

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS



MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS
DE ZONAS ÁRIDAS

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
Que para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta:

MARIANA MONTOYA LIZÁRRAGA



Ensenada, Baja California, México

Junio, 1998

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS

MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS
DE ZONAS ÁRIDAS

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
Que para obtener el Grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta:

MARIANA MONTOYA LIZÁRRAGA

Ensenada, Baja California, México

Junio, 1998

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS

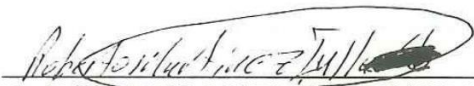
EVALUACIÓN DEL HÁBITAT DEL BORREGO CIMARRÓN
(*Ovis canadensis cremnobates* Elliot, 1903) CON FINES DE MANEJO EN
LA SIERRA SAN PEDRO MÁRTIR, BAJA CALIFORNIA - MÉXICO

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS

PRESENTA

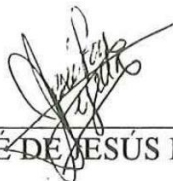
MARIANA MONTOYA LIZÁRRAGA

Aprobado por:


Dr. ROBERTO MARTÍNEZ GALLARDO
DIRECTOR


M.C. JORGE ALANIZ GARCÍA


M.C. JUANA CLAUDIA LEYVA AGUILERA


M.C. JOSÉ DE JESÚS LARA TEJEDA


M.C. WALTER RAÚL ZUÑIGA CASTILLO

Ensenada, Baja California, México

Junio, 1998

A Jorge, por su amor y por
hacer que todo sea más fácil

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer el cariño, apoyo y comprensión que siempre he recibido de mis padres, hermanos y de toda mi familia, sobre todo con esta tesis; a Elsa y Gaby por siempre estar cerca de mí, a pesar de estar tan lejos.

Gracias a mi director de tesis, Dr. Roberto Martínez Gallardo, que me apoyó y compartió conmigo la elaboración del proyecto, la fase de campo, de gabinete y el reto de estudiar a este enigmático animal. Gracias por sus consejos y asesoría, por toda la información proporcionada y por su paciencia.

A mis compañeros de estudios de maestría: Luis Carlos Bravo, Sergio Sánchez y José Díaz, por su amistad, y por hacerme pasar dos años inolvidables. También les agradezco a mis demás compañeros por todo el apoyo que siempre me brindaron. A Fausto Santiago, por su ayuda con la parte de cómputo.

A mis asesores de tesis: M.C. Jorge Alaniz, M.C. Jesús Lara, M.C. Claudia Leyva y M.C. Walter Zuñiga, por la revisión y comentarios del documento final.

Un agradecimiento especial al M.C. Walter Zuñiga, por su apoyo constante desde un principio, por su asesoría con los mapas de este trabajo, y por proporcionarme toda la información que necesité. Gracias por sus consejos y amistad.

A los tesisistas de licenciatura del Programa de borrego cimarrón, Sonia Ayala, Edith Galindo, Ricardo Eaton, Eva Salmón, Isabel Ponce y Marta Rodríguez, y al M.C. Jorge Alaniz, por compartir la difícil tarea del trabajo de campo. También agradezco al tesisista Víctor Anguiano y al estudiante de biología Nicolás Pérez, quienes en algunas ocasiones nos acompañaron a la sierra.

Agradezco a la Dra. Ileana Espejel, por brindarme la información bibliográfica que necesité para este trabajo. Así mismo, a la M.C. Gisela Heckel por proporcionarme fotos de

borrego cimarrón en la sierra San Pedro Mártir y al Biólogo Martín Escoto por su información acerca de la sierra.

Al Dr. José Delgadillo, por identificar el material vegetal colectado San Pedro Mártir.

A la Dirección General de Investigación y Posgrado por el apoyo financiero al proyecto "Determinación del Impacto antropogénico ejercido sobre el hábitat del borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*, Elliot, 1903) en la sierra San Pedro Mártir, Baja California, México" (Proyecto # 1262). Este apoyo hizo posible el trabajo de campo.

Gracias al Proyecto: Indices de peligro y modelos de simulación en el sistema de información geográfica para la prevención y control de incendios forestales (Clave CONACYT: 4150PN9907), a su responsable M.C. Jorge I. Sepúlveda Betancourt (INIFAP), por su apoyo financiero para el trabajo de campo, por la información meteorológica que nos brindó, y por proporcionarnos toda la información cartográfica y de incendios.

Al Proyecto: Evaluación de Recursos Naturales en relación con las actividades productivas de la región San Quintín y a su responsable M.C. Raúl Venegas Cardoso, de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Baja California, por su ayuda con el programa IDRISI, y por proporcionarme el modelo numérico de terreno de la sierra San Pedro Mártir, escala 1:250,000 (INEGI), que permitió generar el modelo de estimación de probabilidades de ocurrencia de borrego.

Agradezco al Servicio de Caza y Pesca de los Estados Unidos (FWS-SEMARNAP: 14-48-0009-96-1264), por su apoyo.

A la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California, por el apoyo con los vehículos para el trabajo de campo.

SECRETARIA DE RELACIONES EXTERIORES

**ESTA TESIS CORRESPONDE A LOS ESTUDIOS
REALIZADOS CON UNA BECA OTORGADA POR EL
GOBIERNO DE MEXICO, POR MEDIO DE LA
SECRETARIA DE RELACIONES EXTERIORES, EN EL
PROGRAMA DE INTERCAMBIO CULTURAL Y
EDUCATIVO (PICE)**

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

JUNIO DE 1998

RESUMEN

EVALUACIÓN DEL HÁBITAT DEL BORREGO CIMARRÓN (*Ovis canadensis cremnobates* Elliot, 1903) EN LA SIERRA SAN PEDRO MÁRTIR, BAJACALIFORNIA - MÉXICO

Entre los meses de noviembre de 1997 y abril de 1998, se hizo una evaluación del hábitat del borrego cimarrón en la sierra San Pedro Mártir, ubicada en la Cordillera noroccidental de la Península de Baja California. La población del borrego cimarrón, especie de importancia económica, ha disminuido en los últimos años en Baja California. Algunas de las causas son la cacería furtiva, el incremento de ranchos ganaderos y la perturbación de su hábitat, del cual hay escasa información. El objetivo de este estudio fue identificar los impactos en el área y conocer de qué manera afectan la estructura del hábitat; asimismo, identificar los principales elementos estructurales del hábitat del borrego. Se encontró que el fuego es la única perturbación en San Pedro Mártir que afecta la estructura del hábitat. Esta perturbación natural crea un ambiente heterogéneo, con lo cual el borrego tiene una mayor oferta de condiciones de hábitat, que van a contribuir a su sobrevivencia. Otras perturbaciones identificadas fueron la ganadería, cercas, actividad de carros motorizadas y mantenimiento de infraestructura, las cuales no afectan la estructura del hábitat, pero sí otros elementos que pueden estar impactando directamente a las poblaciones de borrego cimarrón en el área. En la identificación de los principales elementos estructurales del hábitat que determinan la presencia de borregos en el lugar, se utilizó un modelo lineal generalizado, ligado a una función logarítmica, considerando una distribución del error de tipo Poisson. Se obtuvo una división de la sierra en 5 variaciones del hábitat (TH), según rangos de altitud (TH1:0-550m.; TH2:550-700m.; TH3:700-1500m.; TH4:1500-2500m.; TH5:2500-3000m). En cada TH se encontraron los elementos estructurales más importantes. A nivel general de toda la sierra, la presencia de evidencias del borrego está determinada en un 41.60% por la altitud. En el TH1 no se encontraron evidencias. Para el TH2, la pedregosidad explica en un 34.7% la presencia de las evidencias, en el TH3, la cobertura explica el 47.28%, en el TH4, el 80.62% lo explica la pendiente y la pedregosidad explica en un 45.92% la presencia de evidencias del borrego en el TH5. En el caso en que las diferencias entre los niveles de cada elemento fueron significativamente diferentes, se determinó el rango del elemento estructural en los que se encontraron la mayoría de las evidencias. Es así como en el TH2, se encontraron en pendientes mayores a 27° y pedregosidad menor al 30%. En el TH3, en coberturas menores al 40%. En el TH4, en pendientes mayores a 27° y en el TH5, menores a 54°, la pedregosidad menor al 60%. También se calculó la probabilidad de ocurrencia del borrego en áreas de 100 km². Se llegó a la conclusión, que la sierra San Pedro Mártir es un hábitat de vital importancia para el manejo del borrego cimarrón a nivel local y regional, por su heterogeneidad y por presentar características únicas, respecto a todo el sistema de sierras de Baja California y que es importante que el manejo del borrego se de a una escala mayor, considerando a las poblaciones de borrego como una metapoblación.

ABSTRACT

BIGHORN SHEEP (*Ovis canadensis cremnobates* Elliot, 1903) HABITAT STUDY WITH MANAGEMENT INTENTIONS IN SIERRA SAN PEDRO MARTIR, BAJA CALIFORNIA – MEXICO

A bighorn sheep habitat study was done between November of 1997 and April 1998 in sierra San Pedro Martir. It is located north of the northeastern cordillera of Baja California Peninsula. The bighorn sheep population (*Ovis canadensis cremnobates*), a species of economic importance, has decreased in the last years in Baja California. Some of the causes for the decrease include poaching, increase of cattle ranch and the perturbation of this species habitat, where there is lack of information. The objective of this study was to identify the impacts in the studied area and to learn how they affect the habitat structure, likewise to identify the main structural habitat factors of the bighorn. The San Pedro Martir habitat presented fire as the only cause for the perturbation that affects the habitat structure. It seems that this natural perturbation has a positive impact for the habitat, since it is creating a heterogeneous environment which offer the bighorn greater habitat conditions that contribute to his survival. Other identified perturbations were cattle, fences, cars movements and infrastructure maintenance, which have no effect over the habitat structure, but they do have a negative impact over others elements that may affect directly the bighorn population. A characterization of San Pedro Martir was done in the present study, and the main structural habitat elements that determine the presence of the bighorn were identified. For this purpose, a generalized linear model linked to a logarithmic function considering a Poisson distribution for the error was used. A five habitat types (TH) division of the sierra was obtained, divided by height ranges (TH1: 0-500m; TH2: 550-700m; TH3: 700-1500m; TH4: 1500-2500m; TH5: 2500-3000m). The most important structural elements for each habitat type were found. In general, in the sierra, the presence of bighorn evidence is determined 41.60% by the altitude. In the TH2, the rockiness explained the 34.7% of the evidence presence. In the TH3, the vegetal cover explained the 47.28%, in the TH4, the slope explained the 80.62% and in the TH5 the rockiness explained the 47.28% of the presence of the evidence. In case where the differences between the factor classes were significantly different, the range of structural element was determined where most of the evidence was found. Therefore, in the TH2, the evidence was found in slopes greater than 27° and the rockiness less than 30%. The vegetal cover in TH3 is also less than 40%. In TH4, the slope was greater than 27°, but less than 54° in TH5. The rockiness is less than 60%. The probability of bighorn presence was also estimated in areas of 100 km². In conclusion, San Pedro Martir is a habitat of vital importance for the bighorn management in both local and regional level, due to its heterogeneity and for presenting unique characteristics of the whole Baja California mountains system. It is also important to manage the bighorn with a greater scale, considering the bighorn population as a metapopulation.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
2.1. Pérdida de Hábitat.-.....	3
2.2. Hábitat del borrego cimarrón.-.....	8
2.3. Uso del Hábitat.-.....	11
2.4. Perturbaciones sobre el hábitat del borrego cimarrón.-.....	14
III. OBJETIVOS.....	17
3.1. Objetivo General.-.....	17
3.2. Objetivos Particulares.-.....	17
IV. AREA DE ESTUDIO.....	18
4.1. Descripción Física de la sierra.-.....	18
4.2. Hidrología.-.....	21
4.3. Clima.-.....	21
4.4. Vegetación.-.....	22
4.5. Incendios.-.....	24
4.6. Uso del Suelo.-.....	25
V. MÉTODO.....	27
5.1. Evidencias de borrego cimarrón.-.....	28
5.2. Caracterización del hábitat.-.....	28
5.3. Identificación de áreas.-.....	29
5.4. Determinación de los elementos estructurales del hábitat más importantes para el borrego cimarrón.-.....	30
5.5. Identificación de perturbaciones.-.....	32
5.6. Perturbación del hábitat y del borrego cimarrón.-.....	32
5.7. Probabilidad de ocurrencia de borrego cimarrón.-.....	33
VI. RESULTADOS.....	35
6.1. Evidencias de borrego cimarrón.-.....	35
6.2. Caracterización del hábitat e identificación de áreas en la Sierra San Pedro Mártir (SSPM).-.....	37
6.3. Determinación de los elementos estructurales del hábitat más importantes para el borrego cimarrón.-.....	40
6.4. Identificación de fuentes de perturbación presentes en el área de estudio.-.....	48

6.5. Determinación del impacto de las perturbaciones sobre el hábitat del borrego cimarrón en la Sierra San Pedro Mártir.-.....	48
6.5.1. Ganadería.....	49
6.5.2. Fuego.....	49
6.5.3. Basura.....	50
6.5.4. Actividad de mantenimiento.....	50
6.5.5. Actividad de carros.....	50
6.5.6. Cercas.....	51
6.6. Probabilidad de ocurrencia de borrego cimarrón.....	51
VII. DISCUSIÓN.....	56
7.1. Evidencias de borrego cimarrón.-.....	56
7.2. Caracterización del hábitat en la Sierra San Pedro Mártir (SSPM).-.....	57
7.3. Determinación de los elementos estructurales del hábitat más importantes para el borrego cimarrón.-.....	67
7.4. Determinación de la perturbación sobre el hábitat del borrego cimarrón en la Sierra San Pedro Mártir (SSPM).-.....	71
7.4.1. Ganadería.....	71
7.4.2. Fuego.....	72
7.4.3. Cercas.....	75
7.4.4. Cacería.....	75
7.5. Probabilidad de ocurrencia de borrego cimarrón en SSPM.-.....	77
7.6. Sobre el método y su aplicación en manejo.....	78
VIII. CONCLUSIONES.....	83
IX. RECOMENDACIONES.....	85
X. LITERATURA CITADA.....	87
ANEXO.....	95
I. Formato de registro de datos de campo.....	96

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Orografía de Baja California, México.....	19
Figura 2.- Area de estudio: Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.....	20
Figura 3.- Localidades muestreadas en la sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.....	36
Figura 4.- Mapa de tipos de hábitat en Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.....	52
Figura 5.- Mapa de clases y ubicación de cuadros de 100 km ² donde se calculó la probabilidad de ocurrencia de borrego cimarrón Sierra San Pedro Mártir.....	53
Figura 6.- Tipo de hábitat 1 (TH1). Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.....	59
Figura 7.- Tipo de hábitat 2 (TH2). Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.....	59
Figura 8.- Tipo de hábitat 3 (TH3). Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.....	60
Figura 9.- Tipo de hábitat 4 (TH4). Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.....	60
Figura 10.- Tipo de hábitat 5 (TH5). Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.....	61
Figura 11.- Borregos cimarrones en un ambiente desértico. Baja California, México.....	61
Figura 12.- Borregos cimarrones en bosque de pino. Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.....	65
Figura 13.- Incendio. Perturbación encontrada en la sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.....	76
Figura 14.- Cercas. Perturbación encontrada en la sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.....	76

INDICE DE TABLAS

Tabla I.- No. de transectos realizados por localidad.....	35
Tabla II.- Tipos de hábitats identificados.....	37
Tabla III.- Valores máximos y mínimos de factores bióticos y abióticos considerados para la separación de áreas.....	40
Tabla IV.- Clases establecidas para los factores a considerar en el GLIM.....	41
Tabla V.- Porcentaje de explicación de la devianza total por factores en la SSPM.....	42
Tabla VI.- Devianza total y porcentaje de explicación de cada factor e interacciones para el TH 2.....	43
Tabla VII.- Devianza total y porcentaje de explicación de cada factor e interacciones para el TH 3.....	43
Tabla VIII.- Devianza total y porcentaje de explicación de cada factor e interacciones para el TH 4.....	44
Tabla IX.- Devianza total y porcentaje de explicación de cada factor e interacciones para el TH 5.....	45
Tabla X.- Diferencias entre las clases de los factores en cada TH y en toda la SSPM.....	46
Tabla XI.- Número de evidencias de borrego cimarrón por clase de cada factor en los TH y SSPM.....	47
Tabla XII.- Rango del factor que explica en mayor proporción la presencia del borrego cimarrón en los diferentes lugares.....	47
Tabla XIII.- Fuentes de perturbación en la sierra San Pedro Mártir.....	48
Tabla XIV.- Clases del mapa resultante de la clasificación cruzada entre mapas de TH y pendientes.....	54
Tabla XV.- Probabilidad de ocurrencia del borrego cimarrón en áreas de 100 km ² en la sierra San Pedro Mártir.....	55

I. INTRODUCCIÓN

El borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) constituye una de las especies de fauna silvestre de mayor importancia económica del noroeste de México. De las tres subespecies de borregos del desierto que actualmente se distribuyen en México, *Ovis canadensis mexicana* (en Sonora), *O.c.cremnobates* (en Baja California) y *O.c.weemsi* (en Baja California Sur), *cremnobates* es la que se encuentra en el Estado de Baja California (Monson, 1980). La población de borrego cimarrón está sufriendo una disminución de su tamaño por la cacería clandestina, por competencia con ganado doméstico, y por la pérdida de su hábitat, principalmente (Wakelyn, L., 1987).

En estudios realizados fuera de Baja California, se ha visto que los cambios en la estructura del hábitat, influyen considerablemente sobre la presencia del borrego, y que la modificación de las características de dicho hábitat puede ser determinante para la población (Wakelyn, L., 1987). La perturbación natural como los incendios, puede cambiar la estructura del hábitat, con lo cual se tiene un efecto sobre la población. Estudios realizados sobre el hábitat del borrego muestran que no sólo las características de éste determinan la presencia o ausencia de borrego, sino que existen otros factores que lo pueden estar afectando. La perturbación humana, por ejemplo, es un factor determinante en la presencia del borrego, e incluso según la intensidad de la perturbación puede alterar los patrones de comportamiento del borrego (Etchberger, R., et al., 1989). Sin embargo, a pesar de la importancia del hábitat y de sus características estructurales en la presencia y permanencia del borrego, casi no existe información al respecto en Baja California y menos aun, se tiene un método sistemático de evaluación de dicho hábitat.

Actualmente se quiere aprovechar al borrego cimarrón en Baja California por medio

de Unidades para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de Vida Silvestre (UMA), pero hasta el momento no se ha presentado un método sistemático de evaluación del hábitat. Se sabe que el hábitat del borrego cimarrón en Baja California, es muy heterogéneo, ya que presenta diferentes sierras con características distintas entre si. El borrego se encuentra en todo este gran sistema de sierras del estado y es muy importante que los diferentes estudios que se hagan en el futuro en las distintas áreas de cada UMA, sean comparables entre si, para poder hacer un manejo adecuado del borrego y de su hábitat. Es por esto que en el presente trabajo se muestra un método de evaluación y caracterización del hábitat, el cual puede ser aplicado en diferentes lugares y los resultados van a poder ser comparados entre si. Este método permite caracterizar el hábitat, identificar los elementos estructurales del hábitat que determinan la presencia del borrego en el área y permite además identificar las fuentes de perturbación existentes en el lugar. A través de este método también se calcularon las probabilidades de ocurrencia del borrego en diferentes áreas establecidas de manera aleatoria en la Sierra San Pedro Mártir. Estas probabilidades se podrían calcular en cualquier otra sierra donde se aplicara este método.

Con el presente trabajo se pretende aportar información sobre el hábitat de San Pedro Mártir -sus características y perturbaciones presentes en el área de estudio- y mostrar un método sistemático que puede ser utilizado por las UMA que quieran aprovechar al borrego cimarrón, e incluso otra fauna del lugar.

II. ANTECEDENTES

2.1. Pérdida de Hábitat.-

Los ecosistemas naturales, sean estructuralmente simples o complejos, son el producto de una larga historia de coevolución de sus constituyentes plantas y animales (May, 1974). Todo esto ha originado una gran diversidad biológica. Los grupos más avanzados de organismos alcanzaron su máxima diversidad hace aproximadamente 30,000 años. Sin embargo, esta diversidad ha comenzado a disminuir desde que las poblaciones humanas comenzaron a crecer (Primack, 1995).

Mantener un ambiente saludable significa preservar todos sus componentes - ecosistemas, comunidades y especies - en buenas condiciones; pero perturbaciones masivas ocasionadas por los humanos han alterado, degradado y destruido el paisaje en una gran escala, llevando a las especies, incluso a comunidades, hasta el punto de la extinción. El aspecto más serio del daño ambiental es la extinción de especies. Los biólogos conservacionistas, para preservar estas especies, han tenido que identificar las actividades humanas que afectan la estabilidad de sus poblaciones y determinar también los factores que las hacen vulnerables a la extinción. Las mayores amenazas para la diversidad biológica, que resultan de las actividades humanas, son la destrucción, fragmentación y degradación del hábitat, la sobreexplotación de especies para uso humano, introducción de especies exóticas y la diseminación de enfermedades (Primack, 1995; Glenn, 1989; Groombridge, 1992; Saunders, *et.al.*, 1991, Mace and Lande, 1990; Swanson, 1992). En muchas ocasiones, las causas de la destrucción del hábitat son las actividades industriales y comerciales, como la minería, ranchos ganaderos y plantaciones agrícolas, entre otros (Primack, 1995). Es importante tener en cuenta, que todos estos factores de extinción pueden tener efectos

acumulativos, por eso la necesidad de considerar también sus interacciones (Mace and Lande, 1990).

Para muchas especies de vida silvestre, la mayor parte del rango original de su hábitat, ha sido destruido y una muy pequeña porción se mantiene protegida. Adicionalmente a esta destrucción, los hábitats que inicialmente ocupaban grandes áreas, están siendo divididos en pequeñas porciones por caminos, pueblos y por otras diversas actividades humanas. A esto se le conoce como fragmentación del hábitat (Primack, 1995; Saunders, *et.al.*, 1991).

La fragmentación del hábitat es el proceso por el cual, una área continua de hábitat es reducida en tamaño y dividida en dos o más fragmentos. Estos fragmentos o parches, son áreas relativamente homogéneas que están generalmente aisladas unas de otras por un paisaje altamente modificado o degradado, o están rodeadas por una llamada matriz, que consta de una vegetación diferente o que tiene un uso del suelo diferente al de los fragmentos o parches (Forman, 1995; Lord and Norton, 1990; Saunders, *et.al.*, 1991; Shafer, 1990; Wilcove, *et.al.*, 1986). Dicha fragmentación es una consecuencia común de las actividades antropogénicas (Solbrig, 1992).

La mayoría de ecosistemas naturales son mosaicos de condiciones ambientales, heterogeneidad que surge como consecuencia de las perturbaciones que operan en la escala temporal y espacial, y no sólo por actividades antropogénicas. Las perturbaciones, típicamente causan un mosaico de varios estados sucesionales, mientras las irregularidades naturales, imponen variaciones en las condiciones de clímax en un sitio en particular. Este es el proceso típico, por el cual los bosques maduros - por ejemplo- se fragmentan en parches remanentes. Las perturbaciones también afectan el tamaño de los parches, generalmente incrementando el tamaño de los parches más jóvenes y reduciendo el tamaño

de los más viejos. La perturbación resulta en una liberación de nutrientes, luz, humedad y espacio, lo que deja espacio disponible para crecimiento de especies nuevas o ya existentes. Es por esto, que la perturbación y la fragmentación, pueden crear bordes, islas, anillos, penínsulas, o cualquier otro tipo de parche que no sirve para comunicar especies de interior, sin embargo, pueden beneficiar a especies de borde o de estados sucesionales jóvenes. El borde puede ser entendido, como la porción de un ecosistema cerca a su perímetro, donde las influencias de los alrededores previenen el desarrollo de las condiciones ambientales del interior. En general, el número y configuración de los parches, y sus cambios a lo largo del tiempo, van a depender de las condiciones de la perturbación. (Averill, *et.al*, 1994; Boyce, *et.al*, 1997; Forman, 1995; Hobbs and Huenneke, 1992; Karr and Freemark, 1985; Morrison *et.al.*, 1993).

Los impactos directos de la perturbación sobre las poblaciones de fauna varían ampliamente. Cabe mencionar, que en entre los términos perturbación y disturbio hay una gran confusión. La terminología utilizada por algunos autores, visualiza la perturbación como el efecto de un disturbio (causa) sobre un sistema o componente ecológico (Escofet, 1989). En este trabajo se considera a la perturbación como el agente generador de cambio en el sistema y el impacto es el efecto de la perturbación.

Los efectos inmediatos de los eventos de perturbación en la fauna, son repentinos y algunas veces son modificaciones drásticas del hábitat y microclima. Las perturbaciones proveen de cambios en el hábitat, que va a favorecer a unas especies más que a otras y generalmente se incrementa la diversidad (Averill, *et.al*, 1994). Según Karr y Freemark (1985), las perturbaciones pueden estimular a los vertebrados a cambiar fisiológicamente (aclimatación), el comportamiento, o a cambiar ecológicamente (alimentarse en otro lugar), entre otros. A nivel de la población, los atributos como densidad, distribución espacial, tasa

de mortalidad, tasa de natalidad, genética y probabilidades de extinción, pueden cambiar. También se pueden dar cambios a nivel de comunidades y ecosistemas.

Los ecosistemas en la Tierra, nunca han sido iguales a lo largo de la historia. Perturbaciones naturales como fuego, tormentas, epidemias, sequías e inundaciones, se dan en todas partes y en muchos casos son críticos para mantener los procesos claves en los ecosistemas. La recurrencia de la perturbación y la posterior recuperación de los ecosistemas, es un mecanismo importante para mantener el flujo de energía y el ciclo de los nutrientes, y para mantener la edad, especies, genética y diversidad estructural, todos ellos, atributos de un ecosistema saludable. Las perturbaciones, cambian los regímenes del flujo de energía y de nutrientes en un paisaje, pudiendo incrementar o disminuir un flujo en particular, dependiendo de la perturbación (Averill, *et.al*, 1994; Boyce, *et.al*, 1997; Forman, 1995; Hobbs and Huenneke, 1992; Morrison *et.al.*, 1993). Averill y colaboradores (1994), fundamentados en la teoría del no-equilibrio, mencionan que dichos procesos de perturbación, son necesarios, con cierto nivel de intensidad y periodicidad, para asegurar la sustentabilidad y productividad de los ecosistemas, de tal forma que la salud del ecosistema está ligada a las perturbaciones. Hay evidencia sustancial que en algunas situaciones, la eliminación o reducción de las perturbaciones, crea mayores problemas de los que resuelve, caso específico, los incendios (Averill, *et.al*, 1994).

La fragmentación del paisaje tiene dos efectos principales: la alteración del microclima dentro de los parches y en los alrededores de estos, y el aislamiento de cada uno de ellos en el paisaje circundante. Las alteraciones del ambiente físico se dan a nivel de cambios en los flujos de radiación, viento y agua, lo cual puede tener importantes efectos en los fragmentos de vegetación (Saunders, *et.al.*, 1991). Por otro lado, la persistencia de las especies está amenazada por el aislamiento de los parches en diferentes formas. Puede limitar

a las especies en su potencial para su dispersión y colonización; puede reducir la habilidad de pastoreo de los animales nativos; y puede ocasionar una disminución e incluso la extinción de una población ampliamente distribuida, al dividirla en dos o más subpoblaciones, restringiéndolas a cada una de las diferentes áreas. La fragmentación también incrementa la vulnerabilidad de los parches a ser invadidos por especies exóticas, y además pone en contacto a las especies silvestres con las enfermedades de plantas y animales domésticos (Primack, 1995; Saunders, *et.al.*, 1991). Pero además de todo lo anterior, se van a tener consecuencias genéticas que pueden ser severas. Se pueden producir cambios en los niveles de la diversidad genética de las especies, y estos cambios podrían afectar las características de las historias de vida, llevándolas otra vez a una probable extinción (Solbrig, 1992).

Otra consecuencia de la fragmentación, puede ser el efecto de borde, el cual se refiere a las altas densidades poblacionales y a la diversidad de especies en las porciones externas de los bordes de un parche u otro elemento espacial. No todos los bordes presentan el efecto de borde, sin embargo, al menos la densidad y riqueza de las especies se va a diferenciar. Cada elemento del paisaje tiene un borde, el área externa, exhibiendo un efecto de borde; por ejemplo, la dominancia de especies que se encuentran sólo o predominantemente cerca a la frontera. La porción interna del elemento del paisaje es considerada el interior o núcleo, y está dominada por especies que se encuentran sólo o predominantemente lejos de la frontera. Los herbívoros, incluyendo muchas especies cinegéticas, están por lo general en mayores densidades en los bordes que en el interior de los parches. Esto provee de un cebo para los depredadores. Los cazadores gustan de los bordes, porque especies cinegéticas son por lo general abundantes (Forman, 1995).

La existencia de parches en un ambiente, ofrece a los organismos la opción de responder a la estructura de parches de una manera no aleatoria. De forma general, el patrón

de uso no aleatorio de parches por los individuos, está relacionado probablemente con los parches microclimáticos, presiones de depredación, disponibilidad de alimento o eficiencia en la alimentación. Para un individuo, un ambiente en mosaico puede ser importante no sólo en la configuración física que está expresada, sino también en la serie de variaciones microclimáticas que éste produce. Las temperaturas de mediodía en verano en el medio de un arbusto del desierto, por ejemplo, pueden ser substancialmente menores a aquellas de los bordes expuestos o del campo abierto, y los niveles de humedad pueden exhibir una variación similar en relación a la estructura de parches. Esta heterogeneidad microclimática provee a los individuos de los ambientes áridos y semiáridos, opciones para regular sus balances térmicos y de agua, cambiando sus posiciones dentro de su hábitat. Una población que está subdividida en varias subpoblaciones, distribuidas en varios parches en un paisaje heterogéneo va a ser más persistente y con menos posibilidades de sufrir extinciones, que una población similar que ocupe un ambiente homogéneo. Mientras que las poblaciones en parches locales sufren extinción, la separación y asincronía de la dinámica de las otras subpoblaciones van a actuar como buffer para la población como un todo, y tales poblaciones van a proveer las fuentes para la subsecuente recolonización de los parches vacíos (Wiens, 1985).

Las especies pueden estar amenazadas incluso cuando no hay fragmentación del hábitat, cuando no hay cambios en la estructura de la vegetación dominante de la comunidad; a esto se le llama degradación. La degradación del hábitat no es un proceso muy evidente y su causa más común es la contaminación, la cual abarca la contaminación por agroquímicos, contaminación del agua y contaminación del aire (Primack, 1995).

2.2. Hábitat del borrego cimarrón.-

Se sabe que el borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) 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, riscos y pies de ladera interrumpidos (Monson and Summer, 1980). También se encuentran en bosques de coníferas y en las áreas de transición. Sobre todo en verano, los borregos se encuentran en el cinturón de coníferas, mientras que en invierno bajan a zonas menos elevadas. (Robinson and Cronemiller, 1954).

El desierto está definido cualitativamente como un lugar seco, cubierto por malezas, y con suelo desnudo expuesto; cuantitativamente como una región que recibe menos del 250 mm de precipitación anual. Los diferentes tipos de suelo, topografía, temperatura y precipitación, van a originar una multitud de microhábitats dentro del bioma de desierto, reflejados en una variedad de flora y fauna. Precisamente basados en las diferencias entre clima y vegetación, es que se hace una división del desierto en siete regiones, siendo uno de ellos el desierto de Baja California. (Monson and Summer, 1980).

El desierto de Baja California ocupa la parte este de la península, y presenta una irregularidad y escarpado discontinuo que van de norte a sur. Tiene una variada topografía, que incluye cordilleras (Cordillera Peninsular, por ejemplo), colinas, mesetas, cañones, etc. Los borregos de la subespecie *Ovis canadensis cremnobates*, se encuentran en las elevaciones de la parte este, desde la Sierra Juárez al norte, llegando a elevaciones de 3000 metros en la Sierra San Pedro Mártir, en donde se tienen meses del año con nieve, hasta la Sierra de la Giganta en el sur (Monson and Summer, 1980). A pesar de que a la subespecie *cremnobates* se le llama borrego del desierto, ésta se encuentra parte del año ocupando bosques de coníferas, como lo hacen otras subespecies del género *Ovis*, al norte de Norteamérica (Shackleton, 1985).

No se tienen datos exactos de la superficie de hábitat con la que cuenta la subespecie *cremnobates* en el Estado de Baja California. Se sabe que se encuentra en las Sierras de Cucapah, Juárez, Las Tinajas, Sierra Las Pintas, San Pedro Mártir, San Felipe, Sierra Santa Isabel, Las Arrastras, Calamajué, La Asamblea, San Borja, Las Animas, Agua de Soda y la Sierra de San Juan. Sin embargo, las estimaciones de superficie, varían desde 10,875 kilómetros cuadrados estimados por Raymond Lee en 1995; 14,321.85 kilómetros cuadrados, estimados por Alberto Tapia (Tapia, 1997), hasta valores de 18,600 kilómetros cuadrados estimados por Arturo Lara Flores en 1989. La cifra máxima de superficie de hábitat en Baja California, la estimó Gonzalo Medina en 1990, dando un valor de 34,000 kilómetros cuadrados, casi la mitad de la superficie del Estado (71,609.26 kilómetros cuadrados). Las sierras mencionadas, presentan diferentes características; San Pedro Mártir y Sierra Juárez, son las únicas con bosques de coníferas y con presencia de nieve en el invierno, las demás son sierras con vegetación de matorral xerófilo en su mayor parte. La diferencia se da también a nivel geocronológico-litológico; la Sierra Las Pintas es la más antigua, conformada por rocas sedimentarias metamórficas, luego se formó el complejo metamórfico de las sierras de La Asamblea y San Pedro Mártir. San Felipe, está formada por esquisto y calizas, mientras que la Sierra Santa Isabel es de rocas ígneas intrusivas ácidas. Las sierras Las Tinajas y La Libertad, tienen una litología de roca sedimentaria arenisca, siendo la Sierra Juárez un conglomerado (Tapia, A. 1997).

Las lluvias en el desierto de Baja California, se dan principalmente durante el verano y principios de otoño, con una precipitación anual de 90 a 120 mm., y una temperatura media anual de 23° C. La vegetación es escasa, consiste en varios tipos de cactus, yucca, magueyes, cirio, palo verde, ocotillo, mezquites, entre otros. (Monson and Summer, 1980).

Debido a las características de inaccesibilidad mencionadas del hábitat, así como a

la baja densidad de borregos, casi no se tienen estudios sobre éste (López *et.al.*, 1995), y los que hay están por lo general inconclusos. Esto además debido a la falta de recursos para el desarrollo de los estudios. Por eso es que aspectos como dinámica poblacional del borrego, uso de hábitat, hábitos alimenticios, etc. no están del todo comprendidos (Sandoval, 1985).

2. 3. Uso del Hábitat.-

Se sabe que el borrego cimarrón no utiliza los componentes del hábitat por su disponibilidad, sino que selecciona ciertos aspectos según sea su preferencia, sin embargo esta selectividad y sus requerimientos de hábitat no se han llegado a comprender del todo. Se han desarrollado varios modelos para predecir la utilización del hábitat y los movimientos del borrego pero los criterios para cada uno de ellos varían. Sin embargo, tres factores básicos del hábitat que requiere el borrego para su sobrevivencia son comunes a todos, estos son: alimento, disponibilidad de agua y terreno para escapar. Otras variables consideradas en los modelos han sido, la cobertura vegetal, presencia o ausencia de ungulados exóticos o nativos, factores de perturbación humana, tamaño del área, discretización del hábitat y el tipo de tenencia de la tierra (Cunningham, 1989). Todos son igual de importantes para su desarrollo, aunque no todos son estudiados con la misma intensidad en los diferentes trabajos de borrego cimarrón. (Vallejo-Castro, *et. al.*, 1990; Tilton and Willard, 1982; Gionfriddo and Krausman, 1986; Monson and Summer, 1980).

Estudios realizados sobre el hábitat del borrego muestran que no sólo las características de éste determinan la presencia o ausencia de borrego, sino que existen otros factores que lo pueden estar afectando. La perturbación humana, por ejemplo, es un factor determinante en la presencia del borrego; se ha visto que la distancia que se tenga a la perturbación es de suma importancia en la distribución del borrego e incluso va a alterar sus

patrones de comportamiento; puede llegar a disminuir la cantidad de alimento que ingiera. Otro factor importante que determina la presencia del borrego es la visibilidad que éste pueda tener, es decir que prefiere coberturas de tipo de bosques abiertos o matorrales asociados a pastos y evita bosques densos y cerrados (Etchberger, R., *et al.*, 1989; Tilton and Willard, 1982, Geist, 1971; Wakeling and Miller, 1990)

Durante el período de invierno, se observó que el borrego se distribuye debajo de las zonas de las nieves permanentes (debajo de los 1500 m) y que evita los fondos de quebradas, prefiriendo las cordilleras. Las cuestas y cumbres van a ser utilizadas según su proporción, en general, prefiere las zonas más escarpadas (pendientes mayores a 80%); pero para actividades de consumo de alimento, prefiere zonas con pendientes entre 36 y 80%. Se ha visto, que el borrego durante el invierno, busca los lugares menos fríos. Los lugares rocosos los utilizan para dormir, y los terrenos agrestes y las cordilleras son preferidos como lugares de refugio y escape. Es importante mencionar, que hay algunas diferencias de selección de hábitat entre los machos, hembras y juveniles (Tilton and Willard, 1982).

Estudios realizados en época de verano muestran una selección similar al invierno, con algunas pocas diferencias. En el verano el borrego busca lugares con sombra, o sitios como los pies de ladera que son más ventilados y húmedos; esto para que el borrego reduzca su gasto de energía en termoregulación. Comparablemente con el invierno, en verano el borrego selecciona áreas con pendientes entre 59 y 79% y raramente se encuentra donde las pendientes son menores del 40% o mayores al 120%. En forma adicional, se observó que el borrego no utiliza zonas con elevaciones menores a 1098 m o mayores a 1585 m y que prefiere rangos entre 1098 y 1341 m. (Gionfriddo and Krausman, 1986)

En general, la respuesta del borrego a las pendientes, altitudes y posición topográfica está relacionada a otros factores, tales como la visibilidad, disponibilidad de alimento, y

proximidad a terrenos de escape y no a la pendiente, altitud y topografía *per se*. (Gionfriddo and Krausman, 1986).

Actualmente se cree que una de las subespecies de borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*), tiene movimientos migratorios en las sierras de Baja California, sin embargo, se desconocen las causas de estos movimientos. Se cree que están relacionados con las temporadas del año, y que durante los meses de invierno bajan de las sierras más altas (2000 a 3000m aprox.) a zonas más bajas, pero se desconocen las causas y el uso que le da el borrego al hábitat en estos meses (Alaniz, 1996).

Se han documentado algunos movimientos interpoblacionales, la mayoría hechos por borregos machos adultos, los cuales cruzan hábitats "borregueros no tradicionales". Los ecosistemas de desierto, difieren marcadamente de los ecosistemas más norteños, en donde las áreas relativamente planas que separan las islas de hábitats "tradicionales" son más densas en vegetación (Geist, 1971). Estas áreas más densas, pueden ser barreras para la dispersión de los animales en los sistemas norteños. Debido a esto, se puede esperar que el comportamiento de dispersión de los borregos en sistemas de desierto, sea menos conservador que en sistemas norteños, a pesar de que se ha visto que estos animales son lentos para colonizar nuevos hábitats vacantes (Bleich, *et. al.*, 1990).

Estudios de telemetría, han brindado información de que los borregos de ecosistemas de desierto, tienen movimientos migratorios intermontanos, tanto machos como hembras. Se ha mencionado que los borregos utilizan terrenos montañosos escarpados, pero si se tiene evidencia de movimientos intermontanos, quiere decir que su hábitat ocurre en un patrón naturalmente fragmentado, frecuentemente con extensiones de hábitat inapropiado (no tradicional), separando áreas apropiadas. Estos movimientos son importantes para mantener un flujo génico entre las diferentes subpoblaciones, lo que va a permitir que éstas sean

genéticamente saludables a largo plazo y que se tenga la posibilidad de establecer nuevas subpoblaciones. La dispersión de las subpoblaciones, asociada a su estructura, probablemente hace que se mantenga una variación genética dentro de las poblaciones de borregos. Mantener esta variación, es importante para preservar el potencial evolutivo de las metapoblaciones. Es por esto que todas las áreas utilizadas por el borrego son esenciales para su sobrevivencia (Bleich, *et. al.*, 1990).

2.4. Perturbaciones sobre el hábitat del borrego cimarrón.-

El hábitat del borrego, está tipificado como lugares mésicos y xéricos, áreas sujetas a presencia de fuegos. El fuego es parte importante de este tipo de ecosistemas y los ayuda a mantener la condición de los hábitats para la vida silvestre. El efecto del fuego depende de varios factores (frecuencia, intensidad, extensión y estación), del tipo de vida silvestre que hay y de sus hábitats. El fuego afecta a los ungulados de manera positiva, mejorando en el corto plazo, la oferta y calidad del alimento. En el largo plazo, los beneficios son el mantenimiento de las condiciones de producción de alimento dentro del hábitat (Ryerson, 1995; Whelan, 1995).

El fuego es un factor importante en la creación de hábitats, que son ampliamente utilizados por el borrego. Las quemas periódicas, evitan que bosques de coníferas, dominen sobre pastizales jóvenes. Además, regeneran las áreas utilizadas, y mejoran la producción, disponibilidad y palatabilidad de muchas especies que el borrego come. Más del 66% de plantas de los lugares quemados, han sido ramoneadas por los borregos en Idaho, y la utilización, fue consistentemente mayor en sitios quemados que en sitios adyacentes a estos, por 4 años después del fuego. La extinción del fuego, en Idaho, ha permitido que se establezcan las coníferas, disminuyendo el alimento y el valor de muchas áreas borregueras

(Tesky, 1993).

Los incendios también incrementan la visibilidad del borrego y se ha encontrado que los borregos están más alejados de lugares de escape cuando están en áreas quemadas, que cuando están en áreas adyacentes. Sin embargo, el fuego también puede tener efectos negativos, cuando las condiciones del ámbito de distribución es pobre y las especies no se pueden recuperar, cuando las especies palatables no pueden germinar por estar eliminadas o cuando es muy grande el área quemada, y no hay alimento alrededor. Un efecto potencialmente negativo, es cuando otras especies de ungulados invaden estos lugares, y compiten con el borrego. La prescripción del fuego puede ser una herramienta útil en el manejo del hábitat del borrego cimarrón. En Norteamérica, la quema de áreas, ha sido ampliamente utilizada para incrementar la cantidad y calidad nutricional del alimento de los borregos, para proveer de corredores migratorios entre ámbitos de invierno y de verano, para minimizar el stress del invierno de los borregos, y para adelantar el período de brotación de las especies forrajeras (Tesky, 1993).

La invasión humana en rangos de distribución del borrego, ha tenido efectos drásticos sobre sus poblaciones. Una de las causas principales de la declinación de las poblaciones ha sido la competencia y transmisión de enfermedades del ganado; pero factores como la cacería excesiva, minería, competencia por agua, y recientemente los impactos por actividades de recreación, también han contribuido al decremento de las poblaciones de borregos (Cunningham, 1989).

Los efectos del ganado sobre las poblaciones de borregos están bien documentados y se ha llegado a la conclusión de que ninguna subespecie de borrego cimarrón puede coexistir con el borrego doméstico, sea por las enfermedades asociadas a este, o por la competencia que existe entre ambos por alimento (Cunningham and Ohmart, 1986; Dodd,

1987; McQuivey, 1978; Gallizioli, 1977). Otros competidores importantes son los animales ferales y exóticos como los burros ferales (*Equus asinus*), ya que existe traslape en el alimento y tienen una dependencia similar por el agua en los meses de verano, como el borrego (Cunningham, 1989).

El hombre también tiene efectos sobre el hábitat de una forma más directa, ya que está construyendo líneas de alta tensión, caminos y carreteras, haciendo desarrollo para recreación, uso de vehículos fuera de camino, caminatas, etc., en áreas donde se encuentra el borrego (Cunningham, 1989). El borrego reacciona en diferentes grados a la presencia humana, y esto depende de la cantidad de gente y del tipo de actividad que se realice (Krausman and Leopold, 1986; Geist, 1971).

La precipitación también puede ser considerada una perturbación al hábitat del borrego cimarrón. Dicho hábitat, es un ambiente árido y semiárido, y como tal, se caracteriza por una variabilidad climática, topográfica y edáfica extrema, lo cual produce una clara y compleja estructura de parches. Como la lluvia es escasa en estos sistemas y generalmente variable, los procesos básicos del ecosistema, como la producción, consumo y descomposición, están íntimamente ligados a los pulsos de precipitación. Aunado a esta heterogeneidad temporal, está la variación espacial. En una escala local, las características topográficas pueden producir grandes diferencias en las lluvias a cortas distancias. La topografía y el tipo de suelo, varían tremendamente en los ambientes áridos y semiáridos. En una escala local, estas variaciones de la tierra, pueden ser de mayor importancia para la biota, que las mismas variaciones pluviales, por sus influencias en las características microclimáticas, salinidad, estabilidad del suelo y los patrones de penetración de la humedad y la escorrentía (Wiens, 1985). Esto se puede evidenciar claramente en la cordillera peninsular de Baja California.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general.-

- Evaluar el hábitat del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates* Elliot, 1903) en la Sierra San Pedro Mártir - Baja California, México.

3.2. Objetivos particulares.-

- Caracterizar el hábitat del Borrego Cimarrón en la Sierra San Pedro Mártir - Baja California, México.
- Determinar los elementos estructurales del hábitat que determinan la presencia de evidencias del borrego cimarrón en el área de estudio.
- Identificar las diferentes fuentes de perturbación y determinar sus impactors en la Sierra San Pedro Mártir - Baja California, México.
- Desarrollar un método para la evaluación sistemática del hábitat.

IV. AREA DE ESTUDIO

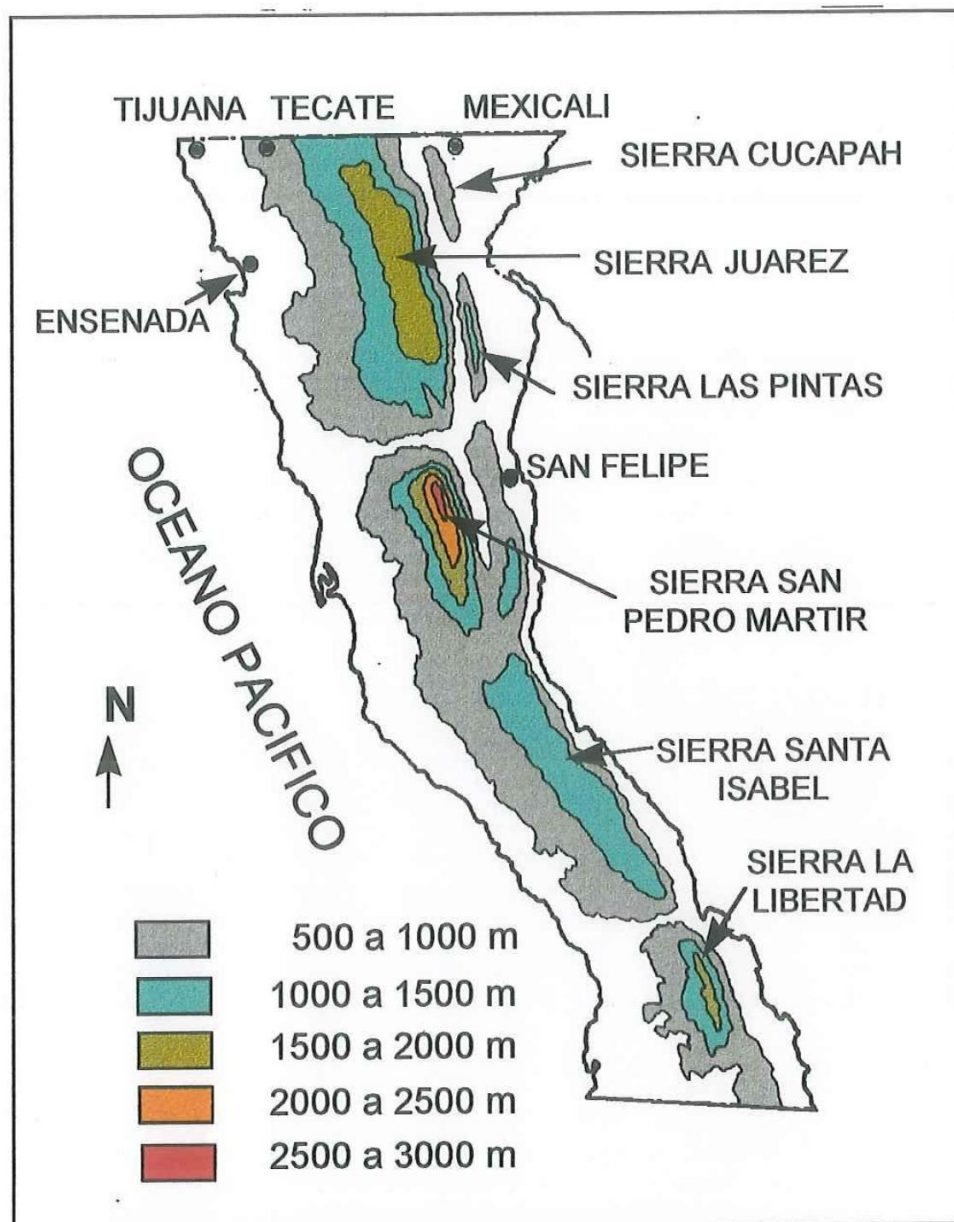
4.1. Descripción física de la sierra.-

La sierra San Pedro Mártir forma parte de la Cordillera Peninsular que se inicia en las montañas de San Jacinto en Estados Unidos y termina hacia la mitad de la Península de Baja California en el paralelo 28 (Escoto, 1994; Minnich *et.al.*, 1994)

La sierra San Pedro Mártir se encuentra en el noroeste de la Península de Baja California, entre los paralelos 30°30' y 31°10' de latitud norte y los meridianos 115°44' y 115°13' de latitud oeste. Está a 100 km. al SE de Ensenada, que se extiende hacia el sur este del Valle de la Trinidad hasta 50 km al oeste de San Felipe. Es la sierra más alta de la península (Figura 1); cuenta con altiplanicies mayores a los 2000 m.s.n.m. en la parte norte y de 1900 m en el lado sur; el pico más alto es el Picacho del Diablo con 3095 m.s.n.m. (Escoto, 1994; Minnich *et.al.*, 1994; Minnich *et.al.*, 1995) (Figura 2).

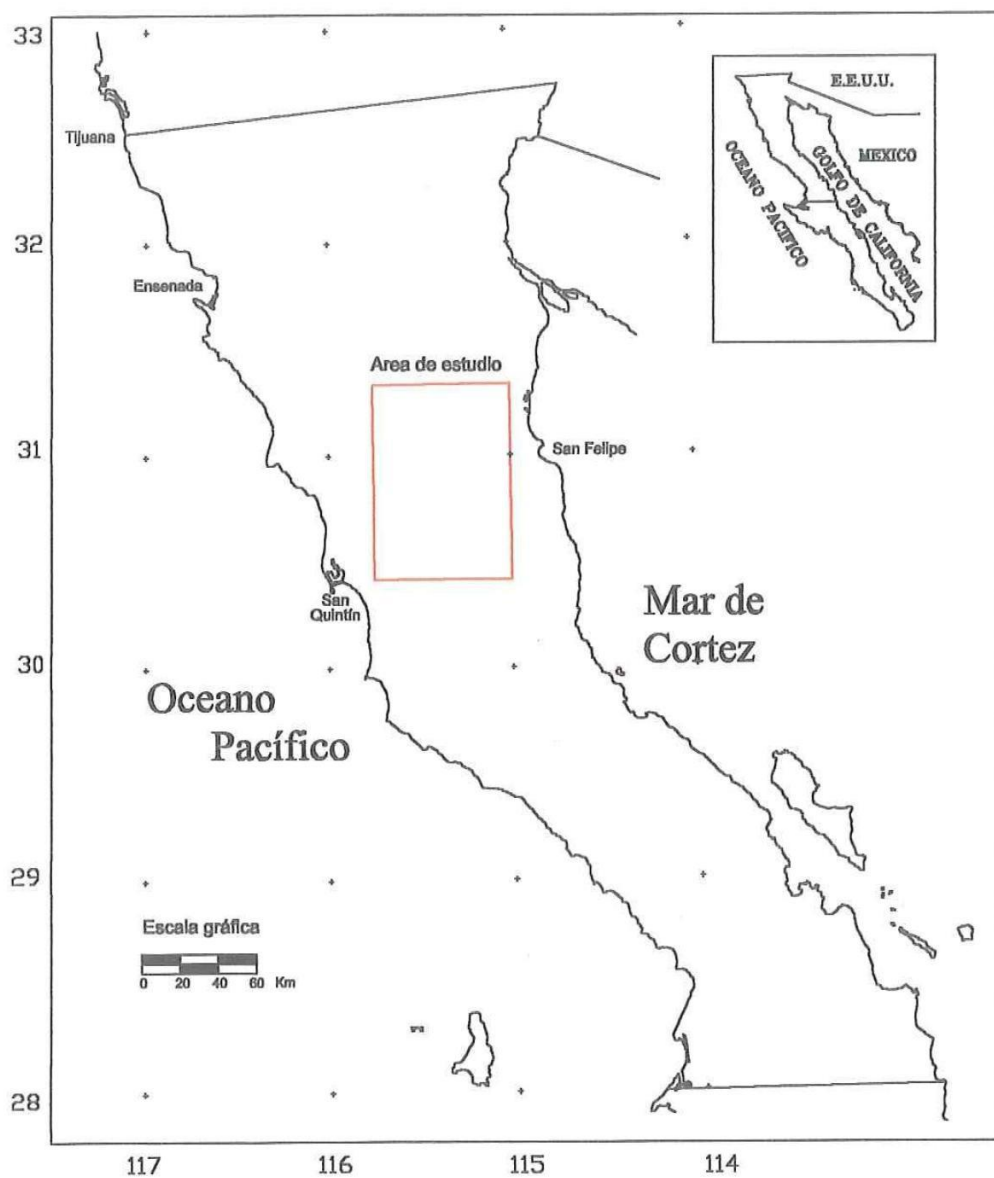
El rango de la sierra consta de tres sectores diferentes de terreno: el escarpe del este, la cresta y el flanco oeste. En el lado este, la sierra termina abruptamente, donde de alturas de 2800 m.s.n.m., se cae al Valle San Pedro Mártir y Valle Chico, de sólo 500 m.s.n.m., en una distancia de alrededor de 10 km; es un relieve casi vertical. Está disectada por cañones profundos. La cresta de la sierra es una amplia meseta que consiste en una cuenca aluvial angosta y de praderas extensas con elevaciones superficiales que se incrementan desde los 1600 m en Arroyo Santa Eulalia en el sur, hasta 2400 m en Vallecitos en el norte. Partes más altas y picos locales dividen la meseta de la cresta de los escarpes del este, con elevaciones que llegan a los 3095 m en el Picacho del Diablo. El flanco oeste, es un escarpado con una pendiente suave, con una falla no disectada y con un relieve local de 300-600 m.

Al sur de 30°45' N, ya no existe una ruptura topográfica obvia, pero la altiplanicie persiste



FUENTE: Modificado de INEGI, Anuario Estadístico 19930

Figura.1.- Orografía de Baja California, México



**Figura 2.- Area De Estudio: Sierra San Pedro Mártir
Baja California, México**

aún (Escoto, 1994; Gastil and Lillegraven, 1974; Minnich *et.al.*, 1994).

La altiplanicie está inclinada hacia el suroeste, normal al eje de la península. En su punto más amplio tiene alrededor de 15 km de ancho. La altiplanicie tiene lomeríos bajos de pendientes suaves y es de roca granítica que subyace a una cubierta de aluvión dispersa. En su superficie hay ciénegas y valles con arroyos serpenteantes que se han desarrollado localmente (Escoto, 1994).

4.2. Hidrología.-

El drenaje principal es hacia el lado oeste de la sierra. En esa vertiente drenan cuatro sistemas de ríos: San Rafael y el San Telmo hacia el noroeste, el Santo Domingo hacia el suroeste y por último, el río San Simón (Escoto, 1994; Zuñiga, 1995).

En el extremo norte algunos arroyos escurren hacia el Valle de la Trinidad. Hacia el lado este, la sierra es drenada por numerosos arroyos que bajan desde la cresta formando cañadas profundas por todo el escarpe. Algunos arroyos tienen flujo perenne al pie de la sierra, sin embargo casi nunca llegan al mar porque se infiltran y evaporan en el Valle San Pedro Mártir y Valle Chico (Espinoza, 1983).

4.3. Clima.-

San Pedro Mártir se ubica en el margen sur de la zona climática mediterránea de Norteamérica. Durante los meses de noviembre y abril, los ciclones de invierno traen lluvias frontales con nieve, en las partes altas de la sierra y se forma una sombra de lluvia en la vertiente este. En el verano, que es mayormente cálido y seco, sucede lo contrario. La humedad que viene del sureste origina lluvias convectivas en las montañas, en tanto que en la vertiente occidental no existe convección debido a la presencia de los vientos ascendentes

del Pacífico. De esta forma, en la vertiente oeste predominan casi exclusivamente las lluvias de invierno, mientras que en el este las de verano. En cambio, en las partes altas de las montañas se capta precipitación apreciable de las dos temporadas lluviosas, siendo la invernal la de mayor magnitud. Como consecuencia del Monson de Norteamérica, entre julio y septiembre, ocurren tormentas eléctricas con lluvias en las tardes. (Escoto, 1994; Minnich *et.al.*, 1994).

El promedio de precipitación estival sobre San Pedro Mártir es de 100 a 150 mm. Una moderada precipitación de verano también se presenta hacia los desiertos al este de la sierra. Hacia el oeste de las montañas, la precipitación de verano disminuye rápidamente hasta menos 10 mm. a lo largo de toda la costa desde San Quintín hasta la frontera con Estados Unidos (Escoto, 1994).

En invierno, las partes altas de la sierra llegan a tener temperaturas muy bajas. En el Observatorio Astronómico Nacional la temperatura media anual es de 7.3°C, con meses tan fríos como marzo, cuya temperatura media es de -1.5°C. Es por ello, que gran parte de la precipitación de invierno en la sierra es en forma de nieve. En el verano, las temperaturas medias varían de 25°C en las partes bajas del oeste, hasta 15°C en el Observatorio, llegando a 30°C en el este (Escoto, 1994; Minnich *et.al.*, 1994). La precipitación media anual en San Pedro Mártir es 554mm. El tipo de clima es subhúmedo C(E)s(x) (Zuñiga, 1995)

4.4. Vegetación.-

La vegetación de San Pedro Mártir, fue interpretada a partir de fotografías aéreas por Minnich (1987) y mostró una amplia zonación altitudinal. Los patrones locales están influenciados por la pendiente, aspecto, y sustrato. El Chaparral en la parte oeste, es reemplazado por un bosque mixto de coníferas en la parte alta, dominado por *Pinus jeffreyi*

mezclado con *P. lambertiana* y *Abies concolor*. Estas dos últimas coníferas son dominantes en las laderas de exposición sur con pendiente pronunciada. *Cupressus montana*, endémico de Baja California, frecuentemente se encuentra en bosques de *A. concolor*, y *P. lambertiana* en la parte alta del escarpe este. A medida que la altiplanicie desciende hacia el sur de Vallecitos, el bosque de coníferas mixto cede su lugar a un bosque monoespecífico de *Pinus jeffreyi*, el cual se distribuye en el piso de las cuencas y en las orillas de las ciénegas, evitando las pendientes cubiertas de chaparral. Por otro lado, en las ciénegas de Vallecitos y La Tasajera son comunes los bosques sub-alpinos de *Pinus contorta* y *Populus tremuloides*. Estos bosques también se encuentran en varios arroyos hacia el oeste y en otros puntos dispersos. Algunos arbustos importantes de los bosques mixtos de coníferas son, *Arctostaphylos patula*, *A. pringlei*, *A. pungens*, *Ceanothus cordulatus*, *Artemisia tridentata*, *Salvia pachyphylla* y *Symphoricarpos parishii* (Escoto, 1994; Minnich *et.al.*, 1987, 1994).

El escarpe semiárido del lado este, entre los 1500 y 2700 m.s.n.m., está cubierto por un bosque bajo más extenso de *Pinus quadrifolia*. Debajo de los 1500 m, *P. quadrifolia* es reemplazado por otro piñón, *P. monophylla*. Los arbustos más comunes que se presentan en el bosque de pino piñonero incluyen a *Arctostaphylos peninsularis*, *Garrya grisea*, *Quercus chrysolepis*, *Q. cornelius-mulleri*, *Q. peninsularis*, *Rhus ovata*, *R. trilobata*, *Cercocarpus betuloides*, *Fremontodendron californicum*, y algunas suculentas como la *Yucca schidigera*, *Nolina parryi* y *Agave deserti* (Minnich *et.al.*, 1987, 1994).

El escarpe este debajo de los 1200 m, está cubierto por especies arbustivas micrófilas. Dominan especies como *Larrea tridentata*, *Ambrosia dumosa*, *Encelia farinosa*, *Olneya tesota*, *Cercidium floridum* y *Dalea spinosa*. También hay especies suculentas como *Fouquieria splendens*, *Agave deserti*, *A. moranii* y diversas especies de *Opuntia* spp. En el lado este de la parte sur de la sierra, hay numerosas poblaciones de *Brahea armata* (Minnich

et.al., 1987, 1994).

Los bosques de la sierra San Pedro Mártir tienen una estructura de vegetación abierta, ya que cuentan con grandes espacios entre los árboles (50.150 árboles/ha.). Las comunidades dominadas por *Pinus jeffreyi* son menos densas que las otras antes mencionadas. Otro tipo de vegetación son las praderas de altitud. Se encuentran en algunos valles y son muy explotadas por el ganado (Escoto, 1994; Minnich *et.al.*, 1995).

Utilizando criterios bioclimáticos, florísticos, fitosociológicos y fisiográficos, Peinado *et.al.* (1994), describen las unidades fitogeográficas hasta el rango de sector de San Pedro Mártir. En dicha sierra, se pueden reconocer las siguientes unidades fitogeográficas: Reino Holártico, Región Californiana, Provincia Martirensis, Sector Martirensis, y el Reino Neotropical, Región Xerofítico-Mexicana, Provincia Colorada, Sector Sanfelipense. Por el gradiente térmico latitudinal y altitudinal que presenta la Sierra San Pedro Mártir, se reconocen cuatro pisos bioclimáticos en la zona de clima mediterráneo: Piso Inframediterráneo, Termomediterráneo, Mesomediterráneo y Supramediterráneo y otro en la zona de clima tropical-desértico situada al este de la sierra, el piso Mesotropical. Los pisos bioclimáticos se reconocen mediante las comunidades vegetales que presentan correlaciones con determinados intervalos termoclimáticos (Peinado *et. al.* 1994a, 1994b).

4.5. Incendios.-

La recurrencia de fuegos, es la forma más significativa de perturbación natural en el norte de Baja California. La Sierra San Pedro Mártir, es el límite sur del clima mediterráneo en la Provincia Florística Californiana, dicho clima se caracteriza por tener precipitaciones invernales, seguidas de veranos secos. La cobertura vegetal desarrollada gracias a estas lluvias, se seca en el verano, lo que acentúa la flamabilidad natural. La mayor parte del

chaparral y bosque del lado oeste, se ha quemado por lo menos una vez desde 1925, con áreas incendiadas promedio menores a 3000 has. El promedio de rotación de los fuegos, para todos los tipos de bosques mixtos de coníferas y chaparral en San Pedro Mártir, está estimado en 50 a 55 años. El período de rotación para el bosque de pino piñonero del lado este semiárido es de 100 a 200 años o más (Minnich *et. al.*, 1994).

Los incendios han tenido un impacto sobre la vegetación de San Pedro Mártir. El chaparral tiene una estructura compleja de mosaicos. El bosque mixto de coníferas, resulta en un bosque abierto, similar a un parque; también ha sido influenciado en su composición de especies. La dominancia de *Pinus jeffreyi*, puede estar relacionada en parte a la intensidad de los fuegos que favorecen su sobrevivencia (Minnich, 1983; Minnich *et. al.*, 1994).

4.6. Uso de Suelo.-

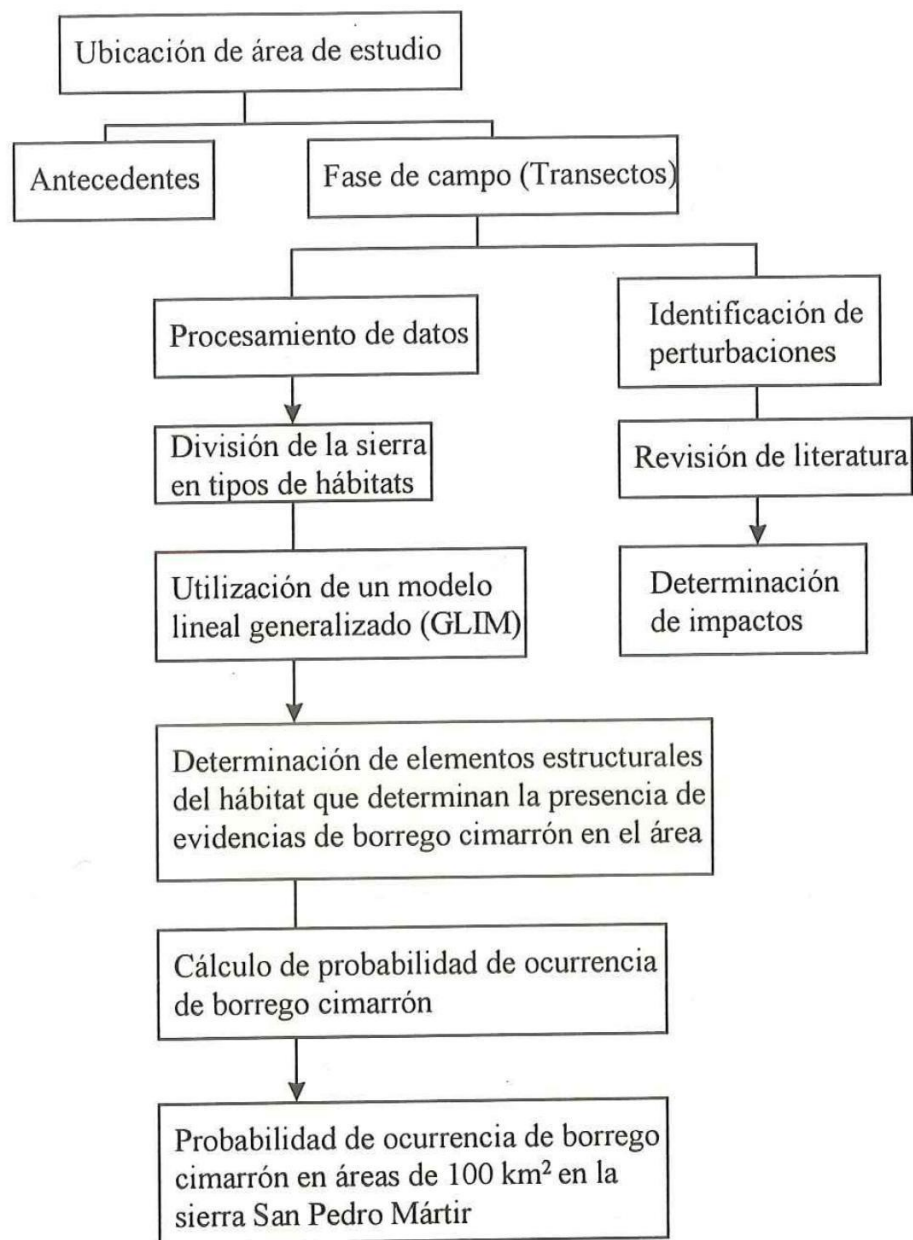
Las tierras de Sierra San Pedro Mártir, están divididas entre el Parque Nacional y tierras ejidales. El escarpe del este, no es utilizado. El Parque cubre unas 60,000 has. aproximadamente. El ejido Bramadero, que ocupa 300,000 has. aprox. en su mayoría del lado oeste, se dedica a la ganadería. Son varios ranchos ganaderos, ubicados cerca a arroyos permanentes. Utilizan las pasturas de la sierra sobre todo en los meses de verano, en el invierno ocupan las partes bajas. Las praderas más utilizadas son La Grulla, La Encantada, Santo Tomás, Santa Rosa y Vallecitos. Las praderas de la parte norte de la sierra son muy pequeñas y no justifican el movimiento del ganado hasta éstas áreas, salvo en temporadas de sequías (Minnich *et. al.*, 1994).

En los valles, en algunas localidades esparcidas, se ha implementado la agricultura de riego comercial. Esto se da en el ámbito del Ejido Plan Nacional Agrario, en el Chaparral, Rancho Algodón y Agua Caliente en Valle Chico. La fuerte pendiente y el escarpado del lado

este de la sierra, mantiene estos ranchos, aislados de las actividades de la sierra (Minnich *et al.*, 1994).

V. MÉTODO

Esquema metodológico general:



Se recorrió la sierra San Pedro Mártir, abarcando desde el pie de ladera del lado este (500 m.s.n.m.), hasta las partes más altas, llegando a los 2800 metros de altura. Los muestreos se hicieron entre los meses de noviembre de 1997 a abril de 1998.

5.1. Evidencias de borrego cimarrón.-

Se caminó por la zona y se ubicaron lugares con evidencias de animales. Estas podían ser los mismos individuos, o evidencias como huellas, excretas, echaderos o senderos de borregos. Esta información se registró en el formato para el registro de datos (Anexo I).

5.2. Caracterización del Hábitat.-

Para la caracterización del hábitat se utilizó el método de Líneas de Canfield. Se localizaron lugares con evidencia de borregos y se hicieron los transectos en estos lugares, no se hicieron de forma aleatoria. Se trazó el transecto en línea de 30 metros, con una cinta métrica y se midieron aquellas plantas que tocaban o estaban sobre la cinta. A cada planta se le midió la distancia de su proyección perpendicular sobre la cinta, se registró la especie y se anotó su forma de vida (árbol, arbusto y hierba). En el caso de árboles, se midió también su altura. Se tomó además, información topográfica (ángulo de inclinación, por ejemplo), y otras variables físicas, como temperatura, tipo de suelo, etc. Los datos se anotaron en el formato correspondiente (Anexo I). Las especies vegetales dominantes no identificadas, se colectaron para su posterior identificación. Se registraron los cuerpos de agua disponibles para el borrego.

En cada transecto, se estableció la formación vegetal correspondiente, según la siguiente clasificación:

- Bosque: Lugar con dominancia de especies arbóreas

- Matorral: Lugar con dominancia de especies arbustivas
- Matorral Xerófilo: Lugar con dominancia de especies arbustivas xerófilas
- Ecotono: Lugar de transición, entre algunas de las formaciones

Con los datos registrados en el formato (Anexo I), se obtuvo lo siguiente para cada transecto:

Cobertura (C): proporción del terreno ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos de la especie vegetal considerada.

$$C = (L / T) \times 100$$

donde: L = longitudes de proyección del individuo de la especie $\times$ (metros)

T = longitud total del transecto (metros)

Frecuencia (F): probabilidad de encontrar determinada forma de vida en un transecto

$$F_i = (X_i / N) \times 100$$

donde: X_i = # individuos de la forma de vida i

N = # total de formas de vida en el transecto

5.3. Identificación de áreas.-

Con la información obtenida en los transectos, se hizo una separación de toda la zona evaluada, en áreas diferenciadas, según su altitud. Los criterios utilizados para establecer los rangos de altitud de cada área diferencial, fueron: 1) la pendiente, 2) pedregosidad, 3) cobertura, 5) frecuencia de árboles, 6) de arbustos y 7) de hierbas en cada transecto. A las áreas se las llamó "tipo de hábitat" (TH). Se sabe que el hábitat es uno sólo, pero se les dio este nombre de "tipo de hábitat" a las diferentes variaciones sólo por facilidad.

Se graficaron cada una de las 6 variables mencionadas, respecto de la altitud y en estos gráficos, se ubicaron agrupaciones de valores. Para cada variable, se hizo la separación

de forma independiente y aproximada. Una vez obtenida la separación para cada variable, se compararon todas las divisiones hechas. Para ajustar las divisiones hechas en cada variable, se hizo un análisis exploratorio de datos con un diagrama de tallo y hoja, utilizando el programa de cómputo SAS for Windows, con el procedimiento PROC UNIVARIATE (SAS Institute, 1994) para cada división, en cada variable. Con esto, se identificaron los valores extremos de cada separación hecha en cada variable, y se hizo la división del área en los diferentes TH, tomando en cuenta las 6 variables.

Para las 6 variables de cada TH, se volvió a hacer un análisis exploratorio de datos, y se analizó la presencia de valores extremos. En los casos en que existieron valores extremos, éstos no fueron eliminados, sino que se revisó a qué transecto correspondían y se determinó por qué no se encontró dentro del rango. Una vez obtenida toda esta información, se hizo una descripción de cada TH, considerando todas sus variables, incluso la formación vegetal presente en cada uno.

5.4. Determinación de los elementos estructurales del hábitat más importantes para el borrego cimarrón.-

Para identificar qué elementos estructurales del hábitat determinan la presencia de evidencias del borrego cimarrón en cada uno de los TH, y en qué grado la altitud explica dicha presencia en todo el rango altitudinal de SSPM, se realizó un análisis estadístico basado en un modelo lineal generalizado (Programa estadístico GLIM v. 3.77, Royal Statistical Society, London, 1985). La variable de respuesta en este caso, fue el número de evidencias encontradas en cada transecto de cada TH. El modelo considerado utiliza un error de tipo Poisson, el cual asume, que los datos son números enteros, cuyas varianzas son iguales a sus medias. Además, el modelo está ligado a una función logarítmica, la cual

asegura que todos los valores ajustados son positivos (Crawley, 1993).

Para hacer el análisis con el GLIM en todo el rango altitudinal, los factores considerados fueron la altitud, pendiente, pedregosidad y la cobertura vegetal. No se tomaron en cuenta el resto de elementos, como la orientación de la ladera, tipo de suelo y forma de vida, porque la cobertura está en función de todas éstas. Se hizo una agrupación de clases para cada factor.

Una vez establecidas estas clases, en cada transecto y por cada factor se asignaron los datos a las correspondientes clases. Se armó una matriz, en la cual las 4 primeras columnas eran la altitud, pendiente, pedregosidad y cobertura respectivamente, y una quinta columna con los conteos de las evidencias como variable de respuesta. Fueron 58 filas, correspondientes a los 58 transectos realizados. Se hizo el análisis GLIM, y se tomaron en cuenta los resultados de altitud.

De la misma manera, se armaron las matrices para cada TH, la única variación fue en el número de filas y en este caso, no fue considerada la altitud. Se consideraron las mismas clases que para el hábitat total. Se hizo el análisis estadístico para cada matriz de los diferentes TH.

Como resultado del análisis con el GLIM, se obtuvo una devianza (variación del modelo) total y las devianzas parciales para los diferentes factores (elementos del hábitat), así como para las interacciones de estos. Con el valor de la diferencia entre la devianza parcial y total, se determinó el grado de significancia ($\alpha = 0.05$) de cada factor en la tabla Chi-cuadrada. La significancia de un factor quiere decir, que hay diferencias significativas entre las clases del mismo. Para analizar que clase o nivel del factor fue diferente de otro, se hizo una prueba de t-Student. El t estimado se calculó de la siguiente manera:

$$t = (\text{Estimado 1} - \text{Estimado 2}) / \text{Error estándar 2}$$

Los valores de los estimados y error estándar, fueron obtenidos del resultado del análisis del GLIM. Una vez que se calcularon las diferencias significativas entre las clases de cada factor, se calculó el número de evidencias encontradas para las clases:

No. evidencias para clase 1 = antiln (estimado 1)

No. evidencias para clase i = antiln (estimado 1 + estimado i), i diferente de uno

Con esta información, se determinó, qué nivel de qué factor o factores y con qué proporción, están determinando la presencia del borrego cimarrón en ese lugar y para la temporada muestreada.

5.5. Identificación de perturbaciones.-

La identificación de las perturbaciones se hizo durante el recorrido a pie en la Sierra San Pedro Mártir. La información se registró en el formato correspondiente (Anexo I) cuando la perturbación se encontró sobre algún transecto; cuando no, se hizo una descripción escrita de ésta. Se consideró perturbación a todo aquel evento natural o actividad antropogénica encontrados en el área que causara algún cambio en el sistema.

5.6. Perturbación del hábitat y del borrego.-

Se hizo una descripción de las perturbaciones identificadas y cómo estas impactan al hábitat, y a los borregos cimarrones. Dicha descripción, fue hecha con base en la literatura existente y a las observaciones de campo.

Se utilizó el mapa de incendios (Minnich, 1997) para determinar las áreas perturbadas por el fuego.

5.7. Probabilidad de ocurrencia del borrego.-

Con la información obtenida del GLIM, se calcularon las probabilidades de ocurrencia del borrego cimarrón en áreas de 10 x 10 km establecidas en SSPM de manera aleatoria.

Con el programa IDRISI (1992, ver. 4.1), se hizo una reclasificación del modelo digital de terreno de SSPM, en 5 clases de altitud, que corresponden a cada TH. A partir de este mapa, se calcularon las pendientes en grados y se hizo una segunda reclasificación.

Se hizo una clasificación cruzada con ambos mapas (de TH y pendientes) y se obtuvo un mapa que contiene los diferentes TH, cada uno con las diferentes clases de pendiente.

Por otro lado, en el programa AUTOCAD (ver. 14), se creó una rejilla con cuadrados de 10 x 10 km. Esta se exportó al Idrisi como un archivo vectorial y se sobrepuso en el mapa.

Con las coordenadas de la rejilla, se hicieron ventanas del mapa resultante de la clasificación cruzada. Cada ventana se grabó como un archivo independiente. En cada uno de esos archivos, se calculó el área de cada clase (combinación de TH con pendiente) dentro de cada cuadro.

Con esta información y con la obtenida del GLIM, se procedió a estimar la probabilidad de ocurrencia de borrego cimarrón para el área de estudio, mediante la siguiente fórmula:

$$\Pi_{Bc} = \sum \left[\sum \frac{E_{ji}}{\sum E_i} * \frac{A_{ji}}{\sum A_i} * \frac{\%P_i}{\sum \%P_i} \right]$$

donde:

Π_{Bc} : probabilidad del borrego cimarrón en el cuadro k

E_{ji} : # evidencias en la pendiente j del hábitat i (calculadas del GLIM)

A_{ji} : área de la pendiente j del hábitat i (calculadas con el IDRISI)

$\%Pi$: % que explica la pendiente, la presencia de la evidencia en el TH_i (GLIM)

De esta manera, se calculó para cada cuadro de 100 km², la estimación de la probabilidad de ocurrencia de borrego cimarrón, para el área de estudio.

VI. RESULTADOS

Se hicieron 58 transectos de 30 metros, realizados en 8 localidades: Observatorio Astronómico, Cañada San Matías, Area de Cerro el Picacho y Rancho Las Tinajas, Cañada La Esperanza, Cañón del Diablo, Cañada La Providencia, Cañada La Encantada Este y Cañada Agua Caliente (Figura 3., Tabla I).

Tabla I.- No. de transectos realizados por localidad

LOCALIDAD	NO. TRANSECTOS	FECHA
Observatorio Astronómico	19	Noviembre
Cañada La Providencia	6	Diciembre
Cañada La Esperanza	2	Enero
Cañón del Diablo	13	Enero y Febrero
Cañada Agua Caliente	1	Febrero
Cañada La Encantada Este	5	Febrero
Cañada San Matías	7	Marzo
Cerro el Picacho y Rancho Las Tinajas	5	Marzo
TOTAL	58	

6.1. Evidencias de borrego cimarrón.-

Se consideraron evidencias a cualquier elemento que indicara la presencia del borrego en el área. El mayor tipo de evidencias encontradas fueron excretas. Las evidencias de tipo senderos, echaderos o huellas, varió según la localidad.

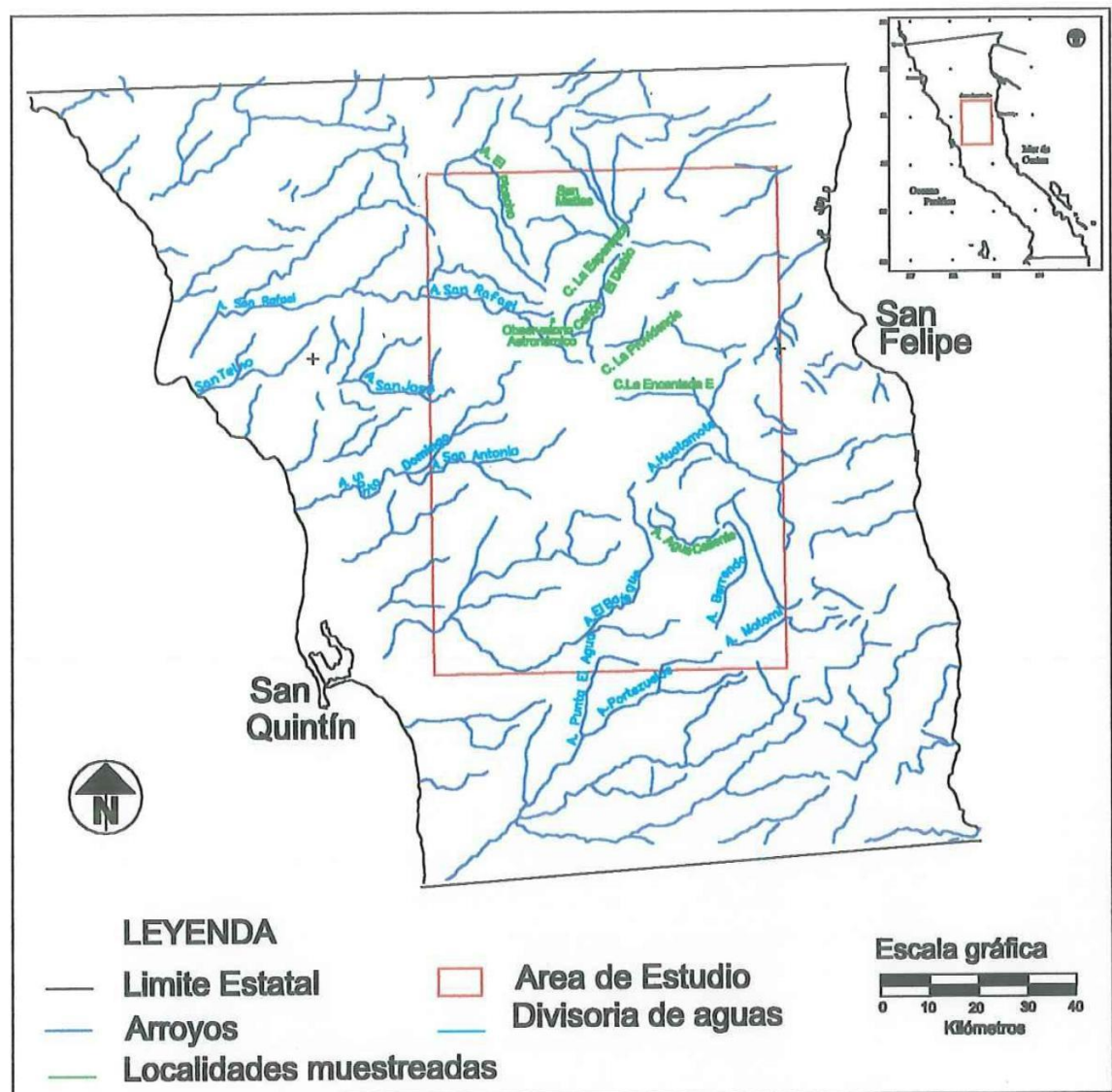


Figura 3.- Localidades muestreadas en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California-México

6.2. Caracterización del hábitat e identificación de áreas en la Sierra San Pedro Mártir (SSPM).-

Basados en los factores bióticos y abióticos obtenidos en los transectos y con los cálculos de cobertura vegetal y frecuencia de ocurrencia de las formas de vida, se obtuvieron 5 diferentes áreas o “tipos de hábitats” (TH), separados por rangos de altitud (Tabla II).

Tabla II.- Tipos de hábitats identificados

TIPO DE HÁBITAT	ALTITUD
Tipo 1	Menor a 550 m.
Tipo 2	550 – 700 m
Tipo 3	700 – 1500 m
Tipo 4	1500 – 2500 m
Tipo 5	Mayor a 2500 m

El TH1 comprende el área este de la sierra, desde el desierto hasta los 550 m.s.n.m. En algunos lugares de la SSPM, a los 550 todavía no se tienen elevaciones, sin embargo en otros, a esas altitudes se comienza a elevar la sierra, con fuertes pendientes. Es por esto que los rangos de pendiente van de 0-54°, dependiendo si se trata del valle, desierto o de la ladera. Lo mismo pasa con la pedregosidad, que en las zonas planas tiene valores pequeños, donde por lo general es arena, y en las áreas con pendientes, tiene valores de hasta 40%. La cobertura vegetal tiene valores altos, con una media de 106.46 % y una desviación estándar de 28.093. La mayor parte de la cobertura está dada por especies arbóreas, las cuales conforman el bosque xerófilo dominante en este TH. Las especies herbáceas se encuentran con un promedio de 51.82% en los transectos, mientras que los arbustos se encuentran en menor proporción con una media de 5.52%. En esta zona no se encontraron fuentes de agua

disponibles para los borregos (Tabla III).

El TH 2 ubicado al este de la SSPM, se ubica entre los 550 y 700 m.s.n.m. Tiene valores de pendiente variados, y aunque la mayoría se encuentra entre 1.8° y 9° (moda = 2.7°), también hay algunos valores extremos como 76.5° , debido a que algunos cañones tienen laderas con fuertes pendientes. La pedregosidad también es variada, con la moda de 5%, una media de 22.46 % y una desviación estándar de 30.58, debido a que las diferentes cañadas evaluadas, tiene diferentes tipos de suelo, y por consiguiente, diferente porcentaje de pedregosidad. La cobertura oscila entre valores de 30 y 60 % en su mayoría, con una media de 54.75%. Tiene un valor extremo de 88%, el cual se dió por el tamaño de los árboles que predominaron en este transecto. En este TH, la frecuencia de ocurrencia de árboles y arbustos es similar, mientras que las hierbas dominan con un 55.82% . Dependiendo de la localidad, se pueden encontrar arroyos con agua hasta casi la base de la sierra. En su mayoría son arroyos provenientes de los deshielos (Tabla III).

En el TH 3, el matorral xerófilo y el ecotono entre este y el bosque de pinos, son las formaciones vegetales que dominan. Ocupa la parte este de la sierra, con elevaciones entre los 700 y 1500 m.s.n.m. La pendiente tiene un promedio de 50.5° y una moda de 63° , con valores que se concentran entre $63 - 72^\circ$; se presenta un valor extremo de 9° que se debe a un transecto hecho en la base de la ladera. La pedregosidad tiene una media de 13.87%, una desviación estándar de 18.42 y una moda de 5%, su variación se debe a los diferentes sitios muestreados de la sierra. La cobertura vegetal a pesar que tiene valores desde 29 hasta 107%, la mayor parte se agrupa entre 30 y 60%, con un promedio de 57.84% y una desviación estándar de 22.43. La cobertura está dada en su mayor parte por arbustos y hierbas, que sumadas tienen una frecuencia de ocurrencia de 86.43% . En este TH, los animales tienen una buena disponibilidad de agua, ya que a estas altitudes los arroyos

cuentan con un volumen considerable de agua (Tabla III).

La parte oeste de SSPM es la que ocupa el TH 4. Está conformada por un matorral de especies como manzanita (*Arctostaphylos sp.*), *Malosma sp.*, *Lycium californica*, *Adenostoma fasciculatum* y otros arbustos que son susceptibles a incendios. En este caso, las pendientes tienen una moda de 45°, sin embargo se tienen valores de hasta 4.5°, debido a que algunos transectos se hicieron a lo largo de la divisoria de aguas peninsular (parte aguas), donde es casi plano. La pedregosidad tiene valores altos, con un promedio de 68% y una desviación estándar de 10.95. La cobertura es variable, en su mayoría con valores sobre 40%; sin embargo esta cobertura disminuye en lugares que sufrieron algún incendio. En este TH, los arbustos fueron los dominantes en un 68.57%. En este rango de altitud, se tienen algunos arroyos, y además se puede tener disponibilidad de agua en forma de nieve, que cae en las partes más altas de este TH (Tabla III).

El bosque de pino es la formación dominante del TH 5. Hay variación entre los datos de la pendiente, debido a que se evaluaron zonas de laderas y lugares a lo largo de la divisoria de aguas (parte aguas). Esta zona, por ser la parte más alta, es muy agreste, y se tienen laderas con fuertes pendientes y hacia el oeste, zonas con pendientes más moderadas. La pedregosidad oscila entre 0 y 90 %, uniformemente distribuida. En algunos lugares no se observa pedregosidad, por la cantidad de material vegetal (hojas en su mayoría) que están sobre el piso. En lugares donde no se presenta esta acumulación, la pedregosidad es más visible. El promedio de cobertura es de 66.08% pero se tienen valores de 15 hasta 100% porque a pesar de que todo es bosque de pino, hay algunos lugares como por ejemplo, sobre la divisoria, en donde el bosque es más abierto, y por estar los árboles más dispersos, no cayeron dentro de los transectos. En este TH, la proporción entre la ocurrencia de árboles, arbustos y hierbas, es más homogénea. Los valores son muy variados, pero también se debe

a la diferente densidad que se presenta en el bosque. En la época en que se hizo el presente trabajo, este TH tiene una gran oferta de agua en forma de nieve, ya que desde el mes de diciembre hasta marzo, cayeron fuertes nevadas. También existen arroyos en este rango altitudinal (Tabla III).

Tabla III.- Valores máximos y mínimos de factores bióticos y abióticos considerados para la separación de áreas

TIPO HABITAT	TH 1	TH 2	TH 3	TH 4	TH 5
Altitud mínima (m)	< 550	550	700	1500	2500
Altitud máxima (m)	550	700	1500	2500	> 2500
Pendiente mínima (°)	0	1.8	27	4.5	4.5
Pendiente máxima (°)	54	76.5	72	45	72
Pedregosidad mínima (%)	0	0	0	60	0
Pedregosidad máxima (%)	40	80	60	80	90
Cobertura vegetal mínima (%)	80	32	29	27	15
Cobertura vegetal máxima (%)	150	88	107	76	100
Frecuencia mínima de Árboles (%)	25	0	0	0	0
Frecuencia máxima de Árboles (%)	56	44	83	0	100
Frecuencia mínima de Arbustos (%)	0	0	0	30	0
Frecuencia máxima de Arbustos (%)	10	71	53	100	80
Frecuencia mínima de Hierbas (%)	44	27	17	0	0
Frecuencia máxima de Hierbas (%)	65	95	100	70	92

6.3. Determinación de los elementos estructurales del hábitat más importantes para el borrego cimarrón.-

Para analizar los datos con el programa GLIM, se hizo una agrupación de los valores

de cada elemento o factor. La altitud quedó con 5 clases o niveles, correspondientes a los 5 THs. La separación de los valores de pendiente y pedregosidad, fue la misma, con 3 clases para estos dos factores. La cobertura también fue separada en 5 clases (Tabla IV).

Tabla IV.- Clases establecidas para los factores a considerar en el GLIM

FACTOR/CLASE	1	2	3	4	5
Altitud (A)	0-550 m	550-700 m	700-1500m	1500-2500 m	2500-3000 m
Pendiente (I)	0° - 2°	27° - 54°	54° - 81°		
Pedregosidad (P)	0 - 30 %	30 - 60 %	60 - 90 %		
Cobertura (C)	0 - 40 %	40 - 70 %	70 - 100 %	100 - 130 %	130 - 160 %

Se hizo el análisis GLIM para la matriz con los datos de todo el hábitat (sin separación por TH) y se obtuvo una devianza total de 193.56 con 37 grados de libertad. La altitud resultó ser el factor que explicó en un 41.60% la presencia del borrego en toda la SSPM. No todos los factores resultaron con diferencias significativas entre sus clases. El modelo resultante fue el siguiente: modelo = 1 + A + I + P + C + AI + AP + AI + IP + AC + IC + PC. No fueron necesarias interacciones de tercer o cuarto orden para explicar toda la devianza del modelo, bastó con las de segundo orden (AI, AP, AI, IP, AC, IC, PC) para que no quedara devianza residual (Tabla V).

De la misma manera, se obtuvieron las devianzas totales para cada TH, así como las devianzas parciales de cada factor y de las interacciones. También se obtuvo la significancia de los factores con la prueba de Chi cuadrada. No se hizo el análisis para el TH1, porque en este no hubieron evidencias de borrego, es decir que la variable de respuesta fue cero en todos los niveles. Entonces, sólo se hizo el análisis GLIM para los TH 2 al 5.

Tabla V.- Porcentaje de explicación de la devianza total por factores en la SSPM

Devianza total	193.56		37 g.l.
FACTORES	% EXPLICACIÓN	X² (O.O5)	GRADOS DE LIBERTAD
Altitud	41.60	*	4
Pendiente (Inc)	1.34	n.s.	2
Pedregosidad	14.27	*	2
Cobertura	2.98	n.s.	4
Alt-Inc	11.66	*	6
Alt-Ped	4.74	*	3
Alt-Cob	11.55	*	6
Inc-Ped	0.68	n.s.	2
Inc-Cob	5.00	n.s.	5
Ped-Cob	6.18	*	2
Devianza explicada	100.00		

* (Significativo); n.s. (No significativo)

En el TH2, la pedregosidad fue el elemento (o factor) que explicó en un 34.7% la devianza del modelo (devianza total 24.38). La pendiente se encontró en segundo lugar con 26.63 %. El modelo quedó totalmente explicado con dos interacciones de segundo orden (Tabla VI).

En el TH3 la devianza total del modelo fue de 47.148. La cobertura fue el elemento que explicó en un 47.28% la devianza total, seguido por la interacción pedregosidad-cobertura, con un 25.18%. No fueron necesarias todas las interacciones de segundo orden ni la de tercer orden para explicar el 99.99% de la devianza total (Tabla VII).

Tabla VI.- Devianza total y porcentaje de explicación de cada factor e interacciones para el TH 2

Devianza total TH 2	24.38		7 g.l.
FACTORES	% EXPLICACIÓN	X² (O.05)	GRADOS DE LIBERTAD
Pendiente (Inc)	26.63	*	2
Pedregosidad	34.70	*	1
Cobertura	23.01	n.s.	2
Inc-Ped	5.39	n.s.	1
Inc-Cob	10.28	n.s.	1
Devianza explicada	100.00		

* (Significativo); n.s. (No significativo)

Tabla VII.- Devianza total y porcentaje de explicación de cada factor e interacciones para el TH 3

Devianza total TH 3	47.148		10 g.l.
FACTORES	% EXPLICACIÓN	X² (O.05)	GRADOS DE LIBERTAD
Pendiente (Inc)	6.82	n.s.	2
Pedregosidad	5.51	n.s.	1
Cobertura	47.28	*	3
Inc-Cob	15.21	n.s.	3
Ped-Cob	25.18	*	1
Devianza explicada	99.99		

* (Significativo); n.s. (No significativo)

La pendiente es el elemento más importante en este TH 4, con un 80.62% de explicación de toda la devianza del modelo (12.057). Las interacciones no explicaron la variación de la variable de respuesta, bastó con los factores independientes para explicar el 100% de la devianza del modelo (Tabla VIII).

Tabla VIII.- Devianza total y porcentaje de explicación de cada factor e interacciones para el TH 4

Devianza total TH 4	12.057		3g.l.
FACTORES	% EXPLICACIÓN	X² (O.05)	GRADOS DE LIBERTAD
Pendiente (Inc)	80.62	*	1
Pedregosidad	4.76	n.s.	1
Cobertura	14.62	n.s.	1
Devianza explicada	100.00		

* (Significativo); n.s. (No significativo)

El modelo, en el TH 5 tiene una devianza total de 29.442. La pedregosidad es el elemento que explica en un 45.92% la devianza total, seguido por la pendiente con 41.17%. El 100% de la devianza es explicada por el modelo que considera sólo dos interacciones de segundo orden (Tabla IX).

Una vez hallados los factores que tuvieron diferencias significativas entre sus clases, se hizo la comparación entre cada una de las clases de cada factor y se vio cuales fueron significativamente diferentes por medio de una prueba de T-Student. En el caso de todo el hábitat de SSPM, sólo se consideró el factor de altitud, ya que al ser este el que explicó el mayor porcentaje, se dejó el análisis de los demás factores para hacerlos por TH.

Tabla IX.- Devianza total y porcentaje de explicación de cada factor e interacciones para el TH 5

Devianza total TH 5	29.442		10 g.l.
FACTORES	% EXPLICACIÓN	X² (0.05)	GRADOS DE LIBERTAD
Pendiente (Inc)	41.17	*	2
Pedregosidad	45.92	*	2
Cobertura	12.59	n.s.	3
Inc-Ped	0.01	n.s	1
Ped-Cob	0.31	n.s	1
Devianza explicada	100.00		

* (Significativo); n.s. (No significativo)

Haciendo la prueba T-Student a nivel general de todo el rango altitudinal de SSPM, la única diferencia significativa que se da, es entre los niveles A2-A3, es decir, a los 700 metros de altura (Tabla IV). De igual forma, se utilizó la prueba de T-Student para los diferentes factores de cada TH y dio los siguientes resultados. En el TH2, la pendiente se diferenciò a 27° y la pedregosidad se diferenciò significativamente a 30%. El nivel de cobertura significativamente diferente en el TH3, es a 40%. En el TH4, la pendiente no resultó significativamente diferente entre sus dos niveles. La pendiente y la pedregosidad nuevamente fueron significativamente diferentes a 27° y 30% en el TH5 respectivamente (Tabla X).

Una vez conocida la clase diferente a las demás en cada factor, el siguiente paso fue conocer el número de evidencias para las clases, para así poder determinar qué rangos son los que explican en mayor proporción la presencia del borrego cimarrón en la SSPM, en

todos los TH y para la época muestreada.

Tabla X.- Diferencias entre las clases de los factores en cada TH y en toda la SSPM.

TH	Factor	Clase	Estimado	Diferencia	Error estándar	t-Student	0.05
2	Pendiente	1	1.749	I1 - I2	0.3318	-5.69259	*
		2	-0.1398	I1 - I3	0.347	-2.68963	n.s.
		3	0.8157	I2 - I3	0.3789	2.52177	n.s.
	Pedregosidad	1	1.937	P1 - P3		-7.27166	*
		3	-1.152		0.4248		
3	Cobertura	1	2.715	C1 - C2	0.247	-12.91255	*
		2	-0.4744	C1 - C3	0.2411	-12.72791	*
		3	-0.3537	C1 - C4	1.019	-5.55054	*
		4	-2.941	C2 - C3	0.4493	0.50062	n.s.
				C2 - C4	1.058	-2.42061	n.s.
				C3 - C4	1.022	-2.53906	n.s.
4	Pendiente	1	1.099	I1 - I2		0.43450	n.s.
		2	1.299		0.4603		
5	Pendiente	1	2.436	I1 - I2	0.2897	-10.10079	*
		2	-0.4902	I1 - I3	0.3708	-9.40129	*
		3	-1.05	I2 - I3	0.4432	-1.26309	n.s.
	Pedregosidad	1	2.498	P1 - P2	0.2089	-11.33270	*
		2	0.1306	P1 - P3	0.7246	-5.93707	*
		3	-1.804	P2 - P3	1.466	-1.31965	n.s.
TODO	Altitud	5	9.92	A2 - A3	0.167	3.25749	*

Con los valores de estimados y error estándar de la tabla X, se calculó el número de evidencias encontradas para cada clase (Tabla XI).

Con toda la información obtenida del GLIM, se pudieron establecer los factores y sus clases, que explican con cierto valor, la presencia de evidencias del borrego cimarrón en un lugar. Los casos que no tuvieron diferencias significativas entre sus clases, se entiende que todo el factor en si (sin distinción por clases) es importante en la explicación de la presencia de evidencias del borrego para la temporada de noviembre a abril de 1998 (Tabla XII).

Tabla XI.- Número de evidencias de borrego cimarrón por clase de cada factor en los TH y SSPM

TH	Factor	Clase	# Evidencias
2	Pendiente	1	5.7
		2	5.0
		3	13.0
	Pedregosidad	1	6.9
		3	2.2
3	Cobertura	1	15.1
		2	9.4
		3	10.6
		4	0.8
4	Pendiente	1	3.0
		2	11.0
5	Pendiente	1	11.4
		2	7.0
		3	4.0
	Pedregosidad	1	12.2
		2	13.9
		3	2.0
TODO	Altitud	1	0.0
		2	6.4
		3	11.0
		4	7.0
		5	9.3

Tabla XII.- Rango del factor que explica en mayor proporción la presencia del borrego cimarrón en los diferentes lugares

LUGAR	FACTOR	RANGO
TH 2	Pendiente	mayor a 27°
TH 2	Pedregosidad	menor a 30%
TH 3	Cobertura	menor a 40%
TH 4	Pendiente	mayor a 27°
TH 5	Pendiente	menor a 27°
TH 5	Pedregosidad	menor a 60%
SSPM	Altitud	mayor a 700 m

6.4. Identificación de fuentes de perturbación presentes en el área de estudio.-

Se identificaron 6 fuentes de perturbación en SSPM (Tabla XIII), de todas estas, sólo una afecta a la estructura del hábitat, el fuego. El resto afecta al hábitat de una manera no tan evidente, porque no hay una modificación en la estructura de éste, lo que se afecta es su calidad. Estas perturbaciones sobre la calidad del hábitat son también importantes ya que, según la literatura, afectan a la población de borrego cimarrón.

Cabe mencionar, que el fuego, único factor encontrado que afecta la estructura del hábitat, es también la única perturbación hallada no antropogénica. El fuego, forma parte de los procesos naturales del sistema de SSPM, generando una heterogeneidad del paisaje tanto espacial como temporal. Por su importancia en la modificación de la estructura del hábitat, se hizo énfasis en sus impactos.

Tabla XIII.- Fuentes de perturbación en la Sierra San Pedro Mártir

PERTURBACIÓN	TH PERTURBADO	ELEMENTO PERTURBADO
Ganadería	TH1, TH2, TH3, TH4, TH5	Calidad del Hábitat, Borrego cimarrón
Fuego	TH4, TH5	Estructura del Hábitat, Borrego cimarrón
Basura	TH2, TH3	Calidad del Hábitat
Actividad de mantenimiento	TH5	Calidad del Hábitat, Borrego cimarrón
Actividad de carros	TH1, TH2, TH5	Calidad del Hábitat, Borrego cimarrón
Cercas	TH1, TH2, TH4	Calidad del Hábitat, Borrego cimarrón

6.5. Determinación del impacto de las perturbaciones sobre el hábitat del borrego cimarrón en la Sierra San Pedro Mártir.-

La información que se tomó en el campo, fue de tipo estructural, es decir, se

midieron elementos de la estructura del hábitat cuantitativamente. En cambio, las perturbaciones que se encontraron fueron evaluadas cualitativamente, es decir, de una forma descriptiva; es por esto que a continuación, las perturbaciones encontradas se explican de una forma general.

6.5.1. Ganadería.-

Se encontró una actividad ganadera de tipo extensiva en toda el área de estudio. Esta es en su mayoría vacuna. Además hay presencia de caballos, ganadería caprina y burros, estos últimos ferales. Es importante hacer la división entre la vacuna y caprina especialmente, porque su impacto es diferente. Afecta la calidad de hábitat, porque puede ser fuente de transmisión de enfermedades, competencia por alimento, agua y/o espacio, entre otras cosas.

El ganado vacuno se encontró en todos los THs, con mayor intensidad en los THs 1 y 2. Las cabras sólo se encontraron en el TH2, en las partes mas bajas.

6.5.2. Fuego.-

Se encontraron parches de vegetación incendiados, de diferentes edades. Se hicieron transectos en una zona incendiada hace 10 años aproximadamente (mapa de incendios) y se encontró que la cobertura fue menor a las zonas aledañas que no estaban incendiadas. Se encontraron las mismas especies que dichas zonas, pero la variación se dió a nivel de la cobertura y tamaño de los arbustos. Las especies de arbustos dominantes en estas áreas fueron *Malosma laurina*, *Lycium californica*, *Adenostoma fasciculatum* y *Arctostaphylos spp.*

Los THs que presentaron áreas incendiadas fueron TH4 y TH5. Esto se explica porque son los que tienen especies susceptibles a incendios como pinos (*Pinus spp.*) y

manzanita (*Arctostaphylos spp.*). Con el mapa de incendios (Minnich, 1997) se puede ver toda el área afectada por el fuego y se puede tener una idea de la heterogeneidad que presenta SSPM, debido en parte a esta causa.

6.5.3. Basura.-

Se consideró basura, a todo aquel elemento humano que se encontró en el lugar. Estos fueron principalmente bolsas, botellas, latas, etc. La basura se encontró en su mayoría en lugares con fácil acceso para la gente. Se considera que hay impacto sobre la calidad del hábitat, porque son extraños al lugar y porque afecta la estética del lugar

6.5.4. Actividad de mantenimiento

Se llamó así, a la actividad de mantenimiento del equipo, caminos, antenas, etc. que forma parte de la infraestructura del Observatorio Nacional. No es mucho lo que se hace, pero si hay un movimiento de personas a lugares alejados de las instalaciones. El impacto sobre la calidad del hábitat se da por el ruido que ocasionan los equipos de radio.

6.5.5. Actividad de carros

En las partes bajas de la sierra, hay muchos caminos utilizados para las carreras fuera de camino, además del paso normal de los carros. Esto produce un ruido que afecta la calidad del hábitat, además que impiden cualquier posible movimiento de animales. Esto se presenta en los THs 1, 2 y 5.

En el área del Observatorio el movimiento de carros es diferente, porque no son carros de carrera que hacen mucho ruido, y además, es un tránsito lento.

6.5.6. Cercas

En las partes bajas de la sierra (TH1 y TH2), así como en el lado oeste (TH4), hay varios ranchos o ejidos que delimitan su territorio con cercas. Algunas son simples de 3 hilos, otras de 4, e incluso en la zona de Valle Chico, hay cercas de 4 hilos con malla. Esto es un daño sobre la calidad del hábitat, porque va a impedir los movimientos de los animales a lo largo de la sierra, o entre las diferentes sierras de Baja California. No se sabe qué animales pueden pasar esas cercas, pero se han encontrado evidencias de huellas de venado que muestran como se desvían a lo largo de la cerca, para poder encontrar un paso hacia el otro lado de la misma.

6.6. Probabilidad de ocurrencia del borrego cimarrón.-

La clasificación cruzada que se hizo entre el mapa de TH (5 tipos de TH) (Figura 4) y el mapa de pendientes (3 clases de pendiente), resultó en un mapa de 13 clases (Figura 5). La información proporcionada por el IDRISI (ver. 3.1) reveló que los TH 1 y 2, no presentan pendientes mayores a 54° (Tabla XIV).

De la rejilla de cuadros de 100 km^2 , sobrepuesta sobre el mapa, sólo se escogieron los cuadros del lado este de la sierra, de esta forma, se obtuvieron 21 cuadros de 100 km^2 cada uno (Figura 5). La numeración de los cuadros fue hecha al azar. Cada cuadro numerado, obtuvo una probabilidad de que se presente el borrego cimarrón. El cuadro nueve fue el que presentó mayor probabilidad de ocurrencia del borrego cimarrón (0.43181) y el cuadro siete, la menor probabilidad (0.05583) (Tabla XV).

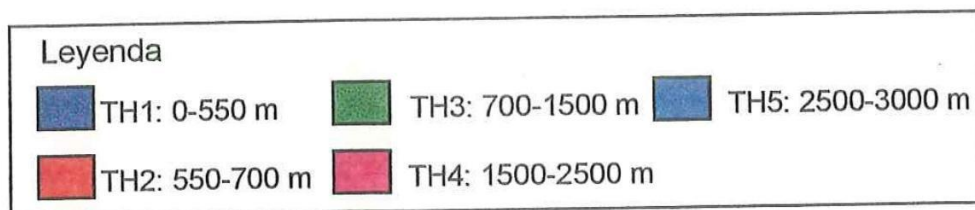
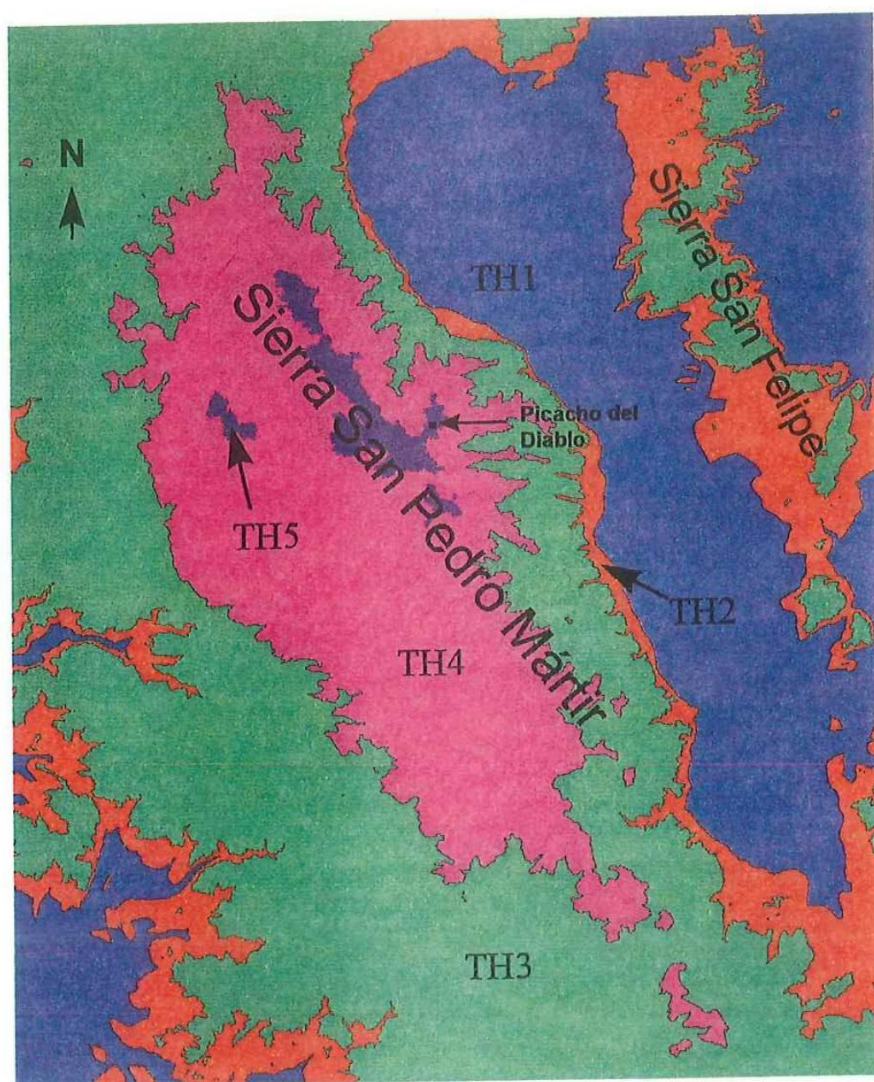


Figura 4.- Mapa de tipo de hábitats en Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México

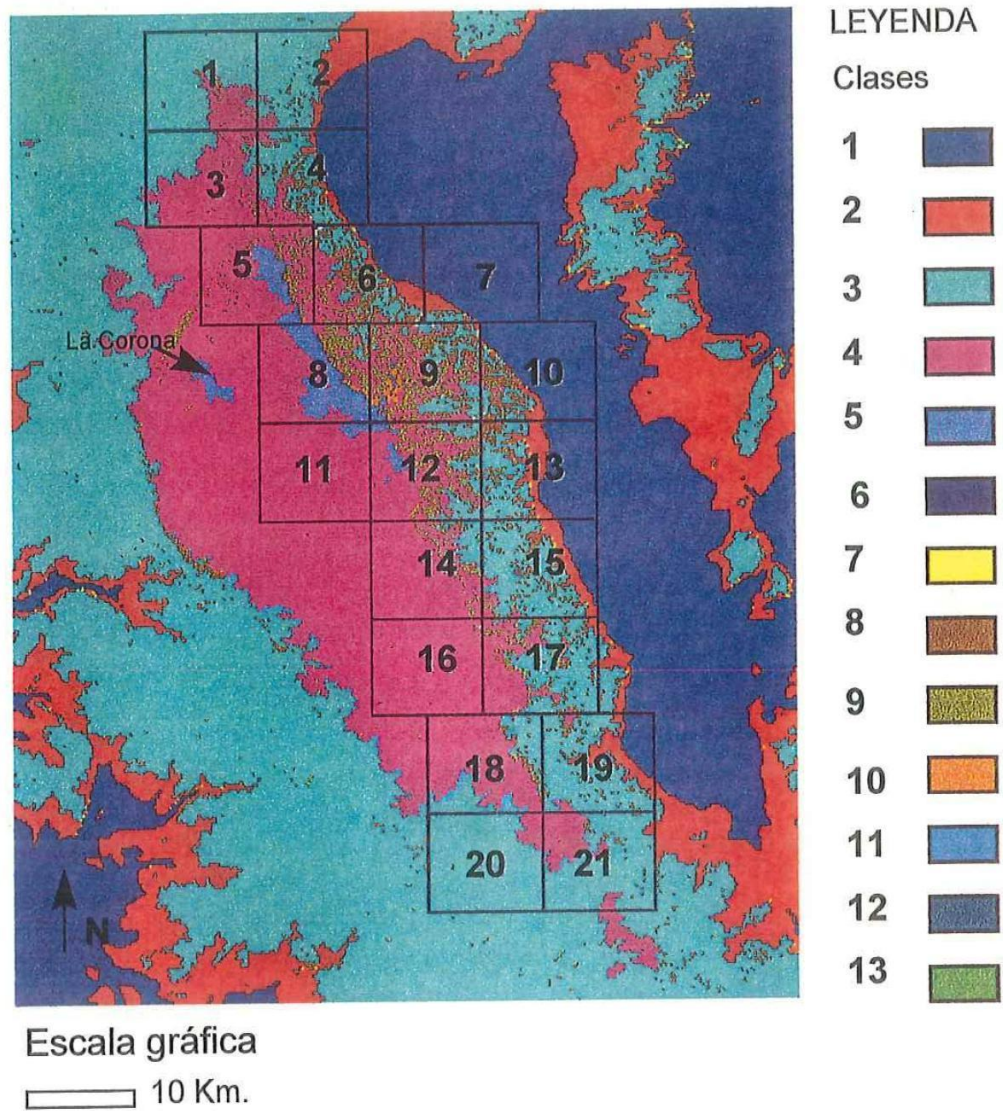


Figura 5.- Mapa de clases y ubicación de cuadros de 100 km² donde se calculó la probabilidad de ocurrencia de Borrego cimarrón. Sierra San Pedro Mártir

Tabla XIV.- Clases del mapa resultante de la clasificación cruzada entre mapas de TH y pendientes

Tipo de hábitat (TH)	Clase de pendiente	Clases
1	0 - 27°	1
2	0 - 27°	2
3	0 - 27°	3
4	0 - 27°	4
5	0 - 27°	5
1	27 - 54°	6
2	27 - 54°	7
3	27 - 54°	8
4	27 - 54°	9
5	27 - 54°	10
3	54 - 81°	11
4	54 - 81°	12
5	54 - 81°	13

Tabla XV.- Probabilidad de ocurrencia del borrego cimarrón en áreas de 100 km² en la SSPM.

CUADRO	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	CUADRO	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA
1	0.15453	12	0.33418
2	0.17791	13	0.28238
3	0.13675	14	0.15530
4	0.22526	15	0.24156
5	0.29773	16	0.11388
6	0.37262	17	0.22044
7	0.05583	18	0.13082
8	0.30590	19	0.17555
9	0.43181	20	0.12429
10	0.31543	21	0.17218
11	0.24650		

VII. DISCUSIÓN

El objetivo general y los objetivos particulares se cumplieron satisfactoriamente.

7.1. Evidencias de borrego cimarrón.-

Para evaluar el hábitat del borrego cimarrón, animal muy difícil de ver en campo, el uso de las evidencias como indicadores de su presencia, es indispensable. Si bien no dan cantidad exacta de animales, son un buen indicador de la presencia de éstos en el lugar. Además, se puede inferir a partir de éstas, si el área evaluada es ocupada por los animales en diferentes épocas, ya que el hecho de poder encontrar evidencias frescas o viejas (excretas, por ejemplo), sugieren la época en que ésta área fue ocupada por borregos.

Las evidencias como senderos, son fáciles de encontrar, ya que se pueden ver desde lejos, incluso de ladera a ladera de un cerro, o desde la parte baja de este. Son muy útiles, ya que permiten ubicar rutas o caminos por donde los animales se mueven, y si se siguen, se pueden llegar a echaderos o algún otra área importante para los animales como abrevaderos. Los senderos no sólo pueden ser utilizados por borregos, sino por venados, y otra fauna del lugar. Para comprobar que sea de borrego, se tiene que caminar sobre el sendero, y verificar que las excretas que se encuentren en éste, sean de borrego. En muchas ocasiones, los senderos encontrados, fueron utilizados tanto por borregos y venados, así como lince en algunos casos.

Las excretas fueron las evidencias que más se encontraron. Son más difíciles de encontrar que los senderos, porque se tiene que caminar mucho y en lugares con características propias del hábitat del borrego, además que siempre debe avanzarse mirando al suelo, y de éstas se puede obtener mucha más información adicional (Ayala, *et.al.*, en

prensa). Se pudo distinguir que las excretas encontradas fueron de borrego, ya que las de venado son claramente más alargadas. Fue interesante encontrar excretas tanto de borrego como de venado, en el mismo lugar. En las partes bajas de SSPM, único lugar con presencia de borrego doméstico, se puso mucho cuidado en la identificación de las excretas, ya que son muy similares, sin embargo sí se pueden diferenciar.

Con las huellas sucede lo mismo que con las excretas, son difíciles de encontrar. Las huellas se presentaron en menor proporción que el resto de evidencias, ya que va a depender mucho del tipo de suelo. También hay un parecido con las huellas de venado y borrego doméstico, pero sí llegan a haber características diferenciables.

El ramoneo también fue otra evidencia de borrego, aunque en este caso, fue más difícil diferenciar si una planta estuvo ramoneada por un borrego o por un venado.

Pero a pesar de que algunas evidencias son más fáciles de encontrar que otras, todas son importantes como indicadores de la presencia del borrego, e indicadores de que el lugar que se está evaluado, pertenece realmente al hábitat del borrego cimarrón.

7.2. Caracterización del hábitat en la Sierra San Pedro Mártir (SSPM).-

La caracterización del hábitat de SSPM se hizo a nivel de THs y de forma general. Hubo necesidad de crear estos TH, ya que al analizar con técnicas exploratorias los datos de los factores evaluados, se encontró una variabilidad muy grande entre sus valores máximos y mínimos, así que por medio de los TH, se intentó tener zonas menos heterogéneas para el análisis. Esta separación del hábitat en diferentes tipos, también la hizo Geist (1971) en sus estudios de borrego, en el sur de Alberta. Él observó que los borregos utilizaban tres tipos de hábitats dentro de su ámbito hogareño (área en la cual los animales se confinan para sus actividades diarias). El primero consistió en áreas abiertas, cubiertas de

pastos y de pendientes suaves. El hábitat 2, con riscos, fuertes pendientes y rocas salientes, y el tercer hábitat, con vegetación esparcida, pendientes moderadas y cumbres en las partes más elevadas. Geist, utilizó criterios similares a los utilizados en este trabajo para la separación de sus hábitats, la pendiente, y la cobertura vegetal.

Si bien la agrupación de datos en TH fue muy útil, ésta puede variar si se tiene más información. Por ejemplo, el TH4 fue difícil de caracterizar, porque por las condiciones climáticas de la época de muestreo, no se pudo tomar una gran cantidad de información en este TH. Sólo se llegó a una zona de la vertiente del Pacífico. Es probable, que si se incrementa la información, se pueda considerar un sexto TH, haciendo una separación por vertientes, la del Pacífico y la del Golfo de California.

Con la descripción hecha del hábitat separado en THs y con la información de las tablas III y IV, se muestra que el hábitat de SSPM, es un hábitat heterogéneo, que va desde el desierto hasta el bosque de pino, pasando por diferentes ecotonos (Figuras 6, 7, 8, 9 y 10). Esta variación no sólo es entre los diferentes rangos de altitud, sino incluso se da dentro de cada TH, de aquí la gran variación que se tiene entre los valores máximos y mínimos de los factores evaluados (Tabla IV). No se pudo hacer una evaluación en temporada de verano, pero es de suponer que también va a existir una variación temporal, sobre todo en lo que a disponibilidad de agua se refiere. Esto permite afirmar que SSPM es un ambiente en mosaico, con parches microclimáticos que responden a diferentes elementos del hábitat. Este tipo de hábitat, corresponde también a los descritos por Geist (1971). El menciona que el hábitat del cimarrón es discontinuo, parchado, y que sus parches pueden estar separados por kilómetros de terreno no apto para borregos. Estos parches separados, sin embargo, van a estar ligados por rutas migratorias ampliamente utilizadas por los animales. Pero ya sea que se trate del hábitat en Alberta o en SSPM, esta heterogeneidad le va a proveer a la fauna,

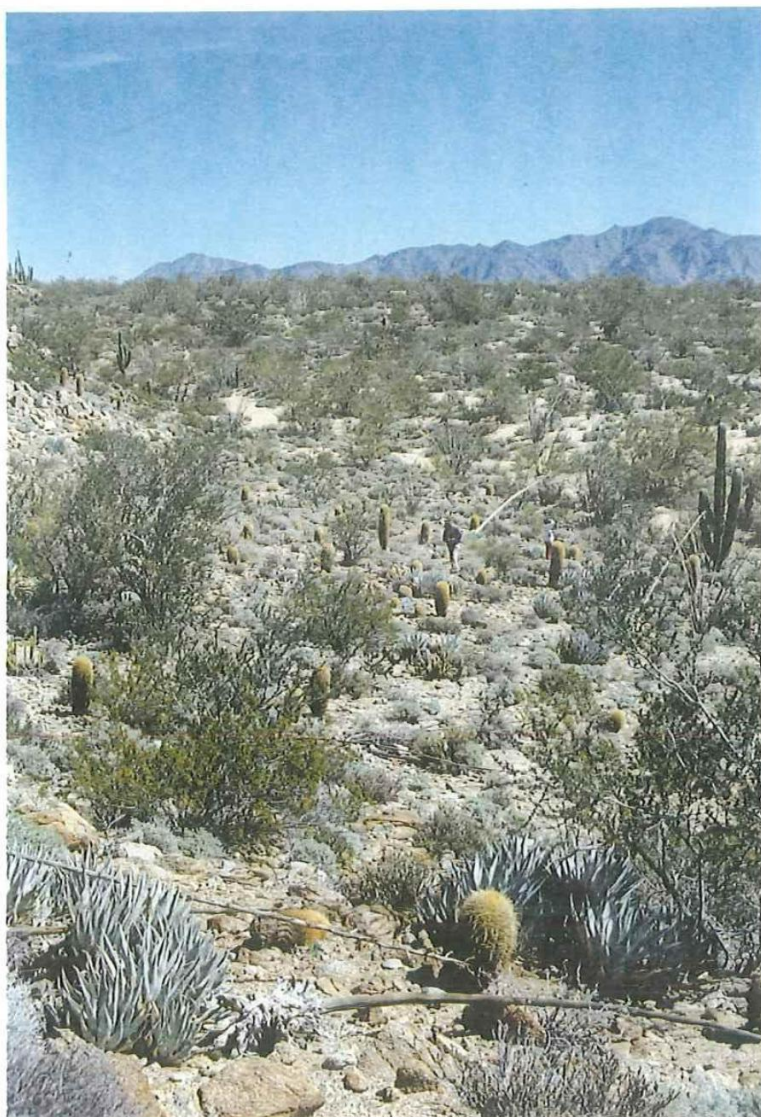


Figura 6.-Tipo de hábitat 1 (TH1). Sierra San Pedro Mártir,
Baja California, México

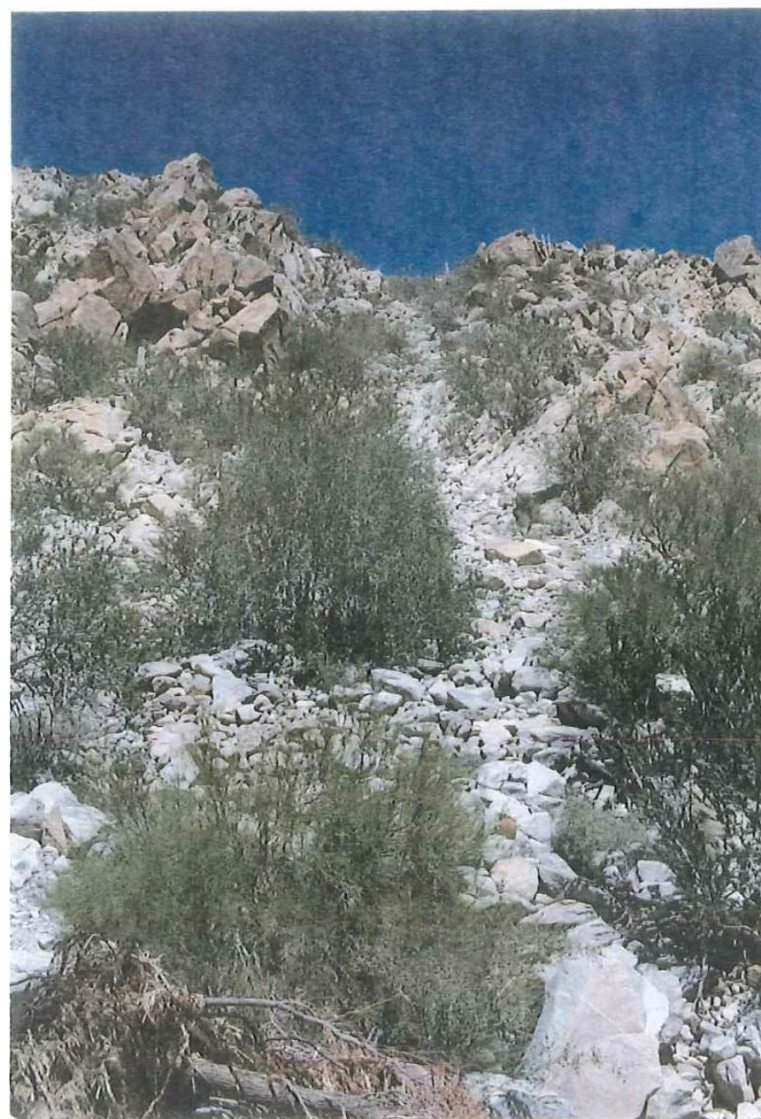


Figura 7.-Tipo de hábitat 2 (TH2). Sierra San Pedro Mártir,
Baja California, México

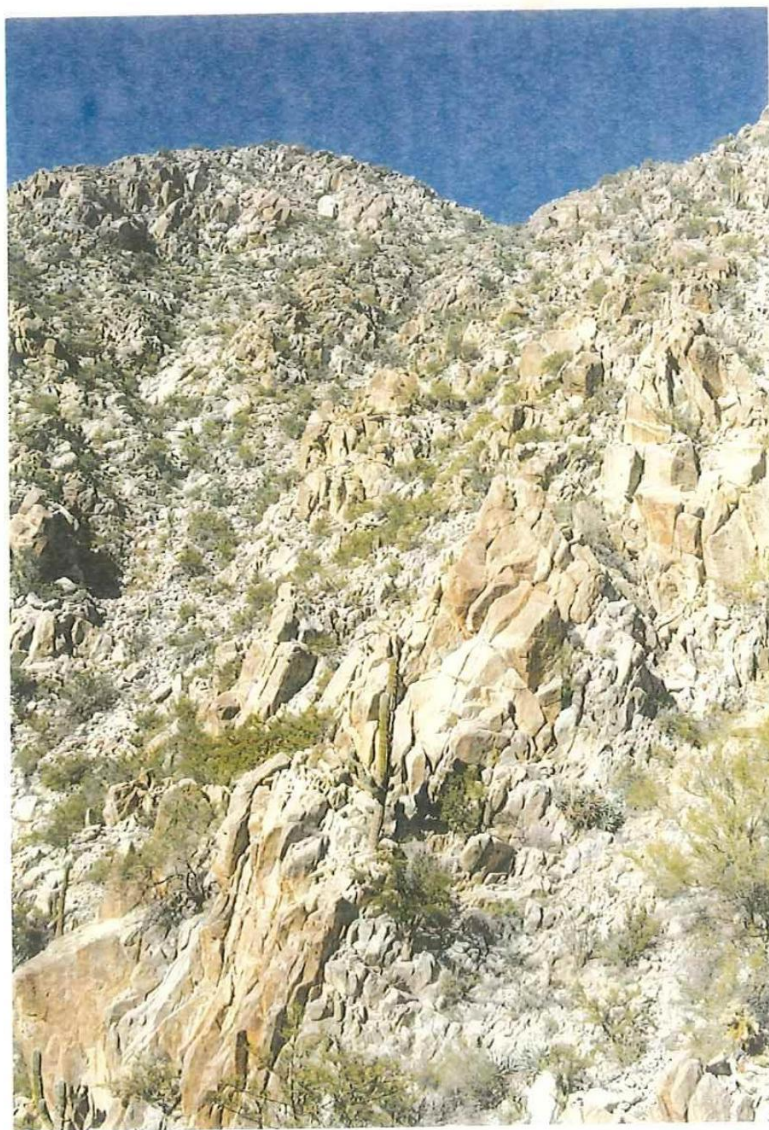


Figura 8.-Tipo de hábitat 3 (TH3). Sierra San Pedro Mártir,
Baja California, México

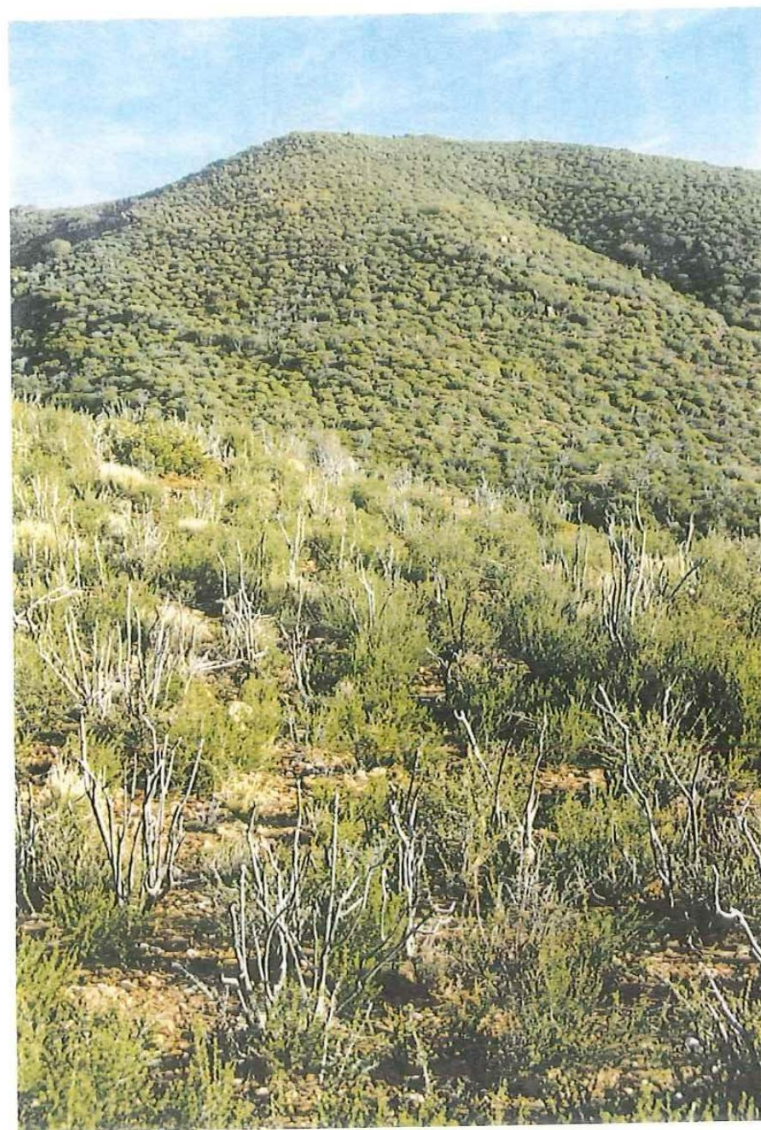


Figura 9.-Tipo de hábitat 4 (TH4). Sierra San Pedro Mártir,
Baja California, México



Figura 10.- Tipo de hábitat 5 (TH5). Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México



Figura 11.- Borregos cimarrones en un ambiente desértico. Baja California, México

opciones para regular sus balances térmicos y de agua y va a reducir las posibilidades de extinción de las especies (Wiens, 1985), razón que hace de SSPM un hábitat de suma importancia para el borrego cimarrón.

La heterogeneidad de SSPM, también va a permitir que se establezcan grupos familiares en los diferentes parches de la sierra. En un trabajo realizado con excretas de borrego cimarrón, en la misma época y localidades (Ayala, *et.al.*, en prensa) que el presente trabajo, se encontró que hay una diferencia significativa en la distribución de los diferentes grupos de animales. Se encontró que en zonas mayores a los 920 m.s.n.m., las excretas fueron de animales de diferentes edades, mientras que en las partes más bajas (menores a los 920 m.s.n.m.) se encontraron sólo excretas de animales adultos. Con lo cual se evidencia que la heterogeneidad espacial de SSPM, puede estar teniendo un efecto sobre la población o subpoblaciones de borregos en esta sierra. Este comportamiento sustentado por Geist (1971), menciona que son los machos adultos los que se alejan de los grupos familiares y los que guían al grupo por los corredores que unen los diferentes ámbitos hogareños (de invierno y de verano). Menciona, que los machos jóvenes no deben alejarse de los grupos, ya que podrían perderse fácilmente o ser presa fácil de los depredadores, los jóvenes tienen que seguir a los adultos, y así adquirir el conocimiento de los movimientos entre ámbitos hogareños y en la búsqueda de otros hábitats (Geist, 1971). Con los resultados encontrados por Ayala y colaboradores (en prensa), se podría sugerir que los movimientos en SSPM se están dando desde las partes altas hacia las partes bajas, ya que arriba es donde se encuentran los grupos mixtos y abajo los machos adultos.

Según Monson y Summer (1980), la subespecie *cremnobates* se encuentra en regiones de desierto cálido donde casi no cae nieve (Figura 11). Robinson y Cronmiller (1954), afirman que en invierno los borregos bajan a zonas menos elevadas, y que en el

verano se encuentran en el cinturón de coníferas. Geist (1971), con la subespecie *canadensis* encontró que los borregos se encuentran en la nieve hasta casi el final del periodo de invierno, ya que es aquí cuando la nieve se endurece y no pueden buscar alimento debajo de ella. Mientras haya nieve suave, los borregos podrán buscar las hierbas que estén debajo de este, pero cuando la nieve se hace hielo, los animales no pueden romperlo, y es cuando tienen que moverse a lugares donde la nieve esté derretida o donde no haya caído. En el presente trabajo en los meses de noviembre y diciembre, cuando incluso cayó nieve, se encontraron excretas frescas en el bosque de pino sobre los 2500 m.s.n.m. Esto sugiere, que la población o poblaciones que habitan en SSPM, a pesar de tener menos pelo que *O. canadensis canadensis*, asemejan su comportamiento a las poblaciones estudiadas por Geist. Esto se puede explicar en cierta forma, si se toma en cuenta la historia de vida del borrego como especie (no como subespecie) en el continente americano. Si se considera el centro de origen del género *Ovis* y su ruta de emigración hacia América, se puede entender que el borrego del "desierto" (*O.c.cremnobates*), habite lugares como SSPM.

El género *Ovis* durante su recorrido desde el Asia hacia América, pasó por altitudes desde los 1000 hasta los 5000 m.s.n.m, soportando bajas temperaturas, ya que su ruta de dispersión fue por las cadenas montañosas de la vertiente del pacífico y durante épocas glaciales o periodos interglaciales. Por las condiciones de esta ruta de dispersión, los borregos han desarrollado una gran amplitud ecológica (Eaton y Martínez, en prensa). Eaton y Martínez (en prensa), sugieren que esto les permitió establecerse en México, en hábitats considerados como desérticos. Mencionan además, que la afinidad que tiene el borrego a la vertiente del Golfo de California, se puede deber a factores como la pendiente más pronunciada hacia el este (caso de SSPM, por ejemplo), distribución de algunas plantas, humedad, etc. y que la región Neotropical hacia el sur, fue la que frenó su dispersión en esa

dirección. En Asia, los borregos tuvieron que soportar bajas temperaturas y condiciones de hábitat críticas, condiciones que no cambiaron mucho al llegar a América por la época en que llegaron, (épocas glaciales o periodos interglaciales). Esas condiciones se dan aún, en hábitats como el de las Rocallosas, en Idaho, Wyoming y Utah, lugares ocupados por *Ovis canadensis canadensis*, en donde se tienen periodos de nieve peores de los que se tienen en SSPM. Esta subespecie también se encuentra en el sur de Alberta, donde pasa periodos de invierno en lugares con grandes cantidades de nieve (Geist, 1971). Todo esto sugiere que *Ovis canadensis*, no es ajeno a estas condiciones, sino mas bien que es parte de su historia de vida.

Otra de las características importantes del hábitat de SSPM, es como lo menciona Tapia (1997), que junto con la sierra Juárez, son las únicas que tienen bosque de pino de toda la superficie de hábitat para *O.c.cremnobates* en Baja California (Figura 12). Si se analiza el hábitat del borrego a una mayor escala, y no sólo a nivel de SSPM, se puede pensar, que dicha sierra tiene una importancia a nivel regional, por sus características tan diferentes a las demás sierras de Baja California. Sólo en estos bosques de pino se van a presentar condiciones de nieve, presencia de especies vegetales que no se tienen en el resto de áreas que pueden ser utilizadas como alimento, así como lugares frescos en las épocas de verano, entre otras cosas. En SSPM, hay áreas con praderas que cuentan con pastos potencialmente palatables, que pueden ser aprovechados por los borregos, e incluso dentro del bosque de pino se tienen cantidades significativas de pastos en algunas épocas del año. Además, el hecho de que por más de 4 meses se presente nieve en estos bosques, tiene un efecto directo sobre el sistema hidrológico de la sierra.

La gran disponibilidad de agua que se tiene en SSPM, por el número de arroyos y por la gran acumulación de nieve que se da en los meses de invierno, es un factor clave del



Figura 12.-Borregos cimarrones en bosque de pino. Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México (Foto: Cortesía Gisela Heckel)

hábitat para la presencia y permanencia de la población de borregos, ya que éste es un elemento vital para la sobrevivencia de los individuos. En general, la heterogeneidad de SSPM, puede ofrecerle a la población de animales, elementos de su hábitat, que podrían no estar disponibles en las demás sierras de su rango de distribución, dándoles mayores posibilidades de sobrevivencia.

Hasta el momento, el término cobertura, ha sido interpretado como la porción del terreno cubierto por la proyección vertical de la vegetación, sin embargo, la cobertura también puede referirse (Robinson and Bolen, 1989) a cualquier característica física o biológica o al arreglo de estas, que proveen a los animales de refugio contra los factores del clima y/o contra los depredadores. El término cobertura interpretado de esta manera, es considerado uno de los recursos del hábitat, que va a influenciar en la distribución y abundancia de la fauna (Bailey, 1984). Los requerimientos de cobertura, van a variar según la especie de que se trate. En este sentido, el bosque de pino, y las diversas formaciones rocosas presentes en SSPM, forman parte de la cobertura y son importantes de considerar.

Uno de los elementos abundantes en SSPM, es la disponibilidad de echaderos. Los TH 2 y 3 especialmente, por sus características topográficas, presentan formaciones rocosas que le proporcionan sombra a los animales. Estas formaciones se conocen como echaderos, lugares utilizados por los animales para ventilarse y protegerse de las condiciones del clima, e incluso de los depredadores. En las partes más altas (TH4 y TH5), no se dan éstas formaciones en abundancia sino que en estos casos, los borregos utilizan a la vegetación, especialmente árboles no muy altos, para protegerse de los factores del clima. Esto lo sugiere el haber encontrado grupos de excretas debajo de las sombras de algunos árboles. En las partes más altas del TH5 por otro lado, las temperaturas no son tan altas como en los demás THs y al ser la formación dominante el bosque de pino, los animales se encuentran más

protegidos, y no necesitan de echaderos "típicos", sino, basta con el microclima que se tiene dentro del bosque, esto sobre todo en la época de verano.

Los diferentes parches que existen en SSPM, sean estos naturales (por condiciones de altitud y microclima) o creados por los efectos del fuego, tienen un borde (Forman, 1995; Robinson y Bolen, 1989), el cual es probable que pueda estar ejerciendo un efecto de borde sobre los borregos. No se sabe si se da este efecto, positivo o negativo, sobre los borregos en SSPM, pero podría ser otro de los elementos importantes que la heterogeneidad de SSPM, le está brindando al borrego.

7.3. Determinación de los elementos estructurales del hábitat más importantes para el borrego cimarrón.-

Como resultado del GLIM, se obtuvo que la altitud es el factor que explica en un 41.6% la devianza total del modelo en toda la SSPM (Tabla VI). Con este valor, se evidencia la importancia de las elevaciones para el borrego cimarrón en SSPM, en donde se tiene el punto más alto de todo Baja California. El resto de los factores no se analizaron en este nivel, porque como todos están en función de la altitud, la cual presentó diferencias significativas entre sus clases, se analizaron los factores por cada TH.

Cunningham (1989), menciona que el borrego selecciona ciertos aspectos del hábitat, según sea su preferencia. Los resultados obtenidos del GLIM (Tablas VII, VIII, IX Y X) sugieren que el borrego está seleccionando los mismos factores (pendiente, pedregosidad y cobertura) de diferente manera en los distintos rangos altitudinales o THs. Además, se presenta una variación en los valores de los factores, según sea el TH (Tabla XIII).

En general, hay una coincidencia con los trabajos realizados sobre el hábitat del borrego cimarrón. Los rangos de pendiente resultantes fueron mayores a 27°, y en la

literatura se menciona que utilizan fuertes pendientes como terreno de escape (Tilton and Willard, 1982). La cobertura (vegetal) está asociada a lo que en la literatura llaman visibilidad (Etchberger, R., *et al.*, 1989; Tilton and Willard, 1982, Geist, 1971; Wakeling and Miller, 1990) y los datos resultantes en este trabajo sugieren que efectivamente el borrego va a ocupar lugares con bajas coberturas, es decir, donde tengan suficiente visibilidad. La pedregosidad no es un elemento muy estudiado, sin embargo tiene relación con el terreno de escape, ya que en donde es muy pedregoso, la dificultad para caminar o correr es mayor. Sin embargo, en los TH 2 y 5, donde la pedregosidad es el factor con mayor porcentaje de explicación de la devianza total, los valores de la pedregosidad son rangos menores al 30 y al 60% respectivamente. Esto podría deberse, a que a pesar de que para el borrego sea más fácil correr y caminar sin pedregosidad, ésta evita que los depredadores como pumas, lince e incluso coyotes, tampoco puedan correr con facilidad y sea así más difícil que los borregos sean alcanzados por estos animales. De tal forma, que los terrenos pedregosos podrían ser propicios como terreno de escape. La interacción de todos estos elementos también es importante porque va a ofrecer combinaciones que el borrego puede estar utilizando para zonas de alimentación, refugio o escape.

Es importante aclarar, que a pesar de que se han tenido lugares con evidencias de borrego que presentaron coberturas altas, esto se debe a que la cobertura es percibida de diferente manera por los animales. Por ejemplo, si se tiene una cobertura del 100% de arbustos, esta puede impedir el paso de animales por estar a la altura de sus ojos, e impedirles la visibilidad. Pero si se tiene la misma cobertura pero dada por árboles con copas altas o de sólo herbáceas pequeñas, entonces esta es un tipo de cobertura que no va a afectar la visibilidad ni la movilidad de los animales, y van a poder estar en estos lugares.

Esta diferenciación a nivel de la cobertura, es importante tomarla en cuenta en los

censos aéreos de borrego. En sierras como SSPM, donde se tiene un bosque de pino de diferentes edades y con diferente combinación de especies, que proporcionan gran cobertura de estratos altos, se puede propiciar que en censos aéreos, se subestime la población de borregos, ya que es más difícil detectar a los animales en estos lugares. Se dice que el borrego no se va a encontrar en dichos lugares por la gran cobertura que hay, pero si se toma en cuenta que esta cobertura esta dada por la copa de los árboles, en realidad, para los borregos, estas son zonas abiertas. Por ejemplo, los resultados del censo aéreo de 1992, realizado por DeForge (DeForge, *et.al.* 1992) en ocho sierras de Baja California, muestran que SSPM tiene el quinto lugar en número de individuos por kilómetro cuadrado. Las sierras que tienen mayor número de animales son Santa Rosa, Santa Isabel y Las Tinajas, sierras con una menor cobertura vegetal y mayormente especies xerófitas.

Pero a pesar de que los factores del hábitat que determinan la presencia de las evidencias de borrego en la SSPM, hayan resultado altitudes mayores a los 700 m.s.n.m., fuertes pendientes, bajas coberturas y bajos porcentajes de pedregosidad, para SSPM, es importante que no se dejen de lado áreas con características diferentes. Bleich *et. al.* (1990), mencionan que los borregos de ecosistemas de desierto como lo es *cremnobates*, tienen movimientos migratorios intermontanos, lo cual quiere decir, que están utilizando hábitats "borregueros no tradicionales", para mantener un flujo génico entre sus diferentes subpoblaciones. Schwartz *et. al.* (1986), por ejemplo, menciona que los borregos pueden atravesar distancias intermontanas mayores a 20 km. y que estos movimientos son posibles dentro de las metapoblaciones. El término metapoblación, describe sistemas en donde poblaciones naturales están compuestas de un número de poblaciones locales, es decir una "población de poblaciones" (Levins, 1970) y este modelo de metapoblación podría aplicarse, si se considera a todas las sierras de Baja California. Esto sugiere que las poblaciones de Baja

California, se ajustarían al modelo de metapoblación; lo que llevaría a la conclusión de Wegausen (1992), que considerar una población de borregos como un grupo de individuos que ocupan un área, es una simplificación de su demografía y genética. Dentro de este marco, es posible pensar, que si se quiere hacer un manejo del hábitat del borrego cimarrón en la SSPM, no se la puede ver como una sierra aislada del resto del sistema, sino que se tiene que tener una aproximación a una escala mayor, y considerar las zonas de valle que separan las sierras como los corredores que unen los parches de hábitat "borregueros" de la subespecie *cremnobates* en Baja California. Por ello, Bleich *et. al.* (1990) concluyen que todas las áreas utilizadas por el borrego son esenciales para su sobrevivencia.

El hecho de encontrar los factores que determinan la presencia de evidencias de borrego en SSPM, permite tener una primera aproximación al conocimiento de cómo los borregos utilizan el hábitat de SSPM. Si bien, para conocer cómo los borregos utilizan los elementos del hábitat, se necesita otro tipo de estudios, este trabajo muestra que hay una diferenciación en la estructura del hábitat, y además cuantitativamente determina los elementos. Por ejemplo, con otros estudios, se podrían conocer los valores de pendiente que el borrego utiliza para terreno de escape, pero lo que muestran los resultados del GLIM, son los porcentaje en que esos rangos de pendiente determinan la presencia del borrego. Para que el manejo del hábitat de una especie sea eficiente, es necesario conocer los requerimientos de hábitat de dicha especie e identificar los factores del hábitat que limitan el desarrollo de la población (Bailey, 1984), pero se toma mucho tiempo para obtener esa información de forma detallada. Los resultados del GLIM, van a ser una guía de qué factores son más importantes que otros, y de esta manera, se van a poder priorizar los elementos a estudiar.

Es importante aclarar, que aunque en el presente trabajo sólo se consideraron tres factores para el análisis del GLIM, en este análisis se pueden incluir tantos factores como se

tengan. Por ejemplo, se podrían incluir especies vegetales, orientación de las laderas, o cualquier factor que se considere importante para la presencia del borrego, dependiendo de lo que se quiera encontrar. En este trabajo no se incluyeron las especies vegetales, porque lo que se quiso determinar fueron los elementos estructurales del hábitat, pero en la matriz del GLIM se puede incluir cualquier factor que se considere. Incluso en el modelo se pueden considerar impactos existentes sobre el hábitat, y así se podría encontrar de que manera están afectando la presencia del borrego. La aplicación del GLIM tiene un gran potencial para hacer estudios de impacto sobre el hábitat.

7.4. Determinación de la perturbación sobre el hábitat del borrego cimarrón en la Sierra San Pedro Mártir (SSPM).-

7.4.1. Ganadería.-

Primack (1995), ha mencionado que una de las causas de la destrucción del hábitat, son los ranchos ganaderos y que uno de los problemas con la ganadería es la transmisión de enfermedades. Por otro lado, diversos autores (Cunningham and Ohmart, 1986; Dodd, 1987; McQuivey, 1978; Gallizioli, 1977) han concluido que ninguna subespecie de borrego cimarrón puede coexistir con el borrego doméstico. En SSPM, por la metodología utilizada en este trabajo, no se puede llegar a un resultado que muestre la forma cómo el ganado afecta al borrego cimarrón. Desde el punto de vista del hábitat, la modificación o pérdida de este es mínima, ya que la ganadería es de tipo extensiva en toda el área de estudio. Esta es en su mayoría vacuna. Sí se observó que en el único lugar donde se encontró gran evidencia de ganadería caprina no hubo evidencia de borrego cimarrón, pero no se conoce la causa.

También se encontraron caballos y burros, estos últimos ferales. Cunningham (1989),

menciona que hay un traslape en alimento con estos animales ferales. Robinson y Bolen (1989) afirman que además de que hay una competencia por alimento y que los burros tienen mayor ventaja sobre los borregos por su tipo de sistema digestivo, los burros también van a desplazar a los borregos de las fuentes de agua. Es tal el impacto que tiene el comportamiento de los burros en las fuentes de agua, que los borregos no vuelven a frecuentar estos lugares, dándose una competencia por interferencia entre ambos (Robinson y Bolen, 1989).

Sin embargo, a pesar de que los burros ferales se pueden encontrar en diversas partes de SSPM, en el trabajo de campo realizado, sólo fueron encontrados en las partes de valle bajo, y no se puede establecer una relación entre ambos, para este caso.

7.4.2. Fuego.-

Como ya se mencionó, de todos los impactos identificados en el área de estudio (Tabla XIV), el único que afecta a la estructura del hábitat es el fuego. Este modifica la cobertura vegetal y dependiendo de la edad del fuego, la composición de especies también va a variar. Esta modificación del hábitat, puede beneficiar (Ryerson, 1995; Tesky, 1993) de varias maneras a los borregos y a otra fauna en general, sin embargo, también puede darse el caso de que estos cambios sean perjudiciales para el borrego e incluso para el ecosistema (Tesky, 1993). En el campo, sobre todo en el TH4, se observó que en los lugares incendiados, la cobertura fue considerablemente menor a los demás sitios, y fue donde se pudieron encontrar evidencias (Figura 13). No en toda la SSPM se presentan los fuegos, pero es una perturbación importante, y al parecer positiva en los lugares donde se presentan, si se considera el cambio en la cobertura vegetal.

El fuego es una perturbación (natural y/o antropogénica) que esta fragmentando el

paisaje, entre otras cosas, y está contribuyendo con la heterogeneidad de condiciones ambientales que se tienen en SSPM. En este caso, la fragmentación del paisaje de SSPM no está ocasionando una pérdida del hábitat para el borrego (Primack, 1995; Glenn, 1989; Groombridge, 1992; Saunders, *et.al.*, 1991, Mace and Lande, 1990; Swanson, 1992), sino que está contribuyendo a mantener su salud, calidad, flujo de energía y nutrientes (Averill, *et.al.*, 1994; Boyce, *et.al.*, 1997; Forman, 1995; Hobbs and Huenneke, 1992; Morrison *et.al.*, 1993), asegurando la sustentabilidad y productividad del ecosistema (Averill *et.al.*, 1994).

Whelan (1995), menciona que el fuego mejora la calidad del alimento de los ungulados en las áreas que han sido incendiadas. Esto podría explicar la forma cómo los grupos de animales se distribuyen a lo largo de la sierra. En SSPM, como ya se ha dicho, los fuegos sólo se presentan en las partes altas, es decir que esta mejora en la calidad del alimento, sólo se va a estar dando en estas zonas. Estos parches que contienen una mejor calidad de alimento, son preferidos por grupos familiares conformados por hembras adultas, añeros, crías y algunos machos adultos, mientras que los parches que no han sido quemados, son ocupados por machos adultos, que pueden soportar condiciones más adversas que los demás animales.

Autores como Geist (1971) y Robinson y Bolen (1989), por otro lado, mencionan que el borrego está asociado a lugares con comunidades clímax, a pastizales maduros, que no han sido quemados. Sin embargo, esta observación está enfocada a especies utilizadas como alimento y no visto desde la perspectiva de cobertura. Es importante, por lo tanto, conocer la dieta del borrego en SSPM, ya que esto permitiría comprobar si se alimenta de especies componentes de la comunidad clímax, como lo hace la subespecie *canadensis*, o si es que hay una diferencia entre estas subespecies. Esto sería muy útil para comprobar si el fuego beneficia al hábitat del borrego, o si este beneficio es sólo a nivel de estructura.

El fuego tiene efectos directos e indirectos sobre la fauna. Los efectos directos son transitorios, y ocurren en una escala de minutos a días. Usualmente son negativos porque los individuos que no pueden escapar del fuego mueren o su alimento se quema, así como sus lugares de refugio. En contraste, los efectos indirectos son a largo plazo y ocurren en una escala de tiempo de meses a años y los cambios que se dan son a nivel de las características del hábitat, como productividad primaria, composición de especies vegetales, y estructura física. Estos cambios, pueden favorecer o perjudicar a la vida silvestre, dependiendo de sus requerimientos de hábitat (Price *et.al.*, 1995). En el caso del borrego ya se mencionó que esto es benéfico a nivel de la estructura del hábitat, pero es importante considerar la edad del incendio. Todavía no se conoce exactamente que edades de los parches incendiados son las que benefician al borrego, pero esta información sería importante conocerla, ya que el mapa de incendios de Minnich (Minnich, 1997), proporciona la información para conocer las edades de las áreas incendiadas, lo cual puede utilizarse para ubicar zonas con las características más propicias, desde el punto de vista de los incendios para el desarrollo de los animales. Pero en general, se puede sugerir, que los parches de edades medias, es decir, lugares donde ya se haya dado una regeneración de especies, pero donde los arbustos no ofrezcan una cobertura mayor del 40%, van a ser lugares propicios para el establecimiento de borregos.

En el presente trabajo, por la época de muestreo, no se pudieron evaluar parches de distintas edades, sin embargo, es un estudio que se debe hacer, para conocer los efectos que tiene el fuego sobre los borregos, ya que el fuego forma parte de los procesos naturales que se dan en este ecosistema y podría tomarse en cuenta como una herramienta de manejo (Price, 1995; Tesky, 1993; Whelan, 1995)

7.4.3. Cercas

Las cercas fueron encontradas mayormente en las partes bajas (Figura 14) y en algunos lugares más altos. A nivel de la SSPM, el impacto de las cercas es desconocido, porque no se sabe cuales son los movimientos de los animales dentro de la sierra. A una mayor escala, el impacto tampoco se conoce, pero se cree que es mayor, ya que si existen o existieron movimientos de los borregos entre las sierras, estos ya no se pueden dar, al menos con la misma fluidez que antes de la presencia de las cercas. Las cercas también están a los lados de las carreteras o caminos, los cuales también pueden impedir el paso de los animales, por el paso continuo de los carros. Krausman y Leopold (1986) y Geist (1971), mencionan que el borrego va a tener una reacción diferente a estos impactos, dependiendo de la cantidad e intensidad con que se realicen.

Se sugirió anteriormente, que las poblaciones de cimarrón en Baja California, pueden ser en realidad una metapoblación, y si esto es así, lo cual aun no se sabe a ciencia cierta, el impacto de las cercas y caminos sobre éstas sería aun peor, porque no se podría dar un flujo génico entre estas.

7.4.4. Cacería

En el trabajo de campo realizado, no se vieron cazadores, ni se encontró evidencia de esta actividad, sin embargo, se sabe que puede haber cacería sobre todo en la parte este de SSPM. Este es un factor importante de mencionar, ya que se ha encontrado en otras subespecies (Geist, 1971) que la cacería tiene un efecto sobre la pérdida del hábitat. Se ha visto (Geist, 1971), que lugares normalmente habitados por poblaciones de borregos, son abandonados por los mismos, después de que se da la caza de uno o más animales en este lugar y los grupos tienen que moverse a lugares donde no serían normalmente vistos, incluso



Figura 13.- Incendio. Perturbación encontrada en la sierra San Pedro Mártir, Baja California, México



Figura 14.- Cercas. Perturbación encontrada en la sierra San Pedro Mártir, Baja California, México

a lugares que pueden ser de menor calidad. Esto significa que la cacería estaría provocando una pérdida de hábitat en lo que a disponibilidad se refiere.

Dentro de este marco, es importante tomar esto como un elemento más al determinar áreas destinadas a la caza, ya que si por ejemplo, se cazara en ámbitos hogareños invernales, los cuales los animales utilizan para reproducirse, esto promovería que los animales no regresaran a estas áreas, y esto podría tener un efecto sobre la población. Si se considera además que la distribución espacial de los animales en SSPM, es diferencial, también se podría tomar esto en cuenta, ya que como en las partes altas es donde se encuentran los grupos familiares, entonces se podría decir que sería menos perjudicial cazar en altitudes donde sólo se presentan los machos adultos.

7.5. Probabilidad de ocurrencia del borrego cimarrón en SSPM.-

El modelo obtenido para calcular la probabilidad del borrego en diferentes áreas de SSPM, está basado en la pendiente y en los resultados del GLIM. Es importante hacer esta aclaración, porque no sólo la pendiente determina la presencia del borrego en un lugar dado, sin embargo, en este modelo sólo se consideró este factor, porque no se contó con fuentes de información digital de cobertura, pedregosidad o cualquier otro factor que tenga influencia sobre la presencia del borrego.

A pesar de estas limitaciones, este modelo de predicción de la presencia del borrego, es muy útil para mostrar el camino que se puede seguir en el manejo del borrego. Es una pequeña muestra del potencial que tiene la información obtenida a través del método propuesto.

Los cuadros de 10 x 10 Km, pueden variar, y uno puede establecer el área del cuadro, e incluso escoger exactamente el área en donde se quiere calcular la probabilidad del

borrego, en este caso, en función de la pendiente. Esto les permitiría a los usuarios de este recurso, conocer en función de ciertas características del hábitat, la probabilidad de que el borrego ocurra en sus tierras, y así poder hacer un mejor manejo de estas zonas, priorizar áreas, e incluso hacer un ordenamiento de su territorio, en función de la probabilidad de ocurrencia del borrego cimarrón. Por ejemplo, se podrían ubicar áreas exclusivas para el borrego, y áreas que por tener probabilidades mínimas de ocurrencia de borrego, ser destinadas al uso ganadero.

7.6. Sobre el método y su aplicación en manejo.-

El método utilizado en el presente trabajo, a pesar de que puede ser mejorado y que podría complementarse con mayor cantidad de información - como ya se mencionó - es una forma sistemática de evaluar el hábitat. Es una aportación para el aprovechamiento de las especies de fauna, en especial, de borrego cimarrón. Este método puede ser aplicado a otras especies de fauna, cuyo hábitat quiera ser evaluado de una manera sistemática. A continuación se describirá la contribución del método, al manejo del borrego, considerando al método propiamente dicho, enmarcado dentro de los aspectos legales que regulan el aprovechamiento del borrego.

La Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) es la encargada de aplicar las disposiciones sobre preservación y aprovechamiento sustentable de especies de fauna silvestre y de autorizar su aprovechamiento en actividades económicas (Artículo 86, LGEEPA). Dicha autorización se podrá dar cuando los particulares garanticen su reproducción controlada o desarrollo en cautiverio o semicautiverio, o cuando la tasa de explotación sea menor a la de renovación natural de las poblaciones, de acuerdo con las normas oficiales mexicanas que al efecto expida la Secretaría. No podrá autorizarse el

aprovechamiento sobre poblaciones naturales de especies amenazadas o en peligro de extinción, excepto en los casos en que se garantice su reproducción controlada y el desarrollo de poblaciones de las especies que correspondan (Artículo 87, LGEEPA). Se requiere además el consentimiento expreso del propietario o legítimo poseedor del predio en que las especies se encuentren. Asimismo, la Secretaría podrá otorgar a dichos propietarios o poseedores, cuando garanticen la reproducción controlada y el desarrollo de poblaciones de fauna silvestre, los permisos cinegéticos que correspondan. (Artículo 87, LGEEPA).

Dentro del Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000, se tiene un apartado de Política Ambiental, y es en el Programa de Medio Ambiente 1995-2000, donde se trata más a fondo. Su objetivo general a grandes rasgos, es frenar las tendencias de deterioro y promover el desarrollo económico y social de México con criterios de sustentabilidad. Así mismo, el Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural (1997), tiene un apartado para los Proyectos de Conservación y Recuperación de especies prioritarias, aquí se incluye el del borrego cimarrón. Este proyecto considera la consolidación del Comité Consultivo Técnico; la aplicación de recursos, a partir de la constitución del Fideicomiso Nacional para la Vida Silvestre; desarrollar un manejo integral de las poblaciones de borrego cimarrón por estado y por conjunto de sierras; instrumentar programas de reproducción en unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de vida silvestre (UMA) dentro de su área de distribución actual; repoblar en los estados de Chihuahua, Coahuila y Nuevo León; expedir permisos de aprovechamiento cinegético a propietarios; promover la cooperación internacional para fomentar el desarrollo del proyecto; y declarar santuarios en Baja California Sur y Sonora.

Una Unidad para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de Vida

Silvestre (UMA), es un área claramente delimitada, bajo cualquier régimen de propiedad, debidamente registrada, en donde se permite el aprovechamiento de ejemplares, productos, subproductos mediante la utilización directa o indirecta de los recursos de vida silvestre; y que requieren de un plan de manejo para su operación, que garantice la viabilidad de las poblaciones de cada especie que ahí se distribuye (Programa de conservación de la vida silvestre y diversificación productiva en el sector rural 1997-2000). La creación de estas Unidades, es considerada un instrumento dentro del Programa y es la forma como el borrego cimarrón y cualquier otra especie será aprovechada.

La operación de las UMAs se basa en seis elementos fundamentales: Registro de las unidades, manejo del hábitat, monitoreo poblacional de las especies de interés, aprovechamiento controlado, plan de manejo y la certificación de la producción. Los beneficios que se generen en las UMA, coadyuvarán a solventar los gastos de operación y serán reinvertidos en programas de conservación, monitoreo e investigación, con lo que se asegurará la permanencia del capital natural. Los tenedores del recurso son los que estarán a cargo y asumirán la responsabilidad del funcionamiento adecuado de la Unidad (Programa de conservación de la vida silvestre y diversificación productiva en el sector rural, 1997).

Dada esta forma de aprovechamiento del borrego, se puede dar el caso, de que sean varias UMA, las que simultáneamente estén manejando la misma subespecie *cremnobates*. No hay un programa de manejo establecido, cada UMA presentará el suyo en su momento, pero es importante uniformizar criterios, sobre todo si se trata de la misma especie. Para la operación de las UMA uno de los elementos es el manejo del hábitat, pero para esto se tiene que hacer una evaluación previa y conocer sus características. El método propuesto en este trabajo, puede ser aplicado a cualquier sierra que se quiera evaluar, y para cada caso, se obtendrán resultados comparables entre una y otra sierra. Esta comparación es importante

por el hecho de que puede ser que *cremnobates* sea una metapoblación, y el manejo del hábitat debe darse a una escala regional. Las UMA que quieran aprovechar al borrego cimarrón, deberían considerar la idea de trabajar en conjunto, ya que los animales que estén cazando, pueden ocupar sierras de otras UMA.

Por otro lado, la comparación entre los resultados de una y otra sierra es importante, ya que por las diferentes condiciones de cada una, por la heterogeneidad interna de cada sierra, el comportamiento de los borregos es muy probable que sea diferente en cada sierra y este comportamiento será difícil de entender a una escala regional, si los datos a nivel local no son comparables.

Existe una diferencia entre el manejo de ecosistemas y el manejo de recursos (Grumbine, 1997). El manejo de recursos sólo enfoca el recurso que se va a explotar (el borrego cimarrón en este caso), el manejo de ecosistemas en cambio, proclama que hay que proteger las fuentes: los ecosistemas que "producen" los recursos. El manejo tradicional de recursos sólo se ha preocupado en producir bienes y servicios para los humanos. El manejo de ecosistemas, también se preocupa por esto, pero sólo si esta producción se puede alcanzar manteniendo la salud del ecosistema: mantener la biodiversidad nativa, la estructura y función del ecosistema, etc. Se podría decir, que en el manejo de ecosistemas, el concepto de sustentabilidad está implícito, en cambio el aprovechamiento tradicional de recursos es todo lo contrario (Holling and Meffe, 1995).

Las UMA están planteadas dentro de esta concepción, por lo que el plan de manejo parte de evaluar las interrelaciones de las especies a aprovechar y los ecosistemas, a fin de conservar sus hábitats básicos.

Todavía se sigue haciendo manejo de recursos y se va a seguir haciendo, pero es importante que se tenga en cuenta el principio de sustentabilidad y sobre todo, considerar

el ecosistema en el que se encuentra el recurso. Hay que entender al recurso como una parte de todo un entorno, sin el cual, el recurso no existiría. Este entorno, es el sistema de sierras del estado de Baja California.

VIII. CONCLUSIONES

- Utilizar evidencias indirectas de la presencia del borrego cimarrón, es una herramienta muy útil para la evaluación de su hábitat.
- El hábitat de la SSPM 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 de animales. Es importante conservar esta heterogeneidad ambiental, manteniendo los procesos naturales que se dan en esta sierra, como son los incendios.
- La importancia del hábitat de SSPM, no sólo 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.
- La altitud, pendiente, cobertura, pedregosidad y la combinación de estos, son los factores que determinaron la presencia de las evidencias de borrego cimarrón en el presente estudio.
- Para la temporada invierno en SSPM, no se encontraron impactos sobre la estructura del hábitat. 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 de borregos.

- El método utilizado en el presente trabajo, es una manera sistemática de evaluar el hábitat, que va a permitir tener resultados comparables con otros lugares en donde se aplique este método. Y a pesar de que pueden incorporarse más factores en el modelo, los resultados seguirán siendo comparables entre los diferentes estudios.
- El modelo para calcular la probabilidad del borrego en ciertas áreas delimitadas, tiene un gran potencial de aplicación en el manejo de esta especie. Esta probabilidad está en función de la pendiente, sin embargo, pueden agregarse otros factores.
- Se sugiere que el modelo de metapoblación se ajusta a la población de *Ovis canadensis cremnobates*, con lo cual, su manejo debe hacerse a una escala regional, tomando en cuenta todo su ámbito de distribución, y no cada sierra de forma independiente.

IX. RECOMENDACIONES

- Es importante que se continúe con la caracterización de SSPM, en época de verano, ya que las condiciones son muy diferentes y pueden tener efectos distintos sobre la población de borrego cimarrón.
- Sería recomendable evaluar, si las características del TH4, son diferentes entre las áreas de la vertiente del Pacífico y la del Golfo de California. Ya que de ser así, se podría tener un sexto tipo de hábitat dentro de SSPM y mediante el GLIM, determinar los elementos que determinan la presencia del borrego en cada uno de estos.
- Una recomendación para los siguientes estudios, es que se intente incluir en el modelo del GLIM, otros posibles factores que expliquen la presencia de evidencias de borrego cimarrón, y que se verifique si la devianza total, se explica en un 100%. Esto se puede hacer con información de la época de verano, o juntando esta información con la de invierno.
- Para tener un entendimiento completo de la distribución de la población de borregos cimarrones, se requiere de información sobre el uso del hábitat por el borrego en SSPM; por lo que se sugiere que se hagan estudios de este tipo, para poder conocer mejor a la población, y poder hacer un manejo adecuado de *Ovis canadensis cremnobates* en Baja California.

- Es muy importante que la información que se genere sobre *cremnobates*, en las diferentes sierras, sea comparable entre si, y se recomienda el método presentado, para que las diferentes entidades que hagan estudios del hábitat, lo hagan de una forma sistemática y comparable.
- Las UMA, son las que van a aprovechar al borrego cimarrón, teniendo que hacer un plan de manejo para esto. Es recomendable que éstas contribuyan al avance de los estudios y tomen la información generada en Baja California por diferentes estudios realizados y por trabajos que están en proceso, para la elaboración de sus planes de manejo, ya que las características del hábitat de *cremnobates*, en Baja California, son diferentes a las de otros lugares y esto puede influir en el comportamiento de la misma población.

X. LITERATURA CITADA

- ✓ - Alaniz, J. 1996. Estudio del Borrego Cimarrón en Sierra de las Pintas, Baja California. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada.
- Averill, R.; L. Larson; J. Saveland; P. Wargo; J. Williams. 1994. Disturbance Processes and Ecosystem Management. En: [Http://www.fs.fed.us/research/disturb.htm](http://www.fs.fed.us/research/disturb.htm)
- Ayala, S.; M.Galindo, R. Martínez. Análisis del tamaño de escretas como un método para la evaluación de la distribución espacial del borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. En prensa
- Bailey, J.A. 1984. Principles of Wildlife Management. John Wiley & Sons. 373 pp.
- ✓ - Bleich, V.C.; J.D. Wehausen; S.A. Holl. 1990. Desert-dwelling Mountain Sheep: Conservation Implications of a Naturally Fragmented Distribution. *Coservation Biology*. 4(4):383-390
- Bojorquez, L. y A. Ortega. 1989. Las evaluaciones de Impacto Ambiental: Conceptos y Metodologías. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, A.C. La Paz.
- Bojorquez, L. y A. Ortega. 1989. Análisis de técnicas de simulación cualitativa para la predicción del impacto ecológico. *Ciencia* Vol.40(2):71-78
- Boyce, M. and A. Haney. Ed. 1997. Ecosystem Management. Applications for Sustainable Forest and Wildlife Resources. Yale University Press. 361 pp.
- Cox, G. 1976. Laboratory Manual of General Ecology. Third Edition. Wm.C.Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa.
- Crawley, M.J. 1993. Glim for Ecologist. Blackwell Science Ltd. 379 pp.
- ✓ - Cunningham, S.C. and R. D. Ohmart. 1986. Aspects of the ecology of desert bighorn sheep

in Carrizo Canyon, California. Thesis. Ariz.State Univ., Tempe.

- ✓ - Cunningham, S.C. 1989. Evaluation of Bighorn Sheep Habitat. Pages 135-160. In: R.M.Lee, ed. The desert bighorn sheep in Arizona. Arizona Game and Fish Dep. Phoenix.
- Diario Oficial de la Federación. 3 de abril de 1996. Programa de Medio Ambiente 1995-2000.
- De Forge, J.; S. Ostermann; D. Towell; P. Cyrog and E. Barrett. 1992. Helicopter Survey of Penninsular Bighorn Sheep in northern Baja California. Desert Bighorn Council Transactions 37:24-28
- Dodd, N.L. 1987. Ecological relationships of sympatric desert bighorn sheep and cattle at Aravaipa Canyon, Arizona. Thesis. Ariz. State Univ., Tempe.
- Eastman, R. 1992. IDRISI version 4.0. Clark University.
- Eaton, R. y R. Martínez. Género Ovis... desde Asia. En prensa.
- Escofet, A.M. 1989. Ecología aplicada en Baja California. Cap. 10:285-318. En: Rosa-Vélez J. De la y F. González-Farias (eds.). Temas de Oceanografía Biológica en México. Ensenada 337pp.
- Escoto, M. 1994. Balance del Agua del Suelo en tres Sitios de Estudio en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California. Tesis para obtener el título de biólogo. Universidad Autónoma de Baja California. 96p.
- Espinoza, P. 1983. Estudio de resistividad en los valles de San Pedro Mártir y Valle Chico B.C. Tesis de Maestría. CICESE, Ensenada, 112p.
- ✓ - Etchberger, R.; P. Krausman and R. Mazaika. 1989. Mountain sheep habitat characteristics in the Push Ridge Wilderness, Arizona. J. Wildl. Manage. 53(4):902-907
- Ezcurra, E.; S. Gallina y P. Ffolliott. 1980. Manejo Combinado del Venado y el Ganado

en el Norte de México. *Rangelands* 2(5):208-209

- Forman, R. 1995. *Land Mosaics. The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press. 632 pp.
- ✓ - Gallizioli, S. 1977. Overgrazing on desert bighorn ranges. *Desert Bighorn Council Trans.* p.21-23
- Gastil, G. and J. Lillegraven. Ed. 1974. *The Geology of Peninsular California*. 49th Annual Meeting of the Pacific Section AAPG-SEPM-SEG.
- ✓ - Geist, V. 1971. *Mountain Sheep: a study in behavior and evolution*. Univ. Chicago Press, Chicago.
- ✓ - Gionfriddo, J. and P. Krausman. 1986. Summer Habitat use by Mountain Sheep. *J. Wildl. Manage.* 50(2):331-336
- Glenn, S. and T. Nudd. 1989. Insular biogeography of mammals in Canadian parks. *Journal of Biogeography* 16, 261-268.
- Groombridge, B. (Ed.). 1992. *Global Biodiversity: Status of the Earth's Living Resources*. Compiled by the World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, U.K. Chapman and Hall, London. In: Primack, R. 1995. *A Primer Conservation Biology*. Sinauer Associates Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts. 277 pp.
- Grumbine, R. 1997. Reflections on "what is ecosystem management". *Conservation Biology*, 11:41-47
- Hobbs, R. and L. Huenneke. 1992. Disturbance, Diversity and Invasion: Implications for Conservation. *Conservation Biology* 6(3): 324-337
- Holling, C. and G. Meffe. 1996. Command and Control and the pathology of natural resource management. *Conservation Biology*, 10:328-337.
- ✓ - Hutchinson, E. 1981. *Introducción a la Ecología de Poblaciones*. Editorial Blume,

Barcelona

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Carta de efectos climáticos regionales noviembre-abril. 1:250,000. Hoja San Felipe
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Carta de efectos climáticos regionales mayo-octubre. 1:250,000. Hoja San Felipe
- Karr, J. and K. Freemark. 1985. Disturbance and Vertebrates: An integrative perspective. In: Pickett, S.T. and P.S. White. 1985. The ecology of Natural disturbance and patch dynamics. Academic Press. Inc. p.153-168.
- ✓ - Krausman, P. R. And B. D. Leopold. 1986. Habitat components for desert bighorn sheep in the Hauquhala Mountains, Arizona. J. Wildl. Manage. 50:504-508
- ✓ - Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. 1997.
- López, G.; G. Ruiz-Campos, and M. Rodríguez. 1995. Population density of desert bighorn in northern Baja California, Mexico (Cañadas Arroyo Grande and Jaquejel). Desert Bighorn Council Transactions 39:42-49.
- ✓ - López, G. 1996. El borrego cimarrón. Biosfera 1(1):13-14.
- Lord, J. and D. Norton. 1990. Scale and the Spatial Concept of Fragmentation. Conservation Biology. 4(2). p.197-202.
- Mace, G. and R. Lande. 1990. Assessing Extinction Threats: Toward a Reevaluation of IUCN Threatened Species Categories. Conservation Biology 5(2):148-156
- Matteucci, S. y A. Colma. 1982. Metodología para el Estudio de la Vegetación. OEA - Programa regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington. D.C.
- May, R. 1974. Stability and Complexity in Model Ecosystems. Princeton University Press. 265 pp.
- ✓ - McQuivey, R.P. 1978. The desert bighorn sheep of Nevada. Nevada Dept. of Fish and

Game, Biol. Bull. No. 6.

- Minnich, R. 1983. Fire Mosaics in Southern California and Northern Baja California. *Science* (219):1287-1294
- Minnich, R. 1987. The Distribution of Forest Trees in Northern Baja California, Mexico. *Madroño* 34:98-127
- Minnich, R.; M.G. Barbour; W.J. Barry; J. Bendimez; J.H. Burk; J.W. Foster; E.Franco-Vizcaino; M.P. Hamilton, J.W. Menke and J. Sosa-Ramírez. 1991. Progress Report: Compariosion and Management of Montane-Ecosistems in the Peninsular Range of the Californias for the Period September, 1989-May, 1991. Comunicaciones Académicas. Serie de Ecología. Departamento de Ecología. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.
- Minnich, R.; E.Franco-Vizcaino; J. Sosa-Ramírez; M.G. Barbour; J.H. Burk and W.J. Barry. 1994. The Potential of the Sierra San Pedro Mártir as a Biosphere Reserve. Report to the Project on Natural Protected Areas of Mexico.
- Minnich, R.; M.G. Barbour; J.H. Burk and R. Fernau. 1995. Sixty Years of Change in Californian Conifer Forest of the San Bernardino Mountains. *Conservation Biology*, 9(4):902-914
- Minnich, R. 1997. Fire history of Sierra San Pedro Mártir. In Press. University of California. Riverside.
- ✓ - Monson, G. And L. Summer, Edit. 1980. The Desert Bighorn: Its life history, ecology and Management. The university of Arizona Press. Tucson, Arizona
- Morrison, M.; B. Marcot and W. Mannan. 1993. Wildlife-Habitat Relationships. Concepts and Applications. The University Press. 343pp.
- Peinado, M.; F. Alcaraz; J.Delgadillo e I. Aguado. 1994a. Fitogeografía de la Península de

- Baja California, México. *Anales Jard. Bot. Madrid* 51(2):255-277
- Peinado, M.; C. Bartolomé; J. Delgadillo e I. Aguado. 1994b. Pisos de Vegetación de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. *Acta Botánica* 29:1-30
 - Price, M.V.; N. Waser; K. Taylor and K. Pluff. 1995. Fire as a Management Tool for Stephens' Kangaroo Rat and other small mammal species. *In*: J.E. Keeley and T. Scott (eds.). *Brushfires in California Wildlands: Ecology and Resource Management*. Farfield, W
 - Primack, R. 1995. *A Primer Conservation Biology*. Sinauer Associates Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts. 277 pp.
 - Robinson, C. and F. Cronmiller. 1954. Notes on the habitat of the Desert bighorn in the San Gabriel Mountains of California. *Calif. Fish and Game* 40(3):267-271
 - Robinson, W.L. and E.G. Bolen. 1989. *Wildlife Ecology and Management*. Macmillan Publishing Company. New York. 574 pp.
 - Sandoval, A. 1985. The Status of the bighorn sheep in the Republic of Mexico. Pp 86-94. *In*: Northern Wild Sheep and Goat Council Special Report. *Wild Sheep. Distribution, Abundance, Management, and Conservation of the Sheep of the World and Closely relate Mountain Ungulates*. (M. Hoefs, Ed.) 218 pp.
 - Saunders, D.; R. Hobbs and C. Margules. 1991. Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: A Review. *Conservation Biology* 5(1):18-32
 - 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
 - Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Instituto Nacional de Ecología. 1997. *Programa de Conservación de la vida silvestre y Diversificación productiva en el sector rural, 1997-2000*. México.

- Shackleton, D. 1985. *Ovis canadensis*. Mammalian Species. No.230, pp.1-9. The American Society of Mammalogist
- Shafer, C.L.1990. Nature Reserves: Island Theory and Conservation practice. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. In: Primack, R. 1995. A Primer Conservation Biology. Sinauer Associates Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts. 277 pp.
- Solbrig, O. 1992. The IUBS-SCOPE-UNESCO Program of Research in Biodiversity. Ecological Applications 2(2):131-138
- Swanson, T. 1992. Economics of a Biodiversity Convention. Ambio 2(3):250-257
- Tapia, L. 1997. Cimarrón, del culto a la cultura del borrego. Universidad Autónoma de Baja California. 120pp.
- Tesky, J. 1993. Comp. *Ovis canadensis index*. In: McCullough, D.R. (ed.) 1996. Metapopulations and wildlife conservation. Island Press. 429 pp.
[Http://www.fs.fed.us/fire_effects_and_use.html](http://www.fs.fed.us/fire_effects_and_use.html)
- Tilton, M. and E. Willard. 1982. Winter habitat selection by Mountain sheep. J. Wildl. Manage. 46(2):359-366
- Vallejo-Castro, J.; C. Sepúlveda-Meza y R. Mendoza. 1990. Observaciones sobre la población del borrego cimarrón en el área de Santa Rosalia, Baja California Sur, Mexico. Ecológica 1(2):23-24
- Wakeling, B. and W. Miller. 1990. Modified Habitat suitability index for desert bighorn sheep. Managing Wildlife in the Southwest Symposium. Arizona. Pg. 58-66
- Wehausen, J. D., V.C. Bleich and R.A. Weaver. 1987. Mountain sheep in California: A historical perspective on 108 years of full protection. Western Section of the Wildlife Society Transactions 23:65-74
- Whelan, R.J. 1995. The Ecology of Fire. Cambridge University Press. 346 pp.

- Wiens, J. 1985. Vertebrate Responses to Environmental Patchiness in Arid and Semiarid Ecosystems. In: Pickett, S.T. and P.S. White. 1985. The ecology of Natural disturbance and patch dynamics. Academic Press. Inc. p.169-193
- Wilcove, D.S.; C.H. McLellan and A.P. Dobson. 1986. Habitat fragmentation in the temperate zone. In: Primack, R. 1995. A Primer Conservation Biology. Sinauer Associates Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts. 277 pp.
- Zuñiga, W. 1995. Obtención de una metodología de ordenamiento ambiental para un plan de manejo de la Cuenca de Santo Domingo, Baja California. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias/ UABC.

ANEXO I

FORMATO DE REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Formato para registro de datos de campo

[illegible]

EVIDENCIAS							OBSERVACIONES:
Individuos	Senderos	Escretas		Huellas		Otros	
		Frescas	Viejas	Frescas	Viejas		

[illegible]

IMPACTOS OBSERVADOS:

OBSERVACIONES: