B5. What is the average encounter rate per day with an outside disease source? (Probability between 0 and 1)	<u>0.97</u>
B6. What is the incubation (latent) period of infection (in days)? (Integer between 0 and maximum age)	<u>14</u>
B7. What is the probability that an infected individual becomes infectious? (Probability between 0 and 1)	<u>0.25</u>
B8. What is the proportion of individuals that remain chronically infectious? (Probability between 0 and 1)	<u>0.2</u>
B9. What is the minimum amount of time (in days) an individual will remain infectious? (Integer between 0 and maximum age)	<u>15</u>
B10. What is the maximum amount of time (in days) an individual will remain infectious? (Integer between 0 and maximum age)	<u>365</u>
B11. After reaching the minimum amount of time for being infectious, what is the probability of recovering and becoming resistant? (Probability between 0 and 1)	<u>0.01</u>
B12. After reaching the minimum amount of time for being infectious, what is the probability of returning to the susceptible state? (Probability between 0 and 1)	<u>0.54</u>
B13. What proportion of the individuals that recover acquire permanent immunity?(Proportion between 0 and 1)	<u>0.01</u>
B14. For those that do not acquire permanent immunity, how long (in days) do they remain resistant? (Integer between 0 and maximum age)	<u>90</u>

Anexo 3: Epizootia por patógeno “nuevo” para una población de 60 animales.

OUTBREAK

Version 0.95 BETA

Programming by JP Pollak

Design by JP Pollak, Philip Miller,
Bob Lacey, and Patti Bright

**Disease Epidemiology Module
Information Worksheet**

A. Population Demographic Parameters

A1. What is the window of breeding within each year?

First day of breeding (0-365): 210 Last day of breeding: 285

A2. At what age do individuals begin breeding? (Integer between 0 and maximum age) 3

A3. At what age do individuals stop breeding? (Integer between 0 and maximum age) 12

A4. What is the basic species life history ?

	A/S	E	I	R/V
Mortality				
0-1	.35	.35	.85	.5
Subadult	.05	.05	.81	.05
Adult male	.05	.05	.81	.05
Adult female	.05	.05	.81	.05
Fecundity				
% breeding	.75	.75	0	.3
# litters/year	1	1	1	1
Litter size	1	1	1	1

A5. What are the initial population distributions?

	A/S	E	I	R/V
0-1	8	0	0	0
Subadult	4	0	0	0
Adult male	13	0	0	0
Adult female	35	0	0	0

A6. What is the initial population size? (Integer greater than 0) 60

A7. What is the carrying capacity (K) of the population? (Integer greater than 0) 5000

A8. How do you want to enforce the carrying capacity each year?

Maintain K for each day of the year?
 Apply K once per year on day X: _____

B. Disease Parameters

B1. At what age (in days) does an individual become susceptible? (Integer between 0 and maximum age)	<u>60</u>
B2. Of those individuals that are at the appropriate age, what proportion becomes susceptible? (Probability between 0 and 1)	<u>0.98</u>
B3. What is the average proportion of the population that is encountered each day? (Proportion between 0 and 1)	<u>0.75</u>
B4. If encountered by an infected individual, what is the probability of transmission? (Probability between 0 and 1)	<u>0.98</u>
B5. What is the average encounter rate per day with an outside disease source? (Probability between 0 and 1)	<u>0.5</u>
B6. What is the incubation (latent) period of infection (in days)? (Integer between 0 and maximum age)	<u>14</u>
B7. What is the probability that an infected individual becomes infectious? (Probability between 0 and 1)	<u>0.95</u>
B8. What is the proportion of individuals that remain chronically infectious? (Probability between 0 and 1)	<u>0.1</u>
B9. What is the minimum amount of time (in days) an individual will remain infectious? (Integer between 0 and maximum age)	<u>30</u>
B10. What is the maximum amount of time (in days) an individual will remain infectious? (Integer between 0 and maximum age)	<u>90</u>
B11. After reaching the minimum amount of time for being infectious, what is the probability of recovering and becoming resistant? (Probability between 0 and 1)	<u>0.01</u>
B12. After reaching the minimum amount of time for being infectious, what is the probability of returning to the susceptible state? (Probability between 0 and 1)	<u>0.18</u>
B13. What proportion of the individuals that recover acquire permanent immunity?(Proportion between 0 and 1)	<u>0</u>
B14. For those that do not acquire permanent immunity, how long (in days) do they remain resistant? (Integer between 0 and maximum age)	<u>365</u>

Anexo 4: Epizootia por patógeno “nuevo” para una población de 435 animales.

OUTBREAK

Version 0.95 BETA

Programming by JP Pollak

Design by JP Pollak, Philip Miller,
Bob Lacey, and Patti Bright

**Disease Epidemiology Module
Information Worksheet**

A. Population Demographic Parameters

A1. What is the window of breeding within each year?

First day of breeding (0-365): 210 Last day of breeding: 285

A2. At what age do individuals begin breeding? (Integer between 0 and maximum age) 3

A3. At what age do individuals stop breeding? (Integer between 0 and maximum age) 12

A4. What is the basic species life history ?

	A/S	E	I	R/V
Mortality				
0-1	.35	.35	.85	.5
Subadult	.05	.05	.57	.05
Adult male	.05	.05	.57	.05
Adult female	.05	.05	.57	.05
Fecundity				
% breeding	.75	.75	0	.4
# litters/year	1	1	1	1
Litter size	1	1	1	1

A5. What are the initial population distributions?

	A/S	E	I	R/V
0-1	75	0	0	0
Subadult	28	0	0	0
Adult male	92	0	0	0
Adult female	240	0	0	0

A6. What is the initial population size? (Integer greater than 0) 435

A7. What is the carrying capacity (K) of the population? (Integer greater than 0) 5000

A8. How do you want to enforce the carrying capacity each year?

- Maintain K for each day of the year?
- Apply K once per year on day X: _____

B. Disease Parameters

B1. At what age (in days) does an individual become susceptible? (Integer between 0 and maximum age)	<u>60</u>
B2. Of those individuals that are at the appropriate age, what proportion becomes susceptible? (Probability between 0 and 1)	<u>0.98</u>
B3. What is the average proportion of the population that is encountered each day? (Proportion between 0 and 1)	<u>0.12</u>
B4. If encountered by an infected individual, what is the probability of transmission? (Probability between 0 and 1)	<u>0.95</u>
B5. What is the average encounter rate per day with an outside disease source? (Probability between 0 and 1)	<u>0.15</u>
B6. What is the incubation (latent) period of infection (in days)? (Integer between 0 and maximum age)	<u>14</u>
B7. What is the probability that an infected individual becomes infectious? (Probability between 0 and 1)	<u>0.95</u>
B8. What is the proportion of individuals that remain chronically infectious? (Probability between 0 and 1)	<u>0.01</u>
B9. What is the minimum amount of time (in days) an individual will remain infectious? (Integer between 0 and maximum age)	<u>15</u>
B10. What is the maximum amount of time (in days) an individual will remain infectious? (Integer between 0 and maximum age)	<u>30</u>
B11. After reaching the minimum amount of time for being infectious, what is the probability of recovering and becoming resistant? (Probability between 0 and 1)	<u>0.01</u>
B12. After reaching the minimum amount of time for being infectious, what is the probability of returning to the susceptible state? (Probability between 0 and 1)	<u>0.42</u>
B13. What proportion of the individuals that recover acquire permanent immunity?(Proportion between 0 and 1)	<u>0</u>
B14. For those that do not acquire permanent immunity, how long (in days) do they remain resistant? (Integer between 0 and maximum age)	<u>365</u>

Anexo 5: Tablas de las dinámicas demográficas de una población de 60 animales y otra de 435 animales durante y después de una epizootia por contacto con un patógeno “nuevo” en un tiempo de 30 años.

Patógeno nuevo.60																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	25
Crias	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Juveniles	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hembras	35	6	3	3	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Machos	13	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	60	9	5	4	4	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Patógeno nuevo435																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Crias	75	27	1	0	0	0	1	1	1	2	3	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Juveniles	28	28	30	8	1	0	0	1	1	1	3	4	4	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hembras	240	85	80	54	32	25	20	15	15	14	8	3	5	6	6	6	6	6	5	4	2	2	2	1	1	1	1	0	0	
Machos	92	27	15	19	18	15	13	11	8	7	6	1	1	1	2	3	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	435	167	126	81	51	40	34	28	25	24	20	10	11	11	9	10	10	9	7	5	3	3	2	1	1	1	1	0	0	0

Anexo 6: Tablas de las dinámicas demográficas de una población de 60 animales y otra de 435 animales durante y después de una epizootia desencadenada por factores estresantes en un tiempo de 50 años.

Estrés 60	Año																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Crías	8	15	1	2	1	2	2	2	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Juveniles	4	6	18	15	3	3	3	3	4	3	2	2	2	3	1	1	1	2	2	1	0	0	0	0	0
Hembras	35	18	13	10	10	10	10	8	7	7	9	10	9	7	6	4	4	3	2	1	1	1	0	1	1
Machos	13	5	3	5	14	15	15	16	17	17	17	13	11	4	4	3	3	3	3	4	4	4	3	3	1
Total	60	44	35	32	28	30	30	29	29	28	29	25	23	14	14	8	9	8	8	7	6	5	3	4	2

	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Estrés 435	Año																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Crías	75	118	49	36	32	36	31	32	28	28	34	29	20	19	21	22	28	23	21	19	18	19	17	19	22
Juveniles	28	71	147	131	67	53	49	50	46	44	41	43	41	35	26	25	34	44	40	32	30	29	28	28	31
Hembras	240	162	126	121	128	119	113	106	95	103	105	80	66	70	72	72	69	62	60	59	55	53	50	45	46
Machos	92	63	55	71	94	89	92	96	101	104	109	98	80	92	85	76	72	71	61	53	48	37	40	44	46
Total	435	414	377	359	321	297	285	284	270	279	289	250	207	216	204	195	203	200	182	163	151	138	135	136	145

Anexo 6 (Cont.)

26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
19	16	14	17	21	19	16	14	20	20	16	15	17	19	18	17	16	17	19	17	15	13	14	16	15
35	32	30	28	29	35	34	26	25	29	33	29	24	28	31	29	29	28	27	29	30	28	25	23	20
52	55	51	45	41	54	58	53	45	46	52	55	59	52	48	48	45	37	33	35	37	37	40	40	39
51	56	60	68	54	43	31	30	35	46	56	60	59	61	62	58	47	48	51	65	66	62	64	62	52
157	159	155	158	145	151	139	123	125	141	157	159	159	160	159	152	137	130	130	146	148	140	143	141	126

Anexo 7: Catálogo de comportamientos observados en los híbridos cimarrón x muflón.

Estado conductual	Descripción
Succión (S)	conducta de mamar leche
Locomoción (L)	desplazamiento
Descanso (D)	echado alerta o dormido
Alimentación (A)	alimentarse de forraje
Evento	
Vocalización (V)	balido
Olfateo (O)	Oler madre a cría o vice versa
Topeteo (T)	de la cría hacia la ubre de la madre o hacia otros individuos

Anexo 9: Reporte patólogo

08/03

Ovis aries musimon x *Ovis canadensis*

Sexo: hembra

Edad: feto

Peso: 435 g

Identificación: ninguna

ARKS #

Fecha de la muerte: 09/01/03

Fecha de la necropsia: 10/01/03

Fecha del informe macroscópico: 10/01/03

Fecha del informe final: 10/01/03 (addendum 23/01/03)

Prosector: Arely Rosas (F3)

Identificación comprobada por: Arely Rosas

Instalación de procedencia: I-00

Persona que lo remite: SI7

Historia reproductiva: no tuvo oportunidad para aparearse

Historia clínica: aborto de una de las hembras de *Ovis aries musimon* usadas para el programa de reproducción asistida de *Ovis canadensis*.

Examen macroscópico: feto de tamaño medio (los fetos a término de *Ovis aries musimon* se hallan alrededor de 2.5 kilos de peso), con depredación *post mortem* de los tejidos frontonales y maxilares. Autólisis intensa. No se aprecia ninguna malformación evidente macroscópicamente. El pelaje del animal es marrón-amarillento claro.

Se congela encéfalo y riñón.

Diagnósticos macroscópicos:

Addendum (23/01/03): **Enanismo proporcional**

Causa de la muerte:

Muerte fetal de causa desconocida

Comentarios: el feto murió intrauterinamente y bastante tiempo antes de estar a término si consideramos su tamaño y peso. La autólisis no permite realizar una valoración histológica de los tejidos.

Addendum (23/01/03): El feto padecía enanismo proporcional y son posibles alteraciones genéticas asociadas al hibridismo como causa de este cuadro; otras muflonas han parido híbridos de peso similar al de los borregos muflones nacidos en Africam.

Carles Juan Sallés, Dipl. ACVP
Área de Patología
Departamento de Veterinaria
Africam Safari

Anexo 10: Reporte Patólogo

99/03

Ovis aries musimon x *Ovis canadensis*

Sexo: hembra

Edad: neonato

Peso: 968 g

Identificación: M#233

ARKS #

Fecha de la muerte: 08/04/03

Fecha de la necropsia: 11/04/03

Fecha del informe macroscópico: 30/04/03

Fecha de tallado para histopatología: 28/04/03

Fecha de recepción de laminillas: 02/05/03

Fecha del informe final: 08/05/03

Prosector: F3

Identificación comprobada por: F3

Instalación de procedencia: 12 (corral de muflones del proyecto de inseminación de borrego cimarrón)

Persona que lo remite: F7

Historia reproductiva: no tuvo oportunidad para aparearse

Historia clínica: cría de parto triple que nació con un peso de 1.032 kg (la más pequeña); ya que no lactaba (no alcanzaba la glándula mamaria), se empezó con cría artificial el 7 de abril (leche para becerros). Hoy empezó con opistótonos varias horas después de la última toma y murió poco después.

Examen macroscópico: condición corporal adecuada. Pulmones difusamente poco colapsados con congestión aguda difusa bilateral y edema interlobulillar moderados. Tráquea con contenido líquido serosanguinolento en cantidad media, también presente en vías bronquiales y en el rumen. Congestión renal y cerebral difusa moderada a intensa.

Diagnósticos macroscópicos:

Pulmón: neumonía intersticial probable difusa aguda bilateral con edema interlobulillar y congestión aguda difusa bilateral moderados

Histopatología: **Pulmón:** hemorragia interlobulillar, alveolar y subpleural aguda severa con edema alveolar y atelectasia multifocales leves. Presencia de escamas de fluido amniótico y meconio en numerosos alveolos.

Hígado: hemosiderosis hepatocelular leve, predominantemente en zonas centrolobulillares. Congestión difusa aguda moderada.

Diagnósticos microscópicos:

Pulmón: hemorragia interlobulillar, alveolar y subpleural aguda severa

Pulmón: aspiración de fluido amniótico con meconio moderada

Hígado: hemosiderosis hepatocelular leve

Causa de la muerte:

Infección neonatal probable

Comentarios: el cuadro morfológico pulmonar descrito podría corresponder a una neumonía intersticial aguda por infección bacteriana neonatal y/o endotoxemia, o a una aspiración de leche, aunque no se apreció material lácteo en abomaso ni en vías respiratorias.

Addendum (08/05/03): las lesiones pulmonares vasculares son compatibles con un proceso infeccioso o tóxico agudo del que no se apreciaron otras evidencias macroscópicas ni microscópicas en los dos tejidos examinados microscópicamente; la falta de toma de calostro durante las primeras horas de vida pudo facilitar un proceso infeccioso bacteriano. La aspiración de fluido amniótico y meconio es indicativa de movimientos respiratorios fetales con la glotis abierta durante el parto por hipoxia fetal; no se apreció alveolitis secundaria a este proceso, por lo que no se considera un factor de mortalidad en este caso.

Carles Juan Sallés, Dipl. ACVP

Área de Patología

Departamento de Veterinaria

Africam Safari

Anexo 11: Toma de muestras en machos cimarrones cobrados cinegeticamente:

1.- Serología: Colectar sangre en 4 tubos vacutainer de min. 7 ml, 2 heparinizados (tapón verde) y 2 simples (tapón rojo). Mezclar suavemente y dejar a temperatura ambiente por 20 minutos (evitar contacto con rayos solares). Posteriormente mantener en refrigeración hasta centrifugar. Una vez centrifugado separar el suero (sobrenadante) y colocarlo en tubos tipo “ependorf”. En los tubos heparinizados, del paquete celular que se queda en el tubo, tomar con pipeta la capa superficial blanquecina (formada por los leucocitos) y colocarlo en otro tubo ependorf. Congelar y enviar al laboratorio la muestra empaquetada con hielo seco. El centrifugado y separación de suero debe realizarse antes de 24 hrs. de haberse colectado la muestra.

Etiquetar muestras con:

Número identificación

Iniciales de la sierra o UMA

Adjuntar relación de la muestra:

Número id

Iniciales y nombre completo de la sierra o UMA

Fecha

Sexo / edad aproximada

Notificar cualquier lesión aparente

Nombre de quien remite

2.- Patología: Realizar cortes de los siguientes tejidos (muestras de max. 5 mm. de grosor) pulmón (1 muestra de cada lóbulo), piel con pelo, riñón (el corte debe abarcar el centro y la periferia), músculo esquelético (masas musculares de piernas), corazón, hígado (1 muestra de cada lóbulo), porción terminal del intestino delgado y primera porción del intestino grueso (los cortes de intestinos deben guardarse sin contenido y abiertos longitudinalmente). Cualquier lesión aparente en piel o en los órganos (cambio de coloración o consistencia con respecto al resto del órgano) debe muestrearse.

Estas muestras deberán colocarse en uno o varios frascos de vidrio (1 parte de tejido por 9 partes de líquido) con una solución de formol al 10% (ver al final “fórmula del formol tamponado”). En caso de no tener los compuestos necesarios para la preparación de la solución se puede utilizar 1 parte de formol por 9 partes de agua destilada.

El frasco deberá etiquetarse con los mismos datos que en las muestras de serología y con el nombre de los órganos que se colectaron.

3.- Muestra para DNA: Colectar, por medio de unas pinzas, un mechón de pelo extrayéndolo desde la raíz (un tirón). Introducir, sin tocar la muestra, en un vial con una solución de alcohol al 70%.

FÓRMULA DEL FORMOL TAMPONADO:

(Carles Juan Sallés, Dipl. ACVP)

Para la elaboración de un litro de formol tamponado se requiere de:

- Formaldehído al 37 – 40 %.....100.0 ml
- Agua destilada900.0 ml
- Fosfato de Sodio Dibásico Anhidro.....6.5 gr
- Fosfato de Sodio Monobásico.....4.0 gr

Deberán seguirse los siguientes pasos:

- ❖ Después de pesar el Fosfato de Sodio Monobásico, deberá de ser triturado para deshacer los aglomerados
- ❖ Una vez que haya quedado un polvo fino, se deberá agregar primero a un litro de agua destilada (en el caso de preparar 5 o más litros)
- ❖ Para esto, debe de agitarse con fuerza el agua destilada con una varilla de vidrio y agregar lentamente el fosfato de sodio monobásico (o usar un agitador eléctrico)
- ❖ El fosfato de sodio dibásico anhidro puede añadirse de la misma forma, pero no presenta ningún problema para disolverse en agua destilada