



Universidad Autónoma de Baja California

Facultad de Ciencias

Maestría en Ciencias en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas

**“Estrés Fisiológico Relacionado con la Dinámica Reproductiva del
Borrego Cimarrón *Ovis canadensis cremnobates*, en la Sierra San
Pedro Mártir, Baja California, México”**

TESIS

**Que para Obtener el Grado de
Maestro en Ciencias**

Presenta:

Biol. Sonia Gabriela Ayala Cano



Ensenada, Baja California, México

19 de Mayo del 2003.

Universidad Autónoma de Baja California

Facultad de Ciencias

“Estrés Fisiológico Relacionado con la Dinámica Reproductiva
del Borrego Cimarrón *Ovis canadensis cremnobates*, en la Sierra
San Pedro Mártir, Baja California, México”

Tesis

Que para Obtener el Grado Académico
de Maestro en Ciencias
en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas

Presenta:

Biol. Sonia Gabriela Ayala Cano

Aprobado por:



Dr. Roberto Martínez Gallardo
Director de Tesis



Dr. Pablo Arturo Salame Méndez
Codirector



Dr. Víctor Sánchez-Cordero Dávila
Sinodal

Ensenada, Baja California, México

19 de Mayo del 2003.

Dedicatoria

A mis Padres, por su amor y apoyo constante e incondicional. Gracias por enseñarme que la vida no solo se mantiene de triunfos sino también de sueños y fracasos. Por enseñarme que no importa cuantas veces podamos caer, sino como podemos mantenernos honestamente de pie.

A mis Hermanos, por su apoyo y paciencia. Por compartir conmigo los golpes de la vida, ya que de ellos aprendemos todos para salir adelante y mejorar cada día.

A mis Sobrinos por brindarme su ternura y cariño. Por sus risas y por la alegría de tenerlos conmigo.

A todos los que aún están conmigo.

Y a los que ya partieron.

Agradecimientos

El realizar un trabajo de tesis no siempre resulta una tarea fácil, sin embargo durante el recorrido nos encontramos en nuestro camino a gente que de alguna u otra manera nos brinda su apoyo. Por ello en esta segunda ocasión, de nuevo le doy las gracias a mi familia, principalmente a mis padres por estar siempre conmigo, pero sobre todo por su paciencia y apoyo incondicional, ya que en gran parte es por ellos y para ellos para quienes mis esfuerzos son realizados.

Sin duda alguna el apoyo académico es la parte fundamental de todo trabajo, por ello va un agradecimiento muy especial a las dos personas que hicieron posible la realización de este trabajo, los Doctores Martínez Gallardo y Salame Méndez. Muchas gracias por su paciencia y confianza.

A los sinodales, Dr. Víctor Sánchez y Dr. Luis Tarango por las correcciones y sus aportaciones a la tesis.

A la M.C. Claudia Leyva por su gran apoyo y paciencia durante los dos años y cacho de la maestría, por sus consejos y ayuda incondicional. Muchas gracias Claudia.

A la Facultad de Ciencias, maestros, directivos, técnicos y secretarías por su apoyo durante la realización de los diferentes proyectos desarrollados con borrego cimarrón, mismos que han sido parte de mi formación como profesional.

Muchas gracias a las familias Ramírez Pliego, Martínez Gallardo y Salame Castro por todo su apoyo durante las tres estancias en el D.F. durante la realización de esta tesis.

A Nicté Ramírez y Lety Mirón por ayudarme y llevarme a las diferentes bibliotecas de C.U en busca de la bibliografía sobre el tema. Así como por su amistad y apoyo moral.

A la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa por permitirme el acceso a sus instalaciones durante el análisis de las muestras.

A Lizbet Pérez por su apoyo durante una parte del trabajo de laboratorio en la UAM. Gracias "parejita" por compartir conmigo la aventura de un largo recorrido a una ciudad distinta.

A la Doctora Dulce Brousset de la Facultad de Veterinaria de la UNAM, por la bibliografía otorgada y sus comentarios al inicio del trabajo.

Muchas gracias a mis compañeros de antes y después durante su apoyo en el trabajo de campo en la maravillosa Sierra de San Pedro Mártir, por las aventuras y riesgos compartidos: Ricardo, Lizbet, Mariana, Edith, Samantha, Isabel, Eva, Darío, Joaquín y Roberto.

A Don Toño del Cañón Agua Caliente, por sus comentarios y experiencias compartidas sobre el conocimiento que tiene de la fauna y del lugar de estudio, adquirido a través de tantos años de vivir ahí.

A Don Ramón Arce del Ejido Bonfil en Baja California Sur, muchas gracias por sus comentarios y conocimientos compartidos sobre el borrego cimarrón, ya que a pesar de haberlo conocido al final de este trabajo, el gran conocimiento y experiencia que tiene sobre el borrego me ha servido de mucho para tratar de mejorar el mismo, a la vez que su gran entusiasmo y fascinación por el campo me han demostrado que no hay obstáculo alguno que sirva de freno para aprender algo nuevo sobre la riqueza natural que existe en la Península.

A la UMA El Yaqui, UMA Arti y la Reserva de la Biosfera El Pinacate en Sonora por las facilidades otorgadas durante la obtención de las muestras de borrego cimarrón, mismas que fueron de mucha utilidad para complementar y comparar este trabajo.

A Paty Aceves y Humberto García, compañeros de la maestría, por los comentarios y correcciones al escrito. Gracias...

A los muchachos del servicio social del programa del borrego cimarrón: Cintya, Iván, Rebeca, Emma, Juan Pedro, Enrique, Alejandro y Ulises, ya que su trabajo en el campo me han servido de mucho para la parte final de la tesis y mi formación como profesional en este difícil tema del borrego.

A mis amigas de siempre Erika, Edith, Liz, Alfa e Isabel por su apoyo moral y por estar conmigo en las buenas y en las malas. Sin olvidar también a mis amigas de la Cruz Roja: Delia, Thelma y Elva, muchas gracias por su apoyo.

A mis compañeros de maestría: Lourdes, Claudia, Paty, Mariella, Eva, Ricardo, Joaquín, Humberto, Juan Diego, Rogelio y Luis.

Al Sistema de Investigación del Mar de Cortes-CONACYT mediante el convenio 990106003. Por su apoyo dentro del proyecto: "Plan de manejo para el venado bura (*Odocoileus hemionus*) en la Sierra San Pedro Mártir, Ejido El Bramadero". Durante 2000-2001.

A la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Baja California por su apoyo dentro de los proyectos de investigación interna durante el 2000, 2001 y 2002.

A la Fish and Wildlife Service por la beca otorgada durante los dos años de estudio.

Y a todos aquellos que en este momento se me puedan escapar de la mente y que de alguna manera influyeron en la formación de este trabajo.

Cuando me preguntaron que amaba más de la naturaleza, el desierto?, las montañas?, los mares?, los cielos?. No pude responder, por que es como si me preguntaran que amaba mas de mi cuerpo, mis manos?, mis ojos?, mi corazón?. Todo lo amo igual, y no concibo la naturaleza si cada uno de sus elementos, como no concibo mi cuerpo sin cada uno de sus órganos. Cada parte de la naturaleza tiene su función, como cada órgano del cuerpo tiene la suya.

Lo mismo puedo decir de la tierra donde vivo, la amo en todo su conjunto; su gente, su geografía, su historia, su cultura, su flora, su fauna. Todos sus elementos, positivos y negativos, hacen su universo y así la amo, con cada una de sus partes y no concibo sin ninguna de ellas.

Belester Bernaldez Garza.

La tierra es nuestra madre y todas las cosas vivas con las que vivimos, son sus hermanos de tal manera que debemos cuidar de ella y vivir de manera armoniosa sobre ella, por que la extinción de una cosa también es el final de otra.....

Pueblo Kuna de Panamá.

La esperanza no es la convicción de que las cosas saldrán bien, sino la certidumbre de que algo tiene sentido, sin importar su resultado final.

Vaclav Havel.

Para llegar al origen de las cosas es necesario nadar contra la corriente.

Anónimo.

Si yo tuve la suerte de alcanzar algo. Esto se debe sólo a que me apoyé en hombros de gigantes.

Isaac Newton.

Siempre y en todas partes los animales han sido los maestros.

James Hillman.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
I. INTRODUCCIÓN	3
II. ANTECEDENTES	5
2.1. Clasificación y Distribución.....	5
2.2. Biología de la Especie.....	7
2.3. Fisiología del Estrés.....	8
2.4. Las Hormonas Esteroides en la Fisiología del Organismo.....	12
2.5. Las Hormonas Adrenocorticoides y su Relación con el Estrés.....	13
2.6. El Borrego Cimarrón y su Problemática.....	16
2.7. El Estrés en el Borrego Cimarrón.....	18
2.8. Estudios de Borrego Cimarrón en Baja California.....	19
2.9. El Borrego Cimarrón y su Manejo.....	21
III. HIPÓTESIS y OBJETIVOS	26
IV. ÁREA DE ESTUDIO	27
4.1. Ubicación Geográfica.....	27
4.2. Descripción Física.....	27
4.3. Hidrología.....	28
4.4. Clima.....	28
4.5. Vegetación.....	28
4.6. Fauna.....	29
4.7. Uso del Suelo y Actividades Socioeconómicas.....	30
V. METODOLOGÍA	35
5.1. Recolecta de las Heces.....	36
5.2. Obtención de Muestras Sanguíneas.....	39
5.3. Análisis de las Muestras y Extracción Total de Esteroides en Heces.....	40
5.4. Inmunoensayo (EIA).....	41
5.5. Análisis Estadístico.....	41
VI. RESULTADOS	43
6.1. Concentración de Cortisol (ng/gr) en Heces de Machos y Hembras.....	43
6.2. Devianza, Porcentaje de Explicación y Significancia ($P < 0.05$) de la Concentración de Cortisol en Heces de Machos y Hembras a Través de las variables y sus Interacciones.....	48
6.3. Concentración de Cortisol (ng/gr) en Heces de Hembras.....	51
6.4. Devianza, Porcentaje de Explicación y Significancia ($P < 0.05$) de la Concentración de Cortisol en Heces de Hembras a Través de las variables y sus Interacciones.....	55
6.5. Concentración de Cortisol ($\mu\text{g/dl}$) en Sangre de Machos y Hembras.....	57

VII. DISCUSIÓN.....	59
7.1. Comparación del Grado de Estrés Fisiológico y su Relación con la Dinámica Reproductiva en Machos y Hembras.....	59
7.1.1. Actividad Antropogénica y Localidades.....	60
7.1.2. Estaciones del Año.....	61
7.1.3. Altura.....	62
7.1.4. Sexo.....	64
7.2. Concentración de Cortisol Entre las Variables y sus Interacciones en Machos y Hembras.....	66
7.3. Comparación del Grado de Estrés Fisiológico y su Relación con la Dinámica Reproductiva en Hembras.....	69
7.3.1. Actividad Antropogénica y Localidades.....	69
7.3.2. Estaciones del Año.....	70
7.3.3. Altura.....	70
7.3.4. Condición Reproductiva.....	72
7.4. Concentración de Cortisol Entre las Variables y sus Interacciones en Machos y Hembras.....	74
7.5. Comparación del Grado de Estrés Fisiológico y su Relación con la Dinámica Reproductiva en Sangre de Machos y Hembras.....	77
7.6. Comparación del Grado de Estrés Fisiológico Entre <i>Ovis canadensis cremnobates</i> y <i>Ovis canadensis mexicana</i>	79
VIII. CONCLUSIONES.....	84
IX. RECOMENDACIONES GENERALES.....	86
X. PROPUESTAS DE MANEJO PARA EL BORREGO CIMARRÓN (<i>Ovis canadensis cremnobates</i>) EN LA SIERRA SAN PEDRO MÁRTIR (SSPM), BASADAS EN EL GRADO DE ESTRÉS FISIOLÓGICO, DE SU DINÁMICA REPRODUCTIVA Y POBLACIONAL.....	88
XI. LITERATURA CONSULTADA.....	94

ANEXOS

	Pág.
1. Glosario con las Definiciones de las Palabras Señaladas en el Texto.....	113
2. Datos Generales de Campo.....	118
3. Datos Generales de las Muestras y Avistamientos.....	119
4. Especificidad de los Anticuerpos Policlonales Utilizados en el Inmunoensayo.....	120
5. Matrices Utilizadas en el Análisis Estadístico.....	121
6. Pruebas "/ Student" y Significancias Obtenidas en los Resultados de la Concentración de Cortisol en Heces de Machos y Hembras.....	123
7. Pruebas "/ Student" y Significancias Obtenidas en los Resultados de la Concentración de Cortisol en Heces de Hembras.....	128
8. Pruebas "/ Student" y Significancias Obtenidas en los Resultados de la Concentración de Cortisol en Sangre de Machos y Hembras.....	132
9. Manual con una Síntesis de la Información Generada Sobre la Biología y Ecología del Borrego Cimarrón (<i>Ovis canadensis cremnobates</i>), en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (1997-2003).....	133

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Área de Estudio.....	31
Figura 2. Localidades de Muestreo.....	32
Figura 3. Picacho del Diablo. Foto: Mariella Sáenz.....	33
Figura 4. Rumbo al Observatorio. Foto: Mariana Montoya.....	33
Figura 5. Cañón del Diablo.....	33
Figura 6. Cañón Agua Caliente.....	33
Figura 7. Cerro Prieto.....	34
Figura 8. Observatorio. Foto: Mariana Montoya.....	34
Figura 9. Cañón Matomí.....	34
Figura 10. Cañón del Diablo.....	34
Figura 11. Heces de Borrego Cimarrón Diferenciadas por su Tamaño en Grandes, Medianas y Chicas.....	38
Figura 12. Avistamiento de Borrego Cimarrón en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. Foto: Ricardo Eaton.....	38
Figura 13. Avistamiento de Borrego Cimarrón en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. Foto: Isabel Ponce.....	38
Figura 14. Clases de la Condición Física General: Vista Lateral y Posterior del Animal, donde se Compara una Condición Buena, Media y Pobre (Tomado de McCutchen, 1985)..	40
Figura 15. Concentración de Cortisol en Heces de Borrego Cimarrón (<i>Ovis canadensis cremnobates</i>) por Presencia o Ausencia de Actividades Antropogénicas.....	45
Figura 16. Concentración de Cortisol en Heces de Borrego Cimarrón (<i>Ovis canadensis cremnobates</i>) por Estación.....	45
Figura 17. Concentración de Cortisol en Heces de Borrego Cimarrón (<i>Ovis canadensis cremnobates</i>) por Altura.....	46
Figura 18. Concentración de Cortisol en Heces de Borrego Cimarrón (<i>Ovis canadensis cremnobates</i>) por Localidad.....	46
Figura 19. Concentración de Cortisol en Heces de Borrego Cimarrón (<i>Ovis canadensis cremnobates</i>) por Sexo.....	47
Figura 20. Concentración de Cortisol en Heces de Hembras de Borrego Cimarrón (<i>Ovis canadensis cremnobates</i>) por Altura.....	52
Figura 21. Concentración de Cortisol en Heces de Hembras de Borrego Cimarrón (<i>Ovis canadensis cremnobates</i>) por Condición Reproductiva.....	52
Figura 22. Concentración de Cortisol en Heces de Hembras de Borrego Cimarrón (<i>Ovis canadensis cremnobates</i>) por Estación.....	53
Figura 23. Concentración de Cortisol en Heces de Hembras de Borrego Cimarrón (<i>Ovis canadensis cremnobates</i>) por Localidad.....	53
Figura 24. Concentración de Cortisol en Heces de Hembras de Borrego Cimarrón (<i>Ovis canadensis cremnobates</i>) por Actividad Antropogénica.....	54

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Información de los Grupos de Heces de Borrego Cimarrón que se les Cuantifico Cortisol. Recolecta Realizada Durante 1997-2001.....	37
Cuadro 2. Concentración de Cortisol ($\mu\text{l}/\text{dl}$) en Sangre de Machos y Hembras.....	39
Cuadro 3. Concentración de Cortisol (ng/gr) en Heces de Machos y Hembras.....	44
Cuadro 4. Análisis Estadístico de la Concentración de Cortisol en Heces de Machos y Hembras.....	48
Cuadro 5. Concentración de Cortisol (ng/gr) en Heces de Hembras.....	51
Cuadro 6. Análisis Estadístico de la Concentración de Cortisol en Heces de Hembras.....	55
Cuadro 7. Concentración ($\mu\text{g}/\text{dl}$) de Cortisol en Sangre de Machos y Hembras.....	57
Cuadro 8. Análisis Estadístico de la Concentración de Cortisol, en Sangre de Machos y Hembras.....	58

RESUMEN

El borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) es la principal especie de valor cinegético y económico en México. Sin embargo, a pesar del intenso aprovechamiento que ha sufrido, no se tiene el conocimiento científico suficiente para sustentar la creciente demanda de aprovechamiento y conservación. Desconociéndose muchos de sus aspectos biológicos, entre ellos, la reproducción y su relación con los diferentes factores estresantes, fisiológicos o ambientales. Por ello, el generar conocimientos sobre esta especie en nuestro estado es de suma importancia para su conservación y manejo. Por tal razón, en el presente estudio se determinó el grado de estrés fisiológico y su relación con la dinámica reproductiva en la población de esta especie, en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California. Para tal efecto, se realizó un análisis inmunoenzimático (EIA) cuantificando la concentración de cortisol [C] en heces. Asimismo, se definieron las variables físicas, biológicas, ambientales y antropogénicas que pueden influir en el grado de estrés fisiológico del borrego cimarrón, a nivel espacial y temporal. Una vez obtenida la [C] se aplicó un modelo lineal generalizado (GLIM), confrontando la [C] contra las variables asociadas al muestreo (localidad, altura, estación, actividad antropogénica, condición reproductiva y sexo). La localidad fue la variable que mejor explicó el comportamiento de los datos (25.85%), seguida por las interacciones localidad-estación (40.74%) en hembras y localidad-sexo (22.5%) en machos y hembras, presentándose diferencias significativas ($P < 0.05$) en todos los niveles. Concluyendo que el grado de estrés presente en el borrego cimarrón está en función de la localidad, la estación y el sexo, mismas que están estrechamente relacionadas con la dinámica reproductiva de la población, es decir, en localidades como El Observatorio y Botella Azul, y durante las estaciones primavera-verano se registra una mayor actividad reproductiva, indicando así el grado de estrés, mismo que varía dependiendo de la condición fisiológica en la que se encuentren los animales, por ejemplo, las hembras cuando están pariendo o lactando presentan mayores concentraciones de cortisol (8.039 ng/gr). El estrés presente en los borregos también está en función de la conducta social, sus movimientos intra e interpoblacionales, la segregación entre machos y hembras, etc. De esta manera, se definieron las variables que pueden estar afectando al borrego cimarrón de acuerdo a la función biológica o social que presentan, integrándose una propuesta de manejo y conservación para esta especie en la Sierra San Pedro Mártir.

Palabras clave: Baja California, borrego cimarrón, cortisol, esteroides, estrés, heces, hormonas, San Pedro Mártir.

ABSTRACT

The bighorn sheep (*Ovis canadensis cremnobates*) is the main species of cinegetic and economic value in Mexico. Nevertheless, in spite of the intense harvest that has suffered, the scientific knowledge is not had sufficient to sustain to the increasing demand of harvest and conservation. Not knowing many of its biological aspects, among them, the reproduction and its relation with the different estresantes, physiological or environmental factors. For that reason, generating knowledge on this species in our state is of extreme importance for its conservation and management. For such reason, in the present study I determine the degree of physiological stress and its relation with reproductive dynamics in the population of this species, in the Mountain San Pedro Martir, Baja California. For such effect, a inmunoenzimático analysis was made (EIA) quantifying the cortisol concentration [C] in feces. Also, the variables were defined physical, biological, environmental and antropogénicas that can influence in the degree of physiological stress of the bighorn sheep, at space and temporary level. Once obtained [C] was applied a generalized linear model (GLIM), confronting [C] against the variables associated to the sampling (locality, height, station, antropogénica activity, reproductive condition and sex). The locality was the variable that better explained the behavior of the data (25.85%), followed by the interactions locality-station (40.74%) in females and locality-sex (22.5%) in males and females, present significant differences ($P < 0.05$) in all the levels. Concluding that the degree of present stress in the bighorn sheep this based on the locality, the station and the sex, same that closely are related to the reproductive dynamics of the population, that is to say, in localities like the Observatory and Botella Azul, and during the stations spring-summer registers a greater reproductive activity, indicating therefore the degree of stress, same that varies depending on the physiological condition in which are the animals, for example, the females when they are give birth or lactation they present greater cortisol concentrations (8.039 ng/gr). Present stress in the bighorn sheep also this based on the social conduct, its interpopulation movements intra and, the segregation between males and females, etc. This way, the variables were defined that can be affecting to the bighorn sheep according to the biological function or social which they present, integrating a proposal of management and conservation for this species in the Mountain San Pedro Martir.

Key words: Baja California, bighorn sheep, cortisol, steroids, stress, feces, hormones, San Pedro Martir.

I. INTRODUCCIÓN

Ovis canadensis de acuerdo a la NOM-059-ECOL-1994 se considera una especie en "protección especial". En el estado de Baja California el borrego cimarrón se declaró en veda total para su aprovechamiento desde 1990, misma que permanecerá en tanto no se conduzcan estudios referentes a su biología y al tamaño de sus poblaciones (Diario Oficial, México, D. F. 24 de Diciembre 1990).

Sin embargo, a pesar de la veda y del gran interés que existe por conservarlo y/o aprovecharlo, hasta hace poco tiempo los estudios desarrollados sobre el borrego cimarrón en Baja California habían sido escasos e incipientes, enfocándose a la realización de censos poblacionales (DeForge *et al.*, 1993; Lee y Mellink, 1996; Martínez *et al.*, 1997 y Lee *et al.*, 1999).

Por tal razón, en 1997 la Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Ensenada estableció la línea de investigación sobre la ecología y biología del borrego cimarrón en Baja California. Para lo cual, en una primera instancia, se han llevado a cabo en la Sierra San Pedro Mártir estudios que han permitido conocer algunos aspectos en torno a la evaluación del hábitat; la variación morfométrica; los hábitos alimentarios; la dinámica reproductiva; el estado de salud; la distribución espacial; entre otros (Montoya, 1998; Salmón, 1999; Galindo, 2000; Ayala, 2000; Colodner, 2001; Eaton, 2002; Ayala *et al.*, *en prensa*). Estos datos han generado información importante sobre las poblaciones que ahí existen y que servirá de apoyo para la implementación del plan de manejo y conservación del borrego en el estado.

Aunque los conocimientos generados a partir de esta línea de investigación han sido de mucha utilidad para su manejo, aún falta mucho más por conocer acerca del borrego cimarrón, y aspectos como su reproducción, es una prioridad. Por ello, el presente estudio se enfocó a utilizar la información ya generada sobre este proceso biológico y el conocer la relación que éste tiene con los diferentes agentes estresantes, tanto fisiológicos como ambientales que pudieran estar afectando al borrego.

De esta manera, los conocimientos y experiencias adquiridas sobre el borrego cimarrón en la Sierra San Pedro Mártir, permitirán elaborar un esquema y diagnóstico general, el cual servirá de apoyo para el mantenimiento y fomento de las poblaciones de esta especie en Baja California. Aunado a esto y debido a la importancia que tiene el conocimiento de los diferentes procesos fisiológicos y reproductivos de las poblaciones de fauna silvestre, así como para formular estrategias de manejo, en el presente trabajo se emplearon métodos no-invasivos de investigación.

En virtud de lo anterior, el objetivo principal de este estudio consistió en cuantificar la concentración de cortisol en heces de este organismo y su relación con la dinámica reproductiva de la población, y así determinar el estrés fisiológico e identificar los factores que lo propician. Esta información permitirá desarrollar acciones de manejo que optimicen el aprovechamiento del borrego cimarrón en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.

II. ANTECEDENTES

2.1. Clasificación y Distribución

Clase: Mammalia

Orden: Artiodactyla

Familia: Bovidae

Género: Ovis

Especie: *Ovis canadensis* Shaw, 1804

Subespecies: *Ovis canadensis cremnobates* Elliot, 1903

Ovis canadensis weemsi Goldman, 1937

Nombre común: Borrego cimarrón o borrego del desierto.

La familia bovidae que incluye antílopes africanos y asiáticos, bisontes, ovejas, cabras y bovinos, es el grupo de ungulados más importante y diverso (Vaughan, 1988). Esta familia consta de 45 géneros y 124 especies que se distribuyen en África, Asia, Europa y casi toda Norteamérica. Las especies de esta familia han sido sometidas a un proceso de domesticación, el cual se estima que inició en Asia hace unos 8,000 años (Darlington, 1957). En particular en el Continente Americano la familia bovidae está representada por cuatro géneros, que viven de forma silvestre: *Bison* (bisonte), *Oreamnos* (cabra de montaña), *Ovibos* (buey almizclero) y *Ovis* (borrego) (Hall, 1981).

En Norteamérica existen dos especies del género *Ovis*, *Ovis dalli* y *Ovis canadensis*. *Ovis dalli* incluye tres subespecies y *Ovis canadensis* siete, de las cuales *O. auduboni* está extinta. En México se encuentran tres subespecies de *Ovis canadensis*, *Ovis canadensis mexicana* con distribución histórica en Arizona, Nuevo México y Texas en los Estados Unidos de Norteamérica, y en Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Sonora en México; su distribución actual es en Arizona, Nuevo México, Texas y en Sonora (Hall, 1981; Sandoval, 1985). Las otras dos subespecies se encuentran en la Península de Baja California y se conocen como borrego cimarrón peninsular. *Ovis canadensis weemsi* se distribuye en Baja California Sur, hasta la Sierra de San Borja en Baja California. La subespecie *Ovis canadensis cremnobates* habita desde el sur de California y norte de Baja California y se desconoce el límite de su distribución sureña (Clark, 1964; Cowan, 1940). Sin embargo, estas dos subespecies coexisten en la parte media de la Península (Clark, 1964).

El borrego cimarrón se localiza en regiones desérticas cálidas de Estados Unidos y del noroeste de México. El terreno es agreste, rocoso y dividido por cañones. En toda su área de distribución hay zonas abruptas, con montañas bajas, riscos y pies de ladera (Monson y Sumner, 1980). También se encuentran en bosques de coníferas y en áreas de transición.

No se tienen datos exactos de la superficie de hábitat con la que cuenta la subespecie *Ovis canadensis cremnobates* en Baja California; sin embargo, existen evidencias de que se distribuyen en las Sierras de Cucapá, Juárez, Las Tinajas, Las Pintas, San Pedro Mártir, San Felipe, Santa Isabel, Las Arrastras, Calamajué, La Asamblea, San Borja, Las Animas, Agua de Soda y La Sierra de San Juan. Las estimaciones de superficie varían 10,875 km² (Lee, 1995), 14,321.85 km², (Tapia, 1997) hasta 18,600 km² (Lara, 1989). La cifra máxima de superficie de hábitat en Baja California, la estimó Medina (1990), dando un valor de 34,000 km², casi la mitad de la superficie del estado (que es 71,609.26 km²) (Montoya, 1998).

Para el borrego cimarrón, así como para otros organismos, las características del hábitat determinan la presencia y, en gran medida, la dinámica de las poblaciones. Así, un hábitat que posee los elementos favorables para reproducción, alimentación, cobertura y dispersión en el espacio y tiempo, garantiza la persistencia de las especies que lo utilizan (Eaton, 2002).

Wilson (1980) menciona que el borrego cimarrón es un animal con requerimientos especiales de hábitat, ya que necesita áreas específicas para alimentación, cobertura, cortejo, sitios para descanso y áreas para parir. Por lo anterior, concluye que el borrego es muy susceptible a los cambios que ocurren en su hábitat y la pérdida o la no-existencia oportuna de un componente del hábitat puede ocasionar la pérdida de un hato completo.

2.2. Biología de la Especie

Ovis canadensis es la especie más grande de borrego en Norteamérica. Su característica distintiva la constituyen los cuernos que crecen curvos hacia el frente, que en los machos llegan a alcanzar grandes tallas (Shackleton, 1985).

El borrego cimarrón presenta dimorfismo sexual, los machos desarrollan mayor peso y tamaño que las hembras. La coloración del pelo varía entre gris y café claro, dependiendo de la edad y del sexo. Las ancas, la parte posterior de las patas, alrededor del hocico y ocasionalmente el vientre son blanquecinos. Las hembras adquieren su madurez sexual entre el primero y el segundo año de edad; siendo la edad mínima de reproducción a los 13 meses, la cual está relacionada con la medida del cuerpo. Los machos son menos precoces, ya que llegan a la plenitud sexual aproximadamente a los ocho años de edad, sosteniendo combates con otros machos que desean poseer a las hembras; este fenómeno se conoce como poligamia. El número de hembras que controle depende de su capacidad reproductiva y de lucha (Blood *et al.*, 1970; Berger, 1978, 1979, 1982).

Los borregos cimarrones forman grupos los cuales se conforman en promedio por 7 individuos, clasificándose de la siguiente manera:

Corderos: individuos menores de 13 meses, cuyos cuernos están poco desarrollados (los corderos menores de 48 horas son categorizados como neonatos).

Hembra joven: incluye hembras desde los 12 a los 24 meses de edad, son más grandes en cuerpo y cuernos que los corderos, pero no como los adultos. Reproductivamente madura a los 18 meses.

Hembra adulta: de 4 a 5 años.

Macho joven: de 1 a 2 años.

Macho clase I: de 2 a 3 años.

Macho clase II: de 3 a 6 años.

Macho clase III: de 5 a 8 años.

Macho clase IV: de 8 años ó más.

Las hembras y los jóvenes tienden a separarse de los machos adultos durante la época no reproductiva (Geist, 1971). Los machos mantienen una jerarquía social rígida, sin embargo, la integridad de los grupos sociales se mantiene flexible en todo el año (Leslie y Douglas, 1979). En general, la composición de los grupos consiste en dos tipos de grupos espacial y sexualmente segregados, por un lado los machos adultos y por otro las hembras, corderos y machos jóvenes. La hembra joven permanece en su grupo familiar hasta su primer periodo de estro; una vez preñada, ésta se separa del grupo familiar (Geist, 1971, 1974; Bon *et al.*, 1993). Durante la época reproductiva, los machos buscan los hatos de hembras para reproducirse. Únicamente los machos adultos y las hembras maduras procrean, los corderos y los machos jóvenes permanecen apartados. Pasada la época de procrear los machos se alejan formando grupos separados. Las crías, generalmente uno, rara vez gemelos, nacen después de un periodo de gestación de aproximadamente 180 días (Deming, 1963; Leopold, 1977).

2.3. Fisiología del Estrés

El término estrés es el proceso mediante el cual los factores internos o externos en los que vive un individuo amenazan o sobrecargan sus sistemas de regulación perturbando su estado de adaptación, es decir, originando un desequilibrio en la homeostasia^{Anexo 1} del organismo (Selye, 1980; Broom, 1988; Belenguer y Mormede, 1993). Las reacciones de estrés pueden ser ocasionadas por diferentes estímulos o tipos de estrés, denominados factores estresantes, como los conductuales, ambientales (frío o calor), la escasez de alimentos (estresor endógeno), la presencia de antagonistas, competidores o depredadores, ruidos inesperados, así como las demandas fisiológicas durante la reproducción (Gorbman *et al.*, 1983; Bailey, 1984; Tortora y Anagnostakos, 1989; Knol, 1991; River y Rivest, 1991; Shier *et al.*, 2002). La reacción de estrés se caracteriza fundamentalmente por la respuesta del organismo al percibir uno o varios cambios que repercuten sobre el sistema neuroendocrino a partir del cual el organismo ajustará su comportamiento, por lo que el valorar dicha reacción permite conocer el tipo de respuesta a los estresores. De manera general, se conoce que durante el proceso de estrés las actividades fisiológicas que no aportan un beneficio inmediato para el organismo se aplazan inhibiendo la reproducción, el crecimiento o la digestión (Belenguer y Mormede, 1993).

Los mecanismos homeostáticos intentan contrarrestar el estrés de la vida cotidiana. Cuando tienen éxito, el ambiente interno permanece dentro de los límites fisiológicos, químicos, de temperatura y de presión normales. Sin embargo, en caso de que el estrés sea muy intenso, inusual o duradero, tales mecanismos no son suficientes. En 1936, Hans Selye, pionero en la investigación del estrés, demostró que diversos factores estresantes producen secuencias similares de cambios corporales (Tortora, 2002).

A este conjunto de cambios corporales se le denomina respuesta al estrés^{Anexo 1} o síndrome de adaptación general (SAG), el cual se caracteriza por un aumento de la presión sanguínea^{Anexo 1} y glucemia^{Anexo 1} por arriba de lo normal (Selye, 1946; Tortora y Anagnostakos, 1989). El SAG explica cómo el organismo cuando percibe un estímulo o agresión se produce en él una reacción interna, cuyo fin será conseguir la adaptación y por ende sobrevivir. Pero si el organismo es incapaz de responder o si la respuesta es exagerada, se produce un agotamiento de la capacidad de respuesta ocasionando alteraciones patológicas e incluso la muerte (Belenguer y Mormede, 1993).

La adaptación se logra por medio de la activación del eje neuroendocrino-glándula suprarrenal^{Anexo 1} (pituitaria-adrenal), lo que provoca la disminución de los efectos provocados en situaciones prolongadas de estrés. El SAG consiste de tres estados: (1) la reacción de alarma, (2) la resistencia y (3) el agotamiento. La reacción de alarma es la respuesta inmediata ante la expresión del agente agresor, se inicia con la estimulación hipotalámica del sistema nervioso simpático y la médula suprarrenal. En lo esencial, la reacción de alarma pone grandes cantidades de glucosa y oxígeno a disposición de los órganos más activos para protegerse o defenderse del peligro: encéfalo, que debe estar muy alerta; músculos, que probablemente tengan que luchar contra el atacante o huir, y corazón, que debe trabajar intensamente para bombear la sangre necesaria al encéfalo y músculos. En general, las respuestas de estrés de la reacción de alarma aumentan la circulación sanguínea y la síntesis de ATP^{Anexo 1}. A diferencia de la breve reacción de alarma, la de resistencia es de largo plazo y se desencadena en gran parte por efecto de hormonas liberadoras hipotalámicas. Las secreciones participantes son las hormonas liberadoras de corticotropina (CRH), de hormona del crecimiento (GHRH) y de tirotropina (TRH). La CRH estimula la hipófisis anterior para que aumente la secreción de ACTH, lo cual a su vez genera

mayor secreción de mineralocorticoides (aldosterona) en la corteza suprarrenal. La aldosterona hace que se conserven Na^+ y se eliminen H^+ , con lo cual se previene la disminución del pH corporal durante el estrés. La retención de sodio también lleva a la de agua en los riñones, de tal suerte que se mantenga la presión arterial alta en la reacción de alarma. Además, la retención de agua es útil para preservar el volumen de líquidos corporales. Por añadidura, la ACTH estimula en la corteza suprarrenal el aumento en la secreción de glucocorticoides (cortisol). A su vez, el cortisol induce la conversión de sustancias que no son carbohidratos en glucosa (gluconeogénesis) y la catabolia de proteínas (proteólisis). También tiene el efecto de volver los vasos sanguíneos más sensibles a los estímulos que producen su constricción. Esta respuesta contrarresta la caída de la presión arterial. Por último, el glucocorticoide suprime la formación de nuevo tejido conectivo, de tal suerte que la cicatrización de heridas es más lenta durante la reacción de resistencia prolongada. Los recursos del cuerpo podrían disminuir tarde o temprano, de modo que no sea posible sostener la reacción de resistencia, en cuyo caso sobreviene el agotamiento. La exposición prolongada a concentraciones altas de cortisol y otras hormonas de la reacción de resistencia causa emaciación muscular, supresión del sistema inmunitario e insuficiencia de las células beta pancreáticas. Además, podrían ocurrir cambios patológicos si persiste la reacción de resistencia después de que se interrumpe el factor estresante (Gorbman *et al.*, 1983; Norris, 1997; Tortora, 2002).

Es imposible eliminar por completo el estrés de la vida cotidiana. Cierta grado de estrés, al que se ha llamado eustrés, sirve como preparativo para enfrentar dificultades, de tal suerte que es productivo. Otro tipo, el disestrés, resulta nocivo al disminuir la resistencia a las infecciones, por inhibición transitoria de ciertos componentes del sistema inmunitario (Tortora, 2002).

Los diversos factores estresantes se relacionan estrechamente con la fisiología y estado del animal; por ejemplo, la carencia de alimentos es más severa si otros estresores se encuentran actuando (hostigamiento, competencia). Por esta razón, es importante considerar que la calidad del ambiente y la disponibilidad de los recursos son aspectos importantes para el desarrollo óptimo de los individuos (Bailey, 1984).

La mayoría de los estudios sobre estrés han documentado las respuestas inmediatas de los animales a la perturbación. Estas repuestas en los organismos van desde la muerte hasta los cambios de conducta, los cuales en ocasiones causan el abandono de crías, cambios en los hábitos de alimentación y fisiológicos (Wallace, 1992; Cassirer *et al.*, 1992). Otras respuestas incluyen el abandono de áreas preferidas para el forrajeo (Klein, 1971; Geist, 1978). También se ha demostrado que las actividades legales de recreación y cacería causan un impacto negativo en la abundancia, distribución y demografía de los individuos, provocando un incremento en la mortalidad y reduciendo la reproducción (Knight y Gutzwiller, 1995).

La cacería por sí sola puede alterar la estructura de una población, su distribución espacial y temporal (Bell y Austin, 1985; Cole y Knight, 1990), y su conducta reproductiva (Bartmann *et al.*, 1992). Por ejemplo, en Colorado se demostró que la cacería del elk (*Cervus elaphus*), interfiere con la reproducción normal, afectando principalmente el periodo de concepción de las hembras (Squibb *et al.*, 1986). Asimismo, cuando el estrés causado por la cacería o las actividades de recreación se combinan con condiciones ambientales desfavorables (inviernos severos o sequías), los animales presentan una baja reproducción.

De tal manera que cuando se introducen actividades antropogénicas en los hábitats de animales silvestres, la respuesta inmediata de las poblaciones es el estrés, siendo difícil evaluar todos sus impactos. Geist (1971) menciona algunos de los efectos que se generan en los animales cuando son estudiados desde los aviones, por ejemplo, las hembras preñadas sufren un alto grado de estrés, lo cual les puede provocar el aborto. El mismo autor menciona que algunos rumiantes como el borrego, presentan un incremento en su necesidad de alimentarse cuando corren mucho debido a alguna alteración. Bleich *et al.* (1990, 1994) reporta que los borregos responden drásticamente al disturbio ocasionado por los helicópteros incrementando con ello la susceptibilidad a la depredación, aumentando a la vez el estrés nutricional. Como consecuencia el nivel máximo de estrés es aquél en el que los organismos requieren más energía, llegando en algunos casos a consumir todas las reservas existentes en su cuerpo (Calef *et al.*, 1976; MacArthur *et al.*, 1979; Miller y Gunn, 1979, 1980; Gunn *et al.*, 1983; Krausman y Herver, 1983; Miller *et al.*, 1988; Knight y Gutzwiller, 1995).

Por ello, es importante conocer los procesos reproductivos y fisiológicos para mantener e incrementar las poblaciones silvestres, por lo que su registro se considera como herramienta importante dentro del manejo de las mismas. Existe una gran variación entre las especies respecto a la relación de sexos y patrones reproductivos; sin embargo, las diferentes estrategias para registrar la dinámica reproductiva y fisiológica de las poblaciones silvestres dependen fundamentalmente de la aplicación del conocimiento adquirido para cada especie (Bailey, 1984).

2.4. Las Hormonas Esteroides en la Fisiología del Organismo

Las hormonas esteroides (derivados del colesterol) son compuestos lípidos, no saponificables, poco solubles en agua pero sí en disolventes orgánicos como el éter. Pueden derivar de alguno de los siguientes hidrocarburos básicos: colestano, pregnano, androstano, y gonano. Del colestano se forma el colesterol que es la molécula precursora de las hormonas esteroides. Del pregnano derivan las hormonas esteroides con actividad progestacional, glucocorticoide, y mineralocorticoide. Derivando del androstano las hormonas esteroides con actividad androgénica, y del gonano (estrano) las que tienen actividad estrogénica. Tanto su producción como su secreción se llevan a cabo por tejidos específicos que conforman diferentes órganos endocrinos. En los vertebrados la mayoría de sus glándulas endocrinas son internas, como la corteza suprarrenal, medula adrenal y las gónadas (testículos y ovarios). En conjunto son sustancias esenciales para mantener la continua existencia de los vertebrados debido a que regulan gran variedad de procesos morfogénéticos, metabólicos y conductuales (Svendsen, 1976; Eckert *et al.*, 1990; Salame, 1998; Norman y Litwack, 1997; Ira, 1999). Con respecto a la actividad biológica que ejercen las hormonas esteroides, estas se clasifican en cuatro familias: 1) progestinas, 2) andrógenos, 3) estrógenos y 4) adrenocorticoides, en donde se agrupan los glucocorticoides y mineralocorticoides.

Las progestinas regulan diferentes etapas del desarrollo folicular, embrionario y conductual. La progesterona (P4) es la principal progestina natural que se secreta durante la fase lútea del ciclo ovárico y durante el embarazo, y es esencial para la implementación del embrión y la inhibición de la contracción uterina en el mantenimiento de la preñez. Los andrógenos son las hormonas sexuales masculinas producidos por las células de Leydig de los testículos y en las adrenales de ambos

sexos, siendo la testosterona (T) el principal andrógeno que regula algunas de las fases de la espermatogénesis. Los estrógenos son las principales hormonas sexuales femeninas producidas por los folículos y el cuerpo lúteo del ovario y por la placenta; preparan al animal para la ovulación y la fecundación. El estradiol (E2) es el principal estrógeno fisiológicamente activo (Conn y Stumpf, 1976; Hoar, 1978; Devlin, 1998; Bentley, 1998).

Los adrenocorticoides -mineralocorticoides y glucocorticoides- son producidos y secretados por las glándulas suprarrenales. Siendo los mineralocorticoides los que regulan la homeostasis del agua y de los electrolitos, en particular las concentraciones de los iones de sodio y potasio. Aunque la corteza suprarrenal secreta al menos tres hormonas de esta categoría, casi 95% de la actividad mineralocorticoide se debe a la aldosterona. Los glucocorticoides por su parte, regulan el metabolismo intermediario y la resistencia al estrés a partir del metabolismo de la glucosa, siendo el cortisol (hidrocortisona o compuesto F) el más abundante e importante dado que le corresponde casi el 95% de la actividad glucocorticoide (Hicks, 2001; Guyton, 2001; Tortora, 2002).

2.5. Las Hormonas Adrenocorticoides y su Relación con el Estrés

Durante las condiciones normales de actividad diaria de un animal, así como en los procesos reproductivos, en el crecimiento y la lactancia de las crías, las hormonas adrenocorticoides desempeñan una importante función sobre el metabolismo intermediario, así como en la regulación del agua y de iones (Bentley, 1998). Sin embargo, cuando las condiciones normales de la actividad del animal se alteran debido a un proceso de estrés, estas hormonas son imprescindibles para combatir los síntomas negativos tanto sobre su fisiología como en su psicología, eliminando eventualmente el estímulo que lo causó y así restituir su normalidad (Norris, 1996).

En el ritmo circadiano de la secreción de glucocorticoides, las magnitudes secretoras de CRH, ACTH y cortisol son siempre elevadas al principio de la mañana pero bajas al final de la tarde, siendo un promedio de 10 descargas secretoras. La concentración plasmática de cortisol varía entre un máximo cercano a los 20 $\mu\text{g/dl}$ por la mañana y 5 $\mu\text{g/dl}$ a medianoche. Este efecto resulta de una alteración cíclica

durante las 24 horas debido a las señales procedentes del hipotálamo que provocan la secreción del cortisol (Guyton, 1989, 2001; Costanzo, 2000).

Los glucocorticoides actúan prácticamente en todos los tejidos del organismo, siendo sus funciones más notables el fomentar el metabolismo normal y permitir al cuerpo resistir los estados de alarma causados por alguna alteración o estrés (Eckert *et al.*, 1990; Norris, 1997; Norman *et al.*, 1997; Bentley, 1998; Seeley *et al.*, 2002). Dentro de estas hormonas el cortisol es una de las principales, la cual tiene una relevante actividad sobre la regulación de la fisiología como respuesta a una situación de estrés. Siendo los procesos más estudiados los siguientes:

- 1.-** Tiene un marcado efecto fisiológico en el metabolismo^{Anexo 1} energético.
- 2.-** Repone y conserva la energía derivada de la glucosa circulante al incrementar la concentración de glucosa en la sangre y provee la gluconeogénesis al depositar glucógeno en el hígado; incrementan la concentración de la glucosa más de lo normal (hiperglucemia) e inhiben la utilización de glucosa por tejidos periféricos, especialmente por el músculo esquelético.
- 3.-** Estimula la entrada de aminoácidos en las células; el desdoblamiento de las proteínas hasta aminoácidos en todas las células, salvo las hepáticas, en donde son transformados en glucosa por medio de la gluconeogénesis^{Anexo 1}. La concentración prolongada y elevada de glucocorticoides en la sangre durante la tensión, da por resultado una pérdida neta de proteínas tisulares (equilibrio negativo del nitrógeno), pero también estimulan la inducción *de novo* en la síntesis de enzimas^{Anexo 1}.
- 4.-** Acelera la movilización de grasa desde las células adiposas hacia otros tejidos, así como la catabolia^{Anexo 1} de las mismas por casi todas las células; es decir, cambian su abastecimiento de energía.
- 5.-** Son esenciales para conservar la presión arterial normal. Sin cantidades suficientes de glucocorticoides en la sangre, las hormonas noradrenalina^{Anexo 1} y adrenalina^{Anexo 1} no producen su efecto vasoconstrictor y la presión arterial desciende de manera peligrosa.
- 6.-** La concentración elevada de glucocorticoides produce una disminución rápida de eosinófilos^{Anexo 1} en la sangre, situación que causa una disminución del número de linfocitos^{Anexo 1} y células plasmáticas^{Anexo 1} afectando la formación de anticuerpos^{Anexo 1}.

A este respecto, es común observar un incremento de enfermedades en animales estresados. Cuando este incremento ocurre, el sistema inmune presenta una respuesta inmediata a través del eje neuroendocrino-glándula suprarrenal; por ejemplo: niveles elevados de cortisol deprimen las reacciones celulares protectoras y particularmente retarda la emigración de los leucocitos^{Anexo 1} hacia las áreas traumatizadas actuando como un agente antiinflamatorio. Además, produce anticuerpos para abatir las respuestas inmunitarias que acompañan a las infecciones, estados alérgicos y enfermedades, así como de revertir el descenso de presión sanguínea resultante del choque provocado por el factor estresante (Harper *et al.*, 1978; Norris, 1997).

Como se constata, los glucocorticoides son esenciales para la vida, al actuar en diferentes células y por diferentes vías. Por ejemplo, el ser humano no es capaz de sobrevivir sin la secreción continua de cortisol durante las diferentes situaciones de estrés a las que está sometido diariamente, llegando a producir 25 mg o más de cortisol al día (Norman *et al.*, 1997). En cambio, en los animales las cantidades secretadas de cortisol varían considerablemente de un organismo a otro, dependiendo principalmente de su condición fisiológica (Bearden y Fuquay, 1982; Knobil *et al.*, 1994; Bentley, 1998). Aunque diversos factores endógenos modulan la magnitud de la respuesta al estrés, se incrementa la evidencia de que estos factores afectan drásticamente el metabolismo del organismo como consecuencia de la duración y severidad a la exposición del factor estresante (Friend, 1991; Peristein *et al.*, 1993; Jayo *et al.*, 1993; Smith y French, 1997).

Por su parte los mineralocorticoides intervienen en la conservación o retención de iones de sodio para mantener la homeostasis de la concentración sanguínea de sodio, lo que ocasiona como efecto secundario, la excreción de hidrogeniones^{Anexo 1}. Estos se acumulan en grandes concentraciones como resultado del aumento de la catabolia y tienden a conferir mayor acidez^{Anexo 1} a la sangre. Con esto se logra prevenir durante el estrés la disminución del pH corporal. La retención de sodio se acompaña de agua (edema), con lo que se conserva la presión sanguínea alta que es característica de la reacción de alarma (Ganong, 1980; Gorbman *et al.*, 1983; Tortora *et al.*, 1989; Strayer, 1989; Devlin, 1998; Hafez, 2000).

Por último, el hígado es el principal órgano que metaboliza estas hormonas, aunque otros tejidos, como los intestinos, también desempeñan esta función. Muchas de estas hormonas son modificadas para incrementar su solubilidad en agua y ser excretadas por vía urinaria, biliar o por medio de las heces.

2.6. El Borrego Cimarrón y su Problemática

Cada especie interactúa y responde de diferente manera a las condiciones ambientales existentes en su hábitat a partir de lo cual se manifiestan conductas estereotipadas como respuestas a sus adaptaciones fisiológicas, lo que les permite tener una buena capacidad de respuesta para lograr su homeostasis.

Actualmente muchas especies están sujetas a presiones humanas que amenazan su conservación, debido al mal uso y aprovechamiento tanto de sus poblaciones como de sus hábitats. El borrego cimarrón es un buen ejemplo de ello. Debido a los diferentes enfoques (biológico, social, económico y/o político) que se han generando en torno a él, tanto que es uno de los principales trofeos de especies cinegéticas silvestres en el mundo, particularmente en México. Lo anterior ha provocado que esta especie enfrente cada vez una mayor presión sobre sus poblaciones y por ende sobre sus hábitats. La cacería carece de fundamentos en torno a la biología reproductiva de la especie, ya que no existe un sustento fisiológico y endocrino para establecer de manera precisa las temporadas o tasas de aprovechamiento.

La creciente presión del hombre sobre las poblaciones de borrego y su hábitat ha resultado en un incremento del estrés ocasionado por el ambiente, lo que puede propiciar el brote de enfermedades; disminución en la tasa de reproducción; reducción, aislamiento y desaparición de sus poblaciones, ocasionando con ello una depresión genética^{Anexo 1} (Campell y Remington, 1979; DeForge *et al.*, 1979; Leslie y Douglas, 1980; Elliott y Boyce, 1992). Por lo tanto, mientras que los impactos provocados por el estrés en los animales silvestres no sean documentados, cada vez será más preocupante el efecto negativo que se provoque en ellos.

En México, el borrego cimarrón ha sido un recurso mal aprovechado y de manera poco organizada, la emisión de permisos de caza la cual se da sin bases biológicas y ecológicas ha limitado su manejo. Desafortunadamente, la información existente sobre la biología del borrego cimarrón está limitada a las poblaciones de Estados Unidos y Canadá. En México, particularmente en Baja California a pesar de la importancia ecológica, económica y cultural del borrego cimarrón, hasta hace poco tiempo no se le había dado mucho énfasis para solucionar la carencia de información biológica. Propiciado principalmente por la falta de un criterio adecuado, al tratar de solucionar el problema, sólo con la extrapolación de datos de otros lugares (Texas o California), que posiblemente sean semejantes en cuanto a las características del lugar, pero no iguales. Por otra parte, sólo se han realizado censos aéreos (DeForge *et al.*, 1993; Lee y Mellink, 1995; Martínez *et al.*, 1997; Lee *et al.*, 1999), que no aportan la suficiente información que sustente el número de permisos concedidos para la cacería, ya que sólo se obtienen los registros de la presencia de los animales en ciertas partes de las áreas censadas y de ahí se extrapolan los datos a toda un área, ponderando los datos a un número mayor de animales que los que se observan. Esto debido principalmente a la falta de un estudio sistemático, además de que sólo se han registrado zonas con alta probabilidad de encontrar borregos.

Por otro lado, la historia del borrego cimarrón señala que esta especie ha ido declinando significativamente. Su pasado indica que ha sido uno de los mamíferos más exitosos al presentar un amplio rango de distribución en Norteamérica, abarcando desde regiones nevadas hasta cálidos desiertos (Monson y Sumner, 1980; Shackleton, 1985). Sin embargo, actualmente el borrego cimarrón por causas como la competencia con el ganado, las enfermedades introducidas y transmitidas por el borrego doméstico y el ganado, la cacería indiscriminada e ilegal, y los impactos generados a través de las diferentes actividades antropogénicas (construcción de carreteras, desarrollo de viviendas, canales, control del fuego y actividades de recreación) (Gallizioli, 1977; Cunningham y Ohmart, 1986; Etchberger *et al.*, 1989) se ha visto imposibilitado para dispersarse y colonizar nuevas áreas reduciendo su rango de distribución (Buechner, 1960; Weaver, 1973; DeForge, 1976; Seegmiller y Ohmart, 1981; Jessup, 1985; Fish y Wildlife Service, 1988; Cunningham, 1989; Harris, 1992; Jessup y Ramey II, 1995). Asimismo, Bailey (1980) menciona que la conducta social, las estrategias para evadir a sus depredadores y las adaptaciones a los factores climáticos, también son aspectos que han contribuido a la declinación del borrego .

2.7. El Estrés en el Borrego Cimarrón

Las causas anteriormente señaladas han provocado diversos grados de estrés por una excesiva estimulación del sistema endocrino, en particular la glándula adrenal, reduciendo la función del sistema inmune. Cuando esto ocurre, por ejemplo en la época de celo, el estrés puede causar el fracaso del mecanismo endocrino ocurriendo con ello la muerte del organismo (DeForge, 1972, 1979; Sapolsky, 1990, 1995; Moberg, 1991; Minton *et al.*, 1995).

Los mamíferos en general evitan aquellos lugares que han sido destruidos en su medio natural, disminuyendo así el riesgo de extinción. De esta manera, el mecanismo denso-dependiente es puesto en práctica para evitar que esto ocurra. Es así como muchos mamíferos adquieren su propio sistema de regulación a nivel conductual y fisiológico, controlando de esta manera el crecimiento de sus poblaciones (Flowerdew, 1987).

DeForge (1976, 1981) señala que el estrés en el borrego cimarrón limita mayormente su sobrevivencia y que las pérdidas de hábitat, la sequía, la competencia con burros ferales y sobre todo la intervención del hombre en sus hábitats y poblaciones, son los principales factores que propician dicho estrés. Algunos de los efectos que se presentan ante las diferentes situaciones de estrés en el borrego son las siguientes:

A.- Incremento de la mortalidad, provocada por una baja resistencia del organismo, y que a su vez puede causar:

- 1.- Enfermedades
- 2.- Parasitismo
- 3.- Infecciones
- 4.- Severos estados de shock^{Anexo 1}

B.- Inhibición de la función reproductiva, la cual causa:

- 1.- Retraso o inhibición de la maduración sexual
- 2.- Disminución de la espermatogénesis^{Anexo 1}
- 3.- Prolongación del ciclo estral
- 4.- Ovulación e implantación reducida
- 5.- Incremento de la mortalidad de fetos (posible reabsorción de los embriones)
- 6.- Lactancia inadecuada

C.- Alteración en la conducta provocando:

- 1.- Conducta precoz en individuos jóvenes
- 2.- Disminución de la habilidad para transmitir los conocimientos de una generación a otra.

Son muchos los factores que pueden afectar las poblaciones de borrego cimarrón, situación que demanda el uso de métodos y técnicas que permitan evaluar y manejar correctamente a esta especie (DeForge, 1981). Uno de estos métodos, determina y cuantifica las diferentes hormonas que se producen en el cuerpo de este organismo, como producto de sus diferentes estados de alteración y etapas reproductivas. De esta manera se conoce y relaciona más ampliamente la problemática del borrego cimarrón con la fisiología hormonal y su importancia como parte del metabolismo.

2.8. Estudios de Borrego Cimarrón en Baja California

En la Península de Baja California los registros sobre la cacería "legal y razonable" del borrego cimarrón aparecen a partir de terminarse la veda en 1963, hasta 1990, tiempo durante el cual los estudios desarrollados para conocer y por ende mantener las poblaciones de esta especie fueron muy escasos. En 1974 (Álvarez, 1976) se especulaba sobre el número de animales, y se consideraba necesario realizar estudios como: la dinámica poblacional, el potencial reproductivo y los requerimientos de hábitat. Sin embargo, el número de individuos existentes en esa época se consideraban suficientes para soportar las tasas de aprovechamiento otorgadas (100 permisos por temporada) (Pérez-Gil y Jaramillo, 1996).

Por tanto, los "estudios" consistían sólo en asignar un técnico de la Dirección General de Fauna Silvestre durante las cacerías para llevar un conteo de los animales. En ese mismo año, se realizó un censo para estimar la población, encontrando una densidad por km² de 0.54 para La Asamblea, 0.90 para San Juan, 1.5 para Matomí y 0.39 para Las Vírgenes. Estimando una población de 4,500 a 7,800 borregos en la Península. Domínguez (1976) reporta los resultados que se obtuvieron de los análisis del contenido de 20 estómagos de borregos colectados en Arroyo Grande, El Mármol, La Asamblea, Las Vírgenes y Loreto. De 1975 a 1987 el manejo del borrego cimarrón estuvo a cargo de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), entre 1977

y 1982 se autorizaron a nivel nacional 683 permisos, es decir un promedio de 114 permisos por año, muchos de éstos se otorgaron irregularmente, por asignación directa y no por sorteo y bajo la figura de "cortesías del C. Secretario" (Pérez-Gil y Jaramillo, 1996).

Como parte de las investigaciones de las temporadas de caza de 1976 y 1978, se realizó un estudio en 12 animales para determinar los ecto y endoparásitos, cinco borregos fueron de Arroyo Grande y Matomi y siete de San Pedro Mártir (López, 1979).

En 1988, la SEDUE en colaboración con la Universidad Autónoma de Baja California realizan un estudio poblacional e histopatológico en animales obtenidos durante las temporadas cinegéticas de 1986 y 1987. De acuerdo a los análisis histológicos se encontraron problemas de salud (infección de algunos órganos) y baja densidad gamética. También encontraron una relación hembra:cría de 8:1 durante la temporada y 10:1 durante la posttemporada, lo cual probablemente indicaba problemas reproductivos y de supervivencia de las crías, además de detectar evidencias de cacería furtiva en todos los campamentos donde se llevó a cabo el estudio. Analizando los problemas ecológicos, y considerando la variable socioeconómica, los autores presentaron tres alternativas para el problema: 1) vedar la cacería del borrego cimarrón en Baja California, 2) hacer estudios integrales y sistemáticos de la población, y 3) reforzar la vigilancia ecológica.

En ese mismo año (1988) el Consejo Nacional de la Fauna A. C. condujo un "programa de manejo" y realizaron el primer estudio de telemetría. En 1992, se realizó un censo aéreo (DeForge *et al.*, 1993) para estimar la población de animales en el estado y, paralelamente se desarrolló un estudio sobre la densidad poblacional del borrego en Arroyo Grande y Cañada Jaquejel (López, *et al.*, 1995). Después del estudio desarrollado por López y col. (1995) se realizaron otros censos (Lee *et al.*, 1996; Martínez *et al.*, 1997; Lee *et al.*, 1999). En dichos censos, además de estimar el número poblacional de borregos, sólo se ha determinado la proporción de sexos clasificándolos por clases de edad.

Visualizando lo anterior, y de acuerdo con Eaton (2002), los escasos trabajos desarrollados en México sobre el borrego cimarrón indican claramente un desequilibrio entre la generación de conocimiento y el gran interés que siempre se ha tenido por aprovechar la especie. A diferencia de lo anterior, en Estados Unidos la generación de conocimientos para esta especie, ha sido constante y en mayor proporción que el aprovechamiento, contabilizándose hasta 1999, 627 trabajos para todo el país (Eaton, 2002).

2.9. El Borrego Cimarrón y su Manejo

Un aspecto importante a considerar en la conservación y manejo del borrego cimarrón es su conducta como respuesta a la actividad humana (Leopold, 1933; Welch, 1969; Olech, 1979), ya que dicha actividad es determinante para la presencia del borrego (Wilson *et al.*, 1980; Etchberger *et al.*, 1989). Las respuestas de los borregos a las perturbaciones son variables y dependen de diversos factores, como el tipo de actividad humana, la experiencia previa que tengan los organismos para enfrentar al agente perturbador, la medida o composición del grupo de animales, la distancia al terreno de escape, la localización geográfica de los borregos con relación a la actividad antropogénica, y la distancia de dicha actividad al hábitat (MacArthur *et al.*, 1982; Krausman y Hevert, 1983; Krausman y Leopold, 1986; Whitacker y knight, 1998; Papouchis *et al.*, 1999). Dependiendo de la intensidad de la perturbación, el nivel de respuesta de los organismos puede causar la alteración del patrón de uso de los recursos.

El efecto de las actividades humanas sobre el hábitat del borrego cimarrón no siempre es obvio; sin embargo, en muchos casos la sola presencia humana o sus actividades pueden ser perjudiciales (Borg, 1981; Fletcher, 1988; U.S. Fish and Wildlife Service, 1999).

Para un manejo efectivo de las poblaciones de borrego se requiere de un adecuado conocimiento de su distribución espacial (Natl. Res. Counc. 1995; Purdy y Shaw, 1980, 1981; Hamilton *et al.*, 1982). La fragmentación del hábitat, así como la dinámica de la población deben ser identificadas y estudiadas a nivel regional para entender la viabilidad de la población y de esta manera, comprender y evaluar apropiadamente las estrategias de manejo propuestas (Hanski y Gilpin, 1991). Debido

que la disminución actual de las poblaciones de borrego cimarrón se atribuye principalmente a enfermedades, destrucción de su hábitat, y disminución de sus movimientos tradicionales, éstos se consideran factores importantes para entender problemas que presentan los organismos. Por ello, Wakelyn (1984) sugiere que una posible solución para el manejo del borrego es el proteger y expandir los hábitats remanentes, al igual que reestablecer sus movimientos tradicionales (usualmente estacionales), bajo un esquema de diversidad sustentable (Hobbs y Spowart, 1984; Risenhoover y Bailey, 1985).

Armentrout y Boyd (1995) y Schwartz *et al* (1986) mencionan la importancia de utilizar las regiones donde se distribuyen las poblaciones de borrego como parte fundamental de su manejo, para ello es necesario proporcionar un tratamiento de manejo a nivel de una metapoblación^{Anexo 1} en la que se incluya la especie y la relación de ésta con su hábitat. Weaver (1973, 1986) señala que el manejo del borrego se desarrolla en tres fases: 1) vigilancia y caracterización del hábitat para restringir la cacería y, de esta manera, establecer lugares óptimos para refugios; 2) mejorar los inventarios y experimentar en el manejo de animal y desarrollo de aguajes; y 3) limitar la cacería excesiva. Una fase adicional a este criterio es el reestablecer las áreas de su distribución histórica (Graf, 1980). Algunos esfuerzos adicionales de manejo deben enfocarse al incremento en la calidad del forraje, reducción de la competencia y mejoramiento del hábitat (Eaton, 2002).

Sin embargo, en México los programas y esquemas de manejo del borrego cimarrón han sido un tanto diferentes y a pesar de que se han logrado algunos avances aún se mantiene en niveles incipientes. En 1961 Macias menciona la importancia de la "administración" de este recurso dado el "eminente peligro de extinción" en el cual se encontraba, y del cual era responsable de su manejo la Administración General de Caza. Sin embargo, dicha administración no había tenido un adecuado desempeño en esta función. Por esta razón, se iniciaron estudios para conocer la condición de las poblaciones, y de esta manera estar en posición de recomendar algunas medidas correctivas pertinentes. La crítica situación del borrego era atribuida a la cacería ilegal, por ello la administración debía preocuparse en conocer la distribución de este organismo a fin de expedir un pequeño número de licencias en lugares que pudieran ser controlados o bajo condiciones por establecerse.

En este mismo año (1961), Dávila realiza un análisis de los resultados obtenidos por medio de la veda del borrego cimarrón ejercida desde 1922 y, basado en las "investigaciones" realizadas durante este periodo el autor dio a conocer las siguientes recomendaciones: 1) eliminación de la veda en el estado de Baja California, pero no en el resto del país donde la veda debía continuar hasta que los estudios técnicos fueran realizados y justificaran su eliminación. Esta medida debía permanecer condicionada y garantizada por un cuerpo de "cuidadores" capacitados y con amplias facilidades para hacer cumplir el orden; 2) establecer el cierre de la caza temporal entre Mexicali y San Felipe; 3) la apertura de una temporada de caza entre Arroyo Matomí y Cerro Canelo; 4) establecimiento de zonas de refugio en la Botica, Sierra Las Ánimas y Paredones en Baja California, y en Puerto Escondido Baja California Sur; 5) establecer una extensa campaña publicitaria para dar a conocer el valor de la vida silvestre, particularmente el borrego cimarrón; y 6) solicitar la colaboración de todas las autoridades, civiles, militares y federales con el fin de que ayudaran al Consejo General de Caza en los programas de administración y conservación de la vida silvestre.

Araujo (1976) menciona que en esta época se implementó el programa de protección y conservación del borrego cimarrón en la Península de Baja California, en coordinación con el gobierno federal, el gobierno del estado y la comisión de zonas áridas. En este programa, el responsable directo para manejar con máxima eficiencia los recursos naturales fue el estado de Baja California. Dadas las características del área y la variedad de fauna, la cual permitía una explotación racional, fue necesario establecer un sistema de coordinación entre el gobierno del estado y el departamento de caza para llevar a cabo el plan de incrementar y proteger la cacería de las especies. Así como para "producir un importante beneficio económico al estado y gobierno federal" y a los residentes de las áreas donde se encontraban los recursos. Dicho programa consistía en patrullar la zona por tierra y aire haciendo diferentes recorridos y rehabilitando aguajes. A partir de efectuar estos recorridos, el gobierno de Baja California reconoció que se tenían algunos problemas con cabras ferales, al introducir enfermedades y parásitos, además de competir con el borrego y el venado por alimento. Los burros, por su parte, alteraban los aguajes naturales. Respecto al plan de cacería del borrego cimarrón, éste consistía en la autorización de los permisos para machos adultos, preferentemente los más viejos, los cuales ya no tenían éxito reproductivo en la población.

En 1999, en Baja California se planteó un proyecto para establecer un criadero intensivo de borrego para la repoblación de sierras en el estado, el cual se articuló con base en otras estrategias de conservación como la del Sistema de Unidades para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable (SUMA), así como el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP) y con la creación de santuarios. Dicho proyecto pretendía incorporar un esquema de administración integral de la población en confinamiento, basado en información científica y de campo; en el manejo y aprovechamiento sustentable de las poblaciones; en la conservación y manejo del hábitat; en la diversificación productiva; en la búsqueda y creación de mecanismos de financiamiento; en la coordinación y seguimiento de actividades por parte del Consejo Técnico Consultivo del Parque Nacional; en la adecuación de instrumentos jurídicos y en la educación ambiental. Sin embargo, Eaton (2002) en su trabajo de tesis menciona que este proyecto no es recomendable de realizar debido a: 1) que la mayoría de la información que se proponía obtener de la especie y su hábitat ya había sido generada, lo que indica que no existe una coordinación entre el sector oficial y el sector académico, pudiendo ocasionar un desgaste de recursos económicos y humanos; 2) se ha encontrado por medio de evidencias indirectas de borrego que éste presenta altas probabilidades de presencia en la zona del parque, lo que lo hace un hábitat potencialmente importante. El inconveniente es que en la zona antes indicada, corresponde a áreas donde se realizan actividades de recreación por los visitantes del parque, por lo tanto estas actividades tendrían que restringirse o eliminarse de estas zonas; 3) se ha sugerido que en la Sierra San Pedro Mártir existe hábitat favorable para el borrego que no requiere el desarrollo de bebederos, comederos, etc; y 4) de acuerdo con el trabajo de Ayala (2002), se ha encontrado que el manejo del borrego en condiciones de cautiverio o semicautiverio, ocasiona un gran estrés fisiológico a los animales, pudiendo afectar su reproducción bajo estas condiciones. También menciona que es recomendable que el objetivo de cualquier programa para el manejo de la especie, sea integral y tenga como metas a corto plazo la obtención, síntesis y análisis de la información disponible sobre la especie, y la identificación de todos los interesados en el borrego, para involucrarlos en los programas o proyectos propuestos.

Como se puede apreciar, han sido muy pocos los estudios generados para conocer de manera más precisa la dinámica poblacional y reproductiva del borrego cimarrón, y más aún se desconocen muchos aspectos de su situación poblacional, biológica y ecológica, no obstante que es el mamífero cinegético económicamente más importante de México. Ante estas circunstancias y la crítica situación entorno a la investigación del borrego cimarrón, donde los estudios como los censos aéreos son llevados a cabo por personal extranjero, a costos muy elevados, realizados en muy poco tiempo y de manera no sistemática. Se considera importante el uso de nuevos métodos, técnicas y/o estrategias para obtener un conocimiento más amplio acerca de sus poblaciones. Una de estas técnicas son las evidencias indirectas (heces, huellas, senderos, echaderos).

Tomando en cuenta todo lo anteriormente mencionado y en vista de la controversia existente sobre el estado de conservación de las poblaciones de borrego cimarrón en el estado de Baja California, aunado a la falta de información actualizada se llegó al planteamiento del presente trabajo.

HIPÓTESIS

El grado de estrés fisiológico de la población de borrego cimarrón está determinado por las diferentes condiciones del ambiente (físicas, biológicas y antropogénicas) en las que se encuentra, por lo que se encontrará una relación directa entre algunas de las condiciones contempladas en el estudio y el grado de estrés presente en la población. Por lo que a mayor intensidad de la condición ambiental, por ejemplo sequía o perturbación antropogénica, mayor será el grado de estrés, y por ende mayor la concentración de cortisol en las heces del borrego.

III. OBJETIVO GENERAL

Determinar el grado de estrés fisiológico y su relación con la dinámica reproductiva en la población de borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.

OBJETIVOS PARTICULARES

✓ Realizar un análisis hormonal para determinar la concentración de cortisol en heces de borrego cimarrón para estimar el grado de estrés fisiológico.

✓ Identificar los factores bióticos y abióticos que pueden influir en el grado de estrés fisiológico del borrego cimarrón, espacial y temporalmente.

✓ Relacionar el grado de estrés fisiológico en el borrego cimarrón con las diferentes etapas reproductivas en machos y hembras.

✓ Basándose en el grado de estrés fisiológico, la dinámica reproductiva y poblacional, elaborar recomendaciones de manejo de la población en estudio, que permitan a los productores elaborar estrategias y tomar con mayor facilidad decisiones en la resolución de los problemas relacionados con el borrego cimarrón y su hábitat.

✓ Elaborar un manual para dar a conocer los principales aspectos biológicos del borrego cimarrón, a través de los trabajos desarrollados en la Sierra San Pedro Mártir durante 1997-2003.

IV. ÁREA DE ESTUDIO

4.1. Ubicación Geográfica

La Sierra San Pedro Mártir (SSPM) se orienta de noroeste a sureste en la Península de Baja California, se localiza entre los paralelos 30° 30' y 31° 10' de latitud norte y los meridianos 115° 44' y 115° 13' de latitud oeste, se ubica a 100 Km al sureste del Puerto de Ensenada (Gastil *et al.*, 1975; Minnich y Franco-Vizcaino, 1999; Ruíz, 1991).

4.2. Descripción Física

La SSPM es importante desde el punto de vista biológico, debido a su origen y evolución geológica, forma parte de la Cordillera Peninsular que se inicia en las montañas de San Jacinto en E.U.A terminando en la mitad de la Península; su extensión es de casi 100 km desde el paso de San Matías (en el norte) hasta Cerro Matomí (en el sur) al este del Rosario. Morfológicamente se destaca por su altura y extensión territorial, siendo la mayor elevación de la Península de Baja California, con altiplanicies por arriba de los 2,000 m.s.n.m en su parte norte y de 1,900 m.s.n.m en su parte sur; su cumbre mayor es el Picacho del Diablo con 3,095 m.s.n.m (Argote, 1991; Reyes y García, 1991; Escoto, 1994).

Debido al gradiente altitudinal que presenta de 500 a 3,095 m.s.n.m se pueden distinguir tres sectores diferentes de terreno: la porción este, la cresta y la porción oeste. La porción este presenta un relieve casi vertical y una caída abrupta del terreno, desde una altitud de 2,800 m.s.n.m desciende hasta los 500 m.s.n.m en el Valle de San Pedro y Valle Chico, donde se aprecian un gran número de cañones que disectan a la sierra, esta caída se da en una distancia de 10 Km aproximadamente. La cresta es una amplia meseta, formada por una cuenca aluvial angosta y por praderas extensas. La porción oeste posee una pendiente suave con un relieve que varía de 300 a 600 m.s.n.m. Finalmente, al sur de los 30°45' ya no existe una ruptura fisiográfica obvia, pero la altiplanicie persiste aún, apreciándose ciénegas y valles con arroyos (Minnich *et al.*, 1994; Montoya, 1998).

4.3. Hidrología

El drenaje principal es hacia el lado oeste de la sierra. En esa vertiente drenan cuatro sistemas de ríos: San Rafael y San Telmo hacia el noroeste, el Santo Domingo hacia el suroeste y el río San Simón (Escoto, 1994). En el extremo norte algunos arroyos escurren hacia el Valle de la Trinidad. En el este, la sierra es drenada por numerosos arroyos que bajan desde la cresta formando cañadas profundas por todo el escarpe. Algunos arroyos son de flujo perenne al pie de la sierra, sin embargo, casi nunca llegan al mar por que se infiltran y evaporan en el Valle de San Pedro Mártir y Valle Chico (Espinosa, 1983).

4.4. Clima

La SSPM se ubica dentro de una zona de transición entre un clima mediterráneo, al noroeste, con lluvias de invierno y un clima extremoso semiárido, al este, con lluvias de verano. Esta zona es la más húmeda y fría de Baja California, con veranos cálidos y secos e inviernos fríos y húmedos (Reyes y García, 1991; Sosa, 1991; Montoya, 1998). La precipitación media anual es de 554 mm (García, 1981). En las partes altas de las montañas se capta la precipitación que ocurre en ambas estaciones, siendo la de invierno la de mayor magnitud, gran parte de ésta en forma de nieve. Durante el verano, las temperaturas promedio varían de 25°C en las partes bajas del oeste, 15°C en las partes más altas y hasta 30°C en el este. En invierno se presentan temperaturas muy bajas en las partes altas las cuales se registran en marzo en el Observatorio Astronómico Nacional (2,800 m.s.n.m) con -1.5°C (Minnich *et al.*, 1994; Montoya, 1998).

4.5. Vegetación

Las características climáticas, geográficas, y las variantes ecológicas presentes en la SSPM han permitido la existencia de bosques xerófilos y mesófilos, propiciando con ello condiciones microambientales especiales que hacen de esta sierra una de las de mayor heterogeneidad de hábitat (Sosa, 1991; Minnich *et al.*, 1994; Montoya, 1998). En las partes altas presenta bosque mixto de coníferas, chaparral en el oeste, matorral de altura y praderas de altitud en algunos valles, caracterizándose por una gran zonación altitudinal. Los bosques mixtos están dominados por *Pinus jeffreyi*, *P. lambertina* y *Abies concolor*. Otras especies de los bosques de coníferas son *P. ponderosa*, *P. concolor*, *P. quadrifolia*, *P. monophylla*, *Calocedrus decurrens*,

Cupressus montana, y *Populus tremuloides*. Entre los arbustos asociados con estos bosques se encuentran *Arctostaphylos patula*, *A. pringlei*, *A. pungens*, *Ceanothus cordulatus*, *Artemisia tridentata* y *Salvia pachyphylla*. Los matorrales están constituidos por arbustos, siendo los más comunes *Adenostoma* spp. y *Arctostaphylos* spp. En el este, en elevaciones por debajo de los 1,200 m.s.n.m se encuentran especies arbustivas micrófilas, dominando *Larrea tridentata*, *Ambrosia dumosa*, *Encelia farinosa*, *Olneya tesota*, *Cercidium floridum* y *Dalea spinosa*, y otras como *Fouquieria splendens*, *Agave deserti* y *Opuntia* spp. (Escoto, 1994; Minnich et al., 1994; Montoya, 1998).

4.6. Fauna

Como producto de su heterogeneidad ambiental, la SSPM representa un refugio importante para un gran número de especies faunísticas. Como un ejemplo de endemismo está la trucha arcoiris, especie nativa de algunas pozas permanentes y arroyos que fluyen hacia el oeste. Otros animales endémicos incluyen 20 subespecies de aves y 5 especies y 8 subespecies de mamíferos (San Diego Natural History Museum, 2000 citado en Eaton, 2002). Mellink (1991), menciona que existen 52 especies de mamíferos para la SSPM entre las que destaca el borrego cimarrón del desierto (*Ovis canadensis cremnobates*) que coexiste con el venado bura (*Odocoileus hemionus fuliginatus*), puma (*Puma concolor*), gato montés (*Lynx rufus*), coyote (*Canis latrans*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), tejón (*Taxidea taxus*), zorrillo (*Spilogale putorius*), mapache (*Procyon lotor*), cacomixtle (*Bassariscus astutus*), liebre (*Lepus californicus*), conejo (*Sylvilagus* sp.), diversos murciélagos (*Myotis* sp., *Tadarida* sp., *Nycteris* sp., *Choeronycteris* sp.), ardillas (*Spermophilus* sp., *Ammospermophilus* sp., *Tamias* sp., *Sciurus* sp.), tuzas (*Thomomys* sp.), ratas y ratones (*Neotoma* sp., *Peromyscus* sp., *Chaetodipus* sp., *Dipodomys* sp., *Microtus* sp., *Perognathus* sp., *Reithrodontomys* sp.) y especies exóticas como burros ferales (*Equus asinus*). Entre muchas otras especies de aves, reptiles y anfibios (Hall, 1981; Welsh, 1988; Ruíz, 1991; Rodríguez, 1991).

4.7. Uso de Suelo y Actividades Socioeconómicas

Las tierras de la SSPM se dividen entre el Parque Nacional Sierra San Pedro Mártir (PNSSPM) y tierras ejidales. El parque fue decretado el 21 de febrero de 1947 y cubre 60,000 ha aproximadamente. Colinda con grandes extensiones de terrenos ejidales (300,000 ha en promedio) entre los cuales se encuentra el Ejido El Bramadero que limita desde la parte noroeste hasta el sur del mismo con una colindancia aproximada de 55 Km al PNSSPM, el Ejido Plan Nacional Agrario que limita al oeste y noroeste y el Ejido Tepi al norte. La mayoría de los ejidos se dedican a la ganadería bovina y equina (INE, 1999). De manera general, las tierras no son aptas para su uso agrícola, a excepción de una agricultura de temporal no tecnificada. Los ranchos ganaderos se ubican en las llanuras de las laderas oeste y sur, cerca de arroyos permanentes y utilizan las pasturas de la sierra como forraje para el ganado sobre todo en verano, ocupando las partes bajas en invierno. Las praderas de la parte norte de la sierra son muy pequeñas y no justifican el movimiento del ganado hasta estas áreas, salvo en temporadas de sequía. En el escarpe este de la SSPM se realizan actividades de ganadería, utilizando los cañones como abrevaderos naturales para el ganado, en una franja que abarca de la boca de los cañones hasta aproximadamente los 700 m.s.n.m. En esta zona, se han desarrollado algunos cultivos comerciales de riego como el nopal y la sandía, principalmente en los ranchos El Algodón, Aguacaliente y la Divina Providencia.

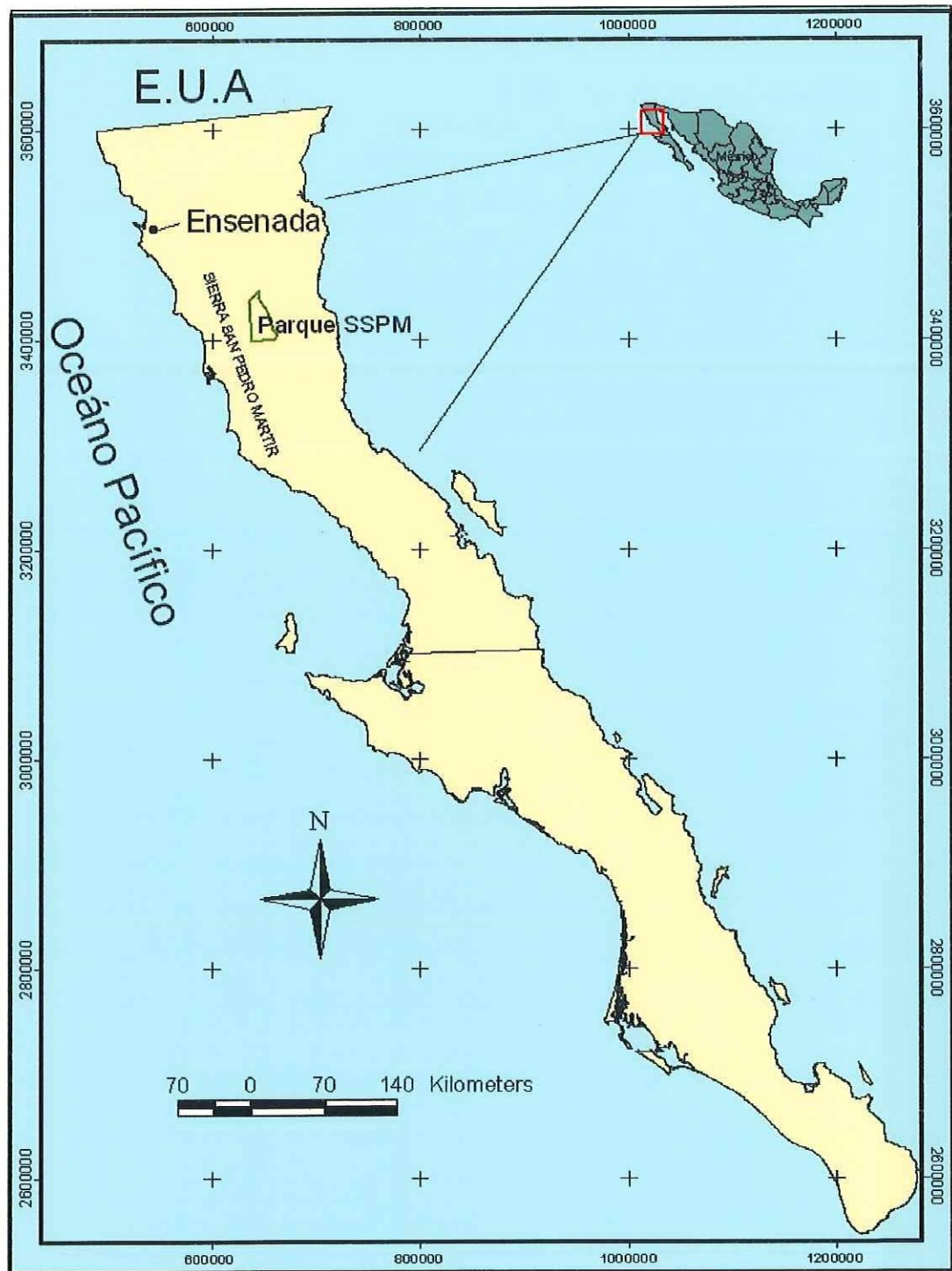


Figura 1. Área de Estudio.
Fuente: Imagen ASTER 2000.

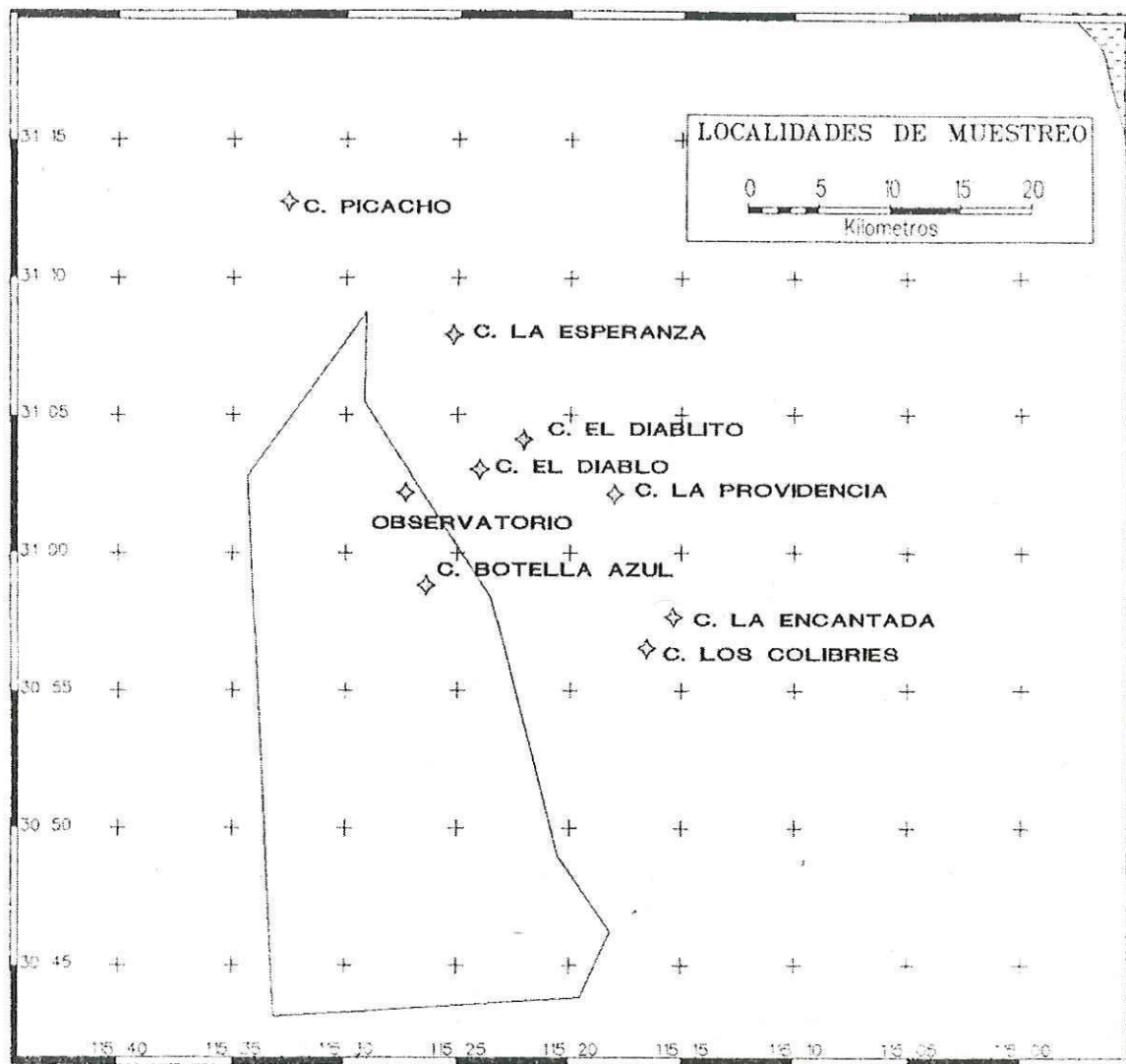


Figura 2. Localidades de Muestreo.

Fotografías de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México



Figura 3. Picacho del Diablo. Foto: Mariella Sáenz.

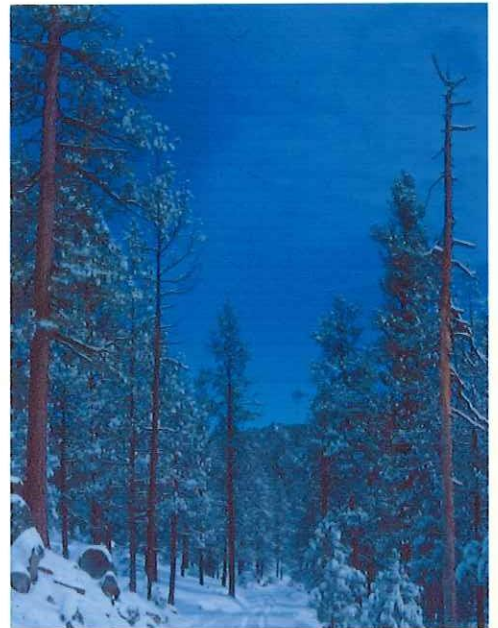


Figura 4. Rumbo al Observatorio. Foto: Mariana Montoya.

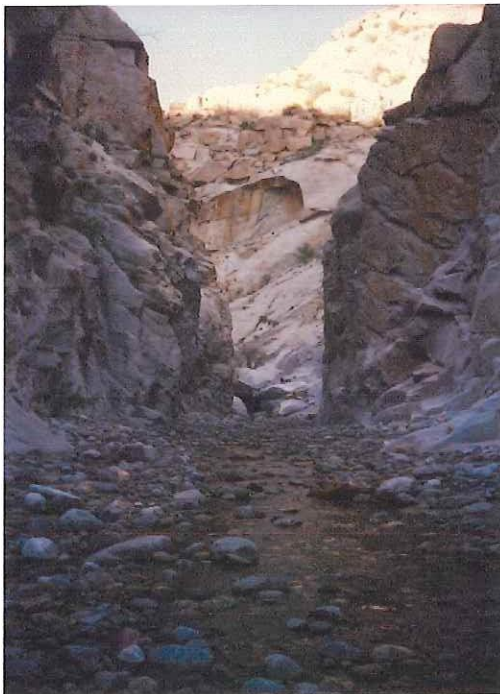


Figura 5. Cañón del Diablo.



Figura 6. Cañón Agua Caliente.



Figura 7. Cerro Prieto.

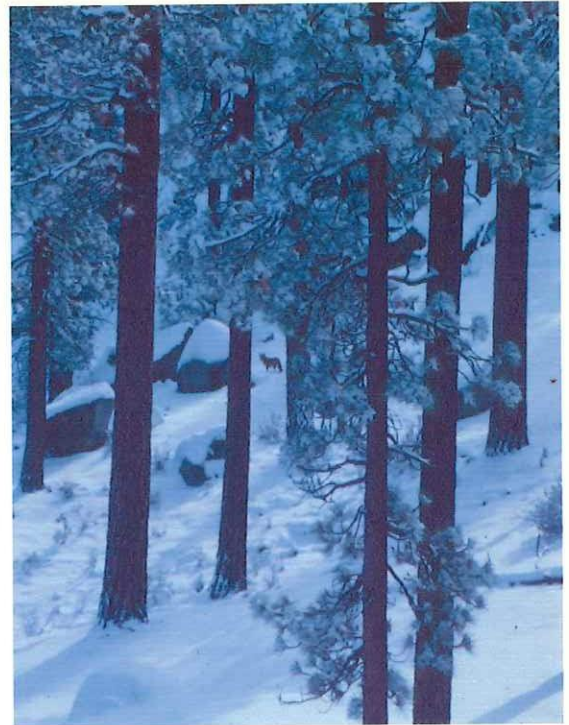


Figura 8. Observatorio. Foto: Mariana Montoya.

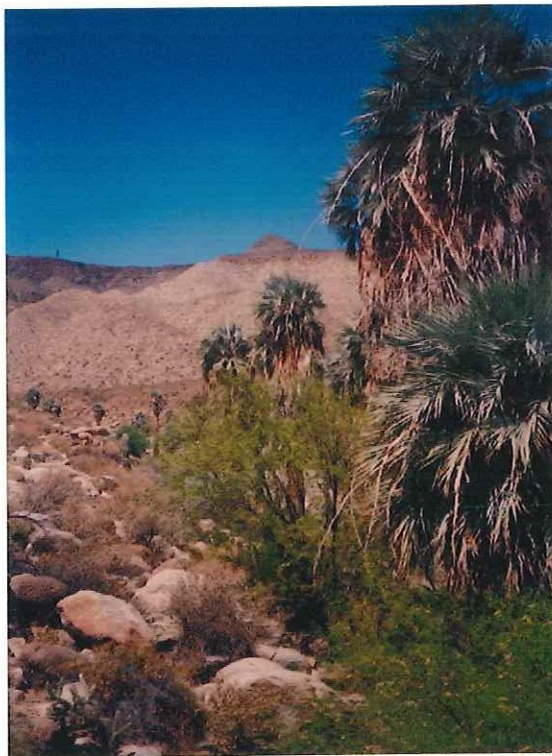


Figura 9. Cañón Matomi.

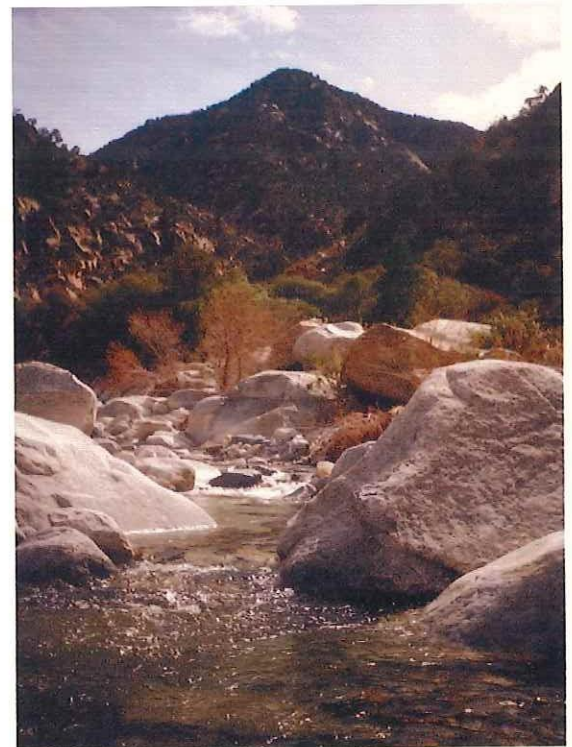
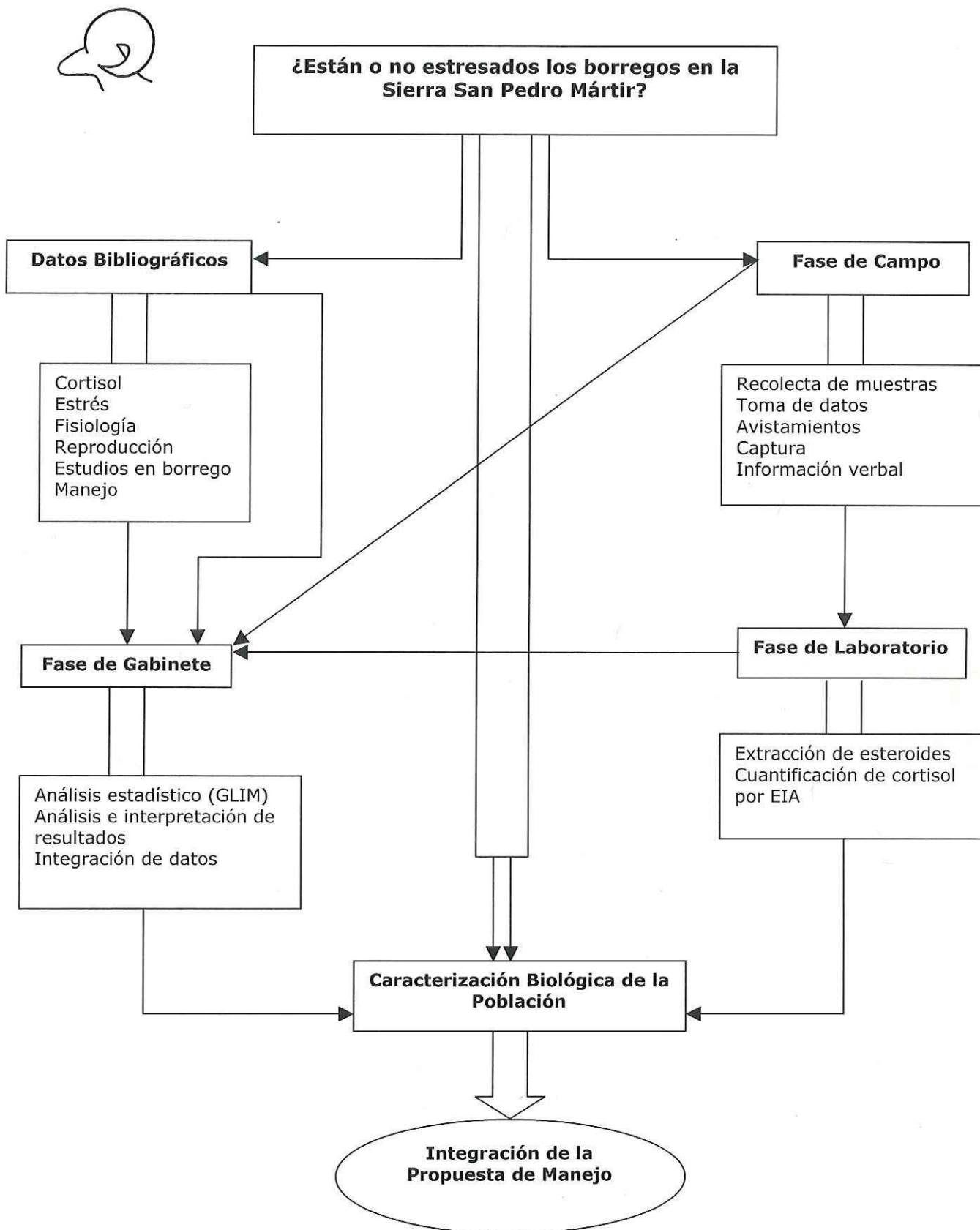


Figura 10. Cañón Del Diablo.

V. METODOLOGÍA

ESQUEMA METODOLÓGICO GENERAL



5.1. Recolecta de las Heces

Para cuantificar la concentración de cortisol se utilizaron heces de hembras y machos de borrego cimarrón, las cuales fueron previamente diferenciadas (sexadas) a partir de la concentración de hormonas esteroides (progesterona -P4-; testosterona -T-; estradiol -E2), dichas heces fueron clasificadas en un estudio anterior por Ayala (2000) (Cuadro 1). A partir de este estudio, se determinó la proporción de sexos y la dinámica reproductiva mensual-estacional del borrego cimarrón en la Sierra San Pedro Mártir de diciembre de 1997 a mayo de 1999. Para complementar las muestras anteriores se recolectaron otras en diferentes sitios de la sierra, desde el pie de ladera del lado este (500 m.s.n.m) hasta las partes más altas (2,800 m.s.n.m). La toma de muestras se efectuó a partir de visitas mensuales a las localidades seleccionadas entre marzo y octubre del 2001. Información adicional registrada en los sitios donde se recolectaron las heces fue: posición geográfica, altitud, escarpado del terreno, temperatura ambiental, cobertura vegetal, pendiente, pedregosidad, fuentes de agua, disponibilidad de alimento, los sitios donde fueron encontradas las heces (sobre arena, pastos, rocas, etc), fecha, hora del día y el avistamiento de los borregos cuando así fue el caso, así como el tamaño y consistencia de las heces (Anexos 2 y 3).

Cada muestra se consideró como un grupo individual de acuerdo a las características de cada uno: color, consistencia, tamaño, si estaban agrupadas o solas, cantidad de pellets en cada grupo, la distancia que había entre un grupo y otro (la distancia varía de acuerdo a las características del sitio, es decir, las heces encontradas en lugares cerrados, como los cañones tienen una alta probabilidad de provenir del mismo individuo, mientras que aquellas depositadas sobre pasto, rocas o lugares abiertos, donde se pueden encontrar una mayor cantidad de individuos la probabilidad de que las heces provengan de un mismo organismo disminuye).

A partir de esta información se definieron las variables físicas, biológicas y antropogénicas que pueden influir en el grado de estrés fisiológico del borrego cimarrón, tanto espacial como temporalmente. Estas variables se agruparon de la siguiente manera: localidad de recolecta (diferenciando aquéllas que se encuentran más perturbadas o con condiciones más adversas, por ejemplo, mayor actividad antropogénica (ganadería, turismo, caza furtiva), menor disponibilidad de agua o

alimento), estaciones (primavera, verano, otoño e invierno), diferentes alturas (desde los 500 hasta los 1,500 m.s.n.m y desde los 1,500 hasta los 2,800 m.s.n.m), clima (lluvia y sequía), sexo (macho o hembra), y condición reproductiva de los organismos (celo, apareamiento, preñez, época de nacimientos o lactancia). Las heces recolectadas se mantuvieron en refrigeración hasta su análisis para la cuantificación de la concentración de cortisol, P4, T y E2.

Cuadro 1. Información de los grupos de heces de borrego cimarrón que se les cuantifico cortisol. Recolecta realizada durante 1997-2001.

Fecha	Localidad	Altura	Estación	Vegetación	No. de grupos	Sexo
1997						
Noviembre	Observatorio	↑	Otoño	Bosque de Pino	5	5 M
Diciembre	Providencia	↓	Otoño	Matorral Xerófilo	6	4 M 2 H
1998						
Enero	Esperanza	↓	Invierno	Matorral Xerófilo	9	5 M 4 H
	C. Diablo					
	C. Diablito	↓	Invierno	Matorral Xerófilo	2	2 H
Febrero	C. Diablo	↓	Invierno	Matorral Xerófilo	5	2 M 3 H
Marzo	Encantada	↓	Invierno	Matorral Xerófilo		
Marzo	C. El Picacho	↑	Primavera	Ecotono entre Chaparral y Bosque de Pino	7	6 M 1 H
Junio	Observatorio	↑	Primavera	Bosque de Pino	26	14 M 12 H
Junio	Botella Azul	↑	Verano	Bosque de Pino	27	11 M 16 H
Julio	Observatorio	↑	Verano	Bosque de Pino	1	1 H
Agosto	Botella Azul	↑	Verano	Bosque de Pino	15	7 M 8 H
Agosto	Observatorio	↑	Verano	Bosque de Pino	32	21 M 11 H
Septiembre	Observatorio	↑	Otoño	Bosque de Pino	18	11 M 7 H
Octubre	Colibríes y C. Diablo	↓	Otoño	Matorral Xerófilo	8	4 M 4 H
1999						
Mayo	Observatorio	↑	Primavera	Bosque de Pino	20	10 M 10 H
2001						
Marzo	Cerro Prieto	↓	Primavera	Matorral Xerófilo	47	27 M 20 H
Abril	Observatorio	↑	Primavera	Bosque de Pino	14	4 M 10 H
Mayo	Cerro Prieto	↓	Primavera	Matorral Xerófilo	18	16 M 2 H
Octubre	Observatorio	↑	Otoño	Bosque de Pino	28	6 M 22 H
Total	10	2	4	3	288	153 M 135 H

↑= altura > 1,500 m. s. n. m; ↓= altura < 1,500 m. s. n. m. M= machos; H= hembras.



Figura 11. Heces de borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*). Diferenciadas por su tamaño en grandes, medianas y chicas.



Figura 12. Avistamiento de borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*). Foto: Ricardo Eaton.

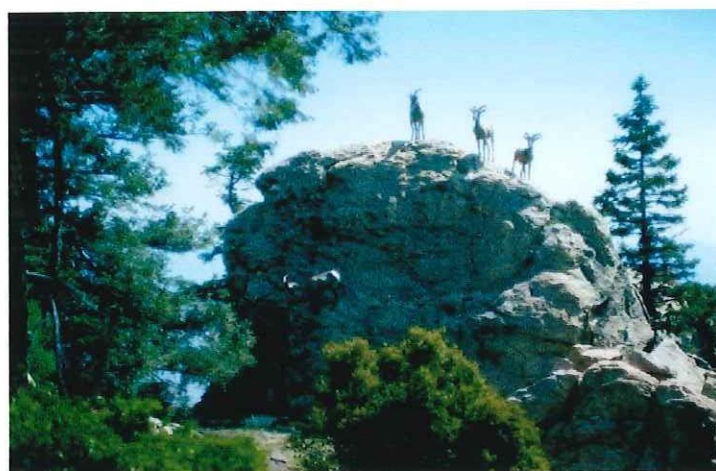


Figura 13. Avistamiento de borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*). Foto: Isabel Ponce.

5.2. Obtención de Muestras Sanguíneas

Se realizó una comparación de los resultados del presente estudio con resultados de muestras previamente analizadas con cortisol en sangre obtenidas de 10 borregos cimarrones capturados en 1999 en la misma área de estudio. Todos los borregos capturados fueron adultos (mayores de un año de edad) de los cuales siete fueron hembras y tres machos, de edades comprendidas entre los 3 y 8 años. La mayoría de ellos fueron capturados entre los 700 y 1,750 m.s.n.m., en el Cañón El Cajón (2 individuos), Cañón El Barroso (1 individuo), Cañón El Carrizo (6 individuos) y Cañón El Parral (1 individuo) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Concentración de cortisol ($\mu\text{l/dl}$) en sangre de borregos cimarrones capturados durante 1999.

Fecha de captura	Localidad	Sexo	Edad estimada	Cortisol ($\mu\text{l/dl}$)
31 Octubre de 1999	Cañón El Cajón	H	6 años	2.5
31 Octubre de 1999	Cañón El Cajón	H	*6 años	5.0
1 Noviembre de 1999	Cañón El Barroso	H	8 años	6.9
2 Noviembre de 1999	Cañón El Carrizo	M	5 años	2.4
2 Noviembre de 1999	Cañón El Carrizo	M	3 años	2.9
2 Noviembre de 1999	Cañón El Carrizo	H	5 años	3.7
2 Noviembre de 1999	Cañón El Carrizo	H	4 años	5.3
2 Noviembre de 1999	Cañón El Carrizo	H	4 años	4.6
3 Noviembre de 1999	Cañón El Carrizo	M	7 años	3.1
3 Noviembre de 1999	Cañón El Parral	H	7 años	5.3

M= machos; H= hembras, * Hembra con cordero en lactancia.

Paralelamente a la recolecta de las muestras se realizó un examen físico general de los organismos capturados, el cual incluyó la evaluación de su condición general y su grado de estrés. Para ello se registraron los siguientes signos vitales: respiración, ritmo cardiaco, circulación sanguínea y temperatura corporal. De la condición general se realizó un examen visual de la nariz, ojos, boca, orejas, tórax, abdomen, recto/genitales, piel, articulaciones, y se determinó la conformación corporal del animal (correlacionada con las reservas de grasa y salud en general) tomando en cuenta la forma de su silueta, peso promedio, huesos coxales y costillas protuberantes, clasificando su condición según McCutchen (1985) en: buena, media y pobre (Figura 14). El sexo y la edad de los animales se determinó con el grado de desarrollo de su cornamenta (Geist, 1966; Hansen y Deming, 1980) y en la secuencia de erupción, reemplazo y desgaste dental (Hansen y Deming, 1980; Mahon, 1975) en conjunto con su tamaño y otras características morfológicas del animal.

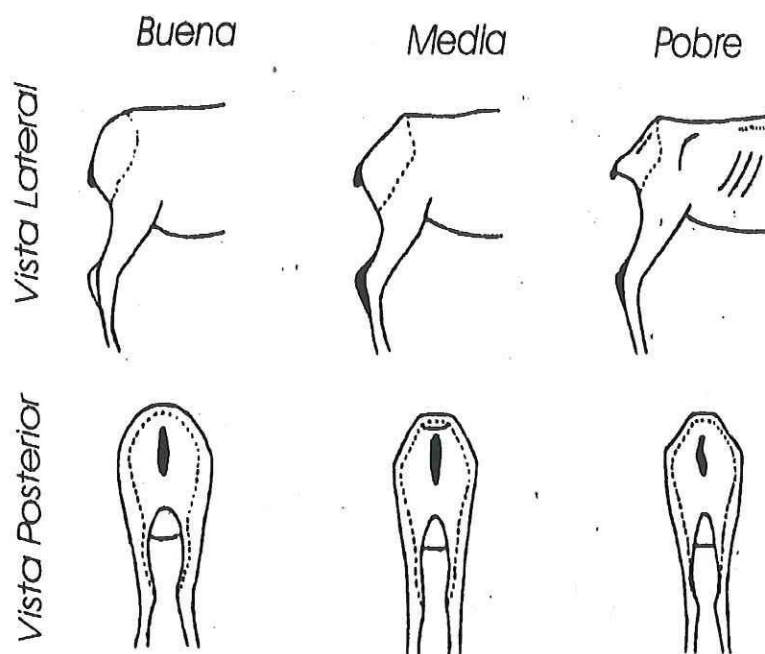


Figura 14. Clases de la condición física general: vista lateral y posterior del animal, donde se compara una condición buena, media y pobre (Tomado de McCutchen, 1985).

5.3. Análisis de las Muestras y Extracción Total de Esteroides en Heces

El procedimiento descrito a continuación se basó, con algunas modificaciones, a partir de lo reportado por Ayala (2000) y Ayala y col. (*en prensa*) en donde se determinaron las concentraciones de P4, T y E2 en heces de borrego cimarrón para conocer la proporción de sexos y la dinámica reproductiva de la población en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.

- 1) Las heces se separaron por sexo, localidad y estación.
- 2) Se pesaron 0.5-1 gr de heces y se homogeneizaron en 3 ml de agua destilada.
- 3) A cada homogenizado se le agregó 3 ml de éter diétilico y se agitó en vortex. A un grupo de homogeneizados escogidos al azar se les agregó progesterona (P4), testosterona (T), estradiol (E2) o cortisol tritiados para determinar el porcentaje de eficiencia de la extracción (recuperación) total de esteroides sexuales.
- 4) El homogeneizado conteniendo el éter se centrifugó, transfiriéndose el sobrenadante, el cual contenía el extracto total de esteroides, a un tubo cónico Pyrex mismo que se colocó en una estufa para evaporar el disolvente orgánico. El procedimiento de extracción se hizo por duplicado.
- 5) A los tubos conteniendo el extracto total de esteroides se les agregó 10-20 μ l de etanol y posteriormente 100 μ l de solución amortiguadora de fosfatos.

5.4. Inmunoensayo (EIA)

Para conocer la concentración de cortisol, P4, T y E2 presentes en las heces se usó una técnica inmunoenzimática (EIA) fotolorimétrica. Para ello se utilizaron Kits (Diagnostic System Laboratories, Inc., Webster, Texas, USA) los parámetros de especificidad y sensibilidad de cada uno de los Kits se dan en el Anexo 4. Las lecturas de cada EIA se realizaron en un fotolorímetro para microplacas a 450 nanómetros (Stat Fax-2100).

5.5. Análisis Estadístico

Las concentraciones de cortisol se analizaron utilizando un modelo lineal generalizado (GLIM) (Crawley, 1993) formando dos matrices, una para machos-hembras, y otra sólo para hembras, esto con la finalidad de determinar por separado el grado de estrés fisiológico y su relación con la dinámica reproductiva de la población, con base en el análisis de las variables que pueden influir en el mismo. Para ello se realizaron dos análisis de varianza (ANOVA), considerando como variable de respuesta la concentración de cortisol (variable de respuesta) y como variables explicatorias se consideraron diferentes variables asociadas al muestreo, como son: localidades, altitud, estación, clima, actividad antropogénica, condición reproductiva y sexo. Cada variable presentó diferentes niveles de acuerdo a sus características (Anexo 5).

Se obtuvo un análisis exploratorio de los datos considerando la media, la varianza y la desviación estándar de cada una de las variables contempladas para las dos matrices. También se obtuvo una devianza total del modelo (variación total del sistema), obteniendo un cambio en la devianza debido a cada una de las distintas variables incorporadas a los modelos y a las interacciones entre estas. Se determinó si la explicación aportada por cada variable era significativa ($P < 0.05$) mediante la comparación entre el cambio de la devianza debido a la variable incorporada al modelo y los valores de una F de tablas ($P < 0.05$); considerando los grados de libertad de dicha variable.

Con esta información se determinaron las diferencias encontradas entre las variables analizadas respecto a la concentración de cortisol y no se consideraron aquellas variables que no explicaron el comportamiento de dicha variable de

respuesta. Por otra parte, para establecer entre qué niveles de las variables se presentaban diferencias significativas se realizaron pruebas "t Student" ($\alpha=0.05$). En el cálculo del valor de t se emplearon los valores estimados y errores estándar obtenidos en los resultados del GLIM.

$$t \text{ estimada} = (\text{estimado 1} - \text{estimado 2}) / \text{error estándar del estimado 2}$$

Para analizar los resultados de las muestras en sangre se realizó una nueva matriz empleando el mismo criterio para el establecimiento de las variables explicatorias, pero se excluyeron las variables altura, estación y clima, ya que las muestras se recolectaron en cuatro días, en una misma estación y altura (Anexo 5).

VI. RESULTADOS

Para la matriz de machos-hembras, el modelo resultante fue: $1 + \text{LOC} + \text{ESTA} + \text{COR} + \text{SEX} + \text{LOC-ESTA} + \text{LOC-COR} + \text{LOC-SEX} + \text{ESTA-COR} + \text{ESTA-SEX} + \text{COR-SEX}$ (LOC=localidad; ESTA=estación; COR=condición reproductiva; SEX=sexo ALT=altura; CLI=clima; ACA=actividad antropogénica). No se consideró la altura, clima y actividad antropogénica, dado que no se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) para estas variables.

En el caso de las hembras el modelo resultante fue: $1 + \text{LOC} + \text{ESTA} + \text{COR} + \text{LOC-ESTA} + \text{LOC-COR} + \text{ESTA-COR}$. Respecto a la matriz generada a partir de los datos de machos y hembras obtenidos en la captura de borrego cimarrón, se obtuvo el siguiente modelo: $1 + \text{LOC} + \text{COR} + \text{LOC-COR}$.

6.1. Concentración de Cortisol en Heces de Machos y Hembras

Como producto del análisis en la concentración de cortisol (ng/gr) en heces de machos y hembras, sólo dos variables (clima y condición reproductiva) no presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$), sin embargo, su aportación o explicación está muy ligada con la estación (en el caso del clima) y el sexo (para la condición reproductiva). Las variables que mejor explicaron el modelo fueron la actividad antropogénica, estación, altura, localidad y sexo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Concentración de cortisol (ng/gr) en heces de machos y hembras de borrego cimarrón.

	Media	Varianza	Desviación estándar	F. tablas	F. calculada	Significancia F (P < 0.05)
Localidades				1.94	4.48	*
1. Observatorio	8.41	13.07	3.61			
2. Cañón La providencia	3.00	6.40	2.53			
3. Cañón La Esperanza	4.50	4.50	2.12			
4. Cañón Del Diablo y Diablito	4.00	3.38	1.84			
5. Cañón La Encantada	5.40	1.80	1.34			
6. Cerro El Picacho	5.71	7.57	2.75			
7. Cerro Botella Azul	9.09	17.64	4.20			
8. Cañón Los Colibríes	5.66	1.33	1.15			
9. Cerro Prieto	8.78	22.73	4.76			
Altura				3.84	4.77	*
Por arriba de los 1,500 m.s.n.m	8.46	14.08	3.75			
Por abajo de los 1,500 m.s.n.m	7.34	21.21	4.60			
Estación				2.60	8.54	*
Otoño	7.79	15.40	3.92			
Invierno	4.81	13.75	3.70			
Primavera	7.87	19.27	4.39			
Verano	10.33	2.42	1.55			
Clima				3.84	1.62	n. s
Lluvia	8.42	13.01	3.60			
Sequía	7.80	19.78	4.44			
Actividad				3.84	11.98	*
Antropogénica						
Presencia	8.28	16.54	4.06			
Ausencia	4.42	4.87	2.20			
Condición reproductiva				3.84	1.28	n. s
Celo	8.43	14.97	3.86			
Apareamiento	7.87	17.68	4.20			
Sexo				3.84	4.147	*
Macho	8.55	19.89	4.46			
Hembra	7.57	12.57	3.54			

*: significativo (P < 0.05); n.s: no significativo.

En las medias obtenidas para cada variable en la determinación del estrés y la relación de éste con la dinámica reproductiva de la población de borrego cimarrón, se puede apreciar que en las localidades donde se detectó la presencia de actividades antropogénicas, como la ganadería, turismo, caza furtiva, etc., existen concentraciones más altas de cortisol ($P < 0.05$) que en aquellos lugares donde no se detectó la presencia de dichas actividades (Figura 15).

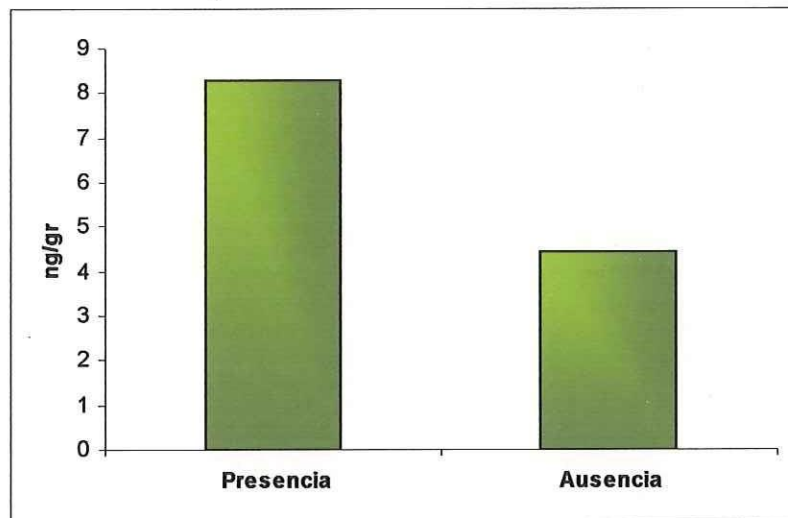


Figura 15. Concentración de cortisol en heces de borrego cimarrón en presencia o ausencia de actividades antropogénicas.

En el caso de la variable estación, se encontró una mayor concentración de cortisol durante la primavera, verano y otoño ($P < 0.05$) (Figura 16).

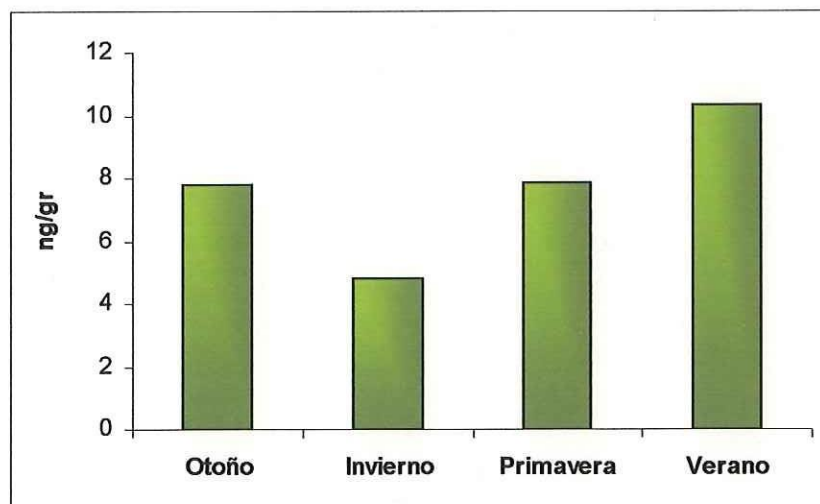


Figura 16. Concentración de cortisol en heces de borrego cimarrón por estación.

En cuanto a las alturas contempladas para la zona de estudio se puede apreciar que es por arriba de los 1,500 m.s.n.m en donde se encuentra la mayor concentración de cortisol en las heces de los borregos ($P < 0.05$) (Figura 17).

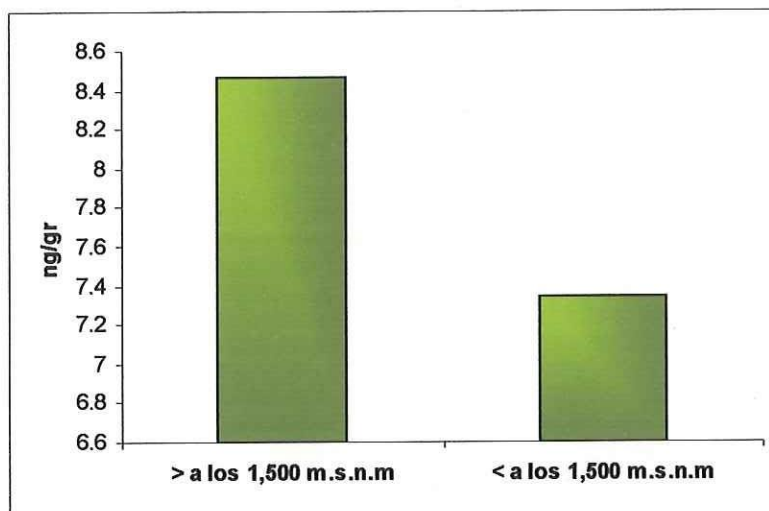


Figura 17. Concentración de cortisol en heces de borrego cimarrón por altura.

Las localidades que presentaron las mayores concentraciones de la hormona fueron Cerro Botella Azul, Cerro Prieto, El Observatorio y Cerro El Picacho, respectivamente (Figura 18).

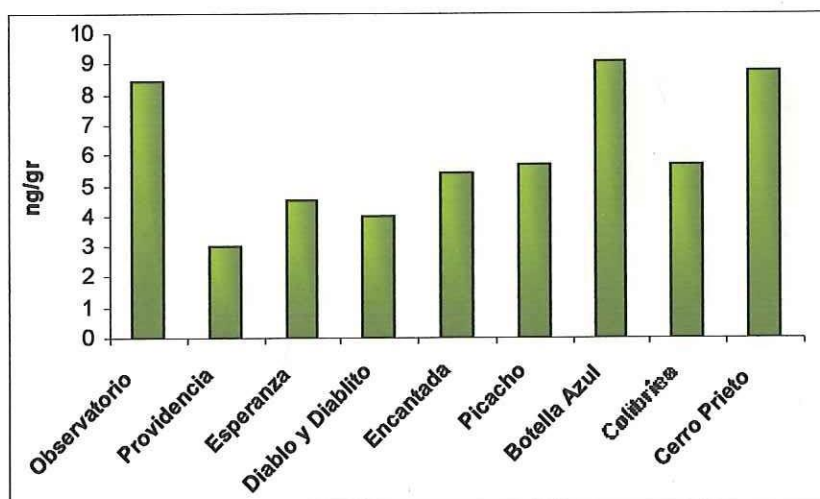


Figura 18. Concentración de cortisol en heces de borrego cimarrón por localidad.

Entre sexos, la concentración de cortisol fue significativamente ($P < 0.05$) mayor en los machos (Figura 19).

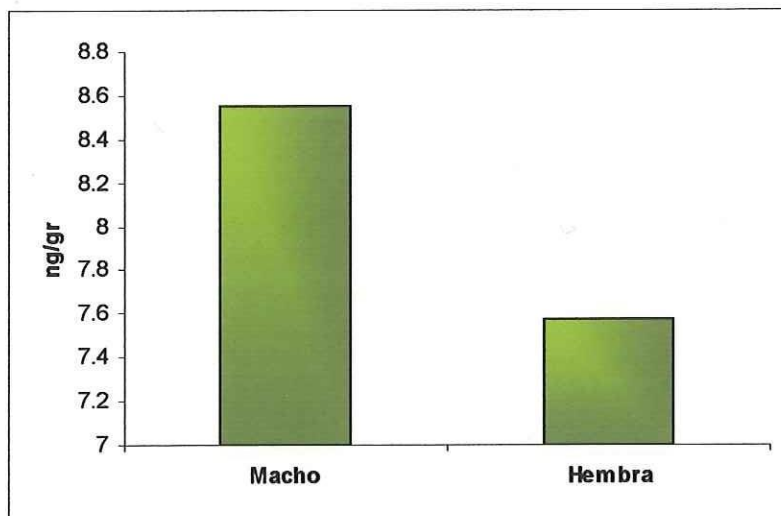


Figura 19. Concentración de cortisol en heces de borrego cimarrón por sexo.

6.2. Devianza, Porcentaje de Explicación y Significancia ($P < 0.05$) de la Concentración de Cortisol en Heces de Machos y Hembras a Través de las Variables y sus Interacciones

Al obtener la devianza y el porcentaje de explicación de las variables y sus interacciones, las que resultaron significativamente diferentes ($P < 0.05$) fueron la estación, localidad, condición reproductiva, sexo y las interacciones entre localidad-estación, localidad-condición reproductiva, localidad-sexo, estación-condición reproductiva, estación-sexo y condición reproductiva-sexo (Cuadro 4). Excluyendo del modelo al clima, altura y actividad antropogénica dado que no presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$).

Cuadro 4. Análisis estadístico de la concentración de cortisol, en heces de machos y hembras de borrego cimarrón.

	Devianza explicada	% de explicación	g. l.	Significancia F ($P < 0.05$)
LOC	597.3	12.50	8	*
ESTA	426.6	8.93	11	*
COR	21.42	0.44	1	*
SEX	69.04	1.44	1	*
LOC-ESTA	933.9	19.55	12	*
LOC-COR	613.2	12.84	10	*
LOC-SEX	1075.0	22.5	17	*
ESTA-COR	438.6	9.18	5	*
ESTA-SEX	702.8	14.71	7	*
COR-SEX	94.89	1.99	3	*
Desviación total del modelo= 4776.6			g. l. total = 287	

LOC: localidad; **ESTA:** estación; **COR:** condición reproductiva; **SEX:** sexo.

La interacción localidad-sexo explicó en mayor medida (22.5%) el comportamiento de la variable de respuesta (concentración de cortisol), seguida de la interacción localidad-estación, estación-sexo, localidad-condición reproductiva y localidad (Cuadro 4).

Las pruebas "t Student" entre localidades arrojaron diferencias significativas ($\alpha=0.05$) principalmente entre El Observatorio y el resto de ellas; lo que se relaciona con el hecho de que esta localidad fue la que presentó la concentración más alta de cortisol (Anexo 6).

Por estación se presentaron diferencias significativas ($\alpha=0.05$) entre el otoño y el resto de las estaciones (Anexo 6).

Las variables sexo y condición reproductiva también presentaron diferencias significativas ($\alpha=0.05$) en sus correspondientes niveles (Anexo 6).

De las localidades, la única que presentó diferencias significativas entre machos y hembras fue El Observatorio. Del resto de las interacciones, de todas las combinaciones posibles, sólo dos localidades (Cañón La Providencia y Cañón La Esperanza) resultaron con diferencias significativas entre hembras (Anexo 6).

Las diferencias en la interacción localidad-estación permitió reconocer que la concentración de cortisol en la heces de los individuos fue significativamente ($\alpha=0.05$) diferente en las siguientes interacciones: Observatorio entre otoño y primavera, y otoño y verano; entre El Observatorio y Cañón Los Colibríes durante el otoño; entre El Observatorio y Cañón La Providencia en primavera y otoño; entre El Observatorio y el Cañón del Diablo en primavera y otoño; entre El Observatorio y Cerro el Picacho en otoño y primavera; entre El Observatorio y Cerro Botella Azul en otoño y primavera, al igual que durante el otoño y verano; entre El Observatorio y Cerro Prieto en otoño y primavera; entre el Cañón del Diablo y Cerro Botella azul en otoño y primavera, así como para otoño y verano; entre el Cañón del Diablo y Cerro Prieto para otoño y primavera, e invierno y primavera; y entre el Cañón del Diablo y Botella Azul en invierno y primavera, y en invierno y verano (Anexo 6).

Para la interacción localidad-condición reproductiva se encontraron diferencias significativas ($\alpha=0.05$) en: El Observatorio entre celo y apareamiento; entre El Observatorio y Cañón del Diablo en la época de celo; entre El Observatorio y Cerro Botella Azul también en la época de celo; entre Cañón del Diablo y Botella Azul para el celo; entre El Observatorio y Cañón La Providencia durante el apareamiento; entre El Observatorio y Cañón del Diablo durante el apareamiento; entre El Cañón La Providencia y Cerro Prieto en el apareamiento; entre El Cañón del Diablo y Cerro Prieto durante el apareamiento; entre El Observatorio y las localidades Cañón La Encantada, Cerro El Picacho, Cañón Los Colibríes y Cerro Botella Azul durante el celo y el apareamiento; entre El Cañón del Diablo y Cerro Prieto durante el celo y el apareamiento; y entre El Cañón Los Colibríes y Cañón La Encantada también durante el celo y el apareamiento (Anexo 6).

Las concentraciones de cortisol en las estaciones con respecto a la condición reproductiva resultaron significativamente diferentes ($\alpha=0.05$), siendo en el otoño donde se observó una mayor diferencia entre la época de celo y apareamiento. Asimismo, se constató durante la época de celo la existencia de diferencias significativas entre el otoño e invierno respecto a la primavera (Anexo 6).

En la interacción estación-sexo, la concentración de cortisol fue significativamente ($\alpha=0.05$) mayor en ambos sexos durante el otoño. Con respecto a los machos, se encontró que hay diferencias significativamente ($\alpha=0.05$) mayores entre el otoño y el resto de las estaciones, mientras que la concentración del esteroide en las hembras fue mayor durante la primavera con respecto al verano (Anexo 6).

La prueba de t entre la interacción condición reproductiva-sexo mostró diferencias significativas ($\alpha=0.05$) en la época de celo para ambos sexos; en machos durante el celo y apareamiento; y en machos en la época de celo respecto a las hembras en la época de apareamiento (Anexo 6).

6.3. Concentración de Cortisol en Heces de Hembras

Por otro lado, al analizar la concentración de cortisol (ng/gr) exclusivamente en heces de hembras la que obtuvo una mayor significancia fue la altura seguida de la condición reproductiva, estación, localidad y actividad antropogénica, mientras que la única variable en la que no hubo diferencias significativas fue el clima (Cuadro 5).

Cuadro 5. Concentración de cortisol (ng/gr) en heces de hembras de borrego cimarrón.

	Media	Varianza	Desviación estándar	F. tablas	F. calculada	Significancia F (P < 0.05)
Localidades				1.94	4.32	*
1. Observatorio	8.91	13.75	3.70			
2. Cañón La providencia	2.00	2.00	1.41			
3. Cañón La Esperanza	3.00	0.00	0.00			
4. Cañón Del Diablo y Diablito	3.57	3.28	1.81			
5. Cañón La Encantada	6.33	0.33	0.57			
6. Cerro El Picacho	3.50	0.50	0.70			
7. Cerro Botella Azul	7.20	6.58	2.56			
8. Cañón Los Colibríes	6.00	2.00	1.41			
9. Cerro Prieto	5.95	3.18	1.78			
Altura				3.84	22.04	*
Por arriba de los 1,500 m.s.n.m	8.45	12.92	3.59			
Por abajo de los 1,500 m.s.n.m	5.24	4.24	2.06			
Estación				2.60	9.11	*
Otoño	8.72	5.68	2.38			
Invierno	4.77	12.14	3.48			
Primavera	6.59	20.68	4.54			
Verano	10.40	2.94	1.71			
Clima				3.84	2.11	n. s
Lluvia	8.01	10.31	3.21			
Sequía	7.12	14.64	3.82			
Actividad Antropogénica				3.84	3.89	*
Presencia	7.71	12.63	3.55			
Ausencia	5.00	5.00	2.23			
Condición reproductiva				3.00	11.13	*
Preñez	3.00	1.20	1.095			
Nacimientos	7.52	10.06	3.17			
Lactancia	8.03	14.06	3.75			

*: significativo (P < 0.05); n. s: no significativo.

Con respecto a la altura se encontró una mayor concentración de cortisol en alturas por arriba de los 1,500 m.s.n.m. ($P < 0.05$) (Figura 20).

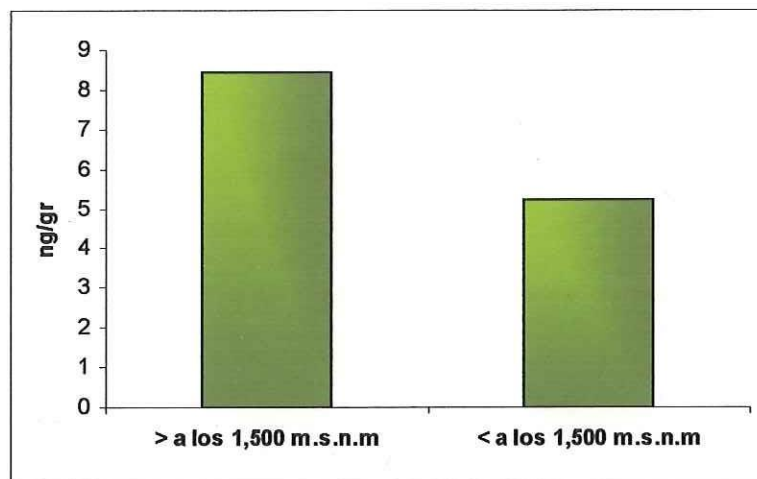


Figura 20. Concentración de cortisol en heces de hembras de borrego cimarrón por altura.

En el caso de la condición reproductiva, es muy interesante el hecho de que se encontró una mayor concentración de cortisol en la época de lactancia y nacimientos, presentándose diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las tres condiciones (Figura 21).

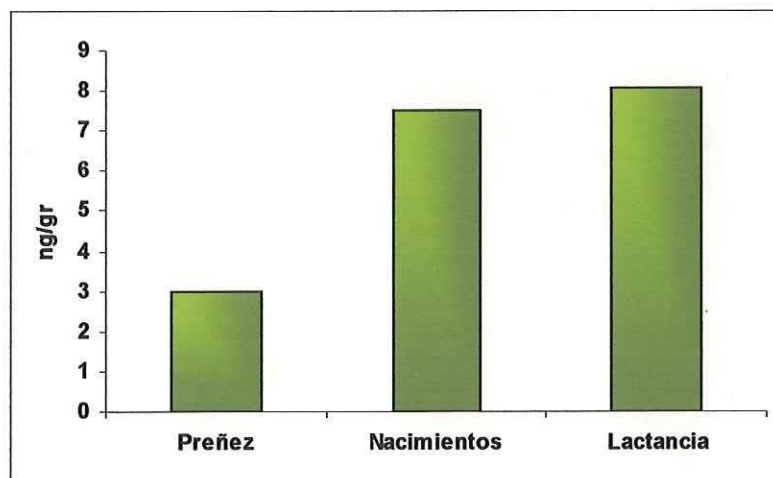


Figura 21. Concentración de cortisol en heces de hembras de borrego cimarrón por condición reproductiva.

Fue en verano y otoño donde se presentó la mayor concentración de cortisol en las heces, encontrando diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las cuatro estaciones (Figura 22).

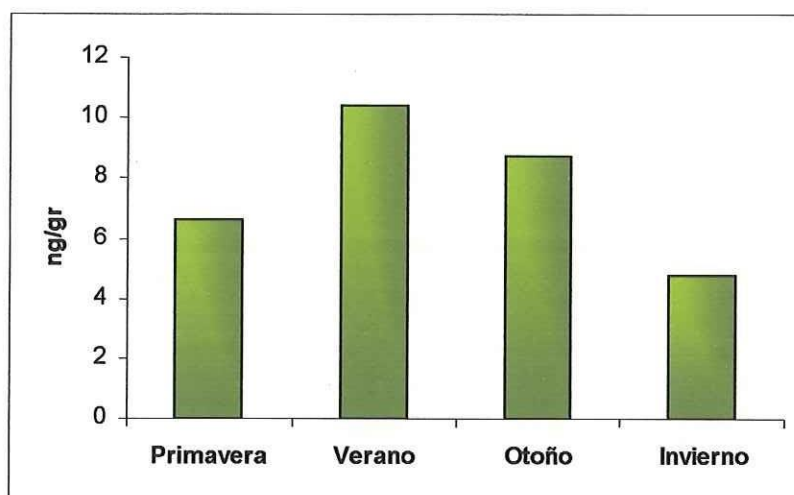


Figura 22. Concentración de cortisol en heces de hembras de borrego cimarrón por estación.

En cuanto a las localidades, fue en El Observatorio, Cerro Botella Azul, Encantada y Cañón Los Colibríes donde se encontraron las concentraciones más altas de cortisol en las heces de los borregos. Se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre todas las localidades (Figura 23).

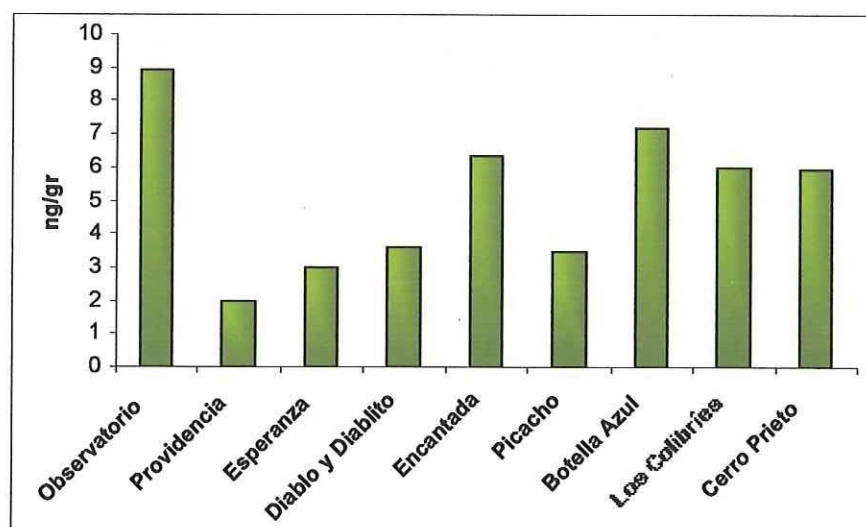


Figura 23. Concentración de cortisol en heces de hembras de borrego cimarrón por localidad.

Para la actividad antropogénica se encontró una mayor concentración del esteroide en aquellas localidades donde se detectó una mayor presencia de actividades como la ganadería, el turismo y la caza furtiva (Figura 24).

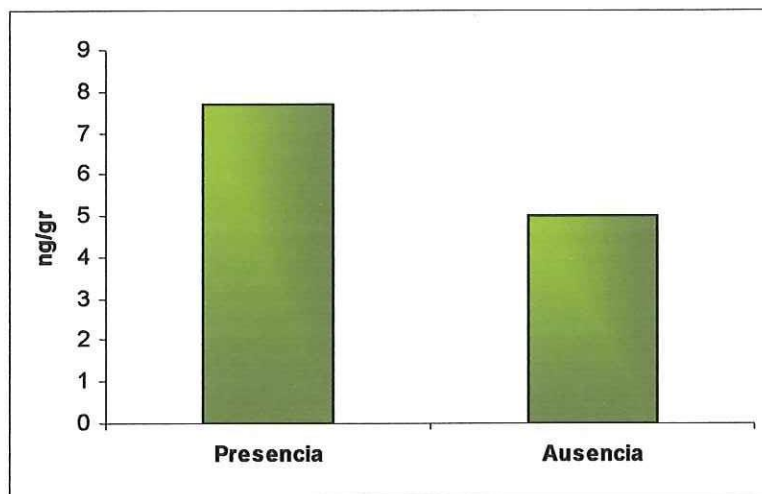


Figura 24. Concentración de cortisol en heces de hembras de borrego cimarrón por actividad antropogénica.

6.4. Devianza, Porcentaje de Explicación y Significancia ($P < 0.05$) de la Concentración de Cortisol en Heces de Hembras a Través de las Variables y sus Interacciones

Al obtener la devianza, el porcentaje de explicación y la significancia de cada una de las variables explicatorias incorporadas al modelo en la matriz analizada para los datos sólo en hembras, las que resultaron significativamente diferentes ($P < 0.05$) fueron la localidad, estación, condición reproductiva y las interacciones entre localidad-estación, localidad-condición reproductiva y estación-condición reproductiva. Se excluyeron del modelo clima, altura y actividad antropogénica dado que no presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$).

La interacción localidad-estación explicó en una buena proporción (40.74%) el comportamiento de la variable de respuesta, seguida de la estación-condición reproductiva, localidad-condición reproductiva, la localidad y la estación (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis estadístico de la concentración de cortisol, en heces de hembras de borrego cimarrón.

Variables	Devianza explicada	% de explicación	g. l.	Significancia F ($P < 0.05$)
LOC	435.2	25.85	8	*
ESTA	343.6	20.40	11	*
COR	139.9	8.30	2	*
LOC-ESTA	686.0	40.74	12	*
LOC-COR	480.0	28.51	13	*
ESTA-COR	489.9	29.09	7	*
Devianza del modelo = 1683.8			g. l. totales = 134	

LOC: localidad; ESTA: estación; COR: condición reproductiva; *: significativo

Al realizar las pruebas "t de Student" se presentaron diferencias significativas ($\alpha=0.05$) entre El Observatorio y la mayoría de las localidades; siendo de nuevo esta localidad (Observatorio) la que obtuvo el valor estimado más alto (Anexo 7).

En la estación, la mayor concentración de la hormona se presentó durante el otoño, encontrándose diferencias significativas ($\alpha=0.05$) entre esta estación y el resto de ellas (Anexo 7).

Aunque no se detectaron diferencias significativas entre las tres condiciones reproductivas, sí se observaron ciertas tendencias, presentándose la mayor concentración de cortisol en la época de lactancia y nacimientos (Anexo 7).

Por otro lado, la interacción localidad-estación permitió reconocer que las concentraciones de cortisol resultaron significativamente diferentes ($\alpha=0.05$) en la mayoría de las comparaciones realizadas. De este modo se obtuvieron diferencias significativas en El Observatorio durante el otoño y primavera, así como durante el otoño y verano; entre el Observatorio y El Cañón Los Colibríes durante el otoño; entre El Observatorio y El Cañón La Encantada durante el otoño e invierno; entre el Observatorio y Cerro Botella Azul en el otoño y primavera, y durante el otoño y verano; entre El Observatorio y Cerro Prieto durante el otoño y primavera; entre El Cañón La Esperanza y El Cañón La Encantada durante el invierno; entre El Cañón La Esperanza y Cerro Botella Azul durante el invierno y primavera, al igual que durante el invierno y verano; entre El Cañón del Diablo y El Cañón La Encantada en otoño e invierno; entre El Cañón del Diablo y Cerro Botella Azul en otoño y primavera, así como en otoño y verano; entre El Cañón del Diablo y El Cañón Los Colibríes durante el otoño; y por último entre El Cañón del Diablo y Cerro Prieto en otoño y primavera (Anexo 7).

Las diferencias significativas ($\alpha=0.05$) en la interacción estación-condición reproductiva indican que es en la época de nacimientos y lactancia cuando se incrementa la concentración de cortisol en las hembras, siendo entre el invierno y verano para la época de nacimientos; entre primavera y verano también para los nacimientos; y entre el otoño y primavera durante la época de lactancia (Anexo 7).

En la interacción localidad-condición reproductiva la mayor concentración del esteroide se presentó en el Observatorio, durante la época de preñez y lactancia. Asimismo, se encontraron diferencias significativas ($\alpha=0.05$) entre el resto de las localidades para las tres condiciones reproductivas (Anexo 7).

6.5. Concentración de Cortisol en Sangre de Machos y Hembras

En el caso de la concentración de cortisol ($\mu\text{g/dl}$) en sangre de machos y hembras de los organismos producto de la captura en la misma área de estudio, ninguna de las variables analizadas presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Concentración ($\mu\text{g/dl}$) de cortisol en sangre de machos y hembras de borrego cimarrón.

	Media	Varianza	Desviación estándar	F. tablas	F. calculada	Significancia F ($P < 0.05$)
Localidades				4.76	1.608	n.s
1. Cañón El Cajón	3.750	3.125				
2. Cañón El Barroso	6.900	0.000				
3. Cañón El Carrizo	3.667	1.211				
4. Cañón El Parral	5.300	0.000				
Actividad antropogénica				5.32	4.237	n.s
Presencia	3.687	1.313				
Ausencia	6.100	1.280				
Condición reproductiva				5.32	3.660	n.s
Lactancia	4.757	1.9129				
Apareamiento	2.800	0.1300				
Sexo				5.32	3.660	n.s
Macho	2.800	0.130				
hembra	4.757	1.913				

n.s: no significativo.

En la devianza y el porcentaje de explicación, al igual que en el análisis de la estadística descriptiva, tampoco se tuvo diferencias significativas ($P < 0.05$) en la concentración de cortisol en los 10 animales capturados.

Sin embargo, la interacción localidad-condición reproductiva fue la variable que explicó en mayor medida el comportamiento de la variable de respuesta (76.39%), seguida de la variable localidad y condición reproductiva (Cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis estadístico de la concentración de cortisol, en sangre de machos y hembras de borrego cimarrón.

	Devianza explicada	% de explicación	g. l.	Significancia F (P < 0.05)
LOC	10.60	53.59	3	n.s
COR	8.044	40.66	1	n.s
LOC-COR	15.11	76.39	4	n.s
Devianza Total del Modelo = 19.781			g. l. totales = 9	

LOC: localidad; **COR:** condición reproductiva.

En la prueba "t Student" entre las variables y sus interacciones no se encontraron diferencias significativas ($\alpha=0.05$). Pero aunque no se hallaron diferencias sí se observaron ciertas tendencias, donde los mayores estimados se presentaron en la época de lactancia y en El Cañón El Cajón (Anexo 8).

VII. DISCUSION

El rol de la endocrinología en la conservación de los vertebrados, especialmente en programas de reproducción para animales en cautiverio, no es nuevo. Sin embargo, la aplicación de las técnicas endocrinas todavía se encuentra poco desarrollada, por ello, es pertinente conocer un poco más sobre como la endocrinología puede contribuir en la conservación y manejo de las especies (Wingfield *et al.*, 1997). Surgiendo como una alternativa la técnica no-invasiva, a través del análisis de los metabolitos excretados en heces, los cuales proporcionan una considerable ventaja para evaluar la función adrenal en muchas especies (Bahr *et al.*, 2000).

7.1. Comparación del Grado de Estrés Fisiológico y su Relación con la Dinámica Reproductiva en Machos y Hembras

La utilidad del cortisol como indicador del estrés ha sido controversial debido principalmente a los ritmos diarios (circadianos) que presenta esta hormona, aún poco comprendidos, por lo que la recolecta de muestras en diferentes días, meses o temporadas puede influir en los valores obtenidos (Kirkpatrick, 1987).

Sin embargo, en la concentración de cortisol, mismas que no pasaron de los 10.5 mg/gr en cada una de las variables analizadas en heces de machos y hembras de la población de borrego cimarrón, se puede observar como la aportación de cada una de ellas esta estrechamente relacionada con el comportamiento, que de manera general, presenta dicha población, es decir, mucha de la explicación dada por cada variable esta en función de la conducta social y los hábitos que presentan los borregos, como por ejemplo, sus movimientos intra e interpoblacionales, la segregación entre machos y hembras durante ciertas épocas del año, su habilidad para defenderse de los depredadores, y la búsqueda de alimentos, etc.

7.1.1. Actividad Antropogénica y Localidades

En machos y hembras se apreció que la concentración más alta de cortisol se registró en aquellas localidades con mayor actividad humana, como Cerro Botella Azul y El Observatorio. En estas localidades, la concentración de cortisol (8.2 ng/gr) detectada en los individuos puede deberse a la intensa actividad que desarrollan los trabajadores del Observatorio (mantenimiento de caminos y telescopios, atención a visitantes, etc.), además del gran número de personas que visitan este lugar; así como a los excursionistas que recorren estas localidades durante la mayor parte del año, sobre todo Botella Azul, al ser una de las rutas favoritas para el ascenso hacia el Picacho del Diablo. Lo anterior se apoya a partir de que algunos autores como Kock y col. (1987a) mencionan que una concentración de cortisol mayor a los 50 pg/100 ml de suero en borrego cimarrón puede ser considerada como patológica, causando alteraciones fisiológicas en los individuos.

En borrego cimarrón, diferentes estudios han correlacionado algunas actividades de recreación con el movimiento y distribución de los animales (Purdy y Shaw, 1980, 1981; Hamilton *et al.*, 1982). Por ejemplo, el borrego evita los disturbios causados por actividades de recreación (vehículos), sin embargo, otras no afectan a las poblaciones (campamentos). En cambio, otras circunstancias sí parecen ser de mucha importancia, tanto que afectan negativamente, por ejemplo, cuando las actividades humanas se concentran alrededor de un recurso importante como el agua (MacArthur *et al.*, 1979, 1982; Leslie y Douglas, 1980) o la sal (Hamilton *et al.*, 1982).

Un ejemplo más es en referencia al estudio desarrollado por Miller y Smith (1985), en donde encontraron que el borrego responde de manera diferente a diversos disturbios; y que la composición y tamaño del grupo, así como la distancia del mismo en relación al disturbio puede ser un factor importante en la determinación de cómo el borrego puede reaccionar ante estas alteraciones. De este modo, los autores señalan que los machos son los que presentan una reacción más pronunciada en respuesta al estrés cuando el disturbio es provocado por vehículos. Lo anterior se atribuye a que los machos se encuentran con mayor frecuencia en altitudes más bajas, en donde pueden encontrar más factores de estrés, como la cacería. También encontraron que cuando se presentan corderos en el grupo de machos, la

perturbación aumenta (Miller y Smith, 1985).

Aún cuando en algunos cañones del área de estudio (Cerro Prieto, Cañón Los Colibríes y Cañón La Encantada), también se encontró una alta concentración de cortisol (8.7 ng/gr), está pudo deberse a la cacería furtiva o a las condiciones ambientales como el calor. En estas zonas hay elevadas temperaturas durante el verano, principios de otoño y parte de la primavera (30-45°C), debido a que esta parte de la Sierra forma parte del desierto Sonorense. De igual manera, es en la parte Este de la sierra donde se encuentra una mayor densidad de ganado, especialmente burros ferales, los cuales coexisten con el borrego.

Geist (1999) menciona que cuando los borregos son alterados por algún disturbio (natural o humano) pueden ausentarse de los sitios donde habitan, desde unos días a unas semanas o no regresar. Por lo anterior, y de acuerdo con Eaton (2002) es muy importante un análisis más detallado de las fuentes de disturbio para el borrego en futuros estudios, para tener una visión más clara de la relación de este organismo con su hábitat y saber cuáles zonas pueden perder su calidad debido a los disturbios ahí presentes.

7.1.2. Estaciones del Año

Entre las estaciones hay una estrecha relación con los factores climáticos, lo cual provoca un fenómeno muy interesante. Al encontrarse la mayor concentración de cortisol durante la primavera y el verano (7.8 y 10.3 ng/gr), lo cual puede deberse a factores como la disponibilidad de alimento, agua y la época reproductiva, ya que durante estas dos estaciones las hembras paren y lactan a los corderos, y posteriormente durante el verano, se presenta el periodo de celo y apareamiento mismo que finaliza entre noviembre y diciembre. Por estas razones, machos y hembras tienden a separarse del resto de la manada buscando los lugares con mayor disponibilidad de recursos, mismos que les permitan llevar a cabo tan importante función, que en su mayoría es cubierta en aquellos lugares que se presentan en altitudes mayores a los 1,500 m.s.n.m. (Ayala, 2000).

En referencia a lo anterior, Bailey (1980) menciona que el tipo de conducta social que presenta el borrego cimarrón, su estrategia evasora ante los depredadores y la adaptación a las diferentes condiciones climáticas, han sido algunos de los factores que han propiciado su declinación. Por ello, una importante consideración a tomar en cuenta en el manejo del borrego cimarrón, es respecto a los diferentes factores ambientales presentes en el hábitat de este organismo, dado que durante el transcurso del año dichos factores van cambiando constantemente. De estos, la temperatura ambiental influye de manera importante en la función del organismo, principalmente en los ritmos circadianos, estimulados por la temperatura del aire o la radiación solar, especialmente en aquellos lugares cuyas temperaturas superan los 25°C (Sargeant *et al.*, 1994).

De esta manera, al estar más vulnerables ante los cambios fisiológicos y ambientales que ocurren, los individuos tienden a ajustar su sistema metabólico para soportar el estrés provocado generando con ello numerosas respuestas, mismas que van desde la búsqueda de nuevas fuentes de alimento y lugares óptimos como refugio hasta la sincronización de sus eventos reproductivos, mismos que coincidan con las condiciones ambientales favorables durante el año.

7.1.3. Altura

La concentración de cortisol fue mayor en elevaciones por arriba de los 1,500 m.s.n.m (8.4 ng/gr), siendo en esta misma zona donde se ubican las localidades del Observatorio y Cerro Botella Azul, lo cual puede estar influenciando el comportamiento, y por ende la concentración de cortisol en los animales, al incrementarse la actividad antropogénica.

Por otro lado, en este rango altitudinal hay una mayor disponibilidad de alimento para los animales, al hallar bosque de pino por el Oeste y matorral xerófilo del lado Este, además de encontrar más lugares óptimos como refugio. Estas características favorecen el establecimiento de grupos familiares y con ello un mayor número de individuos, reproduciéndose durante la mayor parte del año. Al existir esta disponibilidad de alimento y refugio, los organismos tienden a aumentar su actividad, de esta manera la concentración de cortisol detectada en este rango altitudinal puede deberse al aumento de la dinámica reproductiva. Por tanto, el estrés presente en la

población puede tener un origen principalmente fisiológico-conductual y no antropogénico.

Estos resultados concuerdan con Ayala *et al.* (*en prensa*) en la misma zona y época de estudio, en donde encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en la distribución de los grupos de animales indicando la presencia de grupos heterogéneos (o familiares) en alturas mayores a los 1,500 m.s.n.m. atribuyendo esta distribución espacial diferencial de los borregos a más de un factor. Probablemente esto se deba a que los individuos responden a una variedad de estímulos a lo largo del año. La conducta, la fisiología y los factores ambientales también influyen en los movimientos y por ende en su distribución. Otros factores que determinan la distribución de los borregos son sus rangos caseros, la disponibilidad de agua y de forraje, la lactancia y el celo, la topografía, el sexo y sus clases de edad.

Asimismo, Ayala (2000) encontró una mayor actividad reproductiva del borrego cimarrón en este rango altitudinal, y Eaton (2002) en su análisis de los elementos estructurales del hábitat menciona que en esta altura se encuentran sitios donde grupos de hembras y jóvenes presentan las principales actividades involucradas en el desarrollo de las poblaciones de borrego como zonas de parto, de crianza, de aprendizaje, de apareamiento, de descanso y terreno de escape, actividades realizadas en su mayoría dentro de los "terrenos de hembras".

Debido a esto, es muy probable que la concentración de cortisol detectada se deba a la intensa actividad biológica y fisiológica que presentan los organismos durante el año en esta parte de la sierra, principalmente en las hembras dado que ellas son las que se encargan de gestar, cuidar y lactar a las crías.

En contraste, en el área de los cañones en alturas por abajo de los 1,500 m.s.n.m. la actividad de los animales no es tan notoria, ya que aquí los organismos están más expuestos a los depredadores y cazadores, evitando estos lugares para el establecimiento de grupos familiares. De esta manera, la presencia de los organismos en esta altura se reduce, en su mayoría, a grupos de machos adultos los cuales adquieren mayor capacidad para evadir a los depredadores, así como para soportar las condiciones ambientales adversas.

En referencia a los depredadores, Kelly (1980) reporta que el coyote es el depredador más importante del borrego cimarrón en ambientes desérticos. Destacando que las hembras y los corderos son los más susceptibles, al ser de menor tamaño en comparación con los machos adultos, ocurriendo la mortalidad de los corderos en los primeros días de nacidos (Hass, 1988, 1989; Bleich, 1996). Sin embargo, se han realizado algunos trabajos de hábitos alimentarios de los principales carnívoros (puma, gato montés y coyote) en el área de estudio (Ponce, 1999; Ávila, 2000; Bueno, 2001), los cuales no reflejan que el borrego cimarrón sea su principal presa. Lo anterior tiene gran importancia e implicación para las recomendaciones de manejo de la especie, ya que al no existir tanta presión por depredadores naturales en estas áreas, es muy probablemente que la cacería ilegal se incremente, lo cual repercute en el grado de estrés de los borregos.

Por otro lado, Ayala y col. (*en prensa*) en su estudio del volumen de las heces en relación a la distribución espacial del borrego, encontraron que hay localidades en la sierra que pueden ser consideradas como áreas de reproducción en ciertas épocas del año, de esta manera la distribución se puede conocer o interpretar a escalas temporales y espaciales. Comportamiento que se ve reflejado en las concentraciones de las diferentes hormonas estudiadas en este organismo, como el cortisol (Caughley *et al.*, 1994). En el caso de Cerro Prieto, este se localiza en el área de los cañones en alturas menores a los 1,500 m.s.n.m., siendo una de las localidades más sureñas de la sierra y en donde se ha detectado una mayor actividad de cacería furtiva, por lo que los organismos, principalmente los machos, están más expuestos y por lo tanto más alertas, encontrando por ende mayor concentración de cortisol en las heces.

7.1.4. Sexo

La concentración de cortisol por sexos al ser significativamente diferente ($P < 0.05$), siendo mayor en los machos (8.5 ng/gr) con respecto a las hembras (7.5 ng/gr) puede deberse a su conducta segregaría (estructura social) y la distribución espacial que presentan en los diferentes rangos altitudinales existentes en la Sierra. En este aspecto, Bailey (1984) señala que el tamaño de una población depende en gran medida de los mecanismos fisiológicos y conductuales inherentes a las características de los individuos; y que estos mecanismos responden al incremento de la densidad de la población reduciendo sus tasas de reproducción y sobrevivencia. Por

ejemplo, la organización social del borrego incluye la formación de grupos, la composición de estos en general consiste de machos adultos, hembras adultas, corderos y jóvenes de uno o dos años, segregados sexual y espacialmente; durante la época de apareamiento los machos se unen a los grupos de hembras mientras dura la ruta de celo y apareamiento, que usualmente ocurre en el ámbito hogareño de las hembras (Eaton, 2002).

De esta manera, los rangos de distribución que presentan machos y hembras son diferentes, las hembras presentan un rango casero relativamente más pequeño que los machos (Krausman y Shackleton, 2000). En el área de estudio, se distribuyen de manera general en todas las localidades registradas; en las dos altitudes consideradas, y en todas las estaciones, debido a que los machos son corredores muy capaces, que pueden recorrer distancias más largas e ir a sitios de alimentación menos seguros que los que utilizan las hembras. En cambio las hembras se restringen a ciertas localidades y principalmente en alturas mayores a los 1,500 m.s.n.m., generalmente cercanas al terreno de escape (Geist, 1999). Por estas razones, los machos están más expuestos a los factores estresantes, de los cuales la cacería furtiva es uno de los más importantes, causando con ello alteraciones fisiológicas. Siendo más susceptibles que las hembras al estrés, al presentar una condición física deficiente, debido principalmente a la época reproductiva durante el verano y el otoño (Valdez y Krausman, 1999).

Por último, Ayala y col. (*en prensa*) determinaron la proporción de sexos del borrego cimarrón en la Sierra San Pedro Mártir, mencionan que la variación encontrada entre las localidades de muestreo, la altura y las estaciones, se puede atribuir principalmente a las características del área de estudio, dado que es un ambiente heterogéneo que propicia el que se establezcan grupos familiares en algunas de las áreas. Siendo la proporción de sexos mayor en primavera-verano cuando empieza el crecimiento vegetativo, y hay una mayor cantidad de agua, teniendo con ello una mayor fuente de alimento para los organismos al igual que mayores posibilidades de sobrevivencia de los corderos. Al estar sexualmente segregados en espacio y tiempo la probabilidad de que se estresen disminuye, al no existir una competencia entre ellos por la disponibilidad de recursos, áreas de descanso, refugios, etc. Excepto en la época de celo y apareamiento, en donde la competencia y el estrés puede aumentar al tratar de cubrir su evento reproductivo.

7.2. Concentración de Cortisol Entre las Variables y sus Interacciones en Machos y Hembras

Este análisis permitió conocer el grado de estrés fisiológico en la población de borrego cimarrón, la interacción localidad/sexo fue la que explicó en mayor medida el comportamiento de la variable de respuesta. Los resultados concuerdan tanto con el comportamiento como con la distribución que se ha venido observando del borrego en esta Sierra. Información que ha permitido registrar que los borregos tienen una gran actividad reproductiva, por lo tanto era de esperar que fuera en las localidades donde se encontraran las mayores diferencias respecto a la concentración de cortisol. Además, al encontrarse el borrego en diferentes rangos altitudinales, esto le confiere ciertas características a la población como el disponer de diferente tipo de vegetación y por ende de alimento, lo escarpado del terreno y la pendiente para las rutas de escape, fuentes de agua, entre otras características ecológicas.

La comparación entre las localidades respecto a la estación y condición reproductiva, indican fue en El Observatorio y durante el otoño en donde se presentaron las mayores diferencias. Este hecho, es de gran importancia debido a la vulnerabilidad que representa el realizarse un plan o propuesta de manejo para esta zona, sobre todo tomando en cuenta los antecedentes que ya existen sobre esta población de borrego (Montoya, 1998; Galindo, 2000; Eaton, 2002), en donde se delimitó a esta localidad como de gran importancia para la conservación del borrego cimarrón en la Sierra San Pedro Mártir.

Otra importante e interesante interacción fue la estación/sexo. En esta las mayores diferencias se presentaron durante el otoño entre machos y hembras, siendo en esta estación en donde se constataron las mayores concentraciones de cortisol. Estas diferencias probablemente se asocian a las cuestiones etológicas y ecológicas que caracterizan a machos y hembras, como sus patrones de agrupamiento, movimiento y áreas de uso.

En referencia a esto, la literatura marca que los machos adultos poseen áreas de actividad muy grandes, siendo por lo general solitarios, excepto en la época de apareamiento cuando incrementan sus ámbitos hogareños, moviéndose de un grupo de hembras a otro. Las hembras, en cambio, viven en grupos estables en las partes

medias de las sierras acompañadas por crías y algunos individuos jóvenes (Hansen, 1967; Geist, 1971; Shackleton, 1985), de tal manera que su comportamiento gregario y alta fidelidad en las áreas de uso, así como su dinámica reproductiva aumentan la probabilidad de que la concentración de cortisol en estas épocas entre machos y hembras se deba a estas características.

Galindo (2000) al diferenciar las preferencias alimentarias de machos y hembras por alturas en la misma zona de estudio, demostró que ambos sexos utilizan la misma cantidad de recursos en la localidad del Observatorio, lo cual puede deberse a que esta área presenta una continua disponibilidad de alimento a través del año, misma que beneficia a machos y hembras. En cambio, en las localidades de los cañones (en alturas menores a los 1,500 m.s.n.m) la utilización de los recursos varió entre machos y hembras, lo cual puede estar relacionado con los eventos reproductivos y los movimientos espacio-temporales que presentan los borregos.

En un estudio realizado por Seal y Hoskinson (1978) señalan que las concentraciones de cortisol en una población de berrendo (*Antilocapra americana*) pueden deberse a las condiciones del hábitat. En referencia a esto, Eaton (2002) menciona que la respuesta de los borregos, tanto en machos como en hembras, a los diferentes ambientes y condiciones de la Sierra es la misma, lo cual puede deberse a los procesos de adaptación de esta especie a los ambientes particulares del lugar, es decir, ambos sexos están por igual adaptados, no inclinando las probabilidades de sobrevivencia hacia ninguno de ellos.

Por otro lado, esta situación y otras características del área, como las condiciones climáticas, la presencia o falta de agua, la cercanía con otros ungulados, los depredadores, entre otros factores del hábitat, se pueden estar reflejando en los resultados obtenidos. Por ejemplo, la conducta de evasión que presentan los borregos hacia sus depredadores, depende principalmente de la habilidad y visibilidad que tengan para detectar el peligro a grandes distancias. La visibilidad es una característica importante (Geist, 1971; Hansen 1980b) ya que de esta manera el borrego evita lugares o vegetación que pueda reducir su visibilidad y por ende su estrés; pero algunos estudios han demostrado que durante algunas migraciones, particularmente al recorrer grandes distancias, el borrego aumenta su tensión, reduciendo la resistencia a las enfermedades y aumentando su mortalidad

(Risenhoover y Bailey, 1985; Etchberger *et al.*, 1989; Bleich *et al.*, 1994); asimismo, en los desiertos el agua es considerada como un recurso primordial para los borregos, por lo que numerosos estudios han demostrado que este animal se concentra alrededor de las fuentes de agua durante el verano y otoño, dispersándose de 2 a 3 kilómetros de la misma (Jones *et al.*, 1957; Elenowitz, 1984; Cunningham y Ohmart, 1986).

Por último, una explicación más referente a las diferencias encontradas en respuesta al estrés entre sexos, depende de la época del año en la cual se hayan hecho los muestreos, por ejemplo, se ha encontrado que en aves la principal diferencia entre hembras y machos ocurre durante la época reproductiva (Buechner, 1974; Lenarz, 1979; Wingfield *et al.*, 1994; O'Reilly, 1995). Sin embargo, otros estudios indican que estas diferencias se pueden presentar en cualquier época del año (Astheimer *et al.*, 1995; Romero *et al.*, 1997). Pero según Moberg (1991) las hembras son más vulnerables que los machos al estrés.

7.3. Comparación del Grado de Estrés Fisiológico y su Relación con la Dinámica Reproductiva en Hembras

En las poblaciones de borrego cimarrón el estrés puede tener múltiples y serias consecuencias. Siendo este proceso un fenómeno complejo que actualmente puede ser evaluado por medio de la integración de varios estudios como los ecológico-conductuales, los fisiológicos y los médicos, al igual que la relación de estos con los diferentes factores o condiciones ambientales (DeForge, 1981). A partir de lo anterior, tenemos que la concentración de cortisol detectada en heces de hembras, indican que los valores de cada variable para la determinación del estrés y la relación de éste con la dinámica reproductiva, también está estrechamente relacionada con las diferencias etológicas que presentan los organismos, así como con las características ecológicas que caracterizan a la Sierra San Pedro Mártir.

7.3.1. Actividad Antropogénica y Localidades

Considerando la conducta y la función que representan los grupos de hembras dentro de las poblaciones de borrego cimarrón, es importante resaltar que muchos de los cambios fisiológicos que presentan están estrechamente ligados con algunos parámetros ecológicos de sus hábitats, por ejemplo, Risenhoover y Bailey (1985) mencionan que la visibilidad es uno de los factores de hábitat más importante para el borrego cimarrón. Estudios en Colorado han demostrado que una buena visibilidad incrementa la eficiencia del forrajeo (Risenhoover y Bailey, 1980, 1988), en cambio, en lugares de poca visibilidad el ritmo cardiaco de los borregos se incrementa rápidamente (MacArthur *et al.*, 1979). Asimismo, el ritmo cardiaco derivado del incremento del tamaño del grupo, puede ser el resultado de las interacciones presentes entre los animales, especialmente en aquellos grupos que tienden a ser más numerosos (Hayes *et al.*, 1994; Harlow *et al.*, 1987).

De este modo, la mayor concentración de cortisol (7.7 ng/gr) se encontró en las localidades donde se detectó una mayor presencia de actividades como la ganadería, el turismo y la caza furtiva. Siendo El Observatorio, Cerro Botella Azul, Cañón La Encantada y Cañón Los Colibríes las localidades consideradas como de mayor perturbación. Repitiéndose así la misma condición que la registrada en las heces de machos.

7.3.2. Estaciones del Año

El estrés es un fenómeno adaptativo directamente relacionado con la respuesta del animal hacia los cambios ambientales. Un animal puede enfrentarlos para producir una apropiada respuesta y reducir el estrés (DeForge, 1981). En este estudio, fue durante el verano y el otoño en donde se presentaron las mayores concentraciones de cortisol en las hembras (10.4 y 8.7 ng/gr). Siendo precisamente en estas dos estaciones en donde se registra la mayor actividad reproductiva, como lo es la época de celo y apareamiento. Por lo que las concentraciones de cortisol pueden deberse a este proceso biológico; el cual es influenciado por factores ambientales como el frío o el calor, de los cuales depende en gran medida la alteración que pudieran presentar los organismos, y por ende la sobrevivencia de la población.

Por otro lado, el deterioro y los cambios ambientales pueden ser una causa más de estrés en el borrego cimarrón, provocando una baja resistencia a las enfermedades (disminución del sistema inmunológico). Se han combinado algunos estudios etológicos y fisiológicos para relacionar las respuestas del estrés con las condiciones ambientales, dado que los estudios de conducta por sí solos no proporcionan la suficiente información sobre los efectos del estrés y la reacción externa que caracteriza a los individuos cuando presentan este tipo de alteración (DeForge, 1981).

7.3.3. Altura

El incremento del ritmo cardiaco en los borregos puede ser atribuido a un decremento de la altitud del hábitat, a un incremento de la pendiente, y a la presencia de muchos individuos dentro de los grupos, en donde la relación entre el ritmo cardiaco y la elevación puede ser explicada por el esfuerzo que realizan los individuos para evadir a sus depredadores. En cambio, la relación entre el ritmo cardiaco y la pendiente es explicada por un incremento de la demanda metabólica durante el forrajeo (Hayes *et al.*, 1994; Harlow *et al.*, 1987).

La concentración de cortisol (8.4 ng/gr) que se presenta en alturas por arriba de los 1,500 m.s.n.m, es mayor que la detectada en alturas menores (5.2 ng/gr), hecho que se atribuye principalmente, y como ya hemos mencionado, a que en este rango altitudinal hay una mayor actividad reproductiva del borrego cimarrón.

Es importante conocer algunas de las características del proceso reproductivo en poblaciones silvestres: 1) el inicio del periodo de crianza; 2) el número de camadas producidas al año; 3) el tamaño de la camada; 4) la tasa de sobrevivencia prenatal; 5) la viabilidad de los nacimientos; 6) el cuidado parental; y 7) la edad de maduración sexual. Cada una de estas etapas puede ser influenciada por diversos factores como los ambientales (clima), nutrición deficiente, estrés social (más de 10 individuos en la manada), depredación, enfermedades y parasitismo. De estos, la deficiencia nutricional es el factor que más puede afectar retrasando la maduración sexual en los mamíferos (Bailey, 1984; Hogg, 1984).

De esta manera, concentraciones altas de glucocorticoides durante el estrés pueden afectar y/o inhibir la fisiología reproductiva y la conducta de muchas especies. Particularmente en especies con una jerarquía social marcada algunos factores estresantes pueden ser predecibles. Por ejemplo, durante la época de celo, cuando los machos adultos compiten entre ellos por las hembras o cuando los machos defienden y marcan sus territorios (Daley *et al.*, 1999; Sapolsky *et al.*, 2000).

Sin embargo, las consecuencias fisiológicas derivadas del estrés social en especies de vida libre aún y cuando se tienen algunas especulaciones, todavía no se conoce mucho al respecto. Una excepción a esto es el trabajo desarrollado por Sapolsky (1992, 1993) y Sapolsky y Ray (1989). Estos autores, analizaron la relación entre la concentración de cortisol en sangre y la conducta social de machos en vida silvestre de babuino olivo (*Papio anubis*). Cuando la jerarquía era estable, el babuino dominante tuvo una baja concentración de cortisol, que se incrementó rápidamente durante el estrés. En contraste, en sociedades inestables el macho dominante también presentó una baja concentración de glucocorticoides, pero no presentaron un incremento dramático en las concentraciones de cortisol durante la respuesta al estrés (McLeod *et al.*, 1996).

7.3.4. Condición Reproductiva

En este trabajo de tesis, al analizar el grado de estrés respecto a la condición reproductiva en hembras, fue muy interesante el hecho de encontrar la mayor concentración de cortisol en la época de lactancia y de nacimientos (8.03 y 7.52 ng/gr). A pesar de que las concentraciones no son muy altas, estas pueden estar indicando una posible presión o alteración de los borregos en San Pedro Mártir, lo cual indudablemente puede llegar a afectar a toda la población.

En referencia a este aspecto, Bahr *et al.* (1998) mencionan que en los mamíferos la conducta maternal está caracterizada por la aportación de leche de la madre a la cría. Adicionalmente, en muchas especies de mamíferos la conducta de lactancia está muy relacionada con la conducta de termorregulación, que es esencial para la sobrevivencia de los neonatos, así como para la futura reproducción de la madre (Hansen, 1965; Festa-Bianchet, 1988c).

Es importante considerar la conducta maternal para la sobrevivencia y desarrollo de la descendencia, por ello, muchas investigaciones han sido enfocadas a determinar cómo la conducta se relaciona con la concentración de algunas hormonas en el organismo, la experiencia de los individuos, los factores ambientales y algunos aspectos a nivel neurológico (Bailey, 1984; Bahr *et al.*, 1998). Además, Festa-Bianchet (1988b) menciona que los factores ambientales influyen de manera importante en el cuidado de las crías y que una pobre nutrición es el resultado de una reducción en la lactancia.

Ante esto, algunos estudios hormonales en el contexto madre-cría en borregos domésticos (*Ovis aries*) han proporcionado información valiosa y evidencias sobre los cambios hormonales que ocurren a nivel neuroendocrino durante la preñez y nacimientos, mismos que estimulan la conducta maternal de las hembras (Festa-Bianchet, 1988a; Bahr *et al.*, 1998). Además, la relación entre la conducta maternal y las condiciones ambientales, en específico la condición física y social de los individuos pueden actuar como factores estresantes para la población en consecuencia, el estrés puede causar una perturbación en la conducta maternal (Bunnell, 1980, 1986; Bunch *et al.*, 1986; Bahr *et al.*, 1998).

Asimismo, varios investigadores mencionan que el borrego sufre la mayor mortalidad en la edad de crías (Hansen, 1980b; Hass, 1989, 1997; Krausman *et al.*, 1989, 1999), y otros estudios afirman que los jóvenes y los corderos que no son destetados a tiempo, permanecen con sus madres en los terrenos más agrestes del sitio donde habitan evitando con ello la depredación (Bleich *et al.*, 1997; Krausman y Shackleton, 2000; Shackleton, 1999), fortaleciéndose así la idea de que el número de individuos entre estas dos clases de edad se mantiene.

De esta manera, la concentración de cortisol detectada en este estudio durante la época de lactancia y nacimientos puede ser propiciada por estos dos factores. Este fenómeno puede tener como consecuencia el que se eleve la concentración de cortisol en las hembras, al aumentar la tensión por el cuidado y lactancia de las crías.

En el borrego doméstico se ha establecido que la concentración de cortisol secretada durante la preñez estimula el parto. De igual manera, numerosos estudios han demostrado que la concentración de cortisol en el plasma fetal se incrementa durante los últimos 15 o 20 días del periodo de gestación (Magyar *et al.*, 1980; Hennessy *et al.*, 1982a; Rose *et al.*, 1982; Norman *et al.*, 1985), atribuyendo este incremento como una respuesta ante la estimulación de la ACTH (hormona adrenocorticotropica que actúa en la corteza adrenal para estimular la síntesis y secreción de esteroides: glucocorticoides, progesterona y andrógenos) (MacIsacc *et al.*, 1989, Moberg, 1991).

Liptrap (1985) menciona que el proceso reproductivo en las hembras depende del cuidado y la secuencia sincronizada de los eventos endocrinos. La interrupción en la regulación y ocurrencia de estos eventos probablemente marca que las hembras son más vulnerables a los efectos del estrés que los machos. De aquí se deriva que el ciclo del estro es más sensible a la influencia del estrés que el periodo de gestación.

Relacionando el argumento que marca el autor (Liptrap), con la dinámica reproductiva y social de la población de borrego cimarrón en San Pedro Mártir, las hembras podrían resultar más estresadas, dado que la actividad reproductiva implica un gran gasto de energía al cubrir las diferentes etapas de este evento, siendo durante los nacimientos y la lactancia donde se esperaría estuvieran más estresadas, al tener que cuidar a las crías (principalmente de los depredadores); además de

proveerse del adecuado y suficiente alimento para cubrir esta función. Sin embargo, esto no necesariamente resulta perjudicial para la población, al ser parte del proceso fisiológico de los individuos.

7.4. Concentración de Cortisol Entre las Variables y sus Interacciones en Hembras

Considerando los factores ambientales que pudieran estar afectando la dinámica o fisiología de las hembras en la población de borrego de la Sierra San Pedro Mártir, la interacción localidad/estación permitió reconocer que la concentración de cortisol resultó significativamente diferente ($P < 0.05$) en El Observatorio. Lo cual confirma que es en esta localidad donde se desarrolla la mayor actividad del borrego cimarrón, ocasionando una mayor cantidad de encuentros entre los animales y los trabajadores del Observatorio, excursionistas o visitantes al parque provocando con ello estrés en los animales.

Asimismo, también existen otras localidades como los cañones en donde se presentan patrones indicativos de una posible perturbación de los animales, principalmente durante el otoño e invierno cuando los animales son más susceptibles de ser afectados por la presencia de la actividad humana, dado que en estas dos estaciones el clima tiende a ser más favorable, es decir, la temperatura disminuye, por lo tanto es más factible que los borregos tengan una mayor actividad durante el día. Del mismo modo, las actividades antropogénicas incrementan al no existir la condición "calor" para los excursionistas o las personas que realizan una búsqueda directa de estos animales.

La condición de un animal refleja las características de su hábitat, así como la densidad de sus poblaciones. Dependiendo de su condición es su habilidad para responder a los cambios ambientales. Cuando un animal es de mayor tamaño, presenta una mayor eficiencia de forrajeo que uno pequeño y su habilidad para evadir a los depredadores es mejor; asimismo, grandes reservas de energía permiten a los animales resistir cambios ambientales adversos (Bailey, 1984). De esta manera, las diferencias encontradas en la interacción estación/condición reproductiva indican que es en la época de nacimientos y lactancia cuando se incrementa la concentración de cortisol en las hembras. De acuerdo con Ayala (2000), los datos aquí presentados y su estudio se relacionan ampliamente, ya que es precisamente durante la última

parte del invierno, la primavera y parte del verano cuando se presentan los nacimientos en la población, razón por la cual las hembras tienden a estar más "alertas" y por ende nerviosas para proteger a los corderos durante y después del parto. Turner y Hansen (1980) definen que durante el periodo reproductivo la lactancia es la que abarca más tiempo y cuidado.

En San Pedro Mártir se ha registrado que los nacimientos ocurren principalmente durante la primavera y el verano, pero también se pueden presentar durante el invierno, en aquellas áreas que cubren los requerimientos de hábitat y protección para la descendencia, ofreciendo de esta manera, las mejores oportunidades de sobrevivencia de los corderos (Thompson y Turner, 1982). Dicho evento se desfasa entre un grupo de hembras y otro, sincronizándose de tal manera que cuando unas acaban de parir otras entran en celo y apareamiento (Ayala, 2000).

Durante la etapa de nacimientos y lactancia, las hembras tienden a gastar más energía al tratar de cubrir dichos procesos, lo cual trae como consecuencia una alteración del organismo y por ende una reacción de estrés. Este proceso puede aumentar de manera importante cuando las hembras se sienten amenazadas, ya sea por falta de alimento o para proteger a sus crías. En San Pedro Mártir, las hembras tienden a estar más activas durante la mayor parte del año, lo cual les puede ocasionar una pronunciada respuesta al estrés, sin embargo, dicha respuesta se debe básicamente al proceso fisiológico que ocurre como parte de la dinámica reproductiva de la población, es decir, las hembras tenderán a presentar concentraciones más altas de cortisol durante estas dos etapas. Por tanto, el estrés que están presentando no resulta patológico para la población, salvo que se presenten otros factores, como las actividades antropogénicas, las cuales puedan provocar otra serie de alteraciones como las enfermedades.

Como referencia a lo anterior, durante la época de lactancia las madres procuran el cuidado de sus crías, al igual que la alimentación para ambos. Por otra parte, Bronson (1989) señala que es durante la lactancia cuando las hembras demandan una gran cantidad de energía y nutrientes, y las reservas de lípidos que generan durante la preñez como un suplemento extra de energía disminuye conforme amamantan a las crías. Aunado a esto, cuando el destete de los corderos se combina con otros factores como la separación de la madre y la cría, y la modificación de los

hábitos de alimentación, estos se convierten en agentes potenciales de estrés (Moberg y Wood, 1981; Oftedal, 1985; Cockram *et al.*, 1993; Orgeur *et al.*, 1998).

Wynne (1963) establece que el impacto del estrés en los individuos originado por la competencia, activa el sistema pituitario adrenal, influenciando las respuestas fisiológicas y conductuales de los organismos. Indicando que el mecanismo de retroalimentación endocrino puede regular y limitar el crecimiento de la población en respuesta a un incremento de la presión social, aumentando la conducta agresiva. Algunos otros estudios sugieren que las poblaciones de borregos silvestres pueden ser limitadas por las interacciones entre los individuos.

En este estudio, la notoria actividad que presentan los borregos, especialmente las hembras en la Sierra San Pedro Mártir, marca la pauta de cómo sus respuestas y cambios fisiológicos se deben en gran medida a los procesos naturales que ocurren en su hábitat, así como a su dinámica poblacional. De este modo, se descarta alguna alteración por factores antropogénicos. Sin embargo, la posibilidad que ello pudiera ocurrir en otro momento o lugar siempre existe.

7.5. Comparación del Grado de Estrés Fisiológico y su Relación con la Dinámica Reproductiva en Sangre de Machos y Hembras

Al comparar las concentraciones de cortisol en heces de machos y hembras analizadas en este estudio con los obtenidos en el trabajo desarrollado por Colodner (2001), en donde se determinó la concentración de cortisol en sangre de 10 borregos capturados en la misma zona de estudio, así como con los datos arrojados de la descripción del examen físico general que se les realizó a los animales al momento de la captura, es interesante ver como las concentraciones más altas fueron en hembras de 8, 7 y 4 años de edad respectivamente. Hecho que no concuerda del todo con lo reportado en el informe de dicho estudio, dado que al parecer los animales presentaron problemas de estrés o alguna alteración cuando fueron manipulados para la toma de muestras y la colocación del collar, ya que no alcanzaron a tomar el ritmo cardíaco, la circulación sanguínea, la respiración, la temperatura corporal y la condición que presentaban al momento de la liberación.

Sin embargo, Colodner menciona que no se presentaron emergencias médicas, pero que en algunos borregos fue necesaria la aplicación de baños de agua fresca para evitar la hipertermia y complicaciones posteriores.

Aunado a esto, Colodner (2001) en su trabajo de tesis, reporta que el grado de estrés en los borregos, como producto de la manipulación de la captura, fue de moderado a elevado, presentando un promedio general de cortisol de 4.2 $\mu\text{l/dl}$, en machos fue de 2.8 $\mu\text{l/dl}$ y en hembras de 4.7 $\mu\text{l/dl}$. Colodner (2001) menciona que estos valores fueron menores a los encontrados en otros trabajos de borrego cimarrón y muy similares a los observados en borregos capturados con *net-gun* (4.3 $\mu\text{l/dl}$) (Kock *et al.*, 1987^a), lo que podría indicar un bajo nivel de tensión en los animales capturados.

Turner (1982) menciona que numerosos estudios han desarrollado una diversidad de técnicas para capturar y marcar borregos silvestres (*Ovis canadensis*), y que la colocación de aretes, radiocollares, serpentinas, entre otros, pueden provocar estrés en los borregos cuando son inmovilizados. Además de que estas técnicas son costosas, requieren de personal experimentado y presentan cierto riesgo para los animales. De hecho, en algunas investigaciones se ha reportado que cuando los

helicópteros son utilizados en estudios de animales silvestres (Wallace *et al.*, 1992) estos pueden llegar a tener algunos efectos que pueden alterar su conducta, pero sólo Miller *et al.* (1988) ha detallado de manera más precisa los efectos que el uso de estos aparatos puede causar sobre los animales (Bleich, 1990).

El estudio desarrollado por Colodner (2001) de manera general marca que los valores de hematología y química sanguínea determinados en los borregos, se aproximaron a los valores normales y no revelaron problemas graves de salud. Sin embargo, cuando se realizó la comparación entre machos y hembras estas últimas presentaron una mayor masa eritrocítica, pudiendo atribuir esta diferencia al estrés, influencias hormonales, estado de hidratación y nutrición o adaptación al ambiente desértico (Franzmann y Thorne, 1970). Colodner (2001) concluyó descartó la presencia de alguna condición aguda o crónica que pudiera afectar negativamente el comportamiento, reproducción o sobrevivencia del borrego cimarrón, indicando un grupo aparentemente saludable de animales.

Por otro lado, después de la captura se ha seguido un registro mensual durante los últimos tres años por medio de telemetría en los 10 animales, para registrar sus movimientos y de alguna manera el comportamiento que están presentando los borregos en la Sierra San Pedro Mártir, encontrando que aparentemente han presentado buenas condiciones, dado que se han localizado señales en diferentes puntos y localidades de la sierra, de igual manera se ha registrado la presencia de todos los animales marcados desde 1999, exceptuando sólo a una hembra, ya que al parecer fue muerta por cacería furtiva. Ante esto, de manera general se tiene que la población monitoreada de borrego cimarrón presenta buenas condiciones fisiológicas (sin estrés) y de salud.

Lo anterior se corrobora con los resultados del presente estudio, al no encontrar algún signo patológico, de acuerdo a las concentraciones de cortisol detectadas en las heces, que pudieran estar afectando al borrego cimarrón en la Sierra San Pedro Mártir. Al ser la Sierra un ambiente naturalmente heterogéneo, que cuenta con diversos elementos estructurales de hábitat, y al encontrarse la población de borrego relativamente aislada del contacto con otros ungulados (Silvestres y domésticos), de ciertas actividades antropogénicas y factores estresantes que puedan estar afectando a la población, esto permite mantener la salud de los animales. De

esta manera se puede explicar el bajo grado de estrés encontrado en el presente estudio, sin embargo la probabilidad de que los animales se estresen y tengan consecuencias severas siempre existe.

7.6. Comparación del Grado de Estrés Fisiológico Entre *Ovis canadensis cremnobates* y *Ovis canadensis mexicana*

Es a partir de la evidencia proporcionada por la concentración de cortisol detectada en las heces de borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California y un estudio preliminar que se realizó en tres poblaciones de *Ovis canadensis mexicana* de Sonora (UMA intensiva "El Yaqui", UMA intensiva "Arti" y Reserva de la Biosfera "El Pinacate") es que se realizó una comparación de esta hormona en ambas subespecies. Esto se hizo sólo con la finalidad de tener un marco de referencia entre ambas subespecies, visualizando las características y factores que existen en cada uno de sus hábitats, y de esta manera definir certeramente cuales pueden ser o son las causas que propician el grado de estrés en los animales en cada una de las poblaciones analizadas.

De esta manera se pudo constatar que cada una de las poblaciones presentó diferente concentración del esteroide. En el caso de la población de la Sierra San Pedro Mártir, el grado de estrés se atribuye principalmente, y como ya lo mencionamos anteriormente, a la dinámica reproductiva, a la conducta social y sus hábitos, dado que las concentraciones de cortisol detectadas fueron de moderadas a bajas variando entre 3 y 6 ng/gr de cortisol por organismo, además de que no se encontraron evidencias de alteración del hábitat, así como gran influencia de las diferentes actividades antropogénicas que se desarrollan en la sierra.

Respecto a las poblaciones de *Ovis canadensis mexicana* el panorama es distinto. La concentración de cortisol fue mucho más elevada, especialmente la detectada en la población de la UMA intensiva "El Yaqui" en donde un organismo llegó a presentar 80.34 ng/gr de cortisol; le sigue la población de la UMA intensiva "Arti" que presentó una concentración de hasta 14 ng/gr y la población de la Reserva de la Biosfera "El Pinacate" en donde la mayor concentración fue de 9 ng/gr.

La elevada concentración de cortisol de la población de *Ovis canadensis mexicana* respecto a la de *Ovis canadensis cremnobates* puede deberse a que se encuentran en lugares más abiertos y en terrenos no tan escarpados como los que se encuentran en la Sierra San Pedro Mártir. Por otro lado, aún cuando se supone que los animales encuentran todas las condiciones de hábitat en criaderos intensivos o extensivos, esto no es del todo confiable para el óptimo desarrollo de las poblaciones, ya que por el tipo de manejo que se les da los animales, estos están en constante movimiento por las diferentes actividades antropogénicas, además que muchas de las veces son llevados de un lugar a otro (principalmente durante las reintroducciones, traslocaciones o como pie de cría) provocando de esta manera un cierto grado de estrés.

En el caso de la UMA "El Yaqui", la concentración de cortisol detectada podría indicar una alteración fisiológica en los borregos, misma que puede ser causada por factores como el estado reproductivo de los individuos (hembras lactando o gestando, machos en celo); el impacto de actividades antropogénicas cercanas al lugar (cantera, ruido de maquinaria y tránsito continuo de vehículos); condiciones ambientales (temperaturas extremas); alimentación (suplemento a base de pellets); calidad y cantidad del hábitat (área total de 500 hectáreas cercada con malla venadera de dos metros de altura); etc.

Las concentraciones encontradas en la UMA "El Yaqui" y "El Pinacate" de cierta forma son lógicas, ya que en el pinacate existe un cierto grado de perturbación hacia los animales por los visitantes (principalmente extranjeros y escolares) al ser una zona de gran interés científico-recreativo, además del desarrollo de ciertas actividades "no lícitas" en la zona. En caso del "Yaqui" la perturbación antropogénica es mucho mayor, principalmente por el tamaño del área (500 ha), lo cual en cierto grado limita el movimiento de los animales de una sierra a otra, donde posiblemente puedan encontrar mejores condiciones de hábitat o disponibilidad de recursos, además de la constante presencia humana para su captura.

Por lo que la subespecie de *Ovis canadensis cremnobates* en comparación con *Ovis canadensis mexicana* presenta menor signo de estrés, mismo que pudiera estar afectando negativamente a la población. Dado que *Ovis canadensis cremnobates* se encuentra en mejores características de hábitat, en un ambiente heterogéneo, el

cual le brinda mayores posibilidades de sobrevivencia, además de que presenta menos presión al no existir aprovechamiento cinegético "licito" que pudiera afectar a las poblaciones al darse, por ejemplo 40 ó 50 permisos por temporada de manera legal, aunado al aprovechamiento ilegal que ya existe en la zona; además de que tampoco existen UMA's intensivas en comparación con *Ovis canadensis mexicana*.

Como ya lo hemos constatado durante los recorridos de campo, en la realización del presente trabajo, en la Sierra San Pedro Mártir existe una buena población de borregos, a pesar de las evidencias de furtivismo detectadas.

Visualizando todo lo anteriormente expuesto, los resultados obtenidos del presente trabajo aportan información nueva y relevante para la especie, en especial para la toma de decisiones en su manejo. Ya que a partir de analizar la información y programas generados sobre el borrego cimarrón desde 1990, cuando se emitió la veda total para su aprovechamiento en Baja California, hasta la fecha, nos damos cuenta de que a pesar de los esfuerzos generados para su recuperación y la generación de información sobre su biología, estos no han sido suficientes y adecuados. Dado que cuando se decretó la veda, no se implementó ningún programa específico para la especie, y posteriormente los programas desarrollados no brindaron los frutos esperados, sólo las unidades de conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre (SUMA) logró concretarse y puesto en práctica (SEMARNAP, 1997). Es a partir del 2000 cuando las autoridades (INE) retoman muchas de las ideas y estrategias ya planteadas en 1997, incorporando nuevos esquemas administrativos en los cuales plantean que el manejo del borrego cimarrón no sólo se reduce a un manejo confinado e intensivo de los ejemplares, si no que es necesario un manejo integral del hábitat, declarando que la problemática que enfrenta la especie se debe en gran medida al limitado conocimiento (calidad y cantidad) acerca de sus poblaciones, entre otras cuestiones.

Por ello, el presente trabajo enmarca de manera importante que no sólo los conocimientos empíricos y ecológicos son suficientes para lograr un adecuado manejo del borrego cimarrón, si no que además son necesarios estudios más concretos, los cuales brinden la posibilidad de indagar mucho más allá de sus características ecológicas, mismas que no dejan de ser importantes. Sin embargo, la adecuada relación e integración de estos parámetros con los aspectos fisiológicos, reproductivos

y biológicos de la población, pueden brindar herramientas mucho más aplicables, y de mayor perspectiva para el manejo y conservación del borrego al incrementar la productividad de sus poblaciones.

Por ejemplo, al medir la concentración de las hormonas esteroides, en particular el cortisol, en animales de vida silvestre, se puede determinar cuando un individuo presenta signos de estrés (endógeno). Asimismo, se puede seguir la población en relación con los cambios ambientales que se presentan en su hábitat (exógeno). De esta manera, la concentración de cortisol proporciona información confiable sobre el estrés ambiental o el provocado por la intervención del hombre. Una ventaja importante que se obtiene al registrar este parámetro en animales silvestres, es que se puede recabar información y predecir el efecto que tendrán diversos estresores sobre la población estudiada. Lo anterior permite prever problemas antes de que la población llegue a estar estresada, así como identificar aquellas subpoblaciones que pueden ser más vulnerables al disturbio o a prolongados factores ambientales adversos (Friend, 1991; Wingfield *et al.*, 1994, 1997; Salpolsky y Share, 1998; Bahr *et al.*, 2000; Heistermann, 2000).

De todo esto se desprende que la técnica no-invasiva, utilizada para medir la concentración de cortisol en heces, representa y proporciona valiosa información sobre la población y su biología general, por ejemplo, se sabe que las heces y la orina contienen desechos metabólicos que sirven como señales químicas sobre los procesos fisiológicos que ocurren en el organismo, lo que permite tener acceso a una considerable cantidad de información (Jorgenson y Wishart, 1984; Reinhardt *et al.*, 1991; Saltzman *et al.*, 1994; Johnson *et al.*, 1996; Borjesson *et al.*, 1996; King, 1999; Romero y Healey, 2000). Como se puede apreciar, este tipo de información es una herramienta importante para el manejo y conservación de las especies silvestres en México, especialmente de aquellas consideradas como prioritarias.

De tal manera que, este documento contribuye al aumento de la calidad y cantidad del conocimiento que se tiene sobre la especie, apoyando a su vez el desarrollo de nuevas técnicas e instrumentos de trabajo, como los ensayos inmunoenzimáticos a partir de evidencias indirectas (heces), dado que es el primer trabajo desarrollado sobre estrés y su relación con la dinámica reproductiva y poblacional del borrego cimarrón, de las tres subespecies que se conocen en México.

Además, la técnica utilizada puede aportar información básica y aplicada para el manejo de otras especies de vida silvestre al ser sumamente económica, eficiente y rápida.

VIII. CONCLUSIONES

En base a los datos y observaciones generadas en el campo durante los últimos cinco años, la literatura consultada, la comparación con otros estudios, los objetivos e hipótesis planteada al inicio del estudio, así como la valoración de cortisol en heces de borrego cimarrón, se llegó a las siguientes conclusiones, planteándose de lo general a lo particular:

√ La utilización de los análisis inmunoenzimáticos para el estudio de las poblaciones silvestres, especialmente en aquellas que se encuentran bajo algún estatus especial o que son difíciles de estudiar directamente, adquieren especial relevancia dada la confiabilidad y eficacia del método. Resultando una herramienta sumamente útil, al obtener resultados adecuados para el estudio y manejo de especies silvestres, permitiendo comparar tanto en tiempo y espacio los resultados entre los diferentes sitios donde se aplique este método.

√ En la metodología utilizada, el uso de evidencias indirectas de la presencia del borrego, especialmente las heces, resultó ser de gran utilidad para obtener información sobre la biología y características generales de la especie, los cuales pueden ser aplicables para su manejo.

√ Los objetivos planteados en el presente trabajo se cumplieron satisfactoriamente al estimar el grado de estrés fisiológico de la población de borrego cimarrón, permitiendo así elaborar propuestas de acciones y estrategias para el manejo y conservación del borrego cimarrón en la Sierra San Pedro Mártir.

√ Por medio de las variables físicas, biológicas, ambientales y antropogénicas, se logró determinar cuales son los procesos biológicos (poblacionales) que influyen en el grado de estrés fisiológico del borrego cimarrón espacial y temporalmente.

√ La determinación de la importancia de cada variable y sus niveles, indica cuál es el factor (biótico o abiótico) que más puede influir en el grado de estrés fisiológico de la población de borrego cimarrón.

√ La estación, localidad, condición reproductiva, sexo y la combinación de estos, fueron las variables que determinaron el grado de estrés fisiológico en el borrego cimarrón.

√ El grado de estrés fisiológico del borrego cimarrón está estrechamente relacionado con el comportamiento, que de manera general, presenta dicha población. Es decir, mucha de la explicación dada por cada variable está en función de la conducta social y los hábitos que presentan los borregos, por ejemplo, su dinámica reproductiva, sus movimientos intra e interpoblacionales, la segregación entre machos y hembras durante ciertas épocas del año, su habilidad para defenderse de los depredadores, y la búsqueda de alimentos.

√ El análisis hormonal de la concentración de cortisol en la población de borrego cimarrón, no sugirió la presencia de ninguna condición aguda o crónica que pudiera afectar negativamente su comportamiento, reproducción o sobrevivencia, indicando que es una población saludable.

√ No se halló evidencia fisiológica de que la población de borrego cimarrón en la Sierra San Pedro Mártir presente problemas de estrés. Sin embargo, es importante tomar e interpretar los resultados encontrados con cautela, debido a que siempre existe la posibilidad de que las condiciones en las poblaciones o en el hábitat del borrego cambien, lo que podría tener grandes implicaciones para su conservación y manejo. De tal manera que, futuros estudios y un seguimiento constante de sus poblaciones ayudarán a precisar detalladamente su estado fisiológico.

√ Se aportó información biológica relevante a los procesos fisiológicos que pueden estar afectando a las poblaciones de borrego cimarrón en la Sierra San Pedro Mártir. Sin embargo, es necesario llevar a cabo más estudios sobre el estado reproductivo, de salud, etc; los cuales nos permitan conocer más a fondo los diferentes procesos a los que están sometidos los borregos en su hábitat natural.

IX. RECOMENDACIONES GENERALES

- ✓ Es importante que se continué con el seguimiento de las poblaciones de borrego cimarrón en la Sierra San Pedro Mártir, así como en las otras sierras donde se encuentra este animal, durante las cuatro estaciones del año, en diferentes alturas y localidades, ya que al ser las condiciones muy diferentes pueden tener distintos efectos sobre sus poblaciones.
- ✓ Se recomienda el método utilizado para las otras dos subespecies de borrego cimarrón en Sonora y Baja California Sur, como parte del estudio de su dinámica poblacional.
- ✓ Debido a que las hembras realizan una importante función en la población (procrear y lactar) es muy recomendable tomar en cuenta aquellos factores que pudieran afectar en mayor grado durante estos dos periodos, especialmente a los corderos que son los más susceptibles, con el fin de proponer mejores estrategias de manejo.
- ✓ Establecer un proyecto de seguimiento permanente en aquellas áreas con más probabilidad de que la población pueda ser afectada.
- ✓ Enfatizar y continuar los estudios espacio/temporales del borrego en la Sierra San Pedro Mártir, ya que ello ayudará a establecer con mayor precisión la utilización del hábitat con los eventos sociales (conducta) y biológicos (fisiológicos) que tienen estos organismos.
- ✓ Obtener datos más específicos sobre las zonas con mayor grado de actividad cinegética y antropogénica, para tener un conocimiento más amplio acerca de los efectos que dichas actividades pueden provocar en las poblaciones de borrego cimarrón.
- ✓ Establecer estudios más amplios sobre las enfermedades, sus causas y consecuencias en las poblaciones de borrego cimarrón.

√ Por último, pero no menos importante, es el de aprovechar cualquier oportunidad para generar y ampliar la escasa información sobre la dinámica y biología de las poblaciones de borrego cimarrón, como las necropsias de cadáveres hallados en campo, así como la obtención de muestras biológicas (sangre, heces, orina, epitelios, saliva, etc.) de futuras capturas de organismos y de aquellos cobrados durante las temporadas cinegéticas.

X. Propuestas de Manejo para el Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) en la Sierra San Pedro Mártir (SSPM), Basadas en el Grado de Estrés Fisiológico de su Dinámica Reproductiva y Poblacional.

A pesar de que durante los últimos años los programas de manejo para el borrego cimarrón en México han establecido ciertos criterios y líneas a desarrollar, los resultados obtenidos aún son incipientes, debido a que no se han logrado concretar muchas de las propuestas planteadas en los diferentes programas y proyectos gubernamentales.

Tomando en cuenta que la problemática del borrego cimarrón no solo se reduce a las recomendaciones plasmadas en un papel, a la cacería, a los conflictos socioeconómicos y/o políticos entre los tenedores del recurso y las autoridades, a la falta de un criterio adecuado, a la extrapolación de datos provenientes de otros lugares, si no además a la falta de información biológica de las poblaciones y a la elaboración de proyectos integrales, específicos y concretos.

En este documento se plantean algunas propuestas de manejo para el borrego cimarrón en la SSPM, basadas principalmente en los resultados encontrados sobre el grado de estrés fisiológico, en su dinámica reproductiva y poblacional, siguiendo los objetivos específicos señalados al inicio del presente estudio. Asimismo, se consideran los resultados y recomendaciones obtenidos en otros trabajos realizados con esta especie y en la misma zona de estudio durante los últimos cinco años. De esta manera, las propuestas de manejo para el borrego consisten de las siguientes fases:

1.- Integración de los tres niveles de gobierno, el sector académico y privado (tenedores del recurso, prestadores de servicios, ONGs) para un manejo y administración integral de las poblaciones.

Líneas de acción:

1.1.- Identificación de actores e interesados en el aprovechamiento o conservación del borrego.

1.2.- Síntesis de información actual e identificación de vacíos críticos de información.

1.3.- Aprovechando la reciente formación del Comité Técnico Consultivo Nacional del Borrego Cimarrón en México, se considera importante el que se aborden dos puntos críticos: 1) la cacería y el otorgamiento del número de permisos a nivel nacional y 2) el conocimiento del estado actual de las poblaciones en los tres estados donde habita el borrego cimarrón (Baja California, Sonora y Baja California Sur), con sus respectivas investigaciones sobre la biología de la especie. Dado que a partir de tener el esquema general sobre la problemática del borrego, ahora hace falta el que se apliquen, es decir, se pongan en práctica muchos de las sugerencias y técnicas anteriormente planteadas, pero tomando en cuenta las características del hábitat en cada una de las poblaciones de borrego en los tres Estados.

2.- Dado que los resultados de la veda establecida desde 1990 han sido contraproducentes, y la cacería furtiva a aumentado durante los últimos años en Baja California, afectando a las poblaciones de borrego. Además del gran interés y demanda que existe para el aprovechamiento cinegético de este recurso, llegándose a cotizar los permisos de caza hasta en 300,000 dólares, pero sobre todo tomando en cuenta que el borrego cimarrón puede generar importantes ingresos para los tenedores de este recurso, así como para generar programas de investigación encaminados a mejorar y no solo a aprovechar a las poblaciones, es necesario retomar algunas propuestas ya planteadas con anterioridad en otros estudios o programas (Montoya, 1998; Ahumada, 2000; Galindo, 2000; Ayala, 2000; Colodner, 2001; Eaton, 2002).

Líneas de acción:

2.1.- Establecimiento de programas concretos, específicos y limitados de aprovechamiento cinegético y/o ecoturístico, que generen recursos económicos para los tenedores del recurso y la continuación de los programas de investigación en la zona. Esta fase requiere necesariamente de un desglose detallado del destino de los recursos económicos que se generen, es decir, que porcentaje será destinado a los tenedores del recurso (ejidatarios), a la investigación y a la federación.

2.2.- Para el desarrollo del punto anterior es necesario determinar el estado actual de las poblaciones de borrego y su hábitat, ya que esto permitirá definir si se puede o no aprovechar, y el tipo de aprovechamiento más adecuado para la zona.

3.- Para sustentar la fase anterior, y dado que la población de borrego en la SSPM a presentado cambios en cuanto al número de individuos y su dinámica poblacional, es conveniente realizar, corroborar, complementar y aplicar algunos de los trabajos desarrollados en esta zona.

Líneas de acción:

3.1.- La respuesta aguda debida al estrés es importante en la sobrevivencia de los animales silvestres, sin embargo, si ésta se prolonga puede convertirse en perjudicial. El estrés severo en ungulados como "especies presa", puede desencadenar mecanismos fisiológicos que con el tiempo se vuelven irreversibles (Colodner, 2001). Sobre este punto y dado los resultados obtenidos en el presente trabajo, en donde "el grado de estrés fisiológico de la población de borrego está estrechamente relacionado con el comportamiento que presenta dicha población, como sus movimientos intra e interpoblacionales, la segregación entre machos y hembras durante ciertas épocas del año, su habilidad para defenderse de los depredadores, y la búsqueda de alimentos, etc". Es importante mantener un seguimiento constante de la población de borrego en la SSPM, ya que de este proceso fisiológico depende que muchos otros eventos biológicos y sociales como la preñez, gestación, lactancia, movimientos, conducta, uso de hábitat, etc, se lleven o no a cabo. Al existir un alto grado de estrés en la población estos eventos pueden verse seriamente afectados. Por ello, es importante seguir reconociendo aquellos factores (naturales o los causados por el hombre) que pueden actuar como estresores en los borregos.

3.2.- Conocer las interacciones (competencia, enfermedades, depredación) que presenta con otras especies (ganado, burros ferales, venado, coyote, puma, etc.). Es necesario puntualizar como el coexistir con otros animales puede afectar o beneficiar a las poblaciones de borrego, ya sea de manera directa o indirecta. Por ejemplo, Boyce *et al.* (1990) y Singer *et al.* (1997) documentan que la cercanía del borrego con el ganado (caprino, bovino, equino), burros ferales y el venado pueden actuar como fuente, reservorio o vector de distintos patógenos haciéndolos vulnerables a distintas enfermedades.

3.3.- Al ser la alimentación uno de los principales factores de la biología básica de las especies que mantiene e incluso puede elevar el número de individuos de una población (Bronson, 1989), es importante conocer que especies vegetales son las más consumidas por el borrego, y de ser posible cómo, cuándo y de dónde provienen. Asimismo, es importante determinar el valor nutrimental de las especies consumidas, ya que ello se ve reflejado en una alta tasa de reproducción y resistencia a las enfermedades. Además de que este tipo de datos proporciona las bases para estudios de variabilidad y disponibilidad de alimentos, la incidencia de decesos relacionados con el suministro alimentario, etc (Schemnitz, 1980). Por ello, y a pesar de que este rubro ya fue cubierto en SSPM (Galindo, 2000), es importante complementar estos datos con estudios bromatológicos de las especies vegetales que resultaron ser más consumidas tanto por machos como hembras de borrego cimarrón en diferentes temporadas y alturas.

3.4.- Las enfermedades son procesos naturales que pueden afectar drásticamente la sobrevivencia de la fauna silvestre, aunque comúnmente sus efectos son sutiles, persistentes y evidentes a largo plazo (Caughley y Sinclair, 1994; Yuill, 1986). Las mismas pueden convertirse en un factor de mortalidad denso-dependiente, influir adversamente en la reproducción y el balance energético de los organismos, así como alterar sus movimientos normales (Anderson y May, 1979; Scott, 1988). En SPM, la evaluación realizada sobre el estado de salud de la población (Colodner, 2001) no mostró problemas en la fracción estudiada. Sin embargo y de acuerdo con Colodner (2000), es importante en lo posible aumentar el tamaño de muestra y emplear un diseño simétrico con relación a los sexos, edades y localidades analizadas para corroborar o refutar la existencia de los patrones de exposición encontrados y tener mayor confiabilidad en la evaluación de la salud de la población de borrego de la SSPM. Asimismo, es importante repetir este estudio en temporadas contrastantes dentro del ciclo anual para tener una mejor detección de aquellas enfermedades temporales y de esta manera contribuir al conocimiento de la salud real de la población.

Adicionalmente, es recomendable ampliar el seguimiento de los patógenos a un estudio epidemiológico que incorpore a otros ungulados silvestres y domésticos del área para reconocer las fuentes y reservorios de los mismos y los perfiles de exposición y riesgo de contagio en las poblaciones. Finalmente se recomienda realizar

seguimientos periódicos de la salud de la población como medida preventiva e incrementar los esfuerzos para estudiar aquellas medidas demográficas y de calidad del hábitat que se complementen en la interpretación de los resultados.

3.5.- En SPM el conocimiento sobre la distribución del borrego cimarrón puede ser de gran utilidad para el manejo y aprovechamiento de la especie, al encontrarse que los organismos más grandes se encuentran en la zona de los cañones (por debajo de los 1,500 m.s.n.m) sobre todo machos adultos, y en el área de los pinos, por arriba de los 1,500 m.s.n.m, los grupos heterogéneos (hembras adultas, jóvenes, corderos y algunos machos adultos). Asimismo, es durante el otoño e invierno donde se puede encontrar a los adultos, y durante la primavera y el verano a los grupos heterogéneos. Considerando estos datos, se recomienda tomar en cuenta las temporadas y altitudes donde es más factible encontrar a los organismos considerados como trofeos, y de esta manera proteger al resto de la población, principalmente durante la época reproductiva.

3.6.- Otro punto importante para el manejo del borrego lo constituye la dinámica reproductiva y alimentaria de la población. Tomando en cuenta que el borrego presenta una proporción de sexos diferenciados espacial y temporalmente, actividad reproductiva durante la mayor parte del año y una diferenciación de sus hábitos alimentarios entre machos y hembras, una propuesta de manejo importante sería considerar los requerimientos nutrimentales de las hembras (dado que son las encargadas de procrear y lactar) durante la preñez, principalmente durante el periodo de lactancia (ya que es el más crítico). Así como, considerar localidades como El Observatorio y Botella Azul, en donde se ha encontrado una gran actividad de los borregos, registrando en su mayoría grupos heterogéneos de individuos. Aunado a esto, es recomendable seguir registrando el éxito reproductivo y reconocer los factores ambientales que pueden influir en el mismo, ya que si se pretende cosechar a la población, la reproducción debe exceder la mortalidad.

3.7.- Una consideración más de manejo sería respecto a la proporción de sexos de los organismos, en donde en alturas por debajo de los 1,500 m.s.n.m la proporción macho:hembra es casi 1:1 (108:103) y en otoño/invierno es 156:118. Estos resultados pueden tener una importante implicación respecto a la actividad cinética de este organismo. Ya que en caso de levantarse la veda establecida desde 1990, los

permisos que se decidan otorgar se podrían dar bajo el criterio de que sólo se cazaran aquellos organismos que se encuentren por debajo de los 1,500 m.s.n.m, principalmente en la zona de los cañones. Con ello se protegería a los grupos familiares que se encuentran por arriba de dicha altitud y por lo tanto a la población.

❖ Considerando la calidad de la información generada hasta el momento en la SSPM, así como a la calidad y condiciones de hábitat especiales que presenta dicha Sierra, en particular el "Parque Nacional SPM" al considerarse un hábitat potencialmente importante para el borrego, se derivan tres recomendaciones específicas para el manejo y aprovechamiento de la especie en esta zona:

1.- Al ser El Observatorio y Botella Azul localidades clave debido a que disponen de recursos y actividad reproductiva del borrego durante gran parte del año, es necesario regular y limitar las actividades de los visitantes, con el fin de proteger y mantener el movimiento de la población entre estas zonas y el área de los cañones.

2.- Establecer un programa de seguimiento de la población, así como continuar con las investigaciones sobre los temas ya señalados en los párrafos anteriores.

3.- Dada la belleza e importancia biológica que caracteriza a la SSPM, es estratégico realizar programas de educación ambiental con el fin de concientizar y dar a conocer a la población en general y los actores del área en particular, los valores (cultural, ético, estético, económico, científico, educativo, ecológico, etc.) que el borrego cimarrón representa, y de esta manera, resaltar la importancia de conservar y manejar adecuadamente a la población y su hábitat en la SSPM.

Sin embargo, para que esto pueda ser realizable es necesaria la coordinación de acciones interdisciplinarias entre las autoridades y los interesados en la investigación, aprovechamiento y/o conservación del borrego, de manera clara y específica.

Álvarez, T. 1976. Status of Desert Bighorns in Baja California. Desert Bighorn Council Transactions. 20:18-21.

Araujo, M. E. 1976. Development of the Program for Protection of Bighorn Sheep in Baja California. Desert Bighorn Council Transactions. 20:12.

Argote, D. L. 1991. El Plutón de San Pedro Mártir: Una Visita Geológica. División de Ciencias de la Tierra, CICESE. Memorias de la III Semana de la Exploración y la Historia. 25.

Armentrout, D. J. and R. J. Boyd. 1995. Managing Desert Mountain Sheep Using Ecoregion Planning and Management Concepts: Is it Possible? Desert Bighorn Council Transactions. 39:36-41.

Astheimer, L. B., W. A. Buttemer and J. C. Wingfield. 1995. Seasonal and Acute Changes in Adrenocortical Responsiveness in an Arctic-Breeding Bird. Hormone Behavior. 29:442-457.

Avila, V. S. 2000. Impacto del puma (*Puma concolor*) en la Actividad Pecuaria de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California. Tesis de Maestría. Maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México.

Ayala, C. S. G. 2000. Desarrollo de una Metodología para Determinar los Niveles de Hormonas Esteroides (P4, T, E2) en Excretas de la Población de Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México.

Ayala, C. S. G., R. Martínez y A. Salame. *En prensa.* Cuantificación Inmunoenzimática de Hormonas Esteroides en Heces de Cuatro Especies de Bóvidos en Baja California, México.

Ayala, C. S. G., E. G. Manríquez y R. Martínez. *En prensa.* Análisis del Volumen de Heces como Método para Evaluar la Distribución Espacial de la Población de Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.

Bahr, N. I., C. R. Pryce., M. Dobeli and R. D. Martin. 1998. Evidence from Urinary Cortisol that Maternal Behavior is Related to Stress in Gorillas. Physiology and Behavior. 64(4):429-437.

Bahr, N. I., R. Palme; U. Mohle., J. K. Hodges and M. Heistermann. 2000. Comparative Aspects of the Metabolism and Excretion of Cortisol in Three Individual Nonhuman Primates. *General and Comparative Endocrinology*. 117:427-438.

Bailey, J. A. 1980. Desert Bighorn, Forage Competition and Zoogeography. *Wildl. Soc. Bull.* 8:208-216.

-----, 1984. Principles of Wildlife Management. Colorado State University. 145, 148, 160-161.

Bartmann, R. M., G. C. White and L. H. Carpenter. 1992. Compensatory Mortality in Colorado Mule Deer Population. *Wildlife Monograph*. 121.

Bearden, H. J. and J. W. Fuquay. 1982. Reproducción Animal Aplicada. Universidad del Estado de Mississippi. Editorial El Manual Moderno. 100-104.

Belenguer, S. G. and P. Mormede. 1993. Nuevo Concepto de Estrés en Ganadería: Psicobiología y Neurobiología de la Adaptación. *Investigación Agraria, Producción y Sanidad Animal*. 8(2):88-110.

Bell, D. V. and L. W. Austin. 1985. The Game-Fishing Season and its Effects on Overwintering Wildfowl. *Biological Conservation*. 33:65-719.

Bentley, P. J. 1998. Comparative Vertebrate Endocrinology. Third Edition. Cambridge University Press.

Berger, J. 1978. Social Development and Reproductive Strategies in Bighorn Sheep. Ph. D. Diss. University of Colorado, Boulder. 134.

-----, 1979. Weaning Conflict in Desert and Mountain Bighorn Sheep (*Ovis canadensis*): An Ecological Interpretation. 50:188-200.

-----, 1982. Female Mating Age and Lamb Survival in Desert Bighorn Sheep (*Ovis canadensis*). *Journal of Mammalogy*. 46:183-190.

Bighorn Institue, Palm Desert, California y Universidad Autónoma de Baja California. Informe Técnico de la Captura de Borrego Cimarrón para un Estudio de Telemetría en Baja California, del 31 de Octubre al 3 de Noviembre de 1999.

Bleich, V. C., J. D. Wehausen and S. A. Holl. 1990. Desert-Dwelling Mountain Sheep: Conservation Implications of a Naturally Fragmented Distribution. *Conservation Biology*. 4:383-390.

Bleich, V. C., R. T. Bowyer., A. M. Pauli., R. L. Vernoy and R. W. Anthes. 1990. Responses of Mountain Sheep to Helicopter Surveys. California Departament of Fish and Game. 76(4):197-204.

Bleich, V. C., R. T. Bowyer., A. M. Pauli., M. C. Nicholson and R. W. Anthes. 1994. Mountain Sheep *Ovis canadensis* and Helicopter Surveys:

Ramifications for the Conservation of Large Mammals. California Department of Fish and Game.

Bleich, V. C. 1996. Interactions Between Coyotes (*Canis latrans*) and Mountain Sheep (*Ovis canadensis*). California Department of Fish and Game. The Southwestern Naturalist. 41(1):81-82.

Bleich, V. C; R. T. Bowyer and J. Wehausen. 1997. Sexual Segregation in Mountain Sheep: Resources or Depredation?. Wildlife Monographs. No. 134.

Blood, D. A., D. R. Flook and W. D. Wishart. 1970. Weights and Growth of Rocky Mountain Bighorn Sheep in Western Alberta. J. Wildl. Mgmt. 34:451-455.

Borg, E. 1981. Physiological and Pathogenic Effects of Sound. Acta Otolaryngol. Suppl. 381:1-68.

Borjesson, D. L., W. M. Boyce., I. A. Gardner., J.R. DeForge and B. Lasley. 1996. Pregnancy Detection in Bighorn Sheep (*Ovis canadensis*) Using a Fecal Based Enzyme Immunoassay. Journal of Wildlife Diseases. 32:67-74.

Bronson, F. H. 1989. Mammalian Reproductive Biology. The University of Chicago Press. 96, 144-146.

Broom, D. M. 1988. Les Concepts de Stress et De Bien Être. *Rec. Med. Vet.* 164:715-722.

Buechner, H. K. 1960. The Bighorn Sheep in the Unites States, its Past, Present, and Future. Wildl. Monogr. 4:174.

-----, 1974. Implications of Social Behavior in the Management of Uganda Kob. 853-870.

Bueno, C. A. 2001. Hábitos Alimentarios del Puma *Puma concolor* (Carnivora: Felidae) en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. Tesis de Licenciatura en Biología. Ciudad Universitaria, Puebla, Puebla. México.

Bunch, T. D., J. Karpowitz., J. Connor., G. W. Workman. 1986. Pregnancy Diagnosis in Free Rancing Nelson's Desert Bighorn Ewes. Desert Bighorn Council Transactions. 30:2-4.

Bunnell, F. L. 1980. Factors Controlling Lambing Period of Dall's Sheep. Canadian Journal of Zoology. 58:1027-1031.

-----, 1982. The Lambing Period of Mountain Sheep: Hypotheses, and Tests. Canadian Journal of Zoology. 60:1-14.

Calef, G. W., E. A. DeBrock and G. M. Lortie. 1976. The Reaction of Barrenground Caribou to Aircraft. *Arctic.* 29:201-212.

Campell, B. H. and R. Remington. 1979. Bighorn Use of Artificial Water Sources in the Buckskin Mountains, Arizona. Desert Bighorn Council Transactions. 23:50-56.

Cassirer, E. F., D. J. Freddy and E. D. Ables. 1992. Elk Responses to Disturbance by Cross-Country Skiers in Yellowstone National Park. Wildlife Society Bulletin. 20:375-381.

Caughley, G. and A. R. E. Sinclair. 1994. Wildlife Ecology and Management. Blackwell Science. E. U. A. 334.

Clark, J. 1964. The Great Arc of the Wild Sheep. University of Oklahoma Press, Oklahoma. 215-218.

Cowan, I. 1940. Distribution and Variation in the Native Sheep of North America. The American Midland Naturalist. 24:505-580.

Cockram, M. S., P. Imlah., P. J. Goddard., G. D. Harkiss and N. K. Waran. 1993. The Behavioural, Endocrine and Leucocyte Response of Ewes to Repeated Removal of Lambs Before the Age of Natural Weaning. Applied Animal Behaviour Science. 38(2):127-142.

Cole, D. N. and R. L. Knight. 1990. Impacts of Recreation on Biodiversity in Wilderness. In Proceedings of a Symposium on Wilderness Areas: Their Impact. Logan, Utah: Utah State University. 33-40.

Colodner, C. A. G. 2001. Evaluación del Estado de Salud de la Población de Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates* Elliot, 1903) en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. Tesis de Licenciatura en Biología. Ciudad Universitaria, Puebla, Puebla. México.

Conn, E. E y P. K. Stumpf. 1976. Bioquímica Fundamental. Tercera Edición. Editorial Limusa. 205.

Costanzo, L. S. 2000. Fisiología. McGraw-Hill Interamericana. 401-403.

Crawley, M. J. 1993. Methods in Ecology: Glim for Ecologists. Blackwell Scientific Publications. 379.

Creel, S., J. E. Fox., A. Hardy., J. Sands., B. Garrott and R. O. Peterson. 2002. Snowmobile Activity and Glucocorticoid Stress Responses in Wolves and Elk. Conservation Biology. 16(3):809-814.

Cunningham, S. C. and R. D. Ohmart. 1986. Aspects of the Ecology of Desert Bighorn Sheep in Carrizo Canyon, California. Arizona State University.

Cunningham, S. C. 1989. Evaluation of Bighorn Sheep Habitat. The Desert Bighorn Sheep in Arizona. Arizona Department of Fish and Game. 33:135-160.

- Daley, C. A., M. S. Macfarlane, H. Sakurai and T. E. Adams. 1999.** Effect of Stress-Like Concentrations of Cortisol on Follicular Development and the Preovulatory Surge of LH in Sheep. *Journal of Reproduction and Fertility*. 117(1):11-16.
- Darlington, P. J.** 1957. *Zoogeography: The Geographical Distribution of Animals*. Wiley, New York.
- Dávila, C. J. A.** 1961. Hunting Seasons in México. *Desert Bighorn Council Transactions*. 5:80-83.
- , 1970. Resultados de la Temporada Experimental de Caza de Cimarrones en el Territorio de Baja California. *Bosques*. 49-54.
- DeForge, J. R.** 1972. Man's Invasion Into the Bighorn's Habitat. *Desert Bighorn Council Transactions*. 16:115-122.
- , 1976. Stress: Is it Limiting Bighorn? *Desert Bighorn Council Transactions*. 20:30-31.
- , 1981. Stress: Changing Environments and the Effects on Desert Bighorn Sheep. *Desert Bighorn Council Transactions*. 25:15-16.
- DeForge, J. R., P. E. Jenner, A. J. Plechner and G. W. Sudmeier.** 1979. Decline of Bighorn Sheep (*Ovis canadensis*), the Genetic Implications. *Desert Bighorn Council Transactions*. 23:63-66.
- DeForge, J. R., S. D. Ostermann, D. E. Towell, P. E. Cyrog and E. M. Barret.** 1993. Helicopter Survey of Peninsular Bighorn Sheep in Northern Baja California. *Desert Bighorn Council Transactions*. 37:8-25.
- Deming, O. V.** 1963. Bighorn Breeding. *Desert Bighorn Council Transactions*. 7:92-113.
- Devlin, T. M.** 1998. *Bioquímica. Libro de Texto con Aplicaciones Clínicas*. Editorial Reverté. 113, 708-739.
- Diario Oficial de la Federación,** 24 de Diciembre de 1990. México, D. F. (12):32-33.
- Domínguez, S. R.** 1976. Analysis of Stomach Contents of Bighorn Sheep in Baja California. 1976. *Desert Bighorn Council Transactions*. 20:21-22.
- Eaton, G. R.** 2002. Estrategia de Manejo Para el Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates* Elliot, 1903), Basada en la Evaluación de los Elementos Estructurales del Hábitat, en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. Tesis de Maestría. Maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México.

Eckert, R., D. Randall and G. Augustine. 1990. Fisiología Animal: Mecanismos y Adaptaciones. Tercera Edición. Editorial Interamericana McGraw-Hill. México, D.F.

Elenowitz, A. S. 1984. Group Dynamics and Habitat Use of Transplanted Desert Bighorn Sheep in the Peloncillo Mountains, New Mexico. Desert Bighorn Council Transactions. 28:1-7.

Elliott, L. F. and W. M. Boyce. 1992. Implications of Captive Breeding Programs for the Conservation of Desert Bighorn Sheep. Desert Bighorn Council Transactions. 36:54-57.

Escoto, R. M. 1994. Balance del Agua del Suelo en Tres Sitios de Estudio en la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México.

Espinoza, P. 1983. Estudio de Resistividad en los Valles de San Pedro Mártir y Valle Chico, Baja California. Tesis de Maestría. CICESE, Ensenada, Baja California. 11.

Etchberger, R. P. Krausman and R. Mazaika. 1989. Mountain Sheep Habitat Characteristics in the Push Ridge Wilderness. Arizona. Journal of Wildlife Management. 53(4):902-907.

Festa-Bianchet, M. 1988a. Nursing Behavior of Bighorn Sheep: Correlates of Ewe Age, Parasitism, Lam Age, Birthdate, and Sex. Animal Behavior. 36:1445-1454.

-----, 1988b. Birthdate and Survival in Bighorn Lambs (*Ovis canadensis*). Journal of Zoology. London. 214:653-661.

-----, 1988c. Age-Specific Reproduction of Bighorn Ewes in Alberta, Canada. Journal of Mammalogy. 69:157-160.

Fletcher, J. L. 1988. Review of Noise and Terrestrial Species: 1983-1988. Special Sources and Issues. Proc. 5th Int. Congr. on Noise as a Public Health Hazard, Stockholm: Swedish Coun. for Buil. Res. 2:181-183.

Flowerdew, J. R. 1987. Mammals, Their Reproductive Biology and Population Ecology. Edward Arnold, Baltimore, Maryland. 241.

Franzmann, A. W. and E. T. Thorne. 1970. Physiologic Values in Wild Bighorn Sheep (*Ovis canadensis canadensis*) at Capture, After Handling, and After Captivity. 647-650.

Friend, T. H. 1991. Behavioral Aspects of Stress. Departament of Animal Science. Texas A & M University. Symposium: Response of Animals to Stress. 292.

Galindo, M. M. E. 2000. Hábitos Alimentarios del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. Tesis de Maestría. Maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México.

Gallizioli, S. 1977. Overgrazing on Desert Bighorn Ranges. Desert Bighorn Council Transactions. 21:21-23.

Ganong, W. F. 1980. Manual de Fisiología Medica. Séptima Edición. Editorial el Manual Moderno. 448.

García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen, Para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana. Tercera edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 252.

Gastil, R. G., R. P. Phillips and E. C. Allison. 1975. Reconnaissance Geology of the State of Baja California. The Geological Society of America. 140.

Geist, V. 1966. Validity of Horn Segment Counts in Aging Bighorn Sheep. The Journal of Wildlife Management. 30(3):634-635.

Geist, V. 1971. Is Big Game Harassment Harmful?. 22:12-13.

-----, 1971. Mountain Sheep: A Study in Behavior and Evolution. The University of Chicago Press, United States of America. 384:107-130.

-----, 1974. On the Relationship of Ecology and Behavior in The Evolution of Ungulates: Theoretical Considerations. 235-246 pp.

-----, 1978. Behavior. In Big Game of North America: Ecology and Management. Schmidt, J. L. and D. L. Gilbert eds. Harrisburg, Pennsylvania. 283-296.

-----, 1999. Adaptative Strategies in American Mountain Sheep: Effects of Climate, Latitude and Altitude, Ice Age Evolution, and Neonatal Security. In: Mountain Sheep of North America. Valdez, R. y P. Krausman eds. The University of Arizona, E. U. A. 351.

Gorbman, A., W. W. Dickhoff., S. R. Vigna., N. B. Clark and C. L. Ralph. 1983. Comparative Endocrinology. 441-446.

Graf, W. 1980. Habitat Protection and Improvement. G. Monson and L. Sumner, eds. The Desert Bighorn. University of Arizona Press, Tucson. 310-319.

Gunn, A., F. L. Miller., R. Glaholt and K. Jingfors. 1983. Behavioral Responses of Barren-ground Caribu Cows and Calves to Helicopters on the Beverly Herd Calving Ground. Northwest Territories. Proc. Nat. Am. Caribu Workshop. 1:10-14.

Guyton, A. C. 1989. Tratado de Fisiología Medica. Séptima Edición. Editorial Interamericana. 900-909.

-----, 2001. Tratado de Fisiología Medica. Décima Edición. Editorial McGraw Hill. 1045-1057.

Hafez, E. S. E. 2000. Reproduction in Farm Animals. Seventh Edition. Editorial McGraw-Hill Interamericana. Seventh Edition.

Hall, R. E. 1981. The Mammals of North America. A Wiley Interscience Publication. New York. (1): 1175.

Hamilton, K., S. A. Hall and C. L. Douglas. 1982. An Evaluation of the Effects of Recreational Activity on Bighorn Sheep in the San Gabriel Mountains, California. Desert Bighorn Council Transactions. 26:50-55.

Hansen, C. G. 1965. Growth and Development of Desert Bighorn Sheep. Journal of Wildlife Management. 29(2):387-391.

-----, 1967. Bighorn Sheep Populations of The Desert Game Range. Journal of Wildlife Managemet. 31:693-706.

Hansen, C. G. and O. V. Deming. 1980a. Growth and Development. *In: The Desert Bighorn: Its Life History, Ecology and Management.* G. Monson and L. Summer, eds. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona, E. U. A. 152-171.

Hansen, C. 1980b. Habitat. *In: The Desert Bighorn: Its Life History, Ecology and Management.* Monson, G. y L. Sumner, eds. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona.

Hanski, I. and M. Gilpin. 1991. Metapopulation Dynamics: Brief History and Conceptual Domain. Biological Journal of the Linean Society. 42:3-16.

Harlow, H. J., E. T. Thorne., E. S. Williams., E. L. Belden and W. A. Gern. 1987. Cardiac Frequency: a Potential Predictor of Blood Cortisol Levels During Acute and Chronic Stress Exposure in Rocky Mountain Bighorn Sheep (*Ovis Canadensis Canadensis*). Journal of Zoology. 65:2028-2034.

Harper, H. A; V. W. Rodwell and P. A. Mayes. 1978. Manual de Química Fisiológica. Editorial El Manual Moderno. Sexta Edición. 533-567.

Hass, C. 1989. Bighorn Lamb Mortality: Predation, Inbreeding and Population Effects. Journal of Zoology. 67:699-705.

-----, 1997. Seasonality of Births in Bighorn Sheep. Journal of Mammalogy. 78(4):1251-1260.

Hayes, C. L., P. R. Krausman and M. C. Wallace. 1994. Habitat Visibility, Heart Rate, and Vigilance of Bighorn Sheep. Desert Bighorn Council Transactions. 38:6-11.

Hennessy, D. P., J. P. Coghlan., K. J. Hardy and E. M. Wintour. 1982a. Development of the Pituitary-Adrenal Axis in Chronically Cannulated Fetuses. Journal Development Physiology. 4: 339-352.

Hicks, J. J. 2001. Bioquímica. Editorial Interamericana McGraw-Hill. 68.

Hoar, W. S. 1978. Fisiología General y Comparada. Ediciones Omega. 754-763.

Hobbs, N. T. and R. A. Spowart. 1984. Effects of Prescribed Fire on Nutrition of Mountain Sheep and Mule deer During Winter and Spring. Journal of Wildlife Managemt. 48:551-560.

Hogg, J. T. 1984. Mating in Bighorn Sheep: Multiple Creative Strategies. Science. 255:526-529.

Instituto Nacional de Ecología (INE). 1999. (www.ine.gob.mx). Áreas Naturales Protegidas. Pagina Oficial de la Red Internacional.

Ira, S. 1999. Human Physiology. Pierce College. Sixth Edition. Charper: 1 y 11.

Jayo, J. M., C. A. Shively., J. R. Kaplan and S. B. Manuck. 1993. Effects of Exercises and Strees on Body Fat Distribution in Males Cynomolgus Monkeys. Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord. 17:597-604.

Jessup, D. A. and R. R. Ramey II. 1995. Genetic Variation of Bighorn Sheep as Measured by Blood Protein Electrophoresis. Desert Bighorn Council Transactions. 39:17-25.

Johnson, E. O., T. C. Kamilaris., C. S. Carter., A. E. Calogero., P.W. Gold and G. P. Chrousos. 1996. The Biobehavioral Consequences of Psychogenic Stress in a Small, Social Primate (*Callithrix jacchus jacchus*). Biol. Psychiatry. 40(5):317-337.

Jones, F. L., G. Flittner and R. Gard. 1957. Report on a Survey of Bighorn Sheep in the Santa Rosa Mountains, Riverside County. California Departament of Fish and Game. 43:179-191.

Jorgenson, J. T. and W. D. Wishart. 1984. Growth Rates of Rocky Mountain Bighorn Sheep on Ram Mountain, Alberta. Proc. Northern Wild Sheep and Goat Council. 4:270-284.

Kelly, W. E. 1980. Predator Relationships. In The Desert Bighorn. G. Monson and L. Sumner, eds. University of Arizona Press, Tucson. 186-196.

- Kirkpatrick, R. L.** 1987. Indices Fisiológicos en la Gestión de la Vida Silvestre. *En: Manual de Técnicas de Gestión de Vida Silvestre*. R. Rodríguez-Tarrés, ed. Wildlife Society, Inc. E. U. A. 105-118.
- Klein, D. R.** 1971. Reaction of Reindeer to Obstructions and Disturbance. *Science*. 393-398.
- Klug, W. and M. R. Cummings.** 1999. Conceptos de Genética. Quinta Edición. Editorial Prentice Hall. México, D. F. 711-712.
- Knight, R. L. and K. J. Gutzwiller.** 1995. Wildlife and Recreationists. Coexistence Through Management and Research. Island Press, Washington, D. C. Covelo, California. 51, 53, 54, 143, 144, 163, 164.
- Knobil, E., J. D. Neill., G. S. Greenwald., C. L. Markert and D. W. Pfaff.** 1994. The Physiology of Reproduction. Vol. II. Second Edition. Academic Press.
- Knol, B. W.** 1991. Stress and the Endocrine Hypothalamus-Pituitary-Testis System: A Review. *The Veterinary Quarterly*. 13(2):104-114.
- Kock, M. D., R. K. Clark., C. E. Franti., D. A. Jessup and J. D. Wehausen.** 1978a. Effects of Capture on Biological Parameters in Free-Ranging Bighorn Sheep (*Ovis Canadensis*): Evaluation of Normal, Stressed and Mortality Outcomes and Documentation of Postcapture Survival. *Journal of Wildlife Diseases*. 23(4):652 -662.
- Krausman, P. R. and J. J. Hevert.** 1983. Mountain Sheep Responses to Aerial Surveys. *Wildl. Soc. Bull.* 11:372-375.
- Krausman, P. R. and B. D. Leopold.** 1986. Habitat Components for Desert Bighorn Sheep in the Hauquhala Mountains, Arizona. *Journal of Wildlife Management*. 50:504-508.
- Krausman, P. R., B. D. Leopold., R. F. Seegmiller and S. G. Torres.** 1989. Relationships Between Desert Bighorn Sheep and Habitat in Western Arizona. *Wildlife Monographs*. 102:66.
- Krausman, P. R., A. Sandoval and R. Etchberger.** 1999. Natural History of Desert Bighorn Sheep. *In: Mountain Sheep of North America*. Valdez, R. y P. Krausman, eds. The University Arizona Press. 351.
- Krausman, P. R. and D. Shackleton.** 2000. Bighorn Sheep. *In: Ecology and Management of Large Mammals in North America*. Demarais, S. y P. Krausman, eds. Prentice-Hall, Inc.
- Lee, R. M. and E. Mellink.** 1995. Status of Bighorn Sheep in Mexico. *Desert Bighorn Council Transactions*. 39:35-40.

- , 1996. Status of Bighorn Sheep in Mexico-1995. Desert Bighorn Council Transactions. 40:35-39 pp.
- Lee, R. M.** 1999. Reporte Técnico del Censo Aéreo de Borrego Cimarrón en Baja California.
- Lenarz, M.** 1979. Social Structure and Reproductive Strategy in Desert Bighorn Sheep (*Ovis canadensis mexicana*). Journal of Mammalogy. 60(4): 71-678.
- Leopold, A.** 1933. Game Management. Charles Scribner's Sons. New York, N. Y.
- In: U.S. Fish and Wildlife Service.** 1999. Draft Recovery Plan for the Bighorn Sheep in the Peninsular Ranges. U.S. Fish and Wildlife Service, Portland.
- , 1977. Fauna Silvestre de México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. Editorial Pax-México. Segunda Edición. 598.
- Leslie, D. M. and C. L. Douglas.** 1979. Desert Bighorn Sheep of the River Mountains, Nevada. Wildlife Monographs. 66:1-56.
- , 1980. Human Disturbance at Water Sources of Desert Bighorn Sheep. Wildl. Soc. Bull. 8:284-290.
- Liptrap, R. M.** 1985. Stress and Reproduction in Domestic Animals. Department of Biomedical Sciences. University of Guelph. Guelph Notario, Canadá. 275.
- López, F. M. C.** 1979. Ecto and Endoparasites of the Desert Bighorn (*Ovis canadensis cremnobates*) in Northern Baja California, Mexico. Desert Bighorn Council Transactions. 23:78.
- López, G., G. C. Ruiz and M. R. Meraz.** 1995. Population Density of Desert Bighorn in Northern Baja California, Mexico (Cañadas Arroyo Grande and Jaquejel). Desert Bighorn Council Transactions. 39:42-49.
- MacArthur, R. A., V. Geist and R. H. Johnston.** 1979. Factors Influencing Heart Rate in Free Ranging Bighorn Sheep: A Physiological Approach to Study Wildlife Harassment. Canadian Journal of Zoology. 57:2010-2021.
- , 1982. Cardiac and Behavioral Responses of Mountain Sheep to Human Disturbance. Journal Wildlife Management. 46:351-358.
- Macias, A. L.** 1961. Bighorn Management in Mexico. Desert Bighorn Council Transactions. 5:51-52.
- MacIsaac, R., J. G. MacDougall and E. M. Wintour.** 1989. Cortisol Feedback on Ovine Fetal ACTH Secretion During the Last Fifth of Gestation. Reproduction of Fertility Development. 1:337-345.

Magyar, D. M., D. Fridshall., C. W. Elsner., T. Glatz., J. Elliot., A. H. Klein., K. C. Lowe., H. E. Buster and P. W. Nathanielsz. 1980. Time-Trend Analysis of Plasma Cortisol Concentrations in the Fetal Sheep in Relation to Parturition. *Endocrinology*. 107:155-159.

Mahon, C. 1975. Again Desert Bighorn by Teeth. *Desert Bighorn Council Transactions*. 19: 57.

Martínez, R., J. Alaníz., S. Jiménez., A. Rojo y M. Montoya. 1997. Informe Técnico del Censo Aéreo de Borrego Cimarrón en Baja California en Mayo de 1997. Universidad Autónoma de Baja California.

Mellink, E. 1991. Mamíferos Conocidos de la Sierra San Pedro Mártir. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California. Memorias de la III Semana de la Exploración y la Historia. 45-48.

McCutchen, H. E. 1985. A Technique to Visually Assess Physical Condition of Bighorn Sheep. *Desert Bighorn Council Transactions*. 85:27-28.

McLeod, P. J., W. H. Moger., J. Ryon., S. Gadbois and J. C Fentress. 1996. The Relation Between Urinary Cortisol Levels and Social Behaviour in Captive Timber Wolves. *Canadian Journal of Zoology*. 74:209-216.

Miller, F. L. and A. Gunn. 1979. Responses of Peary Caribu and Muskoxen a Helicopter Harassment. *Canadian Wildlife Service. Occas.* 40:1-90.

-----, 1980. Behavioral Responses of Muskox Herds to Simulation of Cargo Slingin by Helicopter. Northwest Territories. *Canadian Field Naturalist*. 95:52-60.

Miller, G. and E. L. Smith. 1985. Human Activity in Desert Bighorn Habitat: What Disturbs Sheep?. *Desert Bighorn Council Transactions*. 29:4-7.

Miller, F. L. and S. J. Barry. 1988. Nursing by Muskox Calves, Before, During and After Helicopter Overflights. *Arctic*. 41:231-235.

Minnich, R. A., E. Franco-Vizcaíno., J. Sosa., M. G. Barbour., J. H. Burk and W. J. Barry. 1994. The Potencial of the Sierra San Pedro Martir as a Biosphere Reserve. Report to the Project on Natural Protected Areas of Mexico.

Minnich, R. A y E. Franco-Vizcaíno. 1999. Protección de la Vegetación y los Regímenes de Incendios de la Sierra de San Pedro Mártir en Baja California. Fremontia. *Revista de la Sociedad de las Plantas Nativas de Baja California. Edición Especial*. 29.

Minton, J. E., J. K. Apple., K. M. Parsons and F. Blecha. 1995. Stress-Associated Concentrations of Plasma Cortisol Cannot Account for Reduced

Lymphocyte Function and Changes in Serum Enzymes in Lambs Exposed to Restraint and Isolation Stress. *Journal Animal Science*. 78:812-817.

Moberg, G. P. and V. A. Wood. 1981. Neonatal Stress in Lambs: Behavioral and Physiological Response. *Development Psychobiology*. 14(2):155-162.

Moberg, G. P. 1991. How Behavioral Stress Disrupts the Endocrine Control of Reproduction in Domestic Animals. Department of Animal Science. University of California.

Monson, G. and L. Summer. 1980. The Desert Bighorn: Its Life History, Ecology and Management. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona.

Montoya, M. 1998. Evaluación del Hábitat del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*, Elliot, 1903) con Fines de Manejo en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. Tesis de Maestría. Maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México.

National Research Council. 1995. Science and the Endangered Species. Act. National Academic Press. Washington, D.C.

Nichols, I. 1978. Dall Sheep Reproduction. *Journal Wildlife Management*. 42:570-580.

Norman, L. J., S. J. Lye., M. E. Wlodek and J. R. Challis. 1985. Changes in Pituitary Responses to Synthetic Ovine Corticotrophin Releasing Factor in Fetal Sheep. *Canadian Journal of Physiology Pharmacology*. 63: 1398-1403.

Norman, A. W and G. Litwack. 1997. Hormones. Chapter: 2, 3 y 10. Academic Press. Second Edition.

Norris, O. D. 1996. The Mammalian Adrenal Glands: Cortical and Chromaffin Cells. Chapter 9. *In: Vertebrate Endocrinology*. Third edition. Academic Press. San Diego, California. 299-326.

Oftedal, O. T. 1985. Pregnancy and Lactation. *In: Bioenergetics of Wild Herbivores*. R. J. Hudson and R. G. White, eds. CRC Press, Boca Raton, Florida. 215-238.

Olech, L. A. 1979. Summer Activity Rhythms of Peninsular Bighorn Sheep in Anza Borrego Desert State Park, San Diego County, California. *Desert Bighorn Council Transactions*. 23:33-36.

O'Reilly, M. 1995. Ecological Basis of Endocrine Phenomena: Field Studies of Scolopacidae as Model Systems. University of Washington. 119:52-59.

Orgeur, P., N. Mavric., P. Yvore., S. Bernard., R. Nowak., B. Schaal and F. Levy. 1998. Artificial Weaning in Sheep: Consequences on Behavioural, Hormonal and Immuno-Pathological Indicators of Welfare. *Applied Animal Behaviour Science*. 58(1-2):87-103.

Página electrónica: Instituto Babcock para el Desarrollo y la Investigación Internacional de la Lechería.

Papouchis, C. M., F. J. Singer and W. Sloan. 1999. Effects of Increasing Recreational Activity on Desert Bighorn Sheep in Canyonlands National Park, Utah. 364-391.

Pérez-Gil, S. R. y F. M. Jaramillo. 1996. Importancia Económica de los Vertebrados Silvestres de México. Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. 51-57.

Peristein, R. S M. H. Whutnall., J. S. Abrams., E. H. Mougey and R. Neta. 1993. Synergistic Roles of Interleukin-6, Interleukin-1 and Tumor Necrosis Factor in Adrenocorticotropin Response to Bacterial Lipopolysaccharide in Vitro. *Endocrinology*. 132:946-952.

Ponce, M. I. 1999. Determinación de la Dieta del Lince (*Lynx rufus*) en la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México.

Purdi, K. G. and W. W. Shaw. 1980. Recreational Use of Desert Bighorn Habitat in Pusch Ridge Wilderness. *Desert Bighorn Council Transactions*. 24:52 -56.

-----, 1981. An Analysis of Recreational Use Patterns in Desert Bighorn Habitat: the Pusch Ridge Wilderness Case. *Desert Bighorn Council Transactions*. 25:1-5.

Reinhardt, V., D. Cowley., S. Eisele and J. Scheffler. 1991. Avoiding Undue Cortisol Responses to Venipuncture in Adult Male Rhesus Monkeys. *Animal Technology*. 42:83-86.

Reyes, C. S y J. García. 1991. Climatología de Baja California: Sierra de San Pedro Mártir. Grupo de Meteorología. CICESE. Memorias de la III Semana de la Exploración y la Historia. 29.

Risenhoover, K. L. and J. A. Bailey. 1980. Visibility: an Important Habitat Factor for an indigenous, Low-Elevation Mountain Herd in Colorado. *Biennial Symposium of the Northern Wild Sheep and Goat Council*. 2:18 -28 pp.

-----, 1985. Foraging Ecology of Mountain Sheep: Implications for Habitat Management. *Journal Wildlife Management*. 49:797-804.

-----, 1988. Growth Rates and Birthing Period of Bighorn Sheep in Low Elevation Environments in Colorado. *Journal of Mammalogy*. 69:592-597.

River, C. and S. Rivest. 1991. Effect of Stress on the Activity of the Hypothalamic-Pituitary-Gonadal Axis: Peripheral and Central Mechanisms. *Biology of Reproduction*. 45:523-532.

Rodríguez, M. M. 1991. Las Aves de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California. *Memorias de la III Semana de la Exploración y la Historia*. 41-44.

Romero, L. M. and L. R. Healey. 2000. Daily and Seasonal Variation in Response to Stress in Captive Starlings (*Sturnus vulgaris*): Corticosterone. *General and Comparative Endocrinology*. 119:52-59.

Romero, L. M., M. Ramenofsky and J. C. Wingfield. 1997. Season and Migration Alters the Corticosterone Response to Capture and Handling in an Arctic Migrant, the White-Crowned Sparrow (*Zonotrichia leucophrys gambelii*). *Comparative Biochemistry Physiology*. 116:171-177.

Rose, J. C., P. J. Meis., R. B. Urban and F. C. Greiss. 1982. In Vivo Evidence for Increased Adrenal Sensitivity to Adrenocorticotropin (1-24) in the Lamb Fetus Late in Gestation. *Endocrinology*. 111:80-85.

Ruíz, C. G. 1991. Caracterización Limnológica de los Arroyos de la Sierra San Pedro Mártir, como Hábitat de la Trucha Endémica *Oncorhynchus mykiss nelsoni* (Evermann). Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California. *Memorias de la III Semana de la Exploración y la Historia*. 39, 40.

Salame, M. A. 1998. Niveles de Hormonas Esteroides en el Cerebro y Tejidos Urogenitales en Embriones de la Tortuga Marina *Lepidochelys olivacea* Incubados a Temperatura Feminizante o Masculinizante. Tesis Doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Investigaciones Biomédicas.

Salmón, P. E. A. 1999. Variación Morfométrica de Cráneos de Borrego Cimarrón *Ovis canadensis cremnobates* Elliot, 1903 y *Ovis canadensis weemsi*, Goldman, 1937. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México.

Saltzman, W., N. J. Schultz-Darken., G. Scheffler., F. H. Wegner and D. H. Abbott. 1994. Social and Reproductive Influences on Plasma Cortisol in Female Marmoset Monkeys. *Physiol. Behav.* 56: 801-810.

San Diego Natural History Museum. 2000. San Pedro Mártir. Ocean Oasis Field Guide. Pagina Electrónica: <http://www.oceanoasis.org/fieldguide/sanpedromartir>

Sandoval, A. W. 1985. Status of Bighorn Sheep in the Republic of Mexico. *In* Wild Sheep: Distribution, Abundance, Management and Conservation of the Wild Sheep of the World and Closely Related Mountain Ungulates. Hoefs. M. ed. Yukon, Canada: Northern Wild Sheep and Goat Council. 86-94.

Sapolsky, R. M. 1990. Stress in the Wildl. *Sci. Am.* 116-123.

-----, 1992. Cortisol Concentrations and the Social Significance of Rank Instability Among Wild Baboons. *Psychobiology endocrinology.* 17:701-709.

-----, 1993. The Physiology of Dominance in Stable Versus Unstable Social Hierarchies. *In* Mason, W. A; Mandoza, S. P. eds. *Primate Social Conflict.* Albany: SUNY Press. 171-204.

Sapolsky, R. M. and J. Ray. 1989. Styles of Dominance and There Endocrine Correlates Among Wild Olive baboons (*Papio anubis*). *Animal Journal Primatology.* 18:1-13.

Sapolsky, R. M. 1995. Social Subordinance as a Marker of Hypercortisolism: Some Unexpected Subtleties *in* "Stress Basic Mechanisms and Clinical Implications". 771:626-639.

Sapolsky, R. M. and L. J. Share. 1998. Darting Terrestrial Primates in the Wild: A Primer. *Animal Journal Primatology.* 44(2):155-167.

Sapolsky, R. M., L. M. Romero and A. U. Munck. 2000. How Do Glucocorticoids Influence Stress Responses? Integrating Permissive, Stimulatory, and Preparative Actions. *Endocrine Reviews.* 21(1):55-89.

Sargeant, G. A., L. E. Eberhardt and J. M. Peek. 1994. Thermoregulation by Mule Deer (*Odocoileus hemionus*) in Arid Rangelands of Southcentral Washisngton. *Journal of Mammalogy.* 75(2):536-544.

Schwartz, O. A., V. C. Bleich and S. A. Holl. 1986. Genetics and the Conservation of Mountain Sheep *Ovis canadensis nelsoni*. *Biological Conservation.* 37:179-190.

Seal, U. S. and R. L. Hoskinson. 1978. Metabolic Indicators of Habitat Condition and Capture Stress in Pronghorns. *Wildlife of Management.* 42(4):755-763.

Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) y Universidad Autónoma de Baja California (UABC). 1988. Estudio Poblacional e Histopatológico del Borrego Cimarrón del Desierto (*Ovis canadensis cremnobates*) en el Estado de Baja California.

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP)-Dirección General de Vida Silvestre del Instituto Nacional de Ecología (DGVS-INE). 1997. Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural: 1997-2000, México. 207.

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP)-Gobierno del Estado de Baja California, Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir. 1999. Proyecto para Establecer un Criadero Intensivo de Borrego Cimarrón para Repoblación de Sierras de Baja California. 5.

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP)-Dirección General de Vida Silvestre del Instituto Nacional de Ecología (DGVS-INE). 2000. Proyecto para Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis*) en México. 86.

Seegmiller, R. F and R. D. Ohmart. 1981. Ecological Relationships of Feral Burros and Desert Bighorn Sheep. Wildlife Monography. 58.

Seeley, R. R; T. D. Stephens and P. Tate. 2002. Essentials of Anatomy and Physiology. Fourth Edition. McGraw-Hill Higher Education. 277-285.

Selye, H. 1946. The General Adaptation Syndrome and the Diseases of Adaptation. Journal Endocrinology. 6:117-230.

-----, 1980. A Guide to Stress Research. Vol. 1. New York: Van Nostrand Reinhold.

Shackleton, D. 1985. *Ovis canadensis*. Mammalian Species. The American Society of Mammalogy. 230:1-9.

Shackleton, D. M., Ch. Shank and B. Wikeem. 1999. Natural History of Rocky Mountain and California Bighorn Sheep. In: Mountain Sheep of North America. Valdez, R. y P. Krausman, eds. The University Arizona Press. 351.

Shier, D., J. Butler and R. Lewis. 2002. Anatomy and Physiology Human. Ninth Edition. McGraw-Hill Higher Education. 536-539.

Smith, T. E. and J. A. French. 1997. Psychosocial Stress and Urinary Cortisol Excretion in Marmoset Monkeys (*Callithrix kuhli*). Physiology and Behavior. 62(2):225-232.

Sosa, R. J. 1991. Los Bosques de la Sierra de San Pedro Mártir. CICESE. Memorias de la III Semana de la Exploración y la Historia. 34.

Squibb, R. C., J. F. Kimball Jr. and D. R. Anderson. 1986. Bimodal Distribution of Estimated Conception Dates in Rocky Mountain Elk. *Journal of Wildlife Management*. 50:118-122.

Tapia, L. A. 1997. Cimarrón, del Culto a la Cultura del Borrego. Universidad Autónoma de Baja California. 120.

Thompson, R. W. and J. C. Turner. 1982. Temporal Geographic Variation in The Lambing Season of Bighorn Sheep. *Canadian Journal of Zoology*. 60:1781-1793.

Tortora, G. J. and N. P. Anagnostakos. 1989. Principios de Anatomía y Fisiología. Editorial Harla. Quinta Edición. México. D. F. 542-545.

Tortora, G. J. 2002. Principios de Anatomía y Fisiología. Novena Edición. Oxford, University Press. 1080.

Turner, J. C. and C. C. Hansen. 1980. In the Desert Bighorn, its Life History, Ecology and Management. The University Arizona Press, Tucson. 370.

Turner, J. C. 1982. A Modified Cap-Chur Dart and Dye Evaluation for Marking Desert Sheep. *Journal of Wildlife Management*. 42(2):553-557.

U.S. Fish and Wildlife Service. 1988. Desert Bighorn Sheep: A Guide to Selected Management Practices. 2-5.

-----, 1999. Draft Recovery Plan for the Bighorn Sheep in the Peninsular Ranges. U.S. Fish and Wildlife Service, Portland, OR. 203.

Valdez, R. and P. R. Krausman. 1999. Description, Distribution and Abundance of Mountain Sheep in North America. *In: Mountain Sheep of North America*. Valdez, R. and P. Krausman, eds. The University of Arizona Press. 351.

Vaughan, T. A. 1988. Mamíferos. Editorial Interamericana. Tercera Edición. México, D. F. 431-446.

Wakelyn, L. A. 1984. Analysis and Comparison of Existing and Historic Bighorn Sheep Ranges in Colorado. M. S. Thesis, Colorado State University. Fort Collins. 274.

Wallace, M. C., P. R. Krausman., D. W. DeYoung and M. E. Weisenberger. 1992. Problems Associated with Heart Rate Telemetry Implants. *Desert Bighorn Council Transactions*. 36:51-53.

Weaver, R. A. 1973. Burro Vs Bighorn. *Desert Bighorn Council Transactions*. 17:90-97.

-----, 1986. Status of Desert Bighorn Sheep in the U. S. and Current Management Programs. *Trans. N. A.m. Wildl. Nat. Resour. Conf.* 51:41-44.

Welch, R. D. 1969. Behavioral Patterns of Desert Bighorn Sheep in South-central New Mexico. Desert Bighorn Council Transactions. 13:114-129.

Welsh, H. H. 1988. An Ecogeographic Analysis of the Herpetofauna of the Sierra San Pedro Martir Region, Baja California.

Wingfield, J. C. 1994. Modulation of the Adrenocortical Response to Stress in Birds. 119:52-59.

Wingfield, J. C., K. Hunt., C. Breuner., K. Dunlap., G. S. Fowler, L. Freed and J. Lepson. 1997. "Environmental Stress, Field Endocrinology, and Conservation Biology". *In: Behavioral Approaches to Conservation in the Wild.* Clemmans, B. Ed. Cambridge University Press. 95-129.

Whitacker, D. and R. L. Knight. 1998. Understanding Wildlife Responses to Humans. Wildlife Society Bulletin. 26:312-317.

Wilson, L. O. 1980. Desert Bighorn Habitat Requirements and Management Recommendations. Desert Bighorn Council Transactions. 24:1-7.

Yuill, M. T. 1986. Diseases as Components of Mammalian Ecosystems: Mayhem and Subtlety. Canadian Journal of Zoology. 65:1061-1066.

ANEXO 1. Glosario con las Definiciones de las Palabras Señaladas en el Texto

Respuesta al estrés:

Mientras que el glucagón y la adrenalina se liberan en respuesta a bajas concentraciones de glucosa en sangre, la adrenalina, junto con los glucocorticoides, se libera en casos de estrés sistémico. Este estrés ocurre debido a condiciones de apremio o urgencia ante muy diversas situaciones y alerta al individuo.

Acidez:

Cuando el organismo pierde bicarbonato. La acidosis metabólica es un desequilibrio acidobásico en donde el pH es menor de 7.35; la concentración de H^+ es mayor de 40 meq/l, y la cifra de bicarbonato sérico es menor de 25 meq/l. La disminución de la cifra de bicarbonato origina acidosis, y ésta se debe a la pérdida de dicho ion por el riñón o el colon, o bien por la aparición de otros ácidos con valores anormales en plasma.

Adrenalina:

Hormona que secreta la medula suprarrenal y genera acciones similares a las que provoca la estimulación simpática. También se le llama Epinefrina.

Anticuerpos:

Proteínas que producen los linfocitos T y B en respuesta a un antígeno específico. El anticuerpo se combina con dicho antígeno para neutralizarlo. Las moléculas de anticuerpos son inmunoglobulinas producidas por el organismo en respuesta a la invasión de compuestos (antígenos) extraños tales como proteínas.

ATP:

Adenosin trifosfato. Nucleótido de extrema importancia en la biología celular, por ejemplo, es el agente productor de energía.

Catabolia:

Proceso de degradación. Reacciones químicas en las que se biotransforman compuestos orgánicos para convertirse en otros más simples, con liberación neta de energía.

Células plasmáticas:

Células que producen anticuerpos y se desarrollan a partir de linfocitos B. También se les llama plasmocitos.

Depresión genética:

Desde un punto de vista evolutivo, si una población se escinde en dos subpoblaciones más pequeñas, el efecto de la consanguinidad será evidente. La consanguinidad da lugar a la producción de individuos homocigotos para alelos recesivos que anteriormente estaban "cultos" en heterocigosis. Debido a que muchos alelos recesivos son deletéreos en homocigosis, las poblaciones con consanguinidad tendrán normalmente una eficacia biológica disminuida. En animales domesticados, la consanguinidad y la selección se han utilizado durante miles de años y estos organismos ya han alcanzado un alto grado de homocigosidad en muchos loci. Una mayor consanguinidad producirá normalmente una pequeña pérdida de eficacia biológica. Sin embargo, la consanguinidad entre individuos de poblaciones grandes, con apareamiento al azar, puede dar lugar a altos niveles de depresión consanguínea.

Eje neuroendocrino-glándula suprarrenal (pituitaria-adrenal):

Los sistemas nervioso y endocrino están coordinados en un supersistema entrelazado, el sistema neuroendocrino. Ciertas partes del sistema nervioso estimulan o inhiben la liberación de hormonas, que a su vez promueven o restringen la generación de impulsos nerviosos. Hace que los músculos se contraigan y que las glándulas aumenten o disminuyan la secreción de sus hormonas. El endocrino no sólo participa en la regulación de la actividad de los músculos liso y cardíaco, así como de ciertas glándulas, sino que también tiene efectos en casi todos los tejidos corporales.

Eosinófilos:

Constituyen del 2 al 3% de todos los glóbulos blancos. Son fagocitos débiles y presentan una quimiotaxis moderada. Los eosinófilos se acumulan en los tejidos en los que han ocurrido reacciones alérgicas, como los tejidos peribronquiales de los pulmones en las personas asmáticas.

Espematogénesis:

Formación y desarrollo de espermatozoides en los túbulos seminíferos de los testículos. La espermatogénesis se divide en dos fases: 1) espermatocitogénesis que consiste de una serie de divisiones en las cuales la espermatogonia forma las espermatídes y la, 2) espermiogénesis que es la fase en que las espermatídes "sufren" metamorfosis para formar al espermatozoide.

Estado de Shock:

Riego sanguíneo inadecuado en todo el cuerpo. El estado de shock produce una disminución del gasto cardiaco reduciendo la cantidad de oxígeno y de elementos nutritivos disponibles para los diferentes tejidos, esto a su vez, disminuye la intensidad del metabolismo que pueden alcanzar las diferentes células de la economía. Generalmente una persona sólo puede vivir unas cuantas horas si su gasto cardiaco baja hasta un 40 % de lo normal. Uno de los primeros síntomas del shock es la debilidad muscular intensa, asociada con gran fatiga siempre que se intenta utilizar los músculos. Esto resulta del menor aporte de elementos nutritivos, sobre todo oxígeno. Por la disminución del metabolismo que ocurre, está reducida la cantidad de calor que se libera en el organismo. En consecuencia, la temperatura tiende a disminuir si el cuerpo se expone al menor frío.

Glucemia:

El cortisol provoca una disminución moderada en el ritmo de utilización de glucosa por las células. Un mecanismo sugerido para este efecto se basa en observar que los glucocorticoides deprimen la oxidación de NADH. Como el NADH debe oxidarse para permitir una glucólisis rápida, este efecto pudiera explicar la disminución de utilización de glucosa por las células. También, los glucocorticoides deprimen ligeramente el transporte de glucosa hacia el interior de las células. Tanto el aumento de la gluconeogénesis como la reducción de la utilización de glucosa por las células aumenta la glucemia.

Gluconeogénesis:

El efecto más conocido del cortisol sobre el metabolismo es su capacidad de incrementar la gluconeogénesis hepática, aumentándola en ocasiones seis a 10 veces. Proceso metabólico de reconstitución de glucosa luego que ha sido biotransformada. Es la transformación de una sustancia que no sea el glicógeno u otro monosacárido en

glucosa (formación de azúcar). Los metabolitos más importantes de la gluconeogénesis son el piruvato, el lactato y la alanina. En vertebrados, las gluconeogénesis hepática y renal proporcionan glucosa para ser utilizada por el cerebro, los músculos y los eritrocitos. La biosíntesis de glucosa es absolutamente necesaria en todos los mamíferos, dado que el sistema nervioso, la medula renal, los testículos, los eritrocitos y los tejidos embrionarios de éstos requieren de glucosa sanguínea como la más importante fuente de energía. El cerebro humano necesita alrededor de 120 gr de glucosa al día. La gluconeogénesis es una vía universal, presente en todos los animales, plantas, hongos y microorganismos, y las reacciones son las mismas en todos los casos. En los animales superiores, la gluconeogénesis ocurre principalmente en el hígado y en menor proporción en la corteza suprarrenal.

Hidrogeniones:

El ion hidrógeno es el causante de la acidez o alcalinidad del medio, en el funcionamiento del organismo. Este ion resulta de la pérdida de un electrón en un átomo de hidrógeno, de modo que éste queda con una carga positiva +1. Puesto que el átomo de hidrógeno no es más que un protón con un electrón girando en su alrededor, el ion hidrógeno es, en realidad, un protón. De esta manera, los términos hidrogenión, protón e ion hidrógeno son sinónimos. Este ion puede tener propiedades tóxicas, pues su alta reactividad le permite combinarse con diversas biomoléculas que modifican su comportamiento bioquímico.

Homeostasia:

Estado en el que el medio corporal interno permanece relativamente constante, dentro de los límites fisiológicos. Es la persistencia a las condiciones estáticas o constantes en el medio interno. Esencialmente todos los órganos y tejidos de la economía llevan a cabo funciones que ayudan a mantener estas condiciones constantes.

Leucocitos:

Son los glóbulos blancos de la sangre los cuales son formados por células madre en la médula ósea y en los ganglios linfáticos. Cuando las bacterias invaden el cuerpo, la médula ósea produce grandes cantidades de leucocitos. Después son transportados por la sangre a diferentes partes del organismo en donde ejercen sus funciones. Su función principal estriba en que son transportados específicamente a zonas donde hay

inflamación intensa, proporcionando así una defensa rápida y enérgica contra cualquier posible agente infeccioso. Los leucocitos se dividen en varios tipos de glóbulos blancos: neutrofilos, eosinofilos, basofilos, monocitos, linfocitos y células plasmáticas.

Linfocitos:

Tipo de leucocito que se encuentra en los ganglios linfáticos, relacionado con el sistema inmunitario. Algunos son formados en la médula ósea, pero la mayoría en los ganglios linfáticos, en el timo y en el bazo a partir de células progenitoras que originalmente provienen de la médula ósea. Su principal función consiste en la remoción de los cuerpos extraños tales como bacterias y de células muertas o de tritos celulares.

Metabolismo:

Todas las reacciones bioquímicas que se llevan a cabo dentro de un organismo, incluso las sintéticas (anabólicas) y las de descomposición (catabólicas). Transformaciones químicas y energéticas que ocurren en el organismo.

Metapoblación:

Conjunto de poblaciones locales dentro de un área, en donde la migración típica de por lo menos una población local a otra es posible.

Presión sanguínea:

Fuerza que ejerce la sangre contra las paredes de los vasos sanguíneos, debido a la contracción cardíaca y con la influencia de la elasticidad de las paredes vasculares.

Enzima:

Proteína que modifica la velocidad de reacciones químicas en las células; catalizador orgánico, por lo general una proteína. Es una proteína sintetizada por la célula viva que cataliza o acelera una reacción termodinámicamente posible. Dada su naturaleza proteínica, las enzimas son afectadas en su actividad por factores físicos, la temperatura, fuerza iónica, pH, factores químicos e inhibidores.

Anexo 2. Datos Generales de Campo:

[illegible]

ANEXO 4. Especificidad de los Anticuerpos Policlonales Utilizados en el Inmunoensayo

Cortisol		Progesterona		Testosterona		Estradiol	
reacción cruzada	%	reacción cruzada	%	reacción cruzada	%	reacción cruzada	%
cortisol	100	progesterona	100	testosterona	100	dehidroepian drosterona	ND
prednisolona	58.3	11 α - hidroxiprogesterona	15.9	5 α - dididroxitestosterona	6.6	equilina	2.73
prednisona	10.9	5 α -pregnano- 3,20diona	1.8	5-androstano-3 β ,17 β - diol	2.2	equilina	ND
cortisona	7.0	3 β -hidroxi-5- pregnano-20-1	22.2	11-oxotestosterona	1.8	estrone	1.35
11-deoxicortisol	5.7	20 β -hidroxi-4- pregnano-3-1	4.6	androstendiona	0.9	estrone sulfatada	1.23
21-deoxicortisol	1.9	17- hidroxiprogesterona	2.7	5 β -dihidrotesterona	0.6	estrone glucoronada	0.36
17 α -hidroxi progesterona	0.9	11 β -hidroxi progesterona	<0.01	5 β -androstano-3 β , 17 β -diol	0.5	testosterona	ND
dexametasona	0.9	20 α -hidroxi-4- pregnano-3-1	<0.01	estradiol	0.4	progesterona	ND
triamcinolona	0.4	estradiol	<0.01	5 α -androstano-3 β -ol- 17-ona	0.2	cortisol	ND
corticosterona	ND	corticosterona	<0.01	11 β - hidroxitestosterona	ND		
progesterona	ND	testosterona	ND	1 β -hidroxi androstenediona	ND		
dehidroepiandrosterona	ND			5 α -androstano-3 β , 17 β -diol-11-ona	ND		
testosterona	ND			5 α -androstano-3 α , 17 β -diol	ND		
estradiol	ND			5 β -androstano-3,17- diona	ND		
				dehidroepi androsterona	ND		
				estrone	ND		
				estriol	ND		
				corticosterona	ND		
				progesterona	ND		
				danazol	ND		

* La especificidad y los porcentajes de las reacciones cruzadas son las referidas por marca y compañía.

ND= no determinado el análisis de reacción cruzada.

ANEXO 5. Matrices Utilizadas en el Análisis Estadístico

Matriz para machos-hembras donde se confronta el resultado de la concentración de cortisol (variable de respuesta) contra las variables asociadas al muestreo (variables explicatorias).

Localidades de muestreo	Altura	Estación	Clima	Actividad antropogénica	Condición reproductiva	Sexo	[Cortisol]
1	1	1	1	1	1	1	ng/gr
2	2	2	2	2	2	2	
3		3					
4		4					
5							
6							
7							
8							
9							

Variables con sus diferentes niveles:

Localidades de muestreo: (1) Observatorio, (2) Cañón La Providencia, (3) Cañón La Esperanza, (4) Cañón Del Diablo y Diablito, (5) Cañón La Encantada, (6) Cerro El Picacho, (7) Cerro Botella Azul, (8) Cañón Los Colibríes, (9) Cerro Prieto; **Altura:** (1) por arriba de los 1,500 m. s. n. m., (2) por abajo de los 1,500 m. s. n. m.; **Estación:** (1) otoño, (2) invierno, (3) primavera, (4) verano; **Clima:** (1) lluvia, (2) sequía; **Actividad antropogénica:** (1) presencia, (2) ausencia; **Condición reproductiva:** (1) celo, (2) apareamiento; **Sexo:** (1) macho, (2) hembra.

Matriz para hembras donde se confronta el resultado de la concentración de cortisol (variable de respuesta) contra las variables asociadas al muestreo (variables explicatorias).

Localidades de muestreo	Altura	Estación	Clima	Actividad antropogénica	Condición reproductiva	[Cortisol]
1	1	1	1	1	1	ng/gr
2	2	2	2	2	2	
3		3			3	
4		4				
5						
6						
7						
8						
9						

Variables con sus diferentes niveles:

Localidades de muestreo: (1) Observatorio, (2) Cañón La Providencia, (3) Cañón La Esperanza, (4) Cañón Del Diablo y Diablito, (5) Cañón La Encantada, (6) Cerro El Picacho, (7) Cerro Botella Azul, (8) Cañón Los Colibríes, (9) Cerro Prieto; **Altura:** (1) por arriba de los 1,500 m. s. n. m., (2) por abajo de los 1,500 m. s. n. m.; **Estación:** (1) otoño, (2) invierno, (3) primavera, (4) verano; **Clima:** (1) lluvia, (2) sequía; **Actividad antropogénica:** (1) presencia, (2) ausencia; **Condición reproductiva:** (1) preñez, (2) nacimientos, (3) lactancia.

Matriz para machos-hembras de las muestras obtenidas por medio de la captura del borrego cimarrón, en la misma zona de estudio, donde se confrontó el resultado de la concentración de cortisol (variable de respuesta) contra las variables asociadas al muestreo (variables explicatorias).

Localidades de muestreo	Actividad antropogénica	Condición reproductiva en hembras	Condición reproductiva en machos y hembras	Sexo	[Cortisol]
1	1	1	1	1	µg/dl
2	2	2	2	2	
3		3			
4					

Variables con sus diferentes niveles:

Localidades de muestreo: (1) Cañón El Cajón, (2) Cañón El Barroso, (3) Cañón El Carrizo, (4) Cañón El Parral; **Actividad antropogénica:** (1) presencia, (2) ausencia; **Condición reproductiva en hembras:** (1) preñez, (2) nacimientos, (3) lactancia; **Condición reproductiva en machos y hembras:** (1) celo, (2) apareamiento.

ANEXO 6. Pruebas "t Student" y Significancias Obtenidas en los Resultados de la Concentración de Cortisol en Heces de Machos y Hembras de Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California

Comparación entre localidades mediante la prueba "t Student" ($\alpha=0.05$) y sus valores estimados.

9 Niveles	Estimados	Comparaciones	t calculada	Significancia
1- Observatorio	8.418	1/4	3.28407	*
2- Cañón La Providencia	-5.418	1/5	2.92524	*
3- Cañón La Esperanza	-3.918	1/6	3.57634	*
4- Cañón Del Diablo y Diablito	-4.418	1/7	8.76926	*
5- Cañón La Encantada	-3.018	1/8	2.43741	*
6- Cerro El Picacho	-2.703	1/9	10.03489	*
7- Cerro Botella Azul	0.6800	2/7	2.80023	*
8- Cañón Los Colibríes	-2.751	2/9	3.05935	*
9- Cerro Prieto	0.3670	4/7	3.12020	*
		4/9	3.55350	*
g. l. =8				
t tablas =1.860				

*: significativamente diferente.

-Se analizó el resto de las posibles combinaciones entre todas las localidades, pero no se encontraron diferencias significativas.

Comparación entre estaciones mediante la prueba "t Student" ($\alpha=0.05$) y sus valores estimados.

4 Niveles	Estimados	Comparaciones	t calculada	Significancia
Otoño	7.793	Otoño/Invierno	3.49201	*
Invierno	-2.981	Otoño/Primavera	7.56806	*
Primavera	0.08114	Otoño/Verano	4.67764	*
Verano	2.540	Invierno/Primavera	-3.81514	*
		Invierno/Verano		
		Primavera/Verano		
g. l. =3				
t tablas =2.353				

-Se analizó el resto de las posibles combinaciones entre estaciones, pero no se encontraron diferencias significativas.

Comparación entre sexos mediante la prueba "t Student" ($\alpha=0.05$) y sus valores estimados.

2 Niveles	Estimados	Comparación	t calculada	Significancia
Macho	8.556	Macho/Hembra	10.19364	*
Hembra	-0.9811			
g. l. =1				
t tablas =6.314				

Comparación entre la condición reproductiva mediante la prueba "t Student" ($\alpha=0.05$) y sus valores estimados.

2 Niveles	Estimados	Comparación	t calculada	Significancia
Celo	8.438	Celo/Apareamiento	9.49686	*
Apareamiento	-0.5594			
g. l. =1 t tablas =6.314				

Comparación entre la interacción localidad/sexo mediante la prueba "t Student" ($\alpha=0.05$) y sus valores estimados.

18 Niveles	Estimados	Comparaciones	t calculada	Significancia
1/Macho	7.870	1/Macho-Hembra	6.91037	*
1/Hembra	1.046	1/Macho-4/Macho	2.66968	*
2/Macho	-4.370	1/Macho-6/Macho	3.50877	*
2/Hembra	-5.870	1/Macho-7/Macho	4.01911	*
3/Macho	-1.870	1/Macho-9/Macho	5.21990	*
3/Hembra	-4.870	2/Macho-6/Macho	1.81286	*
4/Macho	-3.441	2/Macho-9/Macho	2.84036	*
4/Hembra	-4.298	1/Hembra-2/Hembra	-4.88506	*
5/Macho	-3.870	1/Hembra-4/Hembra	1.96021	*
5/Hembra	-1.536	2/Hembra-5/Hembra	1.98807	*
6/Macho	-1.270	2/Hembra-7/Hembra	5.58822	*
6/Hembra	-4.370	2/Hembra-9/Hembra	4.41209	*
7/Macho	3.035	3/Hembra-7/Hembra	2.07120	*
7/Hembra	-0.6696			
8/Macho	-2.870			
8/Hembra	-1.870			
9/Macho	2.363			
9/Hembra	-1.915			
g. l. =17 t tablas =1.740				

-Se analizó el resto de las posibles combinaciones entre localidades y sexo, pero no se encontraron diferencias significativas.

-La interacción 1/Macho-hembra significa que se está comparando entre machos y hembras de una misma localidad; la interacción 1/Macho-2/Macho significa que se está comparando entre machos de dos localidades; y la interacción 1/Hembra-2/Hembra significa que se está comparando entre hembras de localidades diferentes.

Comparación entre la interacción localidad/estación mediante la prueba "t Student" ($\alpha=0.05$) y sus valores estimados.

36 Niveles	Estimados	Comparaciones	t calculada	Significancia
1/Otoño	8.952	1/Otoño-1/Primavera	5.93918	*
1/Primavera	-2.116	1/Otoño-1/Verano	5.99270	*
1/Verano	1.563	1/Otoño-8/Otoño	2.36223	*
1/Invierno		1/Primavera-2/Otoño	2.07239	*
2/Otoño	-5.952	1/Primavera-4/Otoño	1.94523	*
2/Primavera		1/Otoño-6/Primavera	3.25028	*
2/Verano		1/Otoño-7/Primavera	6.74131	*
2/Invierno		1/Otoño-9/Primavera	7.67222	*
3/Otoño		1/Otoño-7/Verano	5.59733	*
3/Primavera		4/Otoño-7/Primavera	5.72883	*
3/Verano		4/Otoño-7/Verano	4.27027	*
3/Invierno	-4.452	4/Otoño-9/Primavera	7.23992	*
4/Otoño	-5.952	4/Invierno-7/Primavera	4.14139	*
4/Primavera		4/Invierno-7/Verano	2.93350	*
4/Verano		4/Invierno-9/Primavera	5.29249	*

4/Invierno	-4.396
5/Otoño	
5/Primavera	
5/Verano	
5/Invierno	-3.552
6/Otoño	
6/Primavera	-3.238
6/Verano	
6/Invierno	
7/Otoño	
7/Primavera	-0.3366
7/Verano	0.9814
7/Invierno	
8/Otoño	-3.285
8/Primavera	
8/Verano	
8/Invierno	
9/Otoño	
9/Primavera	-0.1673
9/Verano	
9/Invierno	

g. l. =12
t tablas =1.782

-Se analizó el resto de las posibles combinaciones entre localidades y estaciones, pero no se encontraron diferencias significativas.

-La interacción 1/Otoño-1/Primavera significa que se esta comprando entre dos estaciones en una misma localidad; la interacción 1/Otoño-2/Otoño significa que se está comparando la misma estación en localidades diferentes; y la interacción 1/Otoño-6/Primavera significa que se está comparando entre dos localidades y estaciones.

Comparación entre la interacción localidad/condición reproductiva mediante la prueba "t Student" ($\alpha=0.05$) y sus valores estimados.

18 Niveles	Estimados	Comparaciones	t calculada	Significancia
1/Celo	8.700	1/Celo-Apareamiento	7.56740	*
1/Apareamiento	-0.4818	1/Celo-4/Celo	2.78654	*
2/Celo		1/Celo-7/Celo	7.09606	*
2/Apareamiento	-5.700	4/Celo-7/Celo	2.21026	*
3/Celo	-4.200	1/Apareamiento-	-2.78601	*
		2/Apareamiento		
3/Apareamiento		1/Apareamiento-	-2.60649	*
		4/Apareamiento		
4/Celo	-4.144	2/Apareamiento-	8.79051	*
		9/Apareamiento		
4/Apareamiento	-5.700	4/Apareamiento-	3.39503	*
		9/Apareamiento		
5/Celo		1/Celo-5/Apareamiento	2.69730	*
5/Apareamiento	-3.300	1/Celo-6/Apareamiento	3.21915	*
6/Celo		1/Celo-8/Apareamiento	2.31117	*
6/Apareamiento	-2.986	1/Celo-9/Apareamiento	7.75461	*
7/Celo	0.3976	4/Celo-9/Apareamiento	2.45428	*
7/Apareamiento		7/Celo-5/Apareamiento	-2.45254	*
8/Celo				
8/Apareamiento	-3.033			
9/Celo				
9/Apareamiento	0.08462			

g. l. =10
t tablas =1.812

-Se analizó el resto de las posibles combinaciones entre localidades y condición reproductiva, pero no se encontraron diferencias significativas.

-La interacción 1/Celo-Apareamiento significa que se está comprando entre las dos condiciones reproductivas de una misma localidad; la interacción 1/Celo-3/Celo significa que se está comparando entre una misma condición reproductiva pero de localidades diferentes; la interacción 1/Apareamiento-2/Apareamiento significa que se está comparando entre una misma condición reproductiva pero de localidades diferentes; y la interacción 1/Celo-5/Apareamiento significa que se está comparando entre las dos condiciones reproductivas en localidades diferentes.

Comparación entre la interacción estación/condición reproductiva mediante la prueba "t Student" ($\alpha=0.05$) y sus valores estimados.

8 Niveles	Estimados	Comparaciones	t calculada	Significancia
Otoño/Celo	10.33	Otoño/Celo-Apareamiento	6.32305	*
Otoño/Apareamiento	-2.540	Otoño/Celo-Invierno/Celo	2.17528	*
Invierno/Celo	-5.788	Otoño/Celo-Primavera/Celo	5.78846	*
Invierno/Apareamiento	-4.933	Invierno/Celo-Primavera/Celo	4.82764	*
Primavera/Celo	-2.805	Otoño/Celo-Invierno/Apareamiento	2.58477	*
Primavera/Apareamiento	-2.286	Otoño/Celo-Primavera/Apareamiento	6.73138	*
Verano/Celo		Invierno/Celo-Otoño/Apareamiento	2.53948	*
Verano/Apareamiento		Invierno/Celo-Primavera/Apareamiento	5.66758	*

g. l. = 5
t tablas = 2.015

-Se analizó el resto de las posibles combinaciones entre estaciones y condición reproductiva, pero no se encontraron diferencias significativas.

-La interacción Otoño/Celo-Apareamiento significa que se está comprando entre las dos condiciones reproductivas de una misma estación; la interacción Otoño/Celo-Invierno/Celo significa que se está comparando entre una misma condición reproductiva pero de dos estaciones; y la interacción Otoño/Celo-Invierno/Apareamiento significa que se está comparando entre las dos condiciones reproductivas en dos localidades.

Comparación entre la interacción estación/sexo mediante la prueba "t Student" ($\alpha=0.05$) y sus valores estimados.

8 Niveles	Estimados	Comparaciones	t calculada	Significancia
Otoño/Macho	6.774	Otoño/Macho-Hembra	3.17918	*
Otoño/Hembra	1.948	Otoño/Macho-Invierno/Macho	3.06822	*
Invierno/Macho	-1.917	Otoño/Macho-Primavera/Macho	3.08005	*
Invierno/Hembra	-1.996	Otoño/Macho-Verano/Macho	2.23119	*
Primavera/Macho	2.157	Primavera/Hembra-Verano/Hembra	2.25277	*
Primavera/Hembra	-0.1770	Otoño/Macho-Invierno/Hembra	2.55644	*
Verano/Macho	3.512	Otoño/Macho-Primavera/Hembra	4.57489	*
Verano/Hembra	3.626	Otoño/Macho-Verano/Hembra	1.95043	*

g. l. = 7
t tablas = 1.895

-Se analizó el resto de las posibles combinaciones entre estaciones y sexo, pero no se encontraron

diferencias significativas.

-La interacción Otoño/Macho-Hembra significa que se está comparando entre los dos sexos en una temporada; la interacción Otoño/Macho-Invierno/Macho significa que se está comparando entre un mismo sexo en dos temporadas; la interacción Otoño/Hembra-Primavera/Hembra significa que se está comparando entre un mismo sexo en dos estaciones; y la interacción Otoño/Macho-Invierno/Hembra significa que se está comparando entre los dos sexos en dos estaciones.

Comparación entre la interacción condición reproductiva/sexo mediante la prueba "t Student" ($\alpha=0.05$) y sus valores estimados.

4 Niveles	Estimados	Comparaciones	t calculada	Significancia
Celo/Macho	9.034	Celo/Macho-Hembra	6.49125	*
Celo/Hembra	-1.238	Celo/Apareamiento-Macho	11.94031	*
Apareamiento/Macho	-0.7713	Celo/Macho-Apareamiento/Hembra	6.41278	*
Apareamiento/Hembra	-1.608			
			g. l. =3	
			t tablas	
			=2.353	

-La interacción Celo/Macho-Hembra significa que se está comparando entre los dos sexos en una misma condición reproductiva; la interacción Celo/Apareamiento-Macho significa que se está comparando un solo sexo en las dos condiciones reproductivas; y la interacción Celo/Macho-Apareamiento/Hembra significa que se está comparando entre los dos sexos en las dos condiciones reproductivas.

ANEXO 7. Pruebas "*t* Student" y Significancias Obtenidas en los Resultados de la Concentración de Cortisol en Heces de Hembras de Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California

Comparación entre localidades mediante la prueba "*t* Student" ($\alpha=0.05$) y sus valores estimados.

9 Niveles	Estimados	Comparaciones	<i>t</i> calculada	Significancia
1- Observatorio	8.915	1/4	2.56537	*
2- Cañón La Providencia	-6.915	1/5	3.23773	*
3- Cañón La Esperanza	-5.915	1/7	7.14285	*
4- Cañón Del Diablo y Diablito	-5.344	1/8	2.56410	*
5- Cañón La Encantada	-2.582	1/9	6.03915	*
6- Cerro El Picacho	-5.415	2/7	2.22698	*
7- Cerro Botella Azul	-1.715	4/7	2.62590	*
8- Cañón Los Colibríes	-2.915			
9- Cerro Prieto	-2.961			

**g. l. = 8
t tablas = 1.860**

*: significativamente diferente.

-Se analizó el resto de las posibles combinaciones entre localidades, pero no se encontraron diferencias significativas.

Comparación entre estaciones mediante la prueba "*t* Student" ($\alpha=0.05$) y sus valores estimados.

4 Niveles	Estimados	Comparaciones	<i>t</i> calculada	Significancia
Otoño	8.722	Otoño/Invierno	3.12287	*
Invierno	-3.944	Otoño/Primavera	5.68706	*
Primavera	-2.125	Otoño/Verano	5.37709	*
Verano	1.678			

**g. l. = 3
t tablas = 2.353**

Comparación entre condición reproductiva mediante la prueba "*t* Student" ($\alpha=0.05$) y sus valores estimados.

3 Niveles	Estimados	Comparaciones	<i>t</i> calculada	Significancia
Preñez	3.000	Preñez/Nacimientos	-0.53946	n.s
Nacimientos	4.524	Preñez/Lactancia	-0.72202	n.s
Lactancia	5.039	Lactancia/nacimientos	-0.85491	n.s

**g. l. = 2
t tablas = 2.920**

n.s: no significativo.

Comparación entre la interacción localidad/estación mediante la prueba "t Student" ($\alpha=0.05$) y sus valores estimados.

36 Niveles	Estimados	Comparaciones	t calculada	Significancia
1/Otoño	9.877	1/Otoño-Primavera	6.11515	*
1/Invierno		1/Otoño-Verano	5.88529	*
1/Primavera	-2.655	1/Otoño-8/Otoño	2.61665	*
1/Verano	1.873	1/Otoño-5/Invierno	3.21033	*
2/Otoño	-7.877	1/Otoño-7/Primavera	4.71838	*
2/Invierno		1/Otoño-7/Verano	5.65878	*
2/Primavera		1/Otoño-9/Primavera	4.79854	*
2/Verano		3/Invierno-5/Invierno	1.93949	*
3/Otoño		3/Invierno-7/Primavera	3.58439	*
3/Invierno	-6.877	3/Invierno-7/Verano	4.80769	*
3/Primavera		4/Otoño-5/Invierno	2.34777	*
3/Verano		4/Otoño-7/Primavera	3.78167	*
4/Otoño	-7.877	4/Otoño-7/Verano	4.88505	*
4/Invierno	-5.677	4/Otoño-8/Otoño	1.92492	*
4/Primavera		4/Otoño-9/Primavera	3.85477	*
4/Verano				
5/Otoño				
5/Invierno	-3.543			
5/Primavera				
5/Verano				
6/Otoño				
6/Invierno				
6/Primavera	-6.377			
6/Verano				
7/Otoño				
7/Invierno				
7/Primavera	-3.460			
7/Verano	-1.502			
8/Otoño	-3.877			
8/Invierno				
8/Primavera				
8/Verano				
9/Otoño				
9/Invierno				
9/Primavera	-3.922			
9/Verano				

g. l. = 12
t tablas = 1.782

-Se analizó el resto de las posibles combinaciones entre localidades y estaciones, pero no se encontraron diferencias significativas.

-La interacción 1/Otoño-Primavera significa que se está comparando entre dos estaciones en la misma localidad; la interacción 1/Otoño-8/Otoño significa que se está comparando una misma estación en dos localidades; y la interacción 1/Otoño-5/Invierno significa que se está comparando entre dos temporadas en localidades diferentes.

Comparación entre la interacción estación/condición reproductiva mediante la prueba "t Student" ($\alpha=0.05$) y sus valores estimados.

12 Niveles	Estimados	Comparaciones	t calculada	Significancia
Otoño/ Preñez	2.000	Invierno/Nacimientos- Verano/Nacimientos	-3.22354	*
Otoño/ Nacimientos	6.500	Primavera/Nacimientos- Verano/Nacimientos	-5.03015	*
Otoño/ Lactancia	7.290	Otoño/Lactancia- Primavera/Lactancia	2.67348	*
Invierno/ Preñez	1.500			
Invierno/ Nacimientos	3.800			
Invierno/ Lactancia				
Primavera/ Preñez				
Primavera/ Nacimientos	3.813			
Primavera/ Lactancia	5.225			
Verano/ Preñez				
Verano/ Nacimientos	8.400			
Verano/ Lactancia				

g. l. = 7

t tablas = 1.895

-Se analizó el resto de las posibles combinaciones entre estaciones y condición reproductiva, pero no se encontraron diferencias significativas.

-La interacción Otoño/Preñez-Otoño/Lactancia significa que se está comparando entre dos condiciones reproductivas en la misma estación y la interacción Invierno/Nacimientos-Verano/Nacimientos significa que se está comparando entre dos estaciones en una misma condición reproductiva.

Comparación entre la interacción localidad/condición reproductiva mediante la prueba "t Student" ($\alpha=0.05$) y sus valores estimados.

27 Niveles	Estimados	Comparaciones	t calculada	Significancia
1/Preñez	8.500	1/Preñez- 1/Lactancia	1.83731	*
1/Nacimientos	0.6786	4/Preñez- 7/Nacimientos	1.88773	*
1/Lactancia	0.2615	2/Preñez- 7/Nacimientos	5.03952	*
2/Preñez	-6.500	2/Preñez- 7/Lactancia	4.05974	*
2/Nacimientos		2/Preñez- 5/Nacimientos	2.26148	*
2/Lactancia		3/Preñez- 7/Nacimientos	4.46058	*
3/Preñez	-5.500	3/Preñez- 7/Lactancia	3.35658	*
3/Nacimientos		4/Preñez- 7/Nacimientos	1.88773	*
3/Lactancia		4/Lactancia- 7/Nacimientos	2.55613	*

4/Preñez	-4.833	4/Lactancia- 7/Lactancia	1.83354	*
4/Nacimientos	-3.500			
4/Lactancia	-6.500			
5/Preñez				
5/Nacimientos	-2.167			
5/Lactancia				
6/Preñez				
6/Nacimientos	-5.000			
6/Lactancia				
7/Preñez				
7/Nacimientos	-0.1250			
7/Lactancia	-2.083			
8/Preñez				
8/Nacimientos				
8/Lactancia	-2.500			
9/Preñez				
9/Nacimientos	-2.800			
9/Lactancia				

g .l. = 13

t tablas = 1.771

-Se analizó el resto de las posibles combinaciones entre localidades y condición reproductiva, pero no se encontraron diferencias significativas.

-La interacción 1/Preñez-1/Nacimientos significa que se está comparando entre dos condiciones reproductivas en una misma localidad y la interacción 4/Preñez-7/Nacimientos significa que se está comparando entre dos condiciones reproductivas en dos localidades.

ANEXO 8. Pruebas "t Student" y Significancias Obtenidas en los Resultados de la Concentración de Cortisol en Sangre de Machos y Hembras de Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California

Comparación entre localidades mediante la prueba "t Student" ($\alpha=0.05$) y sus valores estimados.

4 Niveles	Estimados	Comparaciones	t calculada	Significancia
1.- Cañón El Cajón	3.750	1/2	0.28011	n.s
2.- Cañón El Barroso	3.150	1/3	2.01354	n.s
3.- Cañón El Carrizo	-0.08333	1/4	1.02707	n.s
4.- Cañón El Parral	1.550	2/3	2.29541	n.s
		2/4	0.91480	n.s
		3/4	1.09780	n.s
g. l. = 3 t tablas = 2.353				

n.s: no significativo.

Comparación entre condición reproductiva mediante la prueba "t Student" ($\alpha=0.05$) y sus valores estimados.

2 Niveles	Estimados	Comparación	t calculada	Significancia
Lactancia	4.757	Lactancia/ Apareamiento	2.43055	n.s
Apareamiento	-1.957			
g. l. = 1 t tablas = 6.314				

n.s: no significativo.

Comparación entre la interacción localidad/condición reproductiva mediante la prueba "t Student" ($\alpha=0.05$) y sus valores estimados.

8 Niveles	Estimados	Comparaciones	t calculada	Significancia
1/Lactancia	3.750	1/Lactancia- 2/Lactancia	0.35842	n.s
1/Apareamiento		1/Lactancia- 3/Lactancia	2.00859	n.s
2/Lactancia	3.150	1/Lactancia- 4/Lactancia	1.48950	n.s
2/Apareamiento		3/Lactancia- Apareamiento	0.1667	n.s
3/Lactancia	0.7833			
3/Apareamiento	-0.9500			
4/Lactancia	1.550			
4/Apareamiento				
g. l. = 4 t tablas = 2.132				

n.s: no significativo.

ANEXO 9. Manual con una Síntesis de la Información Generada sobre la Biología y Ecología del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*), en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (1997-2003)

INTRODUCCIÓN

El presente manual sobre los principales aspectos biológicos del borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*), fue realizado a partir de la síntesis de la información generada sobre este organismo durante los últimos seis años en la Sierra San Pedro Mártir. Dicha información fue concebida a partir de la línea de investigación sobre la biología y ecología del borrego en Baja California, misma que fue llevada a cabo por alumnos y maestros de la Licenciatura en Biología y la Maestría en Ciencias en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Ensenada.

Para tal efecto, se abordaron algunos puntos y técnicas sobre la dinámica reproductiva; hábitos alimentarios; variación morfométrica; estado de salud; hábitat; distribución espacial; estrés fisiológico; entre otros. Ello, con la finalidad de integrar información básica que contribuya y permita a los productores elaborar estrategias y tomar con mayor facilidad decisiones en la resolución de los problemas relacionados con el borrego cimarrón y su hábitat. Por ejemplo, se puede definir con más precisión las temporadas en las cuales se podría aprovechar este recurso faunístico, es decir, tomando en cuenta la información generada decidir si el borrego es factible de aprovechar antes o después de la época reproductiva; en que alturas es más conveniente la extracción de machos; cuando y donde los animales tienen mayor disponibilidad de recursos (alimento); donde es más probable de encontrar a los borregos de acuerdo a las características del hábitat; que tipo de enfermedades podrían o son más susceptibles de presentar; etc.

Por lo anterior, el propósito del presente trabajo con cada uno de los temas hasta ahora desarrollados sobre la biología del borrego cimarrón, es que se den a conocer herramientas que permitirán desarrollar acciones de manejo que optimicen su aprovechamiento, y de esta manera prestar un mejor servicio y asesoría a la sociedad que se muestra interesada en esta especie de importancia científica, cultural y cinegética para la región.

I. DISTRIBUCIÓN Y VARIACIÓN MORFOMÉTRICA

En Norteamérica existen dos especies del género *Ovis*, *Ovis dalli* y *Ovis canadensis*. *Ovis dalli* incluye tres subespecies y *Ovis canadensis* siete, de las cuales *O. c. auduboni* está extinta. En México ocurren tres subespecies de *Ovis canadensis*, *Ovis canadensis mexicana* con distribución histórica en Arizona, Nuevo México y Texas en los Estados Unidos de Norteamérica, y en Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Sonora en México; su distribución actual es en Arizona, Nuevo México, Texas y en Sonora (Hall, 1981; Sandoval, 1985). Las otras dos subespecies se encuentran en la Península de Baja California, *Ovis canadensis weemsi* se distribuye en Baja California Sur, hasta la Sierra de San Borja en Baja California. La subespecie *Ovis canadensis cremnobates* habita desde el sur de California y norte de Baja California y se desconoce su distribución sureña (Clark, 1964; Cowan, 1940). Sin embargo, estas dos subespecies coexisten en la parte media de la Península (Clark, 1964).

Por ello, Salmón (1999) determinó si existían diferencias morfométricas craneales significativas entre las dos subespecies de borrego cimarrón en la Península de Baja California, así como las diferencias morfométricas craneales entre los ejemplares de cada una de las subespecies por localidad. Ello, para precisar los límites de distribución geográfica en ambas subespecies y definir las características confiables para la identificación de las mismas.

Para esto, se examinaron 70 cráneos de ejemplares de machos, mismos que se encuentran depositados en las colecciones mastozoológicas del Instituto de Biología de la UNAM y de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, así como de depositarios particulares. De cada uno de los ejemplares se obtuvo:

- 1) Localidad donde fueron cazados u obtenidos
- 2) Fecha de recolecta
- 3) Ancho del cóndilo exoccipital (ACE)
- 4) Ancho de la cicatriz del paladar (ACP)
- 5) Ancho del maxilar (AM)
- 6) Longitud de la serie de dientes del maxilar (LSDM)
- 7) Longitud total del cráneo (LTC)

Estas medidas fueron tomadas con un vernier a un nivel de precisión de 0.01 mm, con excepción de la longitud total del cráneo que se tomó con un nivel de precisión de 1 mm.

Los resultados obtenidos mostraron que en las medidas descriptivas para *Ovis canadensis cremnobates* y *Ovis canadensis weemsi* el ancho del cóndilo exoccipital, el ancho del maxilar, la longitud de la serie de dientes del maxilar y la longitud total del cráneo son similares entre ambas subespecies, mientras que los valores para el ancho de la cicatriz del paladar, presentan una evidente variación, diferenciándose de esta manera una subespecie de otra.

En la comparación morfométrica entre las dos subespecies se encontró que el total de ejemplares pertenecientes a los grupos de *Ovis canadensis cremnobates* y *Ovis canadensis weemsi* fueron correctamente identificados. Por otro lado, 15 de 23 ejemplares no identificados fueron considerados por el análisis como *Ovis canadensis cremnobates* y 8 como *Ovis canadensis weemsi*. Encontrándose que existen diferencias significativas entre las dos subespecies.

También se encontró que el ancho de la cicatriz del paladar fue el carácter más discriminante entre las subespecies, y los caracteres que contribuyeron en proporciones similares fueron el ancho del cóndilo exoccipital y el ancho del maxilar. En la comparación morfométrica de *Ovis canadensis cremnobates* entre localidades de la Península no se encontraron diferencias significativas en los cráneos de *Ovis canadensis cremnobates*, siendo los caracteres más importantes la longitud de dientes del maxilar y el ancho de la cicatriz del paladar para la primera variable, y para la segunda fueron la longitud total del cráneo y el ancho del cóndilo exoccipital.

Por último, en la comparación morfométrica de *Ovis canadensis weemsi* entre localidades de la Península tampoco se encontraron diferencias significativas entre los cráneos, y los caracteres más importantes fueron el ancho del cóndilo exoccipital y el ancho de la cicatriz del paladar. Encontrando que existen diferencias morfométricas craneales significativas entre las subespecies de *Ovis canadensis cremnobates* y *Ovis canadensis weemsi* y que el carácter morfométrico craneal más importante para la determinación entre las dos subespecies fue el ancho de la cicatriz del paladar, presentando un mayor tamaño en *Ovis canadensis cremnobates*.

De igual manera, no se encontraron diferencias morfométricas craneales entre los ejemplares de cada subespecie, por lo tanto el área de distribución actual de *Ovis canadensis cremnobates* se amplia hacia el sur hasta Las Vírgenes, Baja California Sur, mientras que la de *Ovis canadensis weemsi* tan al norte como al Valle de San Matías, Baja California (Salmón, 1999).

II. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

El conocer la distribución espacial de una población es fundamental para el estudio de su ecología, asimismo permite entender los requerimientos ambientales y el patrón de comportamiento de dicha población. Para el caso particular del borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) este tipo de estudio es difícil de realizar, debido a que el hábitat donde se encuentra es escabroso, con grandes acantilados y pendientes muy pronunciadas, lo que dificulta detectar a los individuos y por lo tanto estudiarlos directamente. Por lo anterior, se requiere diseñar una estrategia propia para la zona.

Sin embargo, una manera fácil de evaluar la distribución espacial de la población de borrego cimarrón es mediante el uso de evidencias indirectas (heces, huellas, echaderos) como indicadoras de su presencia. De esta manera, se puede establecer si un sitio es ocupado por los individuos mediante la presencia de evidencias frescas, determinando las épocas en que esta área fue ocupada por los borregos.

Ante esto se determinó la distribución espacial del borrego cimarrón, en las mismas localidades utilizadas para determinar la dinámica reproductiva y los hábitos alimenticios, tomando en consideración los mismos datos y parámetros de campo. Se analizó un total de 241 grupos de heces, tomando al azar grupos de diferentes tamaños (grandes, medianos y chicos) en cada una de las localidades, variando así la cantidad de heces entre las alturas y temporadas. En cada grupo de heces se midió (por medio de un vernier) el largo (altura) y el ancho (diámetro), y posteriormente se obtuvo el volumen por medio de la siguiente fórmula:

$$V = n \cdot r^2 \cdot h$$

Donde:

V= volumen

n= 3.1416

r= radio en cm

h= altura en cm

Las muestras se analizaron por localidades, alturas y estaciones, encontrando diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las localidades con respecto al volumen de las heces (Figura 1). Indicando con esto, que es en la zona de los cañones donde se encuentran los organismos más grandes en relación con el área de los pinos, que es donde se localizan los grupos de organismos más heterogéneos, así como los individuos más pequeños.

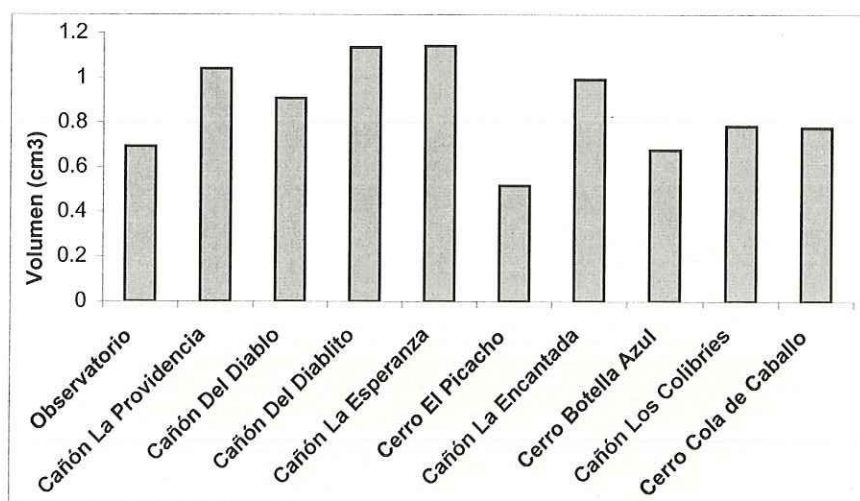


Figura 1. Volumen (cm³) de las heces de borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) por localidades.

Las diferencias encontradas entre alturas indican que el volumen de las heces por abajo de los 1,100 m.s.n.m es homogéneo, presentándose volúmenes promedio entre 0.9 y 1 cm³, mientras que en alturas por arriba de los 1,100 m.s.n.m se encontró una mayor heterogeneidad, es decir, se presentan volúmenes pequeños del orden de .5 cm³, así como volúmenes de aproximadamente 0.8 cm³ (Figura 2). Estos datos reflejan el patrón de distribución espacial que están teniendo estos organismos a lo largo del año, mismos que concuerdan con los resultados obtenidos en las diferentes localidades, siendo por arriba de los 1,100 m.s.n.m donde se localizan

organismos como hembras, machos, jóvenes, adultos y corderos, conformando de esta manera un grupo muy heterogéneo de individuos.

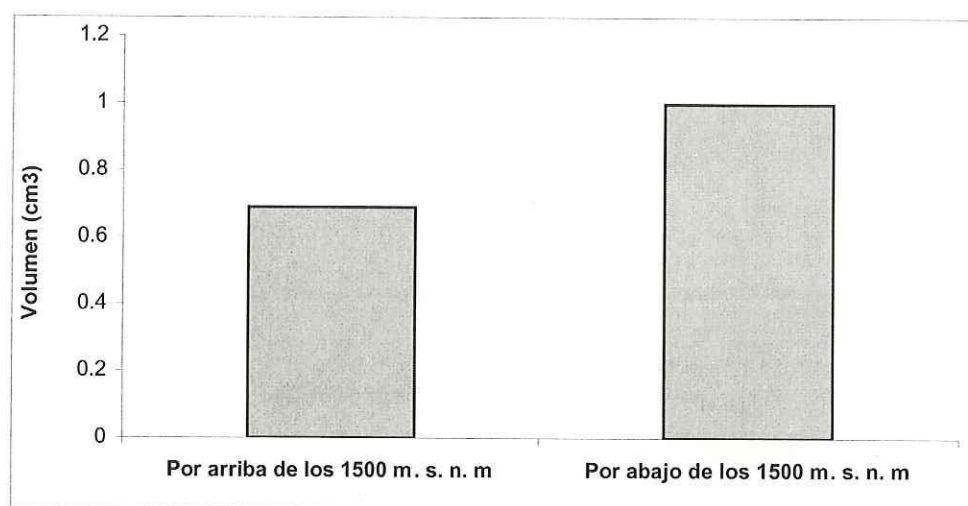


Figura 2. Volumen (cm³) de las heces de borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) por altura.

Por abajo de los 1,100 m.s.n.m, los volúmenes encontrados indican la presencia de organismos adultos, sobre todo de machos, lo que refleja el tipo de estructura social que presentan los borregos cimarrones, en donde las hembras, corderos, jóvenes y algunos machos adultos se reúnen en grupos; y los machos adultos se apartan del resto de la manada, para buscar los lugares más apartados y solitarios.

Por último, el volumen de heces más grande se encontró en las estaciones de otoño e invierno, predominando en esta última, lo cual es indicativo de la presencia de organismos de tamaño más grande, que son los organismos que nacieron a principios de año, y en el resto de las temporadas el volumen es muy similar, indicando la presencia tanto de organismos grandes como chicos durante la mayor parte del año (Figura 3). Respaldando estos datos con lo observado en el campo, muy probablemente se está presentando actividad reproductiva del borrego cimarrón durante la mayor parte del año.

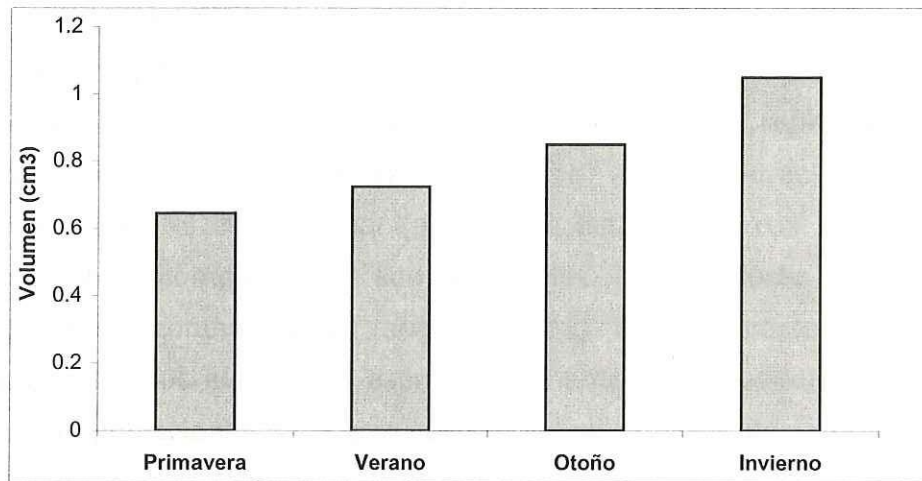


Figura 3. Volumen (cm³) de las heces de borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) por localidades.

A partir de esto se concluyo que el análisis de heces es una herramienta sumamente útil para determinar la distribución espacial del borrego cimarrón, en particular, para el caso de la Sierra de San Pedro Mártir es un método muy conveniente, ya que el área es muy accidentada y de difícil acceso lo cual dificulta la observación directa de los animales por lo que las evidencias indirectas, en este caso las heces, facilitan poder realizar estudios de los borregos en los cuales se contemplen variables tanto de naturaleza espacial como temporal (Ayala *et al.*, *en prensa*)

III. DINÁMICA REPRODUCTIVA y ESTRÉS FISIOLÓGICO

En los mamíferos, la reproducción se caracteriza por una serie de fenómenos cíclicos que están bajo control nervioso y hormonal. El ciclo reproductivo esta relacionado con diversos eventos como la pubertad y la maduración sexual, la temporada reproductiva, el ciclo estrual (o celo), la actividad sexual posparto y el envejecimiento. Estos componentes son regulados por factores ambientales, genéticos, fisiológicos y conductuales (Vaughan, 1988). Por otra parte, la capacidad de reconocimiento de estos eventos es esencial para entender y manejar la dinámica reproductiva de las poblaciones silvestres, para ello, se requiere de la utilización de diferentes técnicas y estrategias las cuales contribuyan y corroboren datos o parámetros ya establecidos con anterioridad de las poblaciones estudiadas (Loskutoff *et al.*, 1983).

Para conocer estos dos aspectos de la biología del borrego cimarrón, se estandarizo una técnica inmunoenzimática en organismos domésticos (chivos *Capra hircus* y borregos *Ovis aries*), así como en borrego cimarrón. El método utilizado se baso principalmente en evidencias indirectas, es decir, se utilizaron heces para conocer las concentraciones de cuatro hormonas esteroides (progesterona-P4, testosterona-T, estradiol-E2 y cortisol). De esta manera se pudo determinar la dinámica reproductiva, la proporción de sexos (macho:hembra) y la relación que existe entre la dinámica reproductiva y el estrés fisiológico de la población.

Para obtener las muestras fecales de borrego se recorrió la sierra desde el pie de ladera del lado este (sobre los 500 m.s.n.m) hasta las partes más altas, llegando a los 2,800 m.s.n.m, abarcando un total de 9 localidades. Para reforzar la información obtenida a través del análisis hormonal, se tomaron diferentes datos y parámetros en el campo, esto con la finalidad de comparar, evidenciar y analizar los datos arrojados por medio del análisis, registrando parámetros como: posición geográfica y altitud, temporada (primavera, verano, otoño e invierno), escarpado del terreno, temperatura ambiental, cobertura vegetal, pendiente, pedregosidad, fuentes de agua, disponibilidad de alimento, tamaño y consistencia de las heces (si eran grandes, medianas o chicas, el color, si estaban agrupadas o solas, la cantidad de pellets en cada grupo de muestra, la distancia que había entre un grupo y otro), los sitios donde fueron encontradas (arena, pastos, rocas), fecha, hora del día y el avistamiento de los borregos cuando se presento.

Una vez estandarizada la técnica y obtenidas las muestras de borrego se aplico la técnica inmunoenzimática, la cual consistió de los siguientes pasos:

Extracción total de los esteroides en heces

- 1) Las heces se separaron por sexo, localidad y temporada
- 2) Se pesaron 0.5-1 gr. de heces y se homogeneizaron en 3 ml de agua destilada
- 3) A cada homogeneizado se le agregó 3 ml de éter diétilico y se agito en vortex.
- 4) El homogeneizado conteniendo el éter se centrifugo, transfiriéndose el sobrenadante, el cual contenía el extracto total de esteroides, a un tubo cónico Pyrex mismo que se coloco en una estufa para evaporar el disolvente orgánico a sequedad. El procedimiento de extracción se realizo por duplicado
- 5) A los tubos conteniendo el extracto total de esteroides se les agrego 10-20 μ l de etanol y posteriormente 100 μ l de solución amortiguadora de fosfatos

Inmunoensayo (EIA)

- 1) A cada tubo conteniendo el extracto total de esteroides se le agregó 500 μ l de una disolución de cloroformo/metanol (2:1, v/v) y se mezclo en vortex
- 2) De esta disolución se transfirieron 50 μ l por cada una de las hormonas a cuantificar, a los pozos de la placa para ELISA por duplicado (Polysorp C96, Nalguen), así como 50 μ l de PBS-Tween 0.05% pH 7.2 (1:0.1, v/v; Tween 20, SIGMA)
- 3) Incubándose 12 horas a temperatura ambiente
- 4) Posteriormente, a cada pozo se le descartó la disolución y se lavó por triplicado con 200 μ l de PBS-Tween
- 5) Una vez secados los pozos se les agregó 50 μ l de la correspondiente dilución del anticuerpo para la hormona esteroide a ser cuantificada y se incubó durante 1 hora a 37°C
- 6) Después de la incubación la disolución se descartó y los pozos se lavaron por triplicado con 200 μ l de PBS-Tween
- 7) Cuando se descarto la última disolución de lavado, a cada pozo se le agregó 50 μ l de una disolución de PBS-Tween e IgG anti-conejo (1:1000) conjugada con fosfatasa alcalina (SIGMA) incubándose 1 hora a 37°C
- 8) La disolución de incubación se descartó y cada pozo se lavó por duplicado con 200 μ l de PBS-Tween y 200 μ l de agua destilada

9) Posteriormente, a cada pozo se le agregó 50 μ l de una disolución de p-nitrofenil-fosfatasa (SIGMA) en una disolución de dietanolamina pH 9.8 (SIGMA) y se incubó a 37°C hasta hacerse evidente una coloración amarilla; la cual puede evidenciarse desde 5 a 15 minutos después de iniciada la incubación

10) Una vez evidenciada la coloración a cada pozo se le agregó 50 μ l de una disolución acuosa de NaOH 3M para detener la reacción

11) Para la valoración de la concentración de la hormona, cada placa de ELISA se colocó en un espectrofotocolorímetro (Microplate Reader, MR 600, Dynatech Product) midiéndose la absorbencia a una longitud de onda de 410 nm

A través de la integración de los datos los resultados que se obtuvieron sobre la dinámica reproductiva del borrego cimarrón fueron los siguientes:

Para la temporada reproductiva durante el trabajo de campo, se encontraron heces muy chicas en la nieve durante el invierno a los 2,700 m.s.n.m lo cual es indicativo de la posible presencia de corderos. Por otro lado, los ejidatarios y personas aledañas al área de estudio también aseguraron el haber observado corderos entre las manadas al final del verano y durante el otoño. Asimismo, durante un trabajo de captura del borrego para un estudio de telemetría y uso de hábitat, en esta misma área, se detectó la presencia de un cordero con su madre, presentando entre 3 y 4 meses de edad aproximadamente. Estos datos, relacionados con los obtenidos en las concentraciones de las hormonas analizadas, indican que se presentan organismos reproductivos durante la mayor parte del año en la Sierra San Pedro Mártir, llegándose a presentar dos periodos de nacimientos.

Por otro lado, dadas las características y los resultados obtenidos en los cuales se presentan elevaciones en las concentraciones de estradiol y testosterona durante la mayor parte del año, probablemente esta población de borrego cimarrón no solo se aparea durante una época del año, si no que se sincroniza de tal manera que cuando unas hembras acaban de parir otras entran en celo y apareamiento (Figura 4).

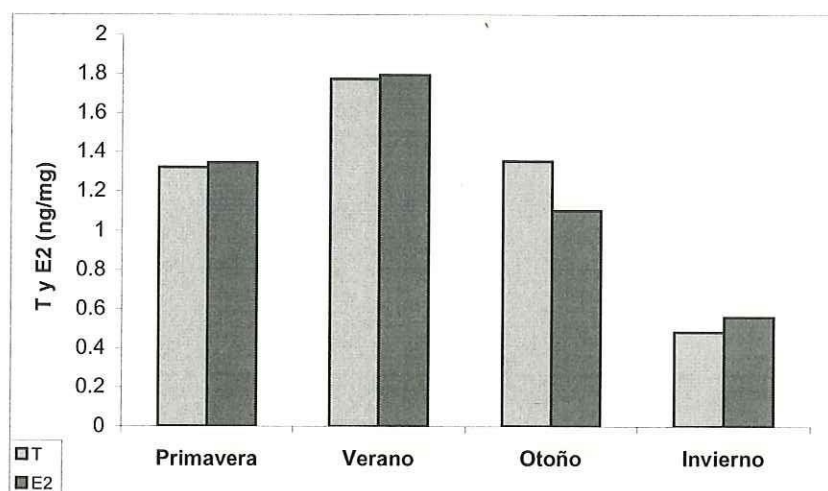


Figura 4. Concentración de T y E2 (ng/mg) en heces de machos y hembras de borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) por estación.

Respecto a la época de preñez y nacimientos, las diferencias entre las concentraciones de progesterona y estradiol, a diferentes alturas y estaciones pueden estar indicando la presencia de hembras receptivas (o en celo) al igual que hembras preñadas. Hecho que sugiere la presencia del evento reproductivo durante la mayor parte del año. Si se considera el tiempo de gestación (175-180 días), entonces las concentraciones de ambas hormonas indican que muy probablemente se estén presentando dos picos de nacimientos, el ya comúnmente registrado entre febrero y abril, y el detectado entre julio y septiembre, quedando separados los periodos de gestación entre un grupo de hembras y otro, teniendo en cuenta que no todas las hembras son receptivas ya que se presentan desde corderas, jóvenes y adultas (Figuras 5 y 6).

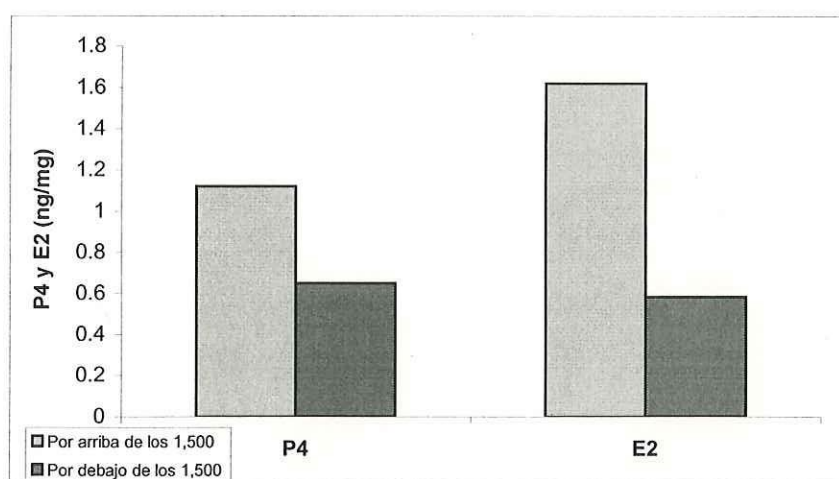


Figura 5. Concentración de P4 y E2 (ng/mg) en heces de hembras de borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) por altura.

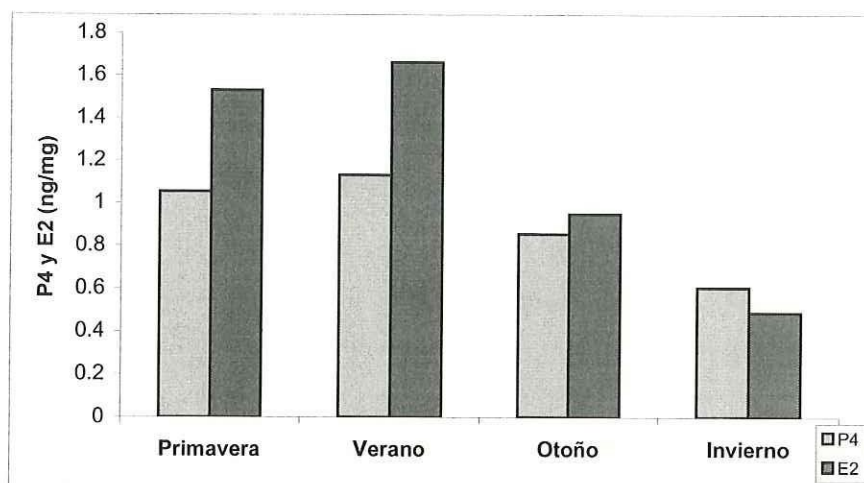


Figura 6. Concentración de P4 y E2 (ng/mg) en heces de hembras de borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) por estación.

En la proporción de sexos, esta favoreció ligeramente a los machos (311:294), aunque se encontró una gran variación respecto a la época del año y la altitud (Cuadro 1), ya que para primavera/verano la proporción macho:hembra fue de 155:176 y para otoño/invierno fue de 156:118. Por arriba de los 1,500 hasta los 2,800 m.s.n.m fue de 203:191, mientras que por abajo de los 1,500 m.s.n.m se encontró una proporción de 108:103 (Cuadro 2). Esto se puede atribuir a las características del área de estudio, el cual es un ambiente heterogéneo que propicia que se establezcan grupos familiares. Por otro lado, las condiciones climáticas también tienen gran influencia en las diferentes proporciones de sexos registradas, siendo mayor en primavera/verano que es cuando empieza el crecimiento vegetativo, llevando con ello a una mayor fuente de alimento para los organismos al igual que mayores posibilidades de sobrevivencia de la descendencia, que se dio a finales del invierno y principio de la primavera.

Cuadro 1. Proporción de sexos (macho:hembra) obtenida a través del análisis de las heces de borrego cimarrón a nivel espacio-temporal.

Por arriba de los 1,500 m.s.n.m	Primavera/Verano	Otoño/Invierno
	155:176	68:18
Por abajo de los 1,500 m.s.n.m	No hubo recolectas	88:100

Cuadro 2. Proporción de sexos (macho:hembra) obtenida a través del análisis de las heces de borrego cimarrón por estación y altura.

Primavera/Verano	155:176	Por arriba de los 1,500 m.s.n.m	203:191
Otoño/Invierno	156:118	Por abajo de los 1,500 m.s.n.m	108:103

Como se puede apreciar, no sólo se puede obtener una estimación de la proporción de sexos para un área determinada, por medio del uso de la técnica inmunoenzimática y utilizando las heces como indicadoras, si no que además se pueden comparar los resultados por alturas y temporadas para un mejor establecimiento de los parámetros reproductivos de una población silvestre, de acuerdo a las características de cada lugar. Por otro lado, teniendo en cuenta que las mayores concentraciones de las tres hormonas (P4, T y E2) se presentaron por arriba de los 1,500 m.s.n.m esto indica la presencia de grupos heterogéneos en ese lugar, donde se pueden encontrar desde corderos, jóvenes y adultos durante mayor parte del año (Ayala, 2000).

Respecto al grado de estrés fisiológico y la relación de éste con la dinámica reproductiva de la población de borrego, cabe mencionar que hay una relación entre la concentración de cortisol y el nivel de estrés, siendo esta que a mayor concentración de cortisol mayor es el estrés. De este modo, al medir la concentración de esta hormona (ng/gr) en heces de machos y hembras, los resultados indican que es en las localidades donde se detecto mayor actividad antropogénica (ganadería, turismo y caza furtiva) las que presentaron las concentraciones más altas de cortisol (8.2 ng/gr). Al considerar las estaciones, se encontró una mayor concentración durante la primavera y verano. Por otra parte al considerar la variable altura, fue por arriba de los 1,500 m.s.n.m donde se presento la mayor concentración de cortisol (8.4 ng/gr) en las heces de los borregos (Figura 7).

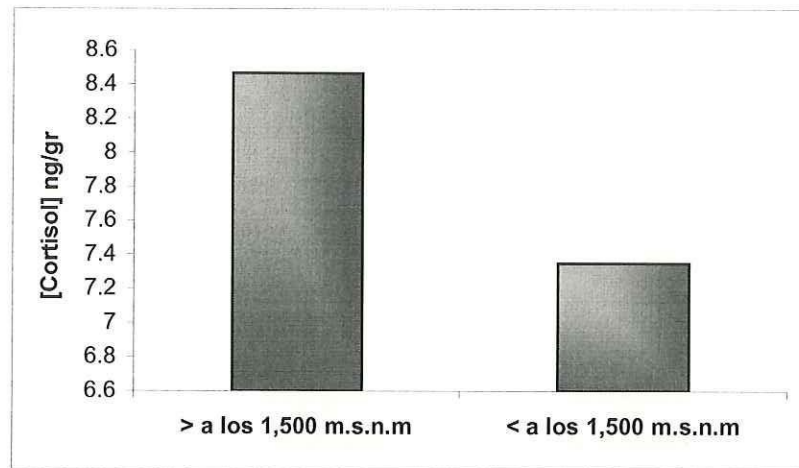


Figura 7. Concentración de cortisol (ng/gr) en heces de borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) por altura.

Al analizar los resultados por localidades, las mayores concentraciones se encontraron en Cerro Botella Azul, Cerro Prieto, El Observatorio y Cerro El Picacho. Por sexos se encontró que la concentración de cortisol fue significativamente mayor ($P < 0.05$) en machos (8.5 ng/gr).

Al considerar solo a las hembras, se detectó una mayor concentración en la época de lactancia y nacimientos (8.0 y 7.5 ng/gr), presentándose diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las tres condiciones reproductivas consideradas en el análisis (lactancia, nacimientos y preñez) (Figura 8).

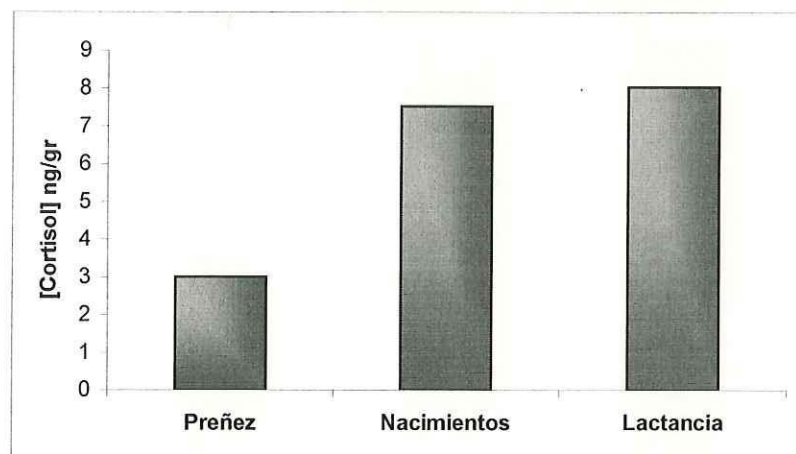


Figura 8. Concentración de cortisol (ng/gr) en heces de hembras de borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) por condición reproductiva.

En la estación, fue durante el verano y otoño donde se presentó la mayor concentración de cortisol en las heces, encontrando diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las cuatro estaciones. De las localidades (Figura 9), El Observatorio, Cerro Botella Azul, Cañón La Encantada y Cañón Los Colibríes fueron las que obtuvieron la concentración más alta de cortisol.

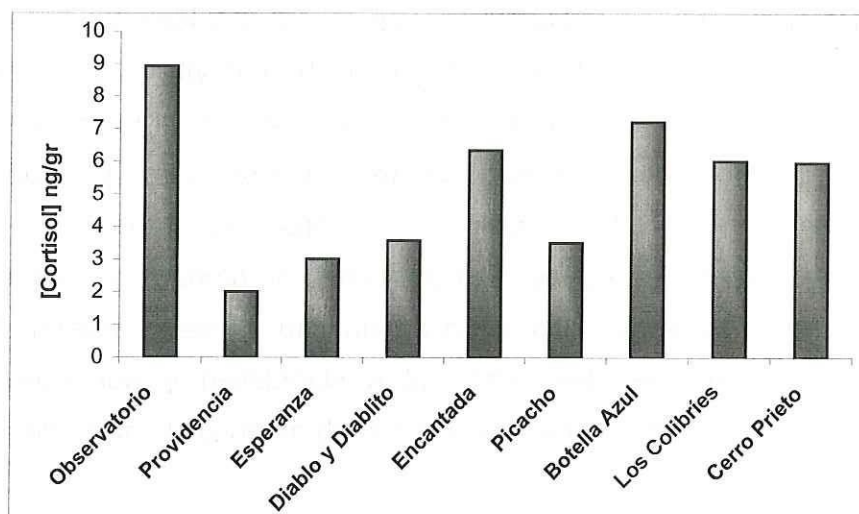


Figura 9. Concentración de cortisol (ng/gr) en heces de hembras de borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) por localidades.

De lo anterior, se desprende que el grado de estrés fisiológico del borrego cimarrón esta estrechamente relacionado con el comportamiento que presenta dicha población, es decir, mucha de la explicación dada por cada variable esta en función de la conducta social y los hábitos que presentan los borregos, por ejemplo, sus movimientos intra e interpoblacionales, la segregación entre machos y hembras durante ciertas épocas del año, su habilidad para defenderse de los depredadores, y la búsqueda de alimentos, etc. Asimismo, el análisis hormonal de la concentración de cortisol en el borrego cimarrón, no sugirió la presencia de ninguna condición aguda o crónica que pudiera afectar negativamente su comportamiento, reproducción o sobrevivencia, indicando una población aparentemente saludable.

Por tanto, no se halló evidencia fisiológica de que la población de borrego cimarrón en la Sierra San Pedro Mártir presente problemas de estrés. Sin embargo, es importante tomar e interpretar los resultados encontrados con cautela, debido a que siempre existe la posibilidad de que las condiciones en las poblaciones o en el hábitat del borrego cambien, lo que podría tener grandes implicaciones para su

conservación y manejo. De tal manera que, futuros estudios y un monitoreo constante de sus poblaciones ayudarán a precisar detalladamente su estado fisiológico (Ayala, 2003).

IV. HÁBITOS ALIMENTARIOS

Dentro de los aspectos de la biología básica de una especie, la alimentación es una de las de mayor importancia, ya que es un factor que mantiene e incluso puede elevar el número de individuos de una población (Bronson, 1989). El propósito de realizar un estudio de los hábitos alimentarios de una especie en particular, consiste en conocer que especies vegetales son las que más consumen, y de ser posible, como, cuando y de donde provienen. Por otro lado, dicho estudio provee información práctica y útil para el manejo de la misma; por ejemplo, si se llega a determinar que la especie de interés presenta una buena nutrición, ello se ve reflejado en una alta tasa de reproducción y resistencia a las enfermedades, con la consecuencia de obtener una población susceptible de ser aprovechada (Schemnitz, 1980).

El método utilizado para este trabajo se basó en la técnica microhistológica, la cual consiste en la identificación y cuantificación de tejidos epidérmicos vegetales presentes en las heces. La identificación de fragmentos vegetales en las heces es posible debido a la resistencia que ofrecen los tejidos epidérmicos ricos en lignina al proceso digestivo. La ventaja de utilizar heces es que usualmente están disponibles y en algunos casos abundantes, además, permiten establecer los hábitos alimentarios de una población sin necesidad de obtener ejemplares de animales muertos (Peña y Habib, 1980).

En virtud de las ventajas que el método de análisis fecal ofrece, y dado que se han realizado pruebas para conocer las capacidades de esta técnica, encontrando que el procedimiento de la misma presenta errores mínimos, en este trabajo fue utilizado para determinar los hábitos alimentarios del borrego cimarrón, discriminando entre las heces de machos y hembras (Ayala, 2000) para establecer si existen diferencias en los hábitos alimentarios de ambos sexos.

En este caso, las localidades de muestreo, así como los parámetros registrados durante el trabajo de campo fueron los mismos que los utilizados en la descripción de la dinámica reproductiva (Ayala, 2000), salvo que aquí se recolectaron ejemplares de

algunas muestras vegetales que se utilizaron para realizar las laminillas de la colección de referencia. Utilizándose las siguientes técnicas para la identificación de las especies más consumidas por el borrego cimarrón:

Microhistológica

- 1)** El material vegetal y las heces fueron deshidratados por medio de una secadora especial
- 2)** Una vez secadas las muestras, estas se molieron utilizando para ello una licuadora o bien un mortero de laboratorio
- 3)** Las muestras molidas de las plantas y las heces se mezclaron con agua destilada revolviéndose durante uno o dos minutos
- 4)** Posteriormente se tomo una alícuota de 2-4 centímetros cúbicos y se colocó en una caja petri con una solución comercial de clorales al 6% (NaHClO) durante un minuto
- 5)** Las muestras de las plantas y las heces se vertieron en un tamiz #120 y se lavaron en agua corriente con una manguera a presión

Montaje

- 1)** Los portaobjetos fueron etiquetados con los datos pertinentes para ambas muestras
- 2)** Las muestras se colocaron en cada portaobjetos sellándose con miel karo, colocada previamente en los cubreobjetos
- 3)** Las laminillas fueron expuestas a la flama de un mechero de alcohol durante unos minutos, moviéndolas horizontalmente, esto con el fin de acelerar el tiempo de secado de la misma

Colección de referencia

Una vez montadas las laminillas correspondientes al material vegetal (450 en total) se procedió a realizar un catalogo fotográfico de estructuras celulares tomando como base siete tipos de éstas: tricomas, tipos de células, drusas, cristales, estomas, haces vasculares y glándulas. La técnica microhistológica sugiere que para identificar una especie se deben reconocer al menos tres estructuras celulares. Bajo este criterio se decidió tomar al menos seis fotografías por especie vegetal, es decir, se fotografiaron por lo menos tres estructuras vegetales de cada una de las especies de la colección de referencia (laminillas del material vegetal) con aumentos del 10 y 40X.

Para tomar las fotografías se utilizó una cámara con un adaptador para microscopio y se usó un rollo de fotografía Kodak de 135 mm a color de asa 200 (permite la nitidez de la fotografía).

Análisis de las heces

A partir de la diferenciación de las muestras correspondientes a machos y hembras (Ayala, 2000) se analizaron un total de 64 grupos de heces, de las cuales se obtuvieron tres laminillas equivalentes a 60 campos en el microscopio. Montándose un total de 195 laminillas del material fecal. El análisis de las muestras se llevó a cabo comparando las estructuras celulares encontradas en las heces con las registradas en el catálogo fotográfico de estructuras celulares de la colección de referencia.

Una vez analizada la información generada a través del análisis microhistológico se obtuvo un catálogo que consta de 587 fotografías las cuales corresponden a un total de 90 especies. Este se dividió en dos partes: el área de pinos (correspondiente al Observatorio y Cerro El Picacho) y el área de los cañones, mismo que se encuentra organizado en orden alfabético con el nombre de cada una de las especies.

Se identificaron 72 especies vegetales como las más consumidas por el borrego cimarrón, sin embargo, 17 especies resultaron ser las más importantes por su consumo, siendo estas: *Ditaxis lanceolata*, *Bromus ciliatus*, *Ephedra nevadensis*, *Senecio spartioides*, *Galium wigginsii*, *Cardiospermum corindum*, *Eriodictyon angustifolium*, *Horsfordia newberryi*, *Pinus jeffreyi*, *Ceanothus greggii*, *Lotus aff. rigidus*, *Quercus peninsularis*, *Trixis californica*, *Salís exigua*, *Erioneuron pulchellum* y *Quercus aff. turbinella*. Por otro lado, las especies que resultaron menos consumidas por el borrego fueron: *Mimulus cardinalis*, *Keckiella anthirrinoides*, *Philadelphus microphyllus*, *Lupinus excubitus*, *Ambrosia dumosa*, *Rhus ovata*, *Stephanomeria sp.*, *Abies concolor*, *Caulanthus stenocarpus*, *Erigeron foliosum*, *Astragalus sp.*, *Arctostaphylos platyphylla*, *Monardella macranta*, *Fouqueria splendens*, *Allium fimbriatum*, *Heterotheca martirensis*, *Opuntia sp.*, *Paeonia californica* y *Ferocactus acanthodes*.

Las especies más importantes en hembras fueron *Ephedra nevadensis*, *Ditaxis lanceolata*, *Lotus aff. rigidus*, *Pinus jeffreyi*, *Cardiospermum corindum*, *Eriodictyon angustifolium* y *Bromus ciliatus*. Observándose que consumen preferentemente más

pastos y hierbas. En los machos se encontraron: *Quercus aff. turbinella*, *Ceanothus greggii*, *Ditaxis lanceolata*, *Ephedra nevadensis*, *Bromus ciliatus*, *Eriodictyon angustifolium*, *Pinus jeffreyi* y *Lotus aff. rigidus*. Consumiendo preferentemente arbustos.

En las especies de plantas más consumidas por el borrego cimarrón, de acuerdo a las formas de vida por temporada, es durante la primavera cuando prefieren los arbustos seguidos de los pastos, además de que se presentan todos los niveles establecidos para las formas de vida (pasto, hierba, arbusto, árbol y sufrutescente), con excepción de la suculenta. Durante el verano solo se presentaron tres formas de vida (pasto, hierba y árbol), de las cuales los pastos fueron los más consumidos por el borrego, quedando en segundo termino las hierbas. En otoño las preferencias por las hierbas fueron ligeramente mayores que por los pastos, y al igual que en la primavera se presentaron todas las formas de vida, excepto la suculenta. Es durante el invierno cuando los borregos prefieren las hierbas, seguidas por los árboles y las sufrutescentes. En esta estación también se encuentran presentes todas las formas de vida, menos las suculentas. De esta manera se pudo observar que machos y hembras consumen las mismas especies vegetales, pero difieren en el uso de éstas (Galindo, 2000).

V. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE SALUD

Las enfermedades son procesos naturales que pueden afectar drásticamente la sobrevivencia de la fauna silvestre, aunque comúnmente sus efectos son sutiles, persistentes y evidentes a largo plazo (Caughley y Sinclair, 1994; Yuill, 1986).

Existen diversas razones por las que el estudio de las enfermedades de las poblaciones silvestres es relevante para su conservación y manejo. Entre ellas se pueden mencionar: su importancia como parte del conocimiento integral de la biología de las especies, la preocupación por la perdida de recursos naturales que finalmente representan recursos alimenticios, recreativos, estéticos y económicos, y la posibilidad de que la fauna silvestre sirva como reservorio o vector de patógenos (productores y dispersores de enfermedades) que afectan a los animales silvestres y domésticos o incluso a la salud humana (Robinson y Bolen, 1989).

Las enfermedades adquieren una especial relevancia en el borrego cimarrón, donde la sobrevivencia de corderos y el potencial reproductivo son bajos (Geist, 1971; Lee, 1995; Turner y Hansen, 1980), su condición altamente gregaria y su congregación alrededor de recursos localizados como el agua en épocas críticas favorecen el contagio denso-dependiente de patógenos y la actividad de los machos al conectar subpoblaciones de hembras dispersas durante la reproducción, posiblemente facilitan la transmisión de enfermedades (DeForge y Scott, 1982; U. S. Fish and Wildlife Service, 1999).

Se han empleado distintos métodos para el estudio de las enfermedades, aunque indiscutiblemente las pruebas diagnósticas como hematología, química sanguínea y serología han sido las más utilizadas. La importancia de las mismas radica en la detección temprana de anomalías, frecuentemente mucho antes de que los impactos ambientales se tornen aparentes en términos del tamaño decreciente de las poblaciones. El análisis de los valores fisiológicos, hematológicos y de química sanguínea puede aportar información sobre el estado individual y del rebaño al momento de la captura, particularmente si se presentan problemas graves, y proporcionar apoyo para confirmar diagnósticos clínicos (Bunch *et al.*, 1980; Franzmann y Thorne, 1970). Estos valores también han sido usados para evaluar los métodos de captura existentes con la finalidad de recomendar el más seguro para el borrego (Jessup *et al.*, 1988; Kock *et al.*, 1987b).

Por ello, se evaluó el estado de salud de la población de borrego cimarrón, con la finalidad de analizar los valores hematológicos de química sanguínea y toxicología, así como determinar la presencia y exposición de patógenos selectos en la población. Para desarrollar este tópico, las muestras biológicas se obtuvieron de ejemplares capturados para un estudio de uso de hábitat por radio-telemetría. Se capturaron solo borregos adultos (mayores de un año de edad), basando esta elección en: 1) la utilidad de la información de salud acumulativa en la serología de los animales adultos, lo que permite conocer la historia de infecciones pasadas en los mismos y descartar aquellos resultados solo producto de anticuerpos maternos y 2) la menor resistencia de los corderos a las enfermedades, pudiendo tener mortalidades mayores y rápidas lo que dificultaría su detección en un muestreo temporalmente localizado. En total se capturaron diez borregos de los cuales siete fueron hembras y tres machos,

de edades comprendidas entre los 3 y 8 años. La mayoría fueron capturados entre los 700 y 1,750 m.s.n.m.

Se realizó el sexado de los animales y la determinación de su edad con base en el desarrollo de su cornamenta y en la secuencia de erupción, reemplazo y desgaste dental, en conjunto con su tamaño y otras características morfológicas del animal (Geist, 1966; Hansen y Deming, 1980; Mahon, 1975). Las muestras colectadas en cada borrego incluyeron sangre, mucosas nasales, heces fecales y ectoparásitos. Aunado a esto se realizó un examen físico general de cada organismo. Todos los análisis de laboratorio para cada una de las muestras y parámetros a conocer fueron realizados en distintos laboratorios e instituciones de Estados Unidos. Una vez analizadas las muestras tanto analítica como estadísticamente, los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

- 1)** El examen físico general sugirió que los borregos estaban en buenas condiciones de salud. No se hallaron evidencias de infección clínica activa. Se pudo descartar la presencia de sinusitis crónica y de sarna. Sin embargo, se encontraron garrapatas en las orejas y conductos auditivos en todos los borregos. En relación con el nivel de estrés producto de la captura, se observó que durante la manipulación de los animales estos presentaron signos de estrés de moderado a elevado.
- 2)** En la hematología, química sanguínea y toxicología los valores hematológicos se aproximaron a los valores normales y de manera general no revelaron problemas graves de salud. De manera similar, los valores obtenidos a partir de la química sanguínea no indicaron problemas evidentes de salud y fueron en general similares a los indicados como normales. Las diferencias más destacables de los valores de química sanguínea normales se pueden resumir en un incremento de ciertas enzimas séricas, hiperglucemia, hiperproteinemia asociada principalmente a un incremento de la concentración de globulina e hipercalcemia.
- 3)** En el análisis de los minerales traza se observó que el fósforo y el hierro fueron los que presentaron mayores variaciones entre individuos, mientras que el sodio y el zinc fueron los más constantes. Respecto a la presencia y exposición a patógenos selectos, el análisis serológico reveló una baja exposición de los organismos a los patógenos y la ausencia de respuestas inmunes activas evidentes. Se encontró exposición a seis de trece patógenos examinados, observando que el 90% de los organismos presentaron anticuerpos contra alguno de estos patógenos y que el 80% se trató de

individuos expuestos a más de un patógeno. Es importante mencionar que un 66.7% de los patógenos con evidencia serológica de exposición corresponde a patógenos con potencial zoonótico. Los títulos de anticuerpos obtenidos variaron desde títulos de sospecha para lengua azul hasta títulos mayores como *Chlamydia* y *Leptospira*, aunque ninguno fue suficientemente elevado para sugerir la presencia de infección activa. Los machos adultos fueron los que presentaron la menor exposición, mientras que las hembras parecieron estar más expuestas.

4) El análisis de las muestras fecales no reveló evidencias de endoparásitos en ninguno de los borregos examinados. Respecto a las bacterias, la totalidad de estas aisladas correspondió a bacterias aerobias debido al medio de cultivo empleado, siendo el 51.5% Gram positivas y el resto Gram negativas. El género *Bacillus* fue el más prevalente (90%), seguido de *Rhodococcus equi* (60%), *Enterobacter sp* (50%) y *Klebsiella pneumoniae* (40%). Cada individuo presentó en promedio tres especies de bacterias, siendo dos el mínimo y cuatro el máximo número registrado por animal.

5) En la determinación de la exposición de patógenos, se analizó el grado de exposición del borrego cimarrón en ambos sexos y clases de edad, siendo los patógenos los siguientes: lengua azul, parainfluenza-3, virus respiratorio sincitial bovino, enfermedad hemorrágica epizootica, ectima contagioso, *Leptospira*, fiebre Q, *Toxoplasma*, *Chlamydia* y *Pasteurella*. Las prevalencias del virus de la lengua azul y el virus de la enfermedad hemorrágica epizootica fueron parecidas a las registradas en otros trabajos, especialmente para la misma subespecie y la exposición del virus del ectima contagioso resultó intermedia. Los resultados más destacados corresponden a las prevalencias para *Toxoplasma gondii*, *Leptospira interrogans* y *Chlamydia psittaci* con respecto a las documentadas en otros trabajos. Llama la atención la ausencia de evidencias de exposición al virus de la parainfluenza-3, al virus respiratorio sincitial bovino, Fiebre Q y *Pasteurella sp* que en estudios en Baja California, Baja California Sur, Sonora y California han sido encontrados en porcentajes elevados.

A partir de esta información se concluyó que el examen físico general de los borregos no sugirió la presencia de ninguna condición aguda o crónica que pudiera afectar negativamente su comportamiento, reproducción o sobrevivencia, indicando un grupo aparentemente saludable de animales. Los valores sanguíneos de este estudio resultaron similares a los registrados para borregos silvestres y domésticos. Por otro lado, la exposición a patógenos fue limitada y no se halló evidencia física o serológica de infección clínica activa. Los patógenos encontrados, a excepción del

virus de la lengua azul, no han sido relacionados con problemas graves de salud por si mismos, sin embargo contribuyen a infecciones secundarias, fracasos reproductivos y desnutrición, los cuales no se han documentado en la zona de estudio. Los datos presentados sugieren que probablemente la salud de la fracción adulta de la población de borrego cimarrón de la sierra con relación a las enfermedades analizadas fue buena para la temporada estudiada. Sin embargo, se deben interpretar los resultados con cautela debido a la presencia de exposiciones múltiples para distintos patógenos y la posibilidad de mantenimiento enzoótico de las enfermedades a través de reservorios animales, tanto silvestres como domésticos de los patógenos. Aunque actualmente las enfermedades no parecen presentar una amenaza seria para la población de borrego cimarrón, estas pueden hacerse evidentes durante los periodos de estrés como niveles poblacionales aumentados o disminuidos, actividad reproductiva, baja disponibilidad de nutrientes y severidad climática. La prevalencia de los patógenos en este estudio sólo sugiere que el potencial para la ocurrencia de enfermedades existe y por lo tanto el borrego sigue siendo vulnerable (Colodner, 2001).

VI. EVALUACIÓN DEL HÁBITAT Y SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Para el borrego cimarrón, como para otros organismos, las características del hábitat, determinan la presencia y en gran medida, la dinámica de sus poblaciones. Así un hábitat que posee los elementos favorables para reproducción, alimentación, cobertura y dispersión en el espacio y tiempo, garantiza la persistencia de las especies que lo utilizan (Wakelyn y Miller, 1990). Para muchas especies de vida silvestre, la mayor parte del rango original de su hábitat, ha sido destruido y una pequeña porción se mantiene protegida. Adicionalmente a esa destrucción, los hábitat que inicialmente ocupaban grandes áreas, están siendo divididos en pequeñas porciones por caminos, pueblos y diversas actividades humanas (Primack, 1995; Saunders *et al.*, 1991).

El borrego cimarrón se encuentra en regiones de desierto cálido del suroeste de Estados Unidos y del noroeste de México. El terreno es agreste, rocoso e interrumpido por cañones. En toda su área de distribución hay zonas abruptas, con montañas bajas, ricos y pies de ladera interrumpidos (Monson y Sumner, 1980).

También se encuentra en bosques de coníferas y en áreas de transición (Robinson y Crondmiller, 1954).

De esta manera, la diversidad de elementos que definen el hábitat del borrego cimarrón, puede ser diferente a través de su rango de distribución, esto es debido principalmente a las diferencias de vegetación y clima entre las regiones, lo que origina por ejemplo, que en la literatura suelen identificarse 2 razas de borregos, de acuerdo a las características del hábitat donde viven, el borrego de las montañas y el borrego del desierto, esté último dividido en 7 regiones (Monson, 1980). Sin embargo, lo anterior quedaría muy ambiguo al referirnos a la Sierra San Pedro Mártir, ya que la población que ahí encontramos, podría comportarse como una mezcla de ambas razas de borrego, debido a lo particular y heterogéneo del hábitat (Montoya, 1998). Hansen *en* Monson (1980), define el hábitat del borrego en Baja California como Desierto Montañoso y define el término desierto así: "Cualitativamente como terreno seco, cubierto de arbustos con mucho suelo expuesto; Cuantitativamente como una región que recibe menos de 25 cm de precipitación anual. En este gran bioma, existen una multitud de microhábitats, que son resultado de una gran variedad de comunidades de plantas y animales, determinadas por factores como la variación en el suelo, la topografía, la temperatura y la precipitación". Teniendo lo anterior como antecedente, es entonces necesario realizar los estudios de hábitat, a un nivel más fino, que nos permita conocer cuales elementos lo componen y tienen mayor importancia para determinar la presencia del borrego.

Para conocer este punto se evaluó el hábitat del borrego cimarrón, realizando muestreos y transectos desde el pie de ladera sobre los 500 m.s.n.m del lado este hasta los 2,800 m.s.n.m del lado oeste, ubicando las zonas que cumplieran con las características del hábitat del borrego y registrando los lugares con evidencias de animales. Para la caracterización del hábitat se utilizó el método de líneas de Canfiel. También se tomaron datos como: porcentaje del ángulo de inclinación, temperatura, tipo de suelo. En cada transecto se estableció la formación vegetal correspondiente: bosque, matorral, matorral xerófilo y ecotono.

Con la información obtenida de los transectos, se hizo una separación de la zona evaluada, en áreas diferenciadas según su altitud. Los criterios utilizados para establecer los rangos de altitud de cada área fueron, la pendiente, predregosidad,

cobertura y frecuencia de árboles, arbustos y hierbas en cada transecto. Se determinaron los elementos estructurales del hábitat más importantes para el borrego considerando factores como altitud, pendiente, pedregosidad, y cobertura vegetal; se identificaron las perturbaciones, mismas que se identificaron durante el recorrido a pie en la sierra, considerando como perturbación todo aquel evento natural o actividad antropogénica que causara algún cambio en el sistema.

Del análisis de la información se obtuvo que en la caracterización del hábitat e identificación de las áreas se establecieron 5 diferentes tipos de hábitats (TH), separados por rangos de altitud. En la determinación de los elementos estructurales del hábitat más importantes para el borrego cimarrón, de manera general para todos los TH, la altura, la pendiente, la pedregosidad y la cobertura fueron los factores o elementos que explicaron la presencia del borrego en toda la sierra. En específico para cada TH, los elementos más importantes para el borrego fueron:

- a)** En el TH 2 la pedregosidad fue el factor que explico mayormente la presencia de las evidencias de borregos en la zona (34.7%), seguida de la pendiente con 26.63%.
- b)** En el TH 3, la cobertura fue el elemento que más explico con un 47.28%, seguido por la interacción pedregosidad/cobertura (25.18%).
- c)** La pendiente fue el factor más importante para el TH 4 (80.62%).
- d)** En el TH 5 la pedregosidad fue el factor más importante (45.92%), seguido por la pendiente con 41.17%.

Una vez realizada la evaluación del hábitat, se analizaron los componentes del mismo utilizando la información ya anteriormente generada, misma que se integro en un sistema de información geográfica, para conocer el uso espacial y temporal del hábitat de la población, involucrando diversos factores bióticos y abióticos. Los criterios utilizados para delimitar el área de estudio fueron: 1) incluir las zonas donde se tenían evidencias de la presencia del borrego, es decir, la zona comprendida del parteaguas regional de la Sierra hacia la vertiente este (del Golfo de California), hasta los 500 m.s.n.m, y del parteaguas hacia la vertiente oeste, 2) todos los sitios que se incluyen, se conocían previamente y se podían acceder con facilidad, 3) el límite sur de la zona, se ubicó cerca del sitio conocido como Cañón El Carrizo, de acuerdo a la carta topográfica 1:250,000 ("Lázaro Cárdenas", H11 5-6), ahí las curvas de nivel muestran que la altitud cambia suavemente y se encuentra una dominancia de

topoformas tipo meseta, lo que indica una pérdida de la continuidad del terreno, que caracteriza el macizo montañoso de la Sierra San Pedro Mártir.

Los resultados de la información recabada arrojaron lo siguiente:

- 1)** Se obtuvo un total de 576 evidencias de las cuales 15 correspondieron a avistamientos, 10 a captura de individuos y 551 a grupos de excretas diferenciadas por sexo.
- 2)** Las áreas con mayor probabilidad de ocurrencia de borrego fueron las localizadas del parteaguas hacia el oeste de la sierra, donde se encuentran los bosques de coníferas, algunas áreas del sur de la sierra y otras más en la sierra de San Felipe.
- 3)** El análisis detallado de las imágenes arrojó que la zona de los cañones también presenta una alta probabilidad de ocurrencia de borrego.
- 4)** Se encontró que no hay una preferencia entre sexos hacia una variable de hábitat específica. Sin embargo se aprecia que en ambos sexos, dada una variable de hábitat, existe preferencia por algunos de los niveles de esta variable, así por ejemplo se encuentra que ambos sexos tienen preferencia por vegetación de matorral rosetófilo y bosque de coníferas.
- 5)** De acuerdo a las evidencias proporcionadas se clasificaron 8 grupos de animales, de los cuales los primeros cinco pertenecen a la temporada húmeda (de octubre a marzo) y tres a la temporada seca (de abril a septiembre). La mayor parte de los grupos se presentaron en la vegetación de tipo matorral rosetófilo y bosque de coníferas. Se identificaron grupos familiares, de pre-ruta, post-ruta, reproductivo, de ruta y solitario.

De lo anterior se obtiene que el hábitat de la Sierra San Pedro Mártir se caracteriza por ser un ambiente naturalmente heterogéneo, que le provee al borrego diversos elementos estructurales, los cuales van a permitir mantener la salud de la población. Por lo cual es importante conservar esta heterogeneidad ambiental, manteniendo los procesos naturales que se dan en esta sierra, como los incendios. Por otro lado, la importancia del hábitat de la sierra, no solo se da a nivel local, sino también a nivel regional, por presentar características distintas a las demás sierras de todo el sistema orográfico de Baja California. Siendo la altitud, pendiente, cobertura, pedregosidad y la combinación de estos, los factores que determinaron la presencia de las evidencias de borrego cimarrón. El fuego fue la única perturbación observada que afecta la estructura del hábitat del borrego cimarrón, sin embargo, esta parece

tener un efecto positivo sobre la población. Concluyendo que la zonas de los cañones (entre el parteaguas y el desierto), resultaron ser las más importantes para la conservación de los grupos de borregos en la sierra, debido a que presentan una gran oferta ambiental y son zonas de difícil acceso para el humano (Montoya, 1998; Eaton, 2002).