



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

DIAGNÓSTICO DEL HÁBITAT DEL BORREGO CIMARRÓN (*Ovis canadensis weemsi*) EN FUNCIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES Y ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS EN LA SIERRA EL MECHUDO, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO.

TESIS

Que para obtener el grado de

Doctor en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales

(Orientación en Ecología)

Presenta

Erika Mesa Zavala

La Paz, Baja California Sur, Marzo de 2013.

ACTA DE LIBERACIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 10 horas del día 20 de febrero del 2013, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

"DIAGNÓSTICO DEL HÁBITAT DEL BORREGO CIMARRÓN (*Ovis canadensis weemsi*) EN FUNCIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES Y ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS EN LA SIERRA EL MECHUDO, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO."

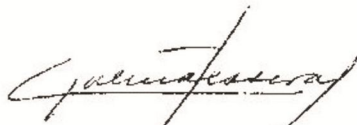
Presentada por el alumno:

M. en C. Erika Mesa Zavala

Aspirante al Grado de DOCTOR EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACIÓN EN ECOLOGÍA.

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACIÓN DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

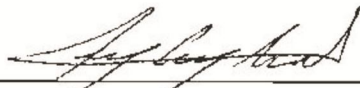
LA COMISIÓN REVISORA



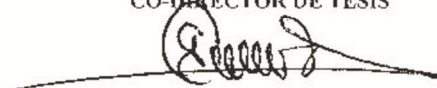
Dra. Patricia Galina Tessaro
CO-DIRECTORA DE TESIS



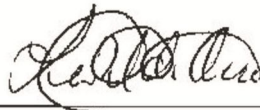
Dr. Enrique Troyo Diéguez
CO-DIRECTOR DE TESIS



Dr. Sergio Alvarez Cárdenas
CO-TUTOR



Dr. Gustavo Alberto Arnaud Franco
CO-TUTOR



Dra. Lía Celina Méndez Rodríguez
CO-TUTOR



DRA. ELISA SERRIERE ZARAGOZA,
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

CONFORMACIÓN DE COMITÉS

COMITÉ TUTORIAL Y REVISOR DE TESIS

Dra. Patricia Galina Tessaro
Co-directora
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Dr. Enrique Troyo Diéguez
Co-director
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Dr. Sergio Alvarez Cárdenas
Co-tutor
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Dr. Gustavo A. Arnaud Franco
Co-tutor
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Dra. Lía C. Méndez Rodríguez
Co-tutor
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

JURADO DE EXAMEN DE GRADO

Dra. Patricia Galina Tessaro

Dr. Enrique Troyo Diéguez

Dr. Sergio Alvarez Cárdenas

Dr. Gustavo A. Arnaud Franco

Dra. Lía C. Méndez Rodríguez

Dra. Sara C. Díaz Castro (Suplente)

Dra. Alejandra Nieto Garibay (Suplente)

Dr. Aradit Castellanos Vera (Suplente)

RESUMEN

El borrego cimarrón, *Ovis canadensis*, es una especie con alto valor ecológico y cinegético. La distribución de esta especie está naturalmente fragmentada por sus requisitos de hábitat y por las actividades humanas. Baja California Sur es el límite sur de distribución de la especie, donde los asentamientos humanos son mínimos, aislados y asociados generalmente a fuentes de agua y caminos principales. Las actividades humanas sobresalientes en la Sierra El Mechudo son minería, ganadería y cacería.

Esta investigación tuvo como objetivo, diagnosticar las actividades humanas que se realizan en la sierra y su efecto sobre la presencia del borrego cimarrón y su hábitat, incluyendo topografía, vegetación y cuerpos de agua superficial.

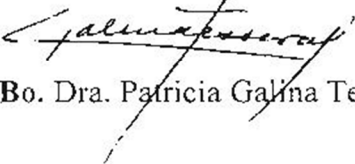

El estudio se realizó en la Sierra El Mechudo, que incluye los ejidos Tepentú, Ley Federal de Agua No. 2 y Ley Federal de Agua No. 3. Se aplicaron encuestas para evaluar las actividades que realizan los pobladores y empresas que se ubican en el área; se caracterizó el hábitat, la distribución y actividad del borrego cimarrón y las especies introducidas. Toda la información se compiló para obtener el índice de naturalidad para la sierra.

Dentro de los resultados se obtuvo que la percepción de los pobladores hacia la naturaleza es armónica, posiblemente ocasionado por la falta de servicios públicos y el bajo nivel socioeconómico. La distribución de los asentamientos humanos no se relaciona con los sitios de avistamiento de borrego cimarrón.

La actividad ganadera (vaca, burro, chivo) es extensiva, abarcando parte del hábitat natural del borrego cimarrón, principalmente en las zonas con disponibilidad de agua libre. La actividad antropogénica más relevante es la minería, aunque sólo modifica el hábitat localmente. La actividad turística es limitada hasta el momento. La principal actividad relacionada con el borrego cimarrón es la cacería deportiva, se realiza dentro de las Unidades para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre, las cuales aparentemente no han aportado los beneficios económicos y ambientales esperados.

En conjunto, el índice de naturalidad destacó que la zona más natural es la que incluye topografía escarpada; los valores intermedios se encuentran en los sitios con asentamientos humanos y servicios públicos limitados; y las más afectadas son las zonas con influencia de actividad minera. El borrego cimarrón, no evade las zonas con mayor actividad antropogénica, ni se restringe a las zonas con mayor naturalidad.

Palabras clave: *Sierra El Mechudo; borrego cimarrón; actividad antropogénica; variables ambientales;*



Vo. Bo. Dra. Patricia Galina Tessaro y Dr. Enrique Troyo Diéguez (Co-directores)

ABSTRACT

DIAGNOSIS OF THE DESERT BIGHORN SHEEP (*Ovis canadensis weemsi*) HABITAT IN FUNCTION OF ENVIRONMENTAL VARIABLES AND ANTHROPOGENIC ACTIVITIES IN THE SIERRA EL MECHUDO, BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO

The bighorn sheep, *Ovis canadensis*, is a species with high ecological and hunting value. Its distribution is fragmented naturally by its habitat requirements and by human activities. Baja California Sur is the southern distribution limit of the species, where human settlements are minimum, isolated, and generally associated to water sources and main roads. The outstanding human activities in Sierra de El Mechudo are mining, livestock, and hunting.

The objective of this research was to diagnose human activities performed in the Sierra and their effect on the presence of bighorn sheep and its habitat, including topography, vegetation, and superficial water bodies.

The study was performed in Sierra El Mechudo, which includes the common lands Tepentú, Ley Federal de Agua No. 2, and Ley Federal de Agua No. 3. Surveys were applied to assess the activities performed by settlers and companies located in the area; we characterized the habitat, distribution, and activity of bighorn sheep and introduced species. All the information was compiled to obtain the natural index for the Sierra.

The results showed that settlers have a harmonic perception towards nature, possibly caused by the lack of public services and the low socio-economical level. The distribution of human settlements is not related with bighorn sheep sighting sites.

Livestock activity (cow, donkey, goat) is extensive, covering part of the natural habitat of bighorn sheep, mainly in the areas with free available water. The most relevant anthropogenic activity is mining although it only modifies the habitat locally. Tourism activity is limited at the moment. The main activity related with bighorn sheep is sport hunting, performed within the Units for Conservation, Management, and Exploitation of Wild Life, which apparently have not provided the expected economic and environmental benefits.

All together, the natural index highlighted that the most natural area is the one that includes steep topography; the intermediate levels are found in sites with human settlements and limited public services; and the most affected areas are those with the influence of mining activity. Bighorn sheep do not avoid areas with higher anthropogenic activity, nor restrict to mostly natural areas.

Key words: *Sierra El Mechudo; bighorn sheep; anthropogenic activity; environmental variables.*

DEDICATORIA

*A Diego Alejandro, Alonso Daniel y Genaro
Porque saben que los amo...*

AGRADECIMIENTOS

Al CIBNOR como institución receptora de los estudios de Posgrado y al CONACyT por la beca otorgada con el número de registro 27409.

A la Dra. Patricia Galina y al Dr. Enrique Troyo, por su orientación, paciencia y apoyo, tanto en la tesis y artículos, como en las presentaciones en congresos y semanas de posgrado.

A la Dra. Lía Méndez, al Dr. Gustavo Arnaud y al Dr. Sergio Alvarez, por su disposición a apoyarme y comentarios, que siempre ha sido constructivos.

A M. en C. Israel Guerrero y Abelino Cota por su valioso apoyo en campo y amena compañía, pues sin ellos la obtención de datos sería imposible.

Al M. en C. Joaquín Rivera Rosas y al Ing. Gil Ezequiel Ceseña Beltrán, por su ilimitado apoyo en el manejo de SIG, además de su buen humor.

Al M. en C. Alejandro Ramos Rodríguez y al Dr. Enrique Morales Bojórquez, por ofrecerme parte de su extraordinaria experiencia en los estadísticos.

A la M.C. Diana Dorantes Salas por la traducción del Abstract.

A las autoridades ejidales y federales, así como responsables de las UMA, por su apertura a mejorar el sistema.

A los pobladores de la Sierra El Mechudo, por las facilidades brindadas para la realización del estudio, en especial por su hospitalidad durante las encuestas, las cuales reflejaron el amor a su entorno.

Y principalmente a mi familia Zavala, por su amor incondicional a lo largo de este camino.

CONTENIDO

	Página
1. Introducción.....	1
2. Antecedentes	2
2.1. Borrego cimarrón, como especie de interés	3
2.1.1. Descripción de la especie	3
2.1.2. Adaptaciones antidepredadoras	5
2.1.3. Requerimientos del hábitat.....	5
2.1.4. Distribución en Baja California Sur	7
2.2. Actividades humanas y el borrego cimarrón.....	8
2.2.1. Presencia humana y tránsito vehicular.....	9
2.2.2. Minería.....	9
2.2.3. Ungulados domésticos	10
2.2.4. Actividad cinegética	11
2.3. Actividades humanas en la Sierra El Mechudo	12
2.3.1. Distribución y densidad poblacional.....	12
2.3.2. Minería.....	12
2.3.3. Ganadería y agricultura.....	13
2.3.4. Cacería de borrego cimarrón	13
2.4. Marco teórico	14
3. Justificación.....	16
4. Objetivos	17
4.1. General	17
4.2. Particulares	17
5. Hipótesis.....	17
6. Material y métodos	18
6.1. Área de estudio	18
6.2. Métodos.....	20
6.2.1. Identificación y distribución de las actividades humanas.....	20
6.2.2. Identificación del hábitat potencial del borrego cimarrón	22
6.2.3. Caracterización del hábitat	23
6.2.4. Registro del borrego cimarrón y fauna asociada	25
6.3. Índice de naturalidad en la Sierra El Mechudo	27

7.	Resultados	28
7.1.	Identificación y distribución de las actividades humanas	28
7.1.1.	Distribución y características de los asentamientos humanos y percepción de los habitantes de la Sierra El Mechudo	28
7.1.2.	Actividad cinegética	38
7.1.3.	Actividad minera	41
7.1.4.	Turismo	44
7.2.	Identificación del hábitat potencial del borrego cimarrón	46
7.3.	Caracterización del hábitat	47
7.4.	Registro del borrego cimarrón y fauna asociada	56
7.5.	Índice de naturalidad en la Sierra El Mechudo	67
8.	Discusión.....	69
9.	Conclusiones	77
10.	Alternativas de manejo	78
11.	Literatura citada.....	79
12.	Anexos	91

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Categoría de sexo y edad del borrego cimarrón.....	4
Figura 2. Distribución histórica del borrego cimarrón en Baja California Sur, México... ..	8
Figura 3. Área de estudio ubicada en la Sierra El Mechudo, BCS.....	19
Figura 4. Diagrama de precipitación total y temperatura media (1980-2007) para la Sierra El Mechudo, BCS.....	20
Figura 5. Unidades de Manejo y Aprovechamiento para la conservación (UMA) ubicadas en la Sierra El Mechudo.....	21
Figura 6. Porcentaje del tipo de tenencia de la tierra en las viviendas de los ejidos Tepentú, LFA 2 y LFA 3.....	29
Figura 7. Ejidos y distribución de los asentamientos humanos encuestados.....	30
Figura 8. Porcentaje de las actividades que realizan los pobladores.....	34
Figura 9. Distribución de las actividades mineras.....	43
Figura 10. Zonas con registro de actividad turística.....	45
Figura 11. Distribución de pendientes mayores a 45 grados y la presencia de borrego cimarrón.....	46
Figura 12. Distribución del borrego cimarrón en relación a la cobertura de la vegetación. .	48
Figura 13. Ubicación e imágenes de los sitios caracterizados.....	49
Figura 14. Gráficas de la correlación lineal entre el número de cuerpos de agua superficial y la cantidad de agua presente en cada arroyo muestreado en la Sierra El Mechudo.....	52
Figura 15. Distribución del borrego cimarrón y ungulados domésticos en función de la elevación del terreno.....	58
Figura 16. Gráfica de los intervalos y resultados del procedimiento LSD de Fisher para la comparación de las medias de las pendientes (%) entre las especies.....	62
Figura 17. Gráfica de los intervalos y resultados del procedimiento LSD de Fisher para la comparación de las medias de la elevación (m) entre las especies.....	62
Figura 18. Gráfica de los intervalos y resultados del procedimiento LSD de Fisher para la comparación de las medias de las distancias al Terreno de Escape (m) entre las especies.....	63
Figura 19. Fotografía de Borrego cimarrón tomada con cámara-trampa.....	65
Figura 20. Fotografías de coyote, gato montés, zorra, venado bura, vacas, chivos, burros, caballos y perros tomadas con cámara-trampa.....	66
Figura 21. Mapa de naturalidad de la Sierra El Mechudo con la ubicación de los registros de borrego cimarrón realizados durante los censos aéreos (1997-2011) e investigaciones en la zona.	68

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla I. Cuadro de equivalencia de los puntos cardinales con los grados y radianes de la orientación de las laderas obtenidas con el sistema de información geográfica.....	22
Tabla II. Servicios públicos a los que tienen acceso los pobladores de la Sierra El Mechudo.....	32
Tabla III. Porcentaje de rancheros que mantienen libre a su ganado.....	35
Tabla IV. Porcentaje de encuestados que realizan agricultura y tipo de riego que utilizan.....	36
Tabla V. Percepción de los pobladores sobre el ambiente de la Sierra El Mechudo. ..	37
Tabla VI. Percepción de la población de la Sierra El Mechudo sobre la actividad cinegética.....	38
Tabla VII. Superficie registrada como UMA en la sierra borreguera.....	39
Tabla VIII. Borregos cimarrones cazados en cada temporada.....	40
Tabla IX. Percepción de la población sobre la minera ROFOMEX.....	44
Tabla X. Características de la vegetación en los sitios muestreados, agrupadas por el tipo de topografía.....	50
Tabla XI. Número, dimensiones y balance hidrológico de los cuerpos de agua superficial muestreados en la Sierra El Mechudo.....	52
Tabla XII. Estadística descriptiva de las variables de todos los cuerpos de agua superficial muestreados.....	53
Tabla XIII. Correlación de Spearman entre las variables químicas y microbiológicas de todos los cuerpos de agua superficial muestreados.....	54
Tabla XIV. Correlación de Spearman entre las variables topográficas y las clases de la estructura de la población del borrego cimarrón.....	59
Tabla XV. Estadística descriptiva de las variables topográficas en las que se ubicó geográficamente el borrego cimarrón y la fauna doméstica en la Sierra El Mechudo.....	60
Tabla XVI. Correlación de Spearman entre las variables topográficas y las especies presentes en la sierra.	60
Tabla XVII. Prueba de Kruskal-Wallis de las variables topográficas y los ungulados (borrego cimarrón, burro, chivo, vaca) ubicados en la Sierra El Mechudo. ..	60
Tabla XVIII. Estadística descriptiva con los límites de los intervalos de las variables topográficas en las que se ubican el borrego cimarrón y ungulados domésticos en la Sierra El Mechudo.....	61
Tabla XIX. Prueba de χ^2 para probar la correlación canónica de las variables topográficas y las especies en la Sierra El Mechudo.....	64
Tabla XX. Factores de estructura para determinar la correlación canónica del conjunto de variables topográficas y de las especies que se encuentran en la Sierra El Mechudo.....	64
Tabla XXI. Proporción del horario en el que cada especie se registró en las cámaras-trampa.....	67

1. INTRODUCCIÓN

El impacto de las actividades humanas sobre la naturaleza ha sido estudiado a nivel mundial (Kuck *et al.*, 1985; Miller y Smith, 1985; Douglas, 1999; Trombulak y Frissell, 2000; Papouchis *et al.*, 2001; Jansen *et al.*, 2006; Keller y Bender, 2007) y regional (Rodríguez-Medrano, 1990; Rodríguez-Moreno, 1997; González-Sánchez, 1998; Ortiz-Avila, 1999; Hernández-Ramírez, 2004; Cancino-Hernández, 2005), sin embargo, aún existen áreas donde se considera que el impacto humano es bajo y su evaluación es innecesaria. En el caso de Baja California Sur, aunque aún existe una baja densidad poblacional (8.6 hab/km²) (INEGI, 2010), las actividades antropogénicas están prosperando aceleradamente, en algunos casos sin ningún tipo de reglamentación o normatividad para la conservación del ambiente. En la Sierra El Mechudo en Baja California Sur (BCS) los asentamientos humanos ($n = 38$) son pequeños y aislados (INEGI, 2010). Las principales actividades en esta zona son la minería, la ganadería y la cacería.

En México, el borrego cimarrón se distribuye en la zona montañosa y árida del noroeste del país y está representado por las tres subespecies del desierto (Monson y Sumner, 1980; Valdez y Krausman, 1999a). Su distribución está naturalmente fragmentada por sus requisitos de hábitat, así como por actividades humanas. Esta especie es importante en varios aspectos: a) Ecológico, por ser el mayor herbívoro silvestre en su ecosistema; b) Conservación, en México, la especie se encuentra bajo la categoría de protección especial en la Norma Oficial Mexicana 059 (NOM 059-SEMARNAT-2010) y en el apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, por sus siglas en inglés, the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora; c) Económico, es la principal especie cinegética del País cuando es bien manejada, debido al elevado valor de los permisos de caza, d) Deportivo, el borrego cimarrón del desierto forma parte del “Gran Slam” de los borregos de montaña en el mundo, y por lo difícil de su cacería y su agreste hábitat, constituye un verdadero reto para los cazadores deportivos, además, la Sierra del Mechudo constituye el límite sur de distribución de la especie, por ello el interés del presente trabajo de conocer las condiciones de su hábitat.

2. ANTECEDENTES

Dentro de los trabajos que se han realizado en BCS sobre la interacción entre las actividades antropogénicas y el ambiente, está el realizado por Cancino-Hernandez (2005) en la zona del Vizcaíno, en donde hace referencia de que las actividades humanas afectan el hábitat de manera directa o indirecta, provocando que la distribución del berrendo peninsular sea restringida a zonas sin perturbación; a su vez, la abundancia de esta especie ha disminuido por la cacería ilegal, provocando que existan zonas con hábitat potencial no utilizado por este ungulado. Las islas del Golfo de California, han sido estudiadas tanto por su aislamiento de la península, como por la actividad humana. En este sentido, los trabajos de Rodríguez-Moreno (1997, 2006), destacan que la presencia de las actividades humanas, ya sea por la introducción de especies domésticas o por la instalación de infraestructura, afectan las especies nativas de flora y fauna. En la zona de la isla Cerralvo, Hernández-Ramírez (2004) realizó un diagnóstico de la isla en base las actividades humanas que se realizan (turismo y pesca), concluyendo que presenta un buen estado ambiental, no obstante, destaca que es necesario elaborar un plan de conservación en esta área.

Por su parte, Ortiz-Alcaraz (2006) presenta un análisis de los impactos que genera el turismo en BCS con base en las Manifestaciones de Impacto ambiental que presentan las empresas ante las autoridades, encontrando que éstas son heterogéneas y utilizan metodologías ineficientes. La investigación de Félix-Lizárraga (2006) se enfocó en la actividad cinegética del borrego cimarrón en BCS, en donde describe las características del manejo, económicas y ambientales relacionadas, sin analizar sus propiedades de manera independiente y su impacto con la sociedad.

En la Sierra El Mechudo, BCS, Organizaciones No Gubernamentales (ONG), han realizado estudios socioambientales (Soares-Moraes y Sánchez-Brito, 2002), donde describen de manera general la historia de la población humana en la sierra y los servicios que obtienen del ambiente; aunque no argumentan su impacto en el mismo. En otro sentido, se han realizado diversos estudios enfocados en las características ambientales de la sierra, destacando la relación ecológica entre la fauna y el hábitat (Alvarez-Cárdenas *et al.*, 2001; Guerrero-Cárdenas *et al.*, 2003; Alvarez-Cárdenas, 2004; Mesa-Zavala, 2008; Alvarez-

Cárdenas *et al.*, 2009), sin embargo, es escasa la información sobre las actividades antropogénicas de la zona.

2.1. Borrego cimarrón, como especie de interés

2.1.1. Descripción de la especie

En la Península de Baja California el borrego cimarrón, *Ovis canadensis* está representado por las subespecies *O. c. cremnobates* (Elliot, 1909) en el norte y *O. c. weemsi* (Goldman, 1937) en el sur (Shackleton, 1985).

El borrego cimarrón presenta dimorfismo sexual, donde los machos adultos exhiben cornamentas que crecen en forma espiral, rodeando las orejas y llegando hasta la altura de los ojos. Los cuernos son gruesos en la base, adelgazándose hacia las puntas, que en los machos de mayor edad se encuentran generalmente desgastadas. La coloración de su pelaje es café claro, y cuando llegan a su madurez son rugosos, llegando a medir hasta 110 cm aproximadamente, representando en algunos casos más del 10% de la masa corporal total. Las grandes cornamentas hacen que el borrego cimarrón sea un trofeo de caza muy cotizado (Shackleton, 1985; Nowak, 1991; Tapia, 1997; Krausman *et al.*, 1999). Por su parte, las hembras presentan cornamentas delgadas y cortas. De igual manera, los machos son un poco más grandes y corpulentos que las hembras, los adultos miden de 76 a 100 cm de altura a los hombros y cerca de 152 cm de largo (Hansen, 1980a; Shackleton, 1985), pesando hasta 137 kg (Hall, 1981; Shackleton, 1985). Las categorías de sexo y edad de esta especie se distinguen principalmente por el tamaño del cuerpo y la cornamenta. Los machos adultos se dividen en cuatro clases (Fig. 1), de las cuales los de clase III y IV, son considerados para fines cinegéticos como trofeo de caza (SEMARNAT, 2000; Alvarez-Cárdenas, 2004).

La poligamia es el sistema de apareamiento característico del borrego cimarrón, en el cual hay segregación sexual, donde las manadas de hembras y machos se separan durante la mayor parte del tiempo (Bleich *et al.*, 1997; Mooring *et al.*, 2003), principalmente porque las hembras prefieren evitar el riesgo de depredación y los machos son capaces de explotar áreas con mayor aporte nutricional en el forraje (Bleich *et al.*, 1997).

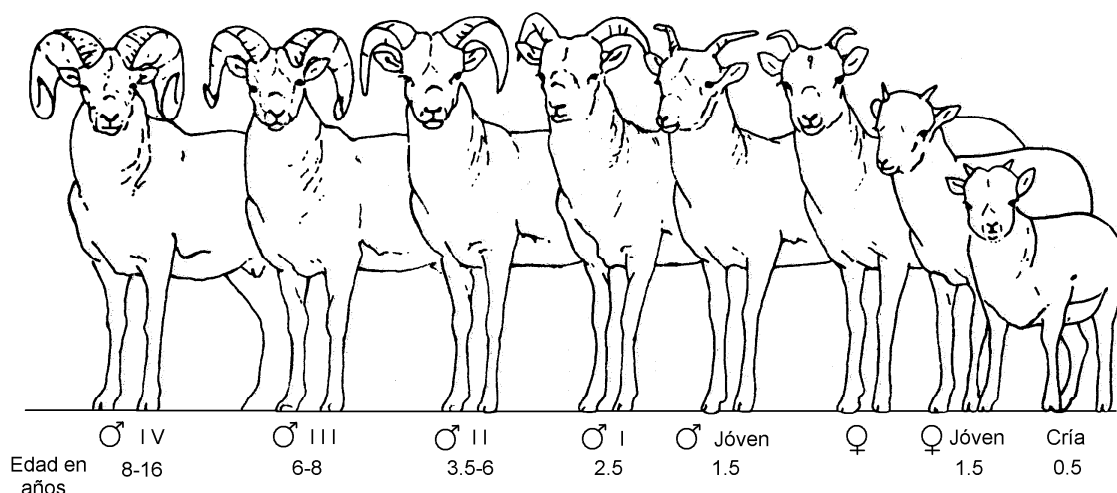


Figura 1. Categoría de sexo y edad del borrego cimarrón. Machos (M): Clase IV=adulto de mayor tamaño, cornamenta más robusta y pesada da la vuelta completa; III=adulto, cornamenta con $\frac{3}{4}$ de vuelta; II=subadulto robusto, con cuernos que alcanzan $\frac{1}{2}$ vuelta; I=subadulto de tamaño similar a una hembra adulta pero con cuernos más gruesos y curvos, con $\frac{1}{4}$ de vuelta; J=similar al anterior con cuernos de menor tamaño y más delgados. Las hembras (H) generalmente son más pequeñas que los machos, presentan cuernos pequeños, delgados y menos curvos, la diferencia física entre hembra adulta (H) y la joven (HJ) está en el tamaño del cuerpo y la longitud de los cuernos. Tomado de Geist (1968).

El borrego cimarrón como habitante de zonas áridas, presenta adaptabilidad a fuertes variaciones del ambiente, a periodos de sequía prolongados y escasez de alimento y agua (Hansen, 1980a; Hall, 1981; Krausman *et al.*, 1999; Krausman y Shackleton, 2000), pero en periodos de sequía y durante la época de apareamiento durante el verano, requieren utilizar los cuerpos de agua superficial (CAS) para restaurar el agua perdida o ingerirla como un mecanismo de reserva (Turner y Weaver, 1980), pudiéndoseles observar tomando agua durante el día, incluso en áreas distintas a las preferidas por la especie, en las partes bajas de las cañadas (Turner y Weaver, 1980; Mesa-Zavala, 2008; Mesa-Zavala *et al.*, 2012). De igual manera, las actividades del borrego son afectadas por la temperatura ambiental, por lo que duermen, se alimentan y toman agua en sitios con pendientes que tienen sombra o en cuevas durante el periodo más cálido del día (Simmons, 1980; Krausman *et al.*, 1999).

2.1.2. Adaptaciones antidepredadoras

Para sobrevivir el borrego cimarrón utiliza como estrategia principal para escapar de sus depredadores situar obstáculos en el camino de éstos, como un terreno escarpado con paredes o precipicios empinados, en los que puede escapar rápidamente del alcance de su depredador por su habilidad para desplazarse en estas áreas (Shackleton, 1985; Geist, 1999), por tal motivo a estos sitios se les conoce como “terreno de escape”.

Además de su agilidad para trepar y caminar por terreno agreste, son animales con excelente visión (Nowak, 1991), su vigilancia depende de la visibilidad que tengan por encima de la cobertura de la vegetación; la obstrucción en la visión del borrego puede provocar el abandono del sitio (Etchberger *et al.*, 1989) ya que no pueden detectar anticipadamente y a distancia a sus depredadores convirtiéndose en presas fáciles. Los principales depredadores del borrego cimarrón en talla adulta son el coyote (Kelly, 1980; Shackleton, 1985; Carbyn, 1989; Cunningham y DeVos, 1992) y el puma (Kelly, 1980; Cunningham y DeVos, 1992; Cunningham *et al.*, 1999; Rosas-Rosas *et al.*, 2003), los borregos jóvenes o crías son depredadas también por la zorra, el gato montés y el águila real (Kelly, 1980).

2.1.3. Requerimientos del hábitat

Se define como componentes del hábitat a la suma total de los factores ambientales que cualquier especie necesita para sobrevivir y reproducirse en un área (Gysel y Lyon, 1980). En el caso del borrego cimarrón éstos son cobertura, topografía, disponibilidad de agua y alimento (Hansen, 1980b; Krausman *et al.*, 1999), aunque hay también otros aspectos importantes que influyen en su distribución como el clima, la fauna asociada y la presencia humana (Monson y Sumner, 1980; Krausman y Leopold, 1986a).

La desigualdad o rugosidad de la superficie del terreno, relacionado con el terreno de escape, es un factor básico que determina la calidad del hábitat del borrego cimarrón e influye en la distribución espacial de esta especie (Geist, 1971, 1999; Bramble y Byrnes, 1979; Kelly, 1980). La mayoría de las observaciones de borrego cimarrón los ubicaron a una distancia menor de 200 m de los terrenos con pendiente mayor a 30° (Alvarez-Cárdenas, 2004). Las hembras están más cerca del terreno de escape para resguardar su

vida y la de sus crías, por el contrario los machos pueden explotar otras áreas porque su tamaño corporal les proporciona mayor capacidad de escapar de sus depredadores (Bleich *et al.*, 1997; Geist, 1999; Mooring *et al.*, 2003, 2004).

A pesar de que en la mayoría de las investigaciones relacionadas con esta especie se considera al terreno de escape como una variable necesaria en su hábitat, la comparación entre sitios con la misma disponibilidad de terreno de escape y el uso del borrego cimarrón ha sido diferente, haciendo notar que el resto de las variables también son importantes.

La vegetación determina la cobertura que proporciona protección y forraje, pero también, y en gran medida, la visibilidad que ofrece el hábitat, es indispensable en la estrategia antidepredadora del borrego cimarrón, la cual está dada principalmente por la escasa cobertura y altura de la vegetación (Risenhoover *et al.*, 1985; Krausman y Leopold, 1986b). La distancia entre el borrego y la cobertura vegetal que limita la visibilidad de los depredadores es menor en las hembras que en los machos (40 m), posiblemente porque las hembras aprovechan más el terreno de escape como estrategia para evitar su depredación y la de sus crías (Mooring *et al.*, 2003).

La abundante o alta cobertura vegetal puede ocasionar que áreas con terreno de escape sean abandonadas por el borrego cimarrón, como lo demuestran Etchberger *et al.* (1989) analizando los sitios que fueron históricamente habitados por esta especie y los utilizados actualmente, encontrando en ambos casos pendientes mayores a 30°, sin embargo las áreas abandonadas muestran efectos de supresión de fuego, el cual permitió que la vegetación creciera más alta, obstruyendo la visión del borrego.

Además de evitar el riesgo de depredación, el borrego cimarrón utiliza otros componentes que ayudan en su sobrevivencia. Las fuentes de agua son muy importantes en las zonas desérticas, esto se demuestra en el trabajo de Turner *et al.* (2004) que indica que para el borrego cimarrón la proximidad al agua es más importante que otras variables como elevación, pendiente, rugosidad, aspecto de la pendiente y espacio mínimo de hábitat de escape. En particular, las hembras se sitúan más cerca de los CAS que los machos (Bleich *et al.*, 1997; Mooring *et al.*, 2003), además su consumo es principalmente en el verano y durante la lactancia (Mooring *et al.*, 2003).

Sin embargo, Krausman *et al.* (2006) mencionan que el uso del recurso agua puede ser oportunista y no un indicador por sí mismo de una necesidad por este recurso. Así, se puede considerar que además de las fuentes de agua, el resto de las características del hábitat afectan el uso del mismo (Krausman *et al.*, 2006), como en la investigación de Jaramillo-Monroy *et al.* (1991), donde el 61% de las observaciones fueron en sierras donde había CAS, comparado con las sierras que no tenían fuentes de agua. De manera opuesta, Cunningham (1989) concluyó que la distancia a los CAS tiene menor importancia para el borrego cimarrón, prefiriendo los sitios con topografía escarpada y escasa cobertura de la vegetación. Por su parte, la calidad del agua relacionada con el estado microbiológico y la presencia de metales pesados y otros elementos químicos, puede afectar su consumo o representar un riesgo para la fauna (Mara y Horan, 2003; Madigan *et al.*, 2004; Rosenstock *et al.*, 2005; Bleich *et al.*, 2006).

El conjunto de los componentes del hábitat necesarios para el borrego cimarrón tiene una distribución naturalmente fragmentada (Bleich *et al.*, 1990; Geist, 1999). De tal forma, sus poblaciones están delimitadas por parches de hábitat adecuado, migrando predeciblemente entre estos parches a través de corredores, que incluso, en ocasiones, pueden presentar hábitat inadecuado (Bleich *et al.*, 1990; Geist, 1999). La migración casi siempre la realizan los machos, en la época de la segregación sexual, exponiéndose a cruzar por hábitat no propicio con la finalidad de tener mayor calidad en el forraje, lo cual se refleja en el tamaño de sus cornamentas, favoreciendo la aceptación de las hembras durante la época reproductiva, así la movilidad de machos también genera mayor variabilidad genética (Bleich *et al.*, 1990, 1997; Geist, 1999; Mooring *et al.*, 2003).

2.1.4. Distribución en Baja California Sur

Los primeros reportes documentados de la especie en Baja California Sur fueron obtenidos de los registros de la temporada de cacería de 1978 a 1987 (Jaramillo-Monroy y Castellanos-Vera, 1992), en los que se establecieron tres áreas principales de distribución en el Estado, sierra de Las Tres Vírgenes al norte, sierra de Loreto-La Giganta en el centro y la Sierra El Mechudo al sur (Fig. 2) (SEMARNAT, 2000). De tal manera, se considera que la Sierra El Mechudo es el límite sur de la distribución del borrego cimarrón.

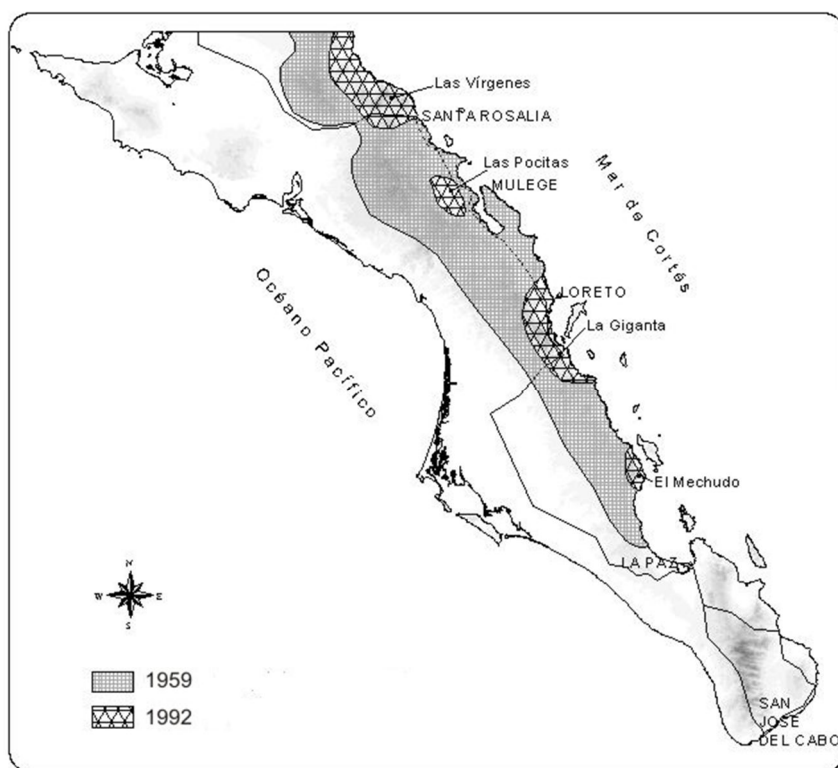


Figura 2. Distribución histórica del borrego cimarrón en Baja California Sur, México. Tomado de Jaramillo-Monroy y Castellanos-Vera (1992).

Las poblaciones de borrego cimarrón han sido afectadas a lo largo de su distribución debido a disturbios humanos que han dado como resultado la fragmentación del hábitat y la obstrucción de corredores de movimiento de los borregos (DeForge, 1972; Krausman *et al.*, 1979; Sánchez *et al.*, 1988). Debido a factores como la alteración del hábitat, introducción de especies domésticas (ganado) y la caza ilegal (Jaramillo-Monroy y Castellanos-Vera, 1992), el borrego cimarrón ha desaparecido de gran parte de su rango de distribución en México (Manville, 1980), y no es difícil pensar que esto mismo este sucediendo en BCS.

2.2. Actividades humanas y el borrego cimarrón

Las actividades antropogénicas han impactado de diversas maneras al hábitat natural, resultando en la pérdida y fragmentación del paisaje, generando barreras artificiales en la migración de especies (Collingham y Huntley, 2000). El borrego cimarrón generalmente es intolerante a las actividades humanas, con algunas excepciones (Krausman *et al.*, 1999).

Una de las respuestas que puede tener el borrego cimarrón cuando se siente acosado por los humanos, o simplemente por otro borrego o mamífero, es un bajo desempeño físico ya que se vuelven solitarios, aun cuando su comportamiento natural es gregario (Hansen, 1980a).

2.2.1. Presencia humana y tránsito vehicular

Se ha observado en algunos estudios que la sola la presencia humana provoca que los animales evadan estos sitios y limiten el uso de áreas adyacentes al disturbio, al igual que los caminos y su tránsito (Kuck *et al.*, 1985; Czech, 1991; Bender *et al.*, 1999; Papouchis *et al.*, 2001; Keller y Bender, 2007). Otros estudios documentan muertes por colisión con vehículos y el efecto sobre rebaños de hembras, así como el efecto de excursionistas considerándose en algunos casos que los borregos logran adaptarse a la presencia humana y tránsito vehicular (Cunningham y DeVos, 1992; Rubin *et al.*, 1998; Papouchis *et al.*, 2001; Pelletier, 2006).

Un problema más grave resulta cuando los recurso son limitados, como el agua libre en las zonas áridas (Evenari *et al.*, 1985; Polis, 1994; Whitford, 2002; Rosenstock *et al.*, 2005), de la cual se basan los humanos para su establecimiento y a su vez es un factor determinante en la distribución y abundancia de plantas y animales.

2.2.2. Minería

Otra modificación del hábitat generada por la actividad humana es la creación de minas. Se ha demostrado que las minas modifican la vegetación (Manner *et al.*, 1984) y la topografía (Jansen *et al.*, 2006). Se ha encontrado que en los ungulados tiene mayor impacto la modificación del hábitat que genera la minería y en menor proporción las actividades de extracción del mineral (Merrill *et al.*, 1994; Jansen *et al.*, 2006).

Dependiendo del tipo de mina es la transformación en el paisaje, en el oeste de Norteamérica se han observado que las mineras (hoyo-abierto = cielo abierto) modifican el paisaje, sin embargo el borrego cimarrón se ha visto que ocupa estas áreas, aunque el mayor número de observaciones de machos adultos fue en los fragmentos que no fueron modificados por la mina (Jansen *et al.*, 2006).

2.2.3. *Ungulados domésticos*

En general, el solapamiento de especies domésticas (ganado) con el hábitat del borrego cimarrón ha provocado competencia entre ellas (Andrew *et al.*, 1997), extirpando o reduciendo muchas poblaciones por el poco intercambio genético o colonización (McCutchen, 1981).

La colonización de los europeos con su ganado bovino modificó las poblaciones y distribución del borrego cimarrón (Kelly, 1980; Geist, 1999). El ganado se empezó a dispersar después de su introducción en 1540, para 1700 se distribuía en muchos lugares, y en 1860 todos los CAS naturales estaban siendo utilizados por el ganado doméstico (McCutchen, 1981).

Al mismo tiempo, el burro (*Equus asinus*), otra especie introducida, ha usurpando los CAS naturales que eran utilizados por el borrego cimarrón (Andrew *et al.*, 1997). En el Gran Cañón del Colorado se estudiaron las relaciones entre el borrego cimarrón, el caballo y el burro, encontrando que el borrego puede distribuirse donde está alguna de las especies domésticas, sin embargo para los caballos una barrera en su distribución son los precipicios y llegan a estar distanciados de los burros por 10 km o por hasta 900 m de elevación (Berger, 1977).

Un gradiente en la biomasa del forraje causado por las altas densidades de ungulados (generalmente ganado) ha sido encontrado alrededor de los CAS (Lange, 1969), sin embargo en el estudio de Marshal *et al.* (2006) no se encontró ningún gradiente ocasionado por los ungulados nativos ni por los burros asilvestrados, por lo que consideran que la extracción de esta especie introducida está funcionando y su impacto en el ambiente es menor.

El borrego es vulnerable a algunos parásitos, desde bacterias hasta larvas de moscas, que son transmitidos por el ganado, estos pueden ocasionarles la muerte (Shackleton, 1985; Crosbie *et al.*, 1997). En algunos sitios, existen poblaciones de borrego cimarrón con garrapatas (*Dermacentor hunteri*) que fueron identificadas inicialmente en esta especie, sin embargo actualmente son vectores de *Anaplasma sp.* la cual posiblemente fue transmitida por el ganado (Crosbie *et al.*, 1997).

2.2.4. Actividad cinegética

La colonización europea no sólo modificó las poblaciones de borrego cimarrón por las enfermedades transmitidas por el ganado (Geist, 1999), sino que la introducción de armas de fuego modificó tanto las poblaciones de borrego cimarrón como las de sus depredadores (Kelly, 1980). Los aborígenes cazaban a esta especie por considerarla una excelente fuente de alimentación (Valdez y Krausman, 1999b). En la actualidad, debido a que es una especie protegida, los cazadores aprecian al borrego sólo por su cornamenta (Shackleton, 1985).

Debido a la reducción de las poblaciones de borrego cimarrón, en Estados Unidos, en 1900 se inició la protección de la especie mostrando un incremento poblacional (McCutchen, 1981). En México, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) han implementado programas para fomentar la conservación de los recursos naturales para su aprovechamiento sustentable y vigilar el cumplimiento de la normatividad ambiental. Apoyadas por estas instituciones y registradas ante la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS) fueron generadas las Unidades de Manejo y Aprovechamiento (UMA). Las UMA son creadas para especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo, que son factibles de recuperar y manejar a corto plazo, que producen un efecto de protección indirecta a otras especies y su hábitat, y por ser especies carismáticas, de un alto grado de interés cultural, económico o ecológico.

En el caso del borrego cimarrón, con base en los censos que realizan las UMA, la SEMARNAT determina la tasa de aprovechamiento de machos clase III y IV, y autoriza la expedición de cintillos que corresponden a cada individuo que será cazado dentro de la UMA correspondiente. El pago de derechos para obtener un cintillo de aprovechamiento cinegético es de \$ 213.12 pesos de acuerdo al artículo 194-F-1-Fracción III (Ley Federal de Derechos, 2010). El cintillo corresponde únicamente al permiso para cazar a un individuo de borrego cimarrón de las clases mencionadas, y se realiza en la Dirección General de Vida Silvestre de SEMARNAT.

Los trofeos o cornamentas de borrego cimarrón, tienen un alto valor cinegético, cotizándose entre \$ 35,000 y \$ 150,000 dólares (SEMARNAT, 2000). En particular, si la actividad cinegética se realiza en zonas federales, el pago es de \$ 368,837.77 por cada

aprovechamiento extractivo previamente autorizado (Ley Federal de Derechos, 2010). En las UMA particulares su precio es similar, de acuerdo lo que se reporta con fines exclusivamente estadísticos ante la SEMARNAT; pero generalmente, los cintillos se ofrecen en subastas realizadas en Estados Unidos, donde se pueden vender en más de \$ 50,000 dólares (Rosas-Rosas *et al.*, 2003).

A pesar de la normatividad, la cacería furtiva puede estar afectando fuertemente a la población de borrego cimarrón, incluso se ha considerado que la tasa de aprovechamiento permitida es excesiva y para conservar las poblaciones se ha sugerido que se debería reducir a la mitad el número de permisos de cacería (Jaramillo-Monroy *et al.*, 1991).

2.3. Actividades humanas en la Sierra El Mechudo

2.3.1. Distribución y densidad poblacional

En las zonas áridas, los establecimientos humanos se basan generalmente en la extracción de agua subterránea para mantener sus actividades. La Sierra El Mechudo, no es la excepción, los asentamientos humanos ($n = 38$) son pequeños y aislados, asociados a los CAS permanentes o se distribuyen a lo largo de la carretera y los caminos rurales que rodean y cruzan la serranía (INEGI, 2010).

2.3.2. Minería

La minería en Baja California Sur fue muy extensa en el siglo XIX, mediante la extracción de metales preciosos (Trejo-Barajas *et al.*, 2002). En la actualidad existen además otros aprovechamientos mineros, donde se extraen diversos tipos de minerales, entre los que se encuentra la fosforita, la cual es utilizada en la producción de fertilizantes para uso agrícola.

En general, las técnicas de obtención del mineral son importantes en el efecto que causan al ambiente, ya que en algunas minas no realizan un adecuado tratamiento del agua que utilizan. Se puede inferir si existe algún riesgo para la fauna que consume dicha agua, ya que los valores de los elementos químicos del agua indican las características intrínsecas del CAS y revelan si están dentro del rango de la calidad estándar del agua usada por la fauna (Rosenstock *et al.*, 2005; Bleich *et al.*, 2006).

2.3.3. Ganadería y agricultura

Las especies de ungulados domésticos (como el ganado bovino, caprino y caballar) han sido estudiadas en abundancia por el efecto que tienen sobre las especies nativas. En algunos casos se ha registrado el gran impacto que causan, la presencia de burros, por ejemplo, tiene efectos en el suelo, la vegetación y el agua, afectando su disponibilidad y calidad, en detrimento del hábitat y de la fauna silvestre (Weaver, 1974), o bien, casos particulares como los que suceden en algunas islas del Golfo de California, con gatos domésticos, cabras y liebres (Rodríguez-Moreno, 1997; Hernández-Ramírez, 2004). Al mismo tiempo, el contacto o solapamiento de hábitat entre la fauna nativa y la doméstica, puede aumentar la tasa de transmisión de infecciones parasitarias (Chang *et al.*, 2000); por ejemplo, se ha encontrado que los niveles de coliformes fecales en CAS pueden sobrepasar los recomendados para el consumo de la fauna (Mesa-Zavala, 2008), siendo este uno de los mejores indicadores de riesgo de infecciones para la fauna silvestre (Mara y Horan, 2003; Madigan *et al.*, 2004).

Por su parte, la agricultura es muy limitada en la zona, encontrándose muy focalizada en pequeñas parcelas, principalmente de autoconsumo. Algunos cultivos dependen de las lluvias de temporada, y en algunos sitios el riego se realiza con una manguera común a partir de un arroyo,

2.3.4. Cacería de borrego cimarrón

La cacería es una causa de sobre explotación (Cancino-Hernández, 2005; Ewers y Didham, 2006) y ocurre con mayor frecuencia en áreas accesibles a los humanos (Ewers y Didham, 2006). En la actualidad la cacería se rige sobre las normas federales.

En Baja California Sur, las UMA son extensivas y enfocadas principalmente a la caza deportiva, de tal manera las principales especies que se manejan son codorniz de california (*Callipepla californica*), liebre cola negra (*Lepus californicus*), conejo del desierto (*Silvilagus audubonii*), venado bura (*Odocoileus hemionus peninsulae*), coyote (*Canis latrans*), puma (*Puma concolor*), gato montés (*Lynx rufus*), y borrego cimarrón (SEMARNAT-BCS, 2007). El borrego cimarrón, además de tener un alto valor económico, es considerada como especie “Clave” por su papel ecológico, ya que de varias formas sirve

de sustento a otras especies, en especial a sus depredadores (aves y mamíferos), de igual forma, por su comportamiento y hábitos alimenticios, influye significativamente en el reciclaje de nutrientes y en la composición y estructura de la vegetación (INE, 2012).

2.4. Marco teórico

Para caracterizar y conocer el concepto de *Uso de Hábitat*, primero se tienen que definir algunos términos. *Hábitat* es el ambiente y el lugar específico donde un organismo vive y se puede definir a distintos niveles o escalas (Smith y Smith, 2001). El hábitat, incluye la colección de recursos y condiciones necesarias para la sobrevivencia, reproducción y movimientos de las especies (Smith y Smith, 2001). Por otra parte *nicho ecológico* es la unidad de distribución última dentro de la cual una especie se encuentra retenida por las limitaciones de su fisiología y su estructura física, es decir, incluye no sólo el espacio físico ocupado por un organismo sino también un conjunto infinito de características biológicas y de parámetros físicos que afectan el buen funcionamiento de un organismo, además este concepto incluye su papel funcional en la comunidad (Odum, 1972; Smith y Smith, 2001).

Otros términos que deben aclararse son *pérdida de hábitat* y *fragmentación*. El primero ocurre cuando un hábitat natural es transformado en un hábitat incapaz de mantener a las especies originarias del mismo. Las plantas y animales que lo utilizaban son destruidas o forzados a emigrar, como consecuencia hay una reducción en la biodiversidad. La fragmentación es una expresión del tamaño y el arreglo espacial de los parches, ésta ocurre cuando el número de parches se incrementa por la separación del hábitat, es decir, el tamaño decrece y el aislamiento se incrementa entre los parches por la falta de conexión (Fahrig, 1997; Jackson *et al.*, 2005; Ewers y Didham, 2006). La sensibilidad de una especie a la fragmentación está relacionada con su habilidad de persistir en parches y recolonizar los parches con movimientos a través del paisaje (Swihart *et al.*, 2003). Así, las especies con alto nivel trófico, especialistas, de gran tamaño y con poca dispersión serán extintas en la fragmentación (Ewers y Didham, 2006). De manera contraria, las especies generalistas son las que se encuentran con mayor frecuencia en los hábitats alterados por humanos (Swihart *et al.*, 2003). La abundancia de especies declina en el borde de los parches

(Fahrig, 2002; Ewers y Didham, 2006) y en la periferia del su rango geográfico, asociado principalmente a las condiciones abióticas (Swihart *et al.*, 2003).

La fragmentación del hábitat puede ocurrir por procesos naturales y por disturbios humanos, creando heterogeneidad en el hábitat (Lord y Norton, 1990; Jackson *et al.*, 2005; Ewers y Didham, 2006). En consecuencia, las poblaciones están estructuradas espacialmente de acuerdo al ambiente en el que viven, respondiendo de alguna manera a la heterogeneidad de su hábitat (Szacki, 1999), creando una metapoblación.

Una metapoblación es una población distribuida en subpoblaciones a través de un grupo de parches de hábitat adecuado, aislados en una matriz de hábitat inadecuado. La dispersión entre los fragmentos es restringida, por el riesgo de mortalidad que representa el cruzar las condiciones hostiles. La persistencia de la metapoblación depende de la dinámica de extinción y recolonización entre los diferentes fragmentos. Si todos los parches experimentan extinción o no existe recolonización regular entre los parches vacíos, la metapoblación desaparecerá (Gilpin y Hanski, 1991; McCullough, 1996).

En la actualidad, por la fuerte presión que ejerce sobre las poblaciones de especies silvestres, el grado de fragmentación por causas antropogénicas, como el exceso de cacería, las enfermedades contagiadas por ganado doméstico y la destrucción del hábitat, se considera muy importante (Ewers y Didham, 2006).

3. JUSTIFICACIÓN

El borrego cimarrón es una especie con alto valor ecológico y cinegético en Norteamérica, sin embargo, sus poblaciones han sido ampliamente reducidas (Valdez y Krausman, 1999b). En México existen tres de las siete subespecies, las cuales corresponden a los borregos del desierto, siendo una de éstas *Ovis canadensis weemsi*, la que se encuentra exclusivamente en la serranía norte y central de Baja California Sur (Goldman, 1937; Valdez y Krausman, 1999b). Se considera que su área de distribución se ha reducido a partir de la colonización europea, por la excesiva cacería y la ganadería (Jaramillo-Monroy y Castellanos-Vera, 1992).

Los asentamientos humanos en esta Sierra El Mechudo son rurales, formados básicamente con personas de escasos recursos económicos, la mayoría de los cuales se convirtieron en ejidatarios en los años 70's y en otros casos, inmigrantes de otros estados hicieron efectiva la expropiación de tierras. En esta sierra, comúnmente se observa ganado en las zonas cercanas a las fuentes de agua, debido principalmente a las condiciones desérticas, y en las partes altas y escarpadas con frecuencia se pueden localizar burros. En esta zona, grandes empresas se han establecido desde hace años, generando empleos para gente de todo el Estado, sin embargo en algunos casos éstas necesitan modificar el ambiente para realizar sus actividades. Actualmente, por los paisajes que existen en la serranía, el turismo de naturaleza empieza a tomar ímpetu en esta zona.

Las investigaciones en esta región, se han enfocado en el uso del hábitat del borrego cimarrón y en aspectos relacionados a los CAS. Por otra parte, asociaciones civiles han realizados estudios socioeconómicos, pero no se han relacionado con las poblaciones de borrego cimarrón o el ambiente. De tal manera, es importante describir las actividades humanas que se realizan en toda el área, identificando su relación con el ambiente y así realizar evaluaciones en el área de influencia y analizar el efecto que están causando las actividades humanas, considerando al agua superficial como un componente primordial.

4. OBJETIVOS

4.1. General

Diagnosticar las actividades humanas que se realizan en la Sierra El Mechudo y el efecto que causan sobre la presencia del borrego cimarrón y su hábitat, incluyendo topografía, vegetación y cuerpos de agua superficial.

4.2. Particulares

1. Identificar las actividades humanas y su distribución en la Sierra El Mechudo.
2. Describir los parámetros ambientales que presenta la serranía, tales como topografía y vegetación, para esclarecer la viabilidad del hábitat para el borrego cimarrón; así mismo, caracterizar el recurso hídrico, evaluando su uso y la calidad del agua con base en su estado microbiológico, metales pesados y otros elementos químicos importantes.
3. Registrar la presencia de borrego cimarrón y especies asociadas, identificando su ubicación geográfica y uso del hábitat.
4. Conocer la influencia que tienen las actividades humanas sobre la presencia del borrego cimarrón y las condiciones de su hábitat.

5. HIPÓTESIS

Las diferentes actividades humanas y su impacto en el hábitat natural de la Sierra El Mechudo, afectan en mayor o menor grado la presencia, distribución y uso del hábitat del borrego cimarrón.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1. Área de estudio

El área de estudio se encuentra en la Sierra El Mechudo (24° 13' y 24° 52' N y 110° 56' y 110° 33' O) (Fig. 3). La elevación promedio es de 550 m y la máxima es de 1,070 m.

Presenta un clima dominante de tipo BW (h') hw (e), el cual es descrito como un clima seco o desértico cálido; la temperatura del mes más frío es menor a 18 °C, la temperatura del mes más cálido es mayor a 22 °C. Se presenta un régimen de lluvias de verano, con un porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual (García, 1973) (Fig. 4), existen periodos sin precipitación que pueden durar varios años (León de la Luz *et al.*, 2008).

El clima de la zona de estudio está determinado por el gradiente altitudinal, en las partes más bajas es seco-cálido, con una temperatura media anual de 22.3 °C, presentándose lluvias de verano y precipitación de invierno mayor a 10.2 mm; la precipitación media anual es de 135 mm. Sobre los 500 m de altura, el clima es semicálido, con 22 °C de temperatura media anual y una precipitación media anual de 249 mm (SPP, 1981).

El tipo de vegetación dominante es matorral sarcocaula, caracterizado por leguminosas, suculentas y semi-suculentas; en arroyos, cañadas o fondos de cañón, la vegetación xero-riparia aparece en forma esporádica (León de la Luz *et al.*, 2008; Mesa-Zavala *et al.* 2012), resaltando la presencia de palmares en algunos de ellos. La subcuenca a la que pertenece el área de estudio es "Bahía de La Paz" (clave A 1101) dentro de la Cuenca "Loreto-Bahía La Paz", que se extiende en una estrecha franja definida al oriente por el Golfo de California y al poniente por las sierras de La Giganta y Las Tarabillas. La cercanía de la sierra a la línea de costa del Golfo de California, propicia que los escurrimientos que se forman sean de corta trayectoria, de régimen intermitente y efímeros. La Región Hidrológica en la que se encuentra el área de estudio es "Baja California Sureste" (clave RH06) (INEGI, 1988). En la Sierra El Mechudo, el agua libre se encuentra en diferentes tipos de CAS, incluyendo depresiones, tinajas, ojos de agua, oquedades entre las rocas y en arroyos intermitentes en un número importante de cañones y cañadas que cruzan la sierra hacia el Golfo de California. Algunos de los CAS pueden permanecer todo

el año (Alvarez-Cárdenas *et al.*, 2001; León de la Luz *et al.*, 2008), sin embargo no existe estimación del número y ubicación de éstos.

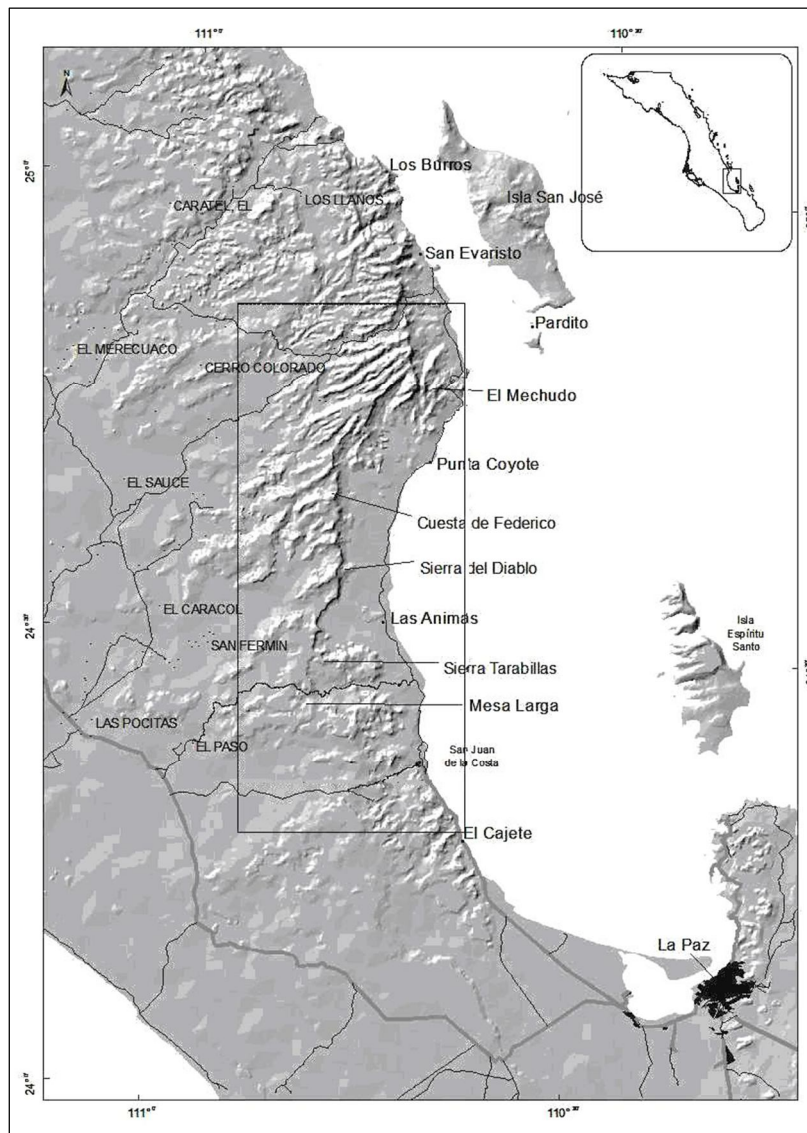


Figura 3. Área de estudio ubicada en la Sierra El Mechudo, BCS.

En la actualidad en Baja California Sur existen ocho sierras o zonas de borrego cimarrón: Sierra San Francisco, Tinaja del Murillo, Sierra San Alberto, Sierra El Aguajito (incluye Las Vírgenes y Cerro La Reforma), Sierra La Giganta, Sierra Loreto – La Giganta, Isla El Carmen y Sierra San Juan de la Costa (PROFEPA-SGPA, 2003).

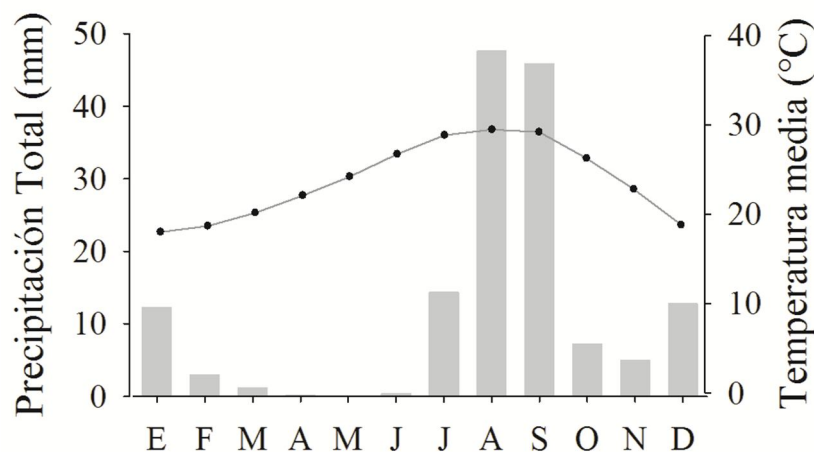


Figura 4. Diagrama de precipitación total (barras) y temperatura media (puntos) (1980-2007) para la Sierra El Mechudo, BCS.

La sierra borreguera más sureña, San Juan de la Costa, forma parte del sistema de unidades regionales de manejo e incluye a seis de las 12 UMA registradas en el Estado: San José de la Noria, Nuevo Centro Poblacional Ejidal (N.C.P.E.) Ley Federal de Aguas No. 1 (LFA 1), N.C.P.E. Ley Federal de Aguas No. 2 (LFA 2), Ejido Tepentú, El Palo Amarillo y N.C.P.E. Ley Federal de Aguas No. 3 (LFA 3) (PROFEPA-SGPA, 2003).

Esta investigación comprende cuatro UMA: Tepentú, LFA 2, LFA 3 y El Palo Amarillo (Fig. 5). Las tres primeras UMA son propiedad ejidal y El Palo Amarillo es de propiedad privada.

6.2. Métodos

6.2.1. Identificación y distribución de las actividades humanas

Se recorrieron los caminos de la Sierra El Mechudo (Fig. 3), de febrero a junio de 2009, a fin de ubicar los asentamientos humanos y aplicar a 47 jefes de familia una encuesta sobre los servicios públicos y de salud, sus actividades y su percepción sobre su entorno, la obtención y uso del recurso agua, la ganadería, la compañía minera Roca Fosfórica Mexicana (ROFOMEX) y la actividad cinegética (Anexo 1).

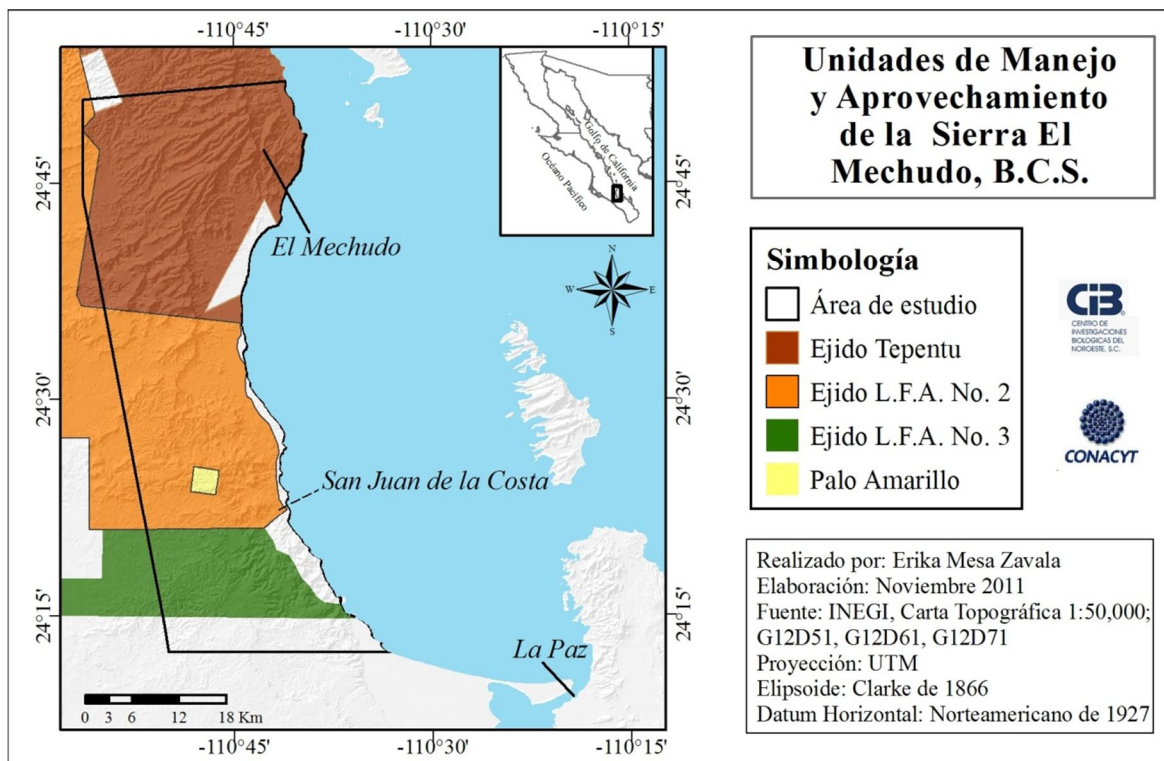


Figura 5. Unidades de Manejo y Aprovechamiento para la conservación (UMA) ubicadas en la Sierra El Mechudo.

Para conocer la actividad cinegética de la zona, se hizo una revisión de los documentos de registro y trámites que han realizado en las UMA ante la SEMARNAT, avalado por el Instituto Federal de Acceso a la Información (IFAI). Se entrevistaron a representantes de las UMA activas y de la SEMARNAT para conocer su perspectiva sobre el manejo de las UMA, el borrego cimarrón, su hábitat y especies domésticas (Anexo 2).

Se realizó una entrevista a dos representantes de la compañía ROFOMEX (Anexo 3) y a dos personas que realizan actividades ecoturísticas en la zona de estudio (Anexo 4), destacando la función, actividad, perspectivas del ambiente y aspectos socioeconómicos.

Para conocer la distribución de las actividades humanas se utilizó como herramienta el Sistema de Información Geográfica (SIG). Se realizaron los mapas correspondientes con base en las georreferencias de las viviendas, zonas mineras y ecoturísticas. Además, se calculó en cada UMA la superficie que corresponde a la zona borreguera decretada (PROFEPA-SGPA, 2003), con la finalidad de evaluar si es suficiente el área del hábitat óptimo para la extracción cinegética de esta especie.

Donde:

R = luz roja

IR = infrarrojo cercano

Interpretación:

Si se tiene el valor de R igual a cero y de IR igual a 1, el resultado de NDVI es 1, lo que indica que las plantas están vigorosas porque absorben el rojo y reflejan el infrarrojo.

Si se tiene el valor de R igual a 1 y de IR igual a cero, el resultado de NDVI es -1, indica que las plantas son poco vigorosas.

Si se tiene el valor de R igual a 1 y de IR igual a 1, el resultado de NDVI es 0, lo que indica que el suelo está expuesto.

Para identificar el hábitat potencial y su uso real por el borrego cimarrón, la información generada se complementó con la ubicación geográfica de los borregos cimarrones observados en los censos aéreos y en los registros terrestres de investigaciones realizadas en la Sierra El Mechudo. Se realizó la *extracción* de la información topográfica de cada celda con presencia de esta especie para identificar el intervalo de elevación (m), pendiente (%), orientación de la ladera (radianes), distancia al terreno de escape (m) y el valor del índice de vegetación.

6.2.3. Caracterización del hábitat

A partir de la información obtenida con las encuestas, se seleccionaron los sitios de muestreo, con base en el uso que le dan los pobladores y la empresa ROFOMEX. Dentro de los puntos de muestreo se contemplaron principalmente los sitios con presencia de CAS, esto en función de los resultados obtenidos en el trabajo de Mesa-Zavala (2008), donde el 63 % de las especies registradas en la literatura para esta zona, incluyendo al borrego cimarrón, se localizó en los CAS de la porción sur de la Sierra El Mechudo.

Las características de la vegetación, se determinaron a partir de los muestreos realizados en los meses de octubre y noviembre de 2006, junio de 2007, y julio y agosto de 2010, donde por medio de cuadrantes de dimensiones fijas (50 x 10 m), se identificó la riqueza y abundancia de especies, la cobertura del dosel (fórmula del área de la elipse) y la

altura de cada individuo. El número de cuadrantes realizados en cada sitio dependió del área que abarca cada zona, y dentro de estos se identificó el tipo de topografía.

Para caracterizar los CAS, durante 2010 se muestrearon los sitios que presentan yacimientos de agua permanentes según los pobladores; en marzo y abril fueron los arroyos El Camarón, El Saucito y El Sauzoso; y en abril y junio el Cañón de los Reyes, El Junco y Agua Dulce. Se midieron los perímetros y profundidad de todos los CAS presentes en cada sitio, con la finalidad de obtener el volumen y el área superficial del agua

A partir de la información anterior, se realizó la evaluación del balance hídrico, con base en la información generada del año 1980 al 2007 en la estación meteorológica Alfredo V. Bonfil (24° 09' 55" N, 110° 34' 00" O a 78 m de elevación), administrada por la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA), y el volumen de agua calculada en los CAS.

Para conocer el balance hidrológico de los arroyos estacionales se calculó el valor de la lámina promedio del conjunto de CAS en cada sitio:

$$\text{Lámina promedio (cm)} = \frac{\text{Volumen (m}^3\text{)}}{\text{Superficie (m}^2\text{)}} \times 100 \dots\dots\dots \text{(Ecuación 2)}$$

Al valor anterior se le sustrae la tasa de evapotranspiración potencial anual (ET), según el método de Thornthwaite (Torres, 1983), la cual está dada por la Ecuación 3:

$$ET = \sum et, \quad et = 1.6 (10 t / I)^a \dots\dots\dots \text{(Ecuación 3)}$$

Donde:

et = Evapotranspiración mensual (cm)

t = Temperatura media mensual (°C)

$$I = \sum (t / 5)^{1.514}$$

$$a = 0.000000675 I^3 - 0.0000771 I^2 + 0.01792 I + 0.49239$$

En marzo y mayo de 2009, enero, abril, junio, septiembre y octubre de 2010 y en mayo de 2011, se tomaron muestras de agua en El Camarón, El Sauzoso, El Saucito, Agua Dulce, El Junco, Cañada Norte y en las lagunas de la empresa ROFOMEX para analizar los

componentes químicos, principalmente los metales pesados, y el estado microbiológico de los diferentes CAS, procesando las muestras en los laboratorios de Espectrofotometría de Absorción Atómica, de Análisis Químico de Aguas y de Diagnóstico Microbiológico, del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR). Para establecer si los valores de las propiedades microbiológicas y químicas del agua tienen relación entre ellos, se realizó la prueba de Spearman para verificar la correlación entre las variables, los resultantes tienen un intervalo de -1 a 1, donde el 1 absoluto indica asociaciones y el cero indica independencia, el valor positivo o negativo representa si la correlación es directa (positivos) o inversa (negativos).

En cada sitio se registró la presencia de humanos, considerándose como directa cuando se encontraba a los pobladores, e indirecta cuando se hallaban animales cazados, instalación de cercas, palapas, rastros de vehículos y fogatas. Además, se determinó su aislamiento, por medio de la distancia a la carretera principal.

6.2.4. Registro del borrego cimarrón y fauna asociada

Para conocer la distribución de la fauna, se recopiló la información de cinco censos aéreos, de los cuales cuatro fueron realizados por las UMA (1997, 2002, 2006 y 2011) y uno por el CIBNOR (1999), así como las georreferencias de otras investigaciones biológicas y las del presente estudio. Los análisis se realizaron con base en las características o detalle de las bases de datos obtenidas. La estructura poblacional del borrego cimarrón se interpretó a partir del número de observaciones de cada clase o edad (MI, MII, MIII, MIV, H y C).

Para identificar la preferencia de variables topográficas (pendiente, distancia al terreno de escape, elevación y orientación) por cada ungulado, se extrajeron los valores de cada variable topográfica en cada georreferencia, por medio de SIG.

Con la información de las ubicaciones de cada borrego cimarrón se realizó el índice de preferencia de variables topográficas, utilizando el Análisis de Componentes Principales (ACP). La función creada por el ACP es una técnica de reducción dimensional lineal, la cual identifica direcciones ortogonales de máxima varianza de los datos originales y proyecta los datos en un espacio de mínima dimensionalidad formado de un subsistema de los componentes con la mayor varianza.

Por otra parte, para conocer con detalle la preferencia de topografía por cada clase de borrego cimarrón (estructura de la población) y por los ungulados presentes en la zona de estudio, de forma separada se realizó la correlación de Spearman, que fue confirmada en cada caso con un análisis de varianza o prueba de Kruskal-Wallis, según la normalidad de los datos, así en las variables topográficas con diferencia significativa ($p < 0.05$) se aplican los procedimientos de la diferencia significativa menor (LSD, Least Significant Difference) de Fisher, para identificar cuál clase o especie utiliza de manera diferente esa variable.

Con el propósito de distinguir claramente si el borrego cimarrón y los ungulados domésticos comparten la preferencia de variables topográficas, se utilizó la correlación canónica, la cual predice múltiples variables dependientes a partir de múltiples independientes, siendo más completa que la prueba anterior que predice por separado las variables dependientes a partir de múltiples independientes. La diferencia significativa se realiza con la prueba de Chi^2 ($p < 0.05$).

La representación gráfica de la distribución de cada avistamiento de borrego cimarrón y de ungulados domésticos, se realizó distinguiendo las zonas con mayor solapamiento entre las áreas de distribución, teniendo como base el mapa de elevación de la zona de estudio.

De manera paralela, en las localidades de las Ánimas, el Junco, el Saucito, el Camarón y el Sauzoso, durante los meses de febrero a octubre de 2007, de marzo a junio de 2009 y en abril, mayo y septiembre de 2010 se registró la presencia de la fauna nativa y doméstica. En este análisis dentro de la fauna se consideró al borrego cimarrón por ser la especie clave de este trabajo; a los depredadores de esta especie en edades adultas y crías, por limitar sus poblaciones; a otras especies cinegéticas, por su relación con los humanos y las armas de fuego; y a la fauna doméstica por ser una actividad antropogénica y de competencia por los recursos disponibles. Los registros se obtuvieron por medio de cámaras-trampa automáticas (cámaras digitales que se activan con un sensor infrarrojo, de las marcas MOULTRIE y BUSHNELL) programadas para efectuar dos disparos fotográficos al momento de la interrupción infrarroja y pausar un minuto para su reactivación. Durante una semana, se colocaron estos equipos en diversos puntos, principalmente en los cauces de agua intermitentes, ubicados en los diferentes CAS, con

base en evaluaciones de las poblaciones de borrego cimarrón en las zonas áridas (Broyles, 1995; Rubin *et al.*, 1998; Krausman *et al.*, 2006; Cain III *et al.*, 2008). La utilización de las cámaras-trampa aportó información sobre la actividad que realiza la fauna, el horario en el que se presentan y la frecuencia de uso de los CAS (Mesa-Zavala *et al.*, 2012).

6.3. Índice de naturalidad en la Sierra El Mechudo

Finalmente, se realizó el índice de naturalidad propuesto por Machado (2004) (Anexo 5), donde cualitativamente se categoriza la naturalidad de las unidades espaciales en un gradiente continuo entre un extremo completamente natural y otro completamente artificial (intervalo de diez a cero), para tal finalidad se compiló la información de las encuestas y entrevistas, la caracterización del hábitat y los registros de la fauna doméstica, teniendo como base la información geográfica de las Cuencas Hidrográficas de México (INEGI - INE-CONAGUA, 2007).

Las variables de la actividad minera se clasificaron de acuerdo a su intensidad e impacto en: infraestructura para el proceso de extracción del mineral, presa de jale y desagüe, caminos para el mantenimiento de la mina, caminos para el transporte del material de la bocamina a la procesadora, y bocaminas. Los asentamientos humanos se clasificaron de acuerdo a la prestación de servicios públicos y abundancia: viviendas con servicios públicos y viviendas con servicios limitados. En la presencia de especies domésticas fue por su frecuencia. En cuanto al acceso (vías de comunicación) fue según la intensidad: brechas, vía secundaria, vía principal, vía secundaria con brechas y vía principal con brechas. Y de acuerdo al ecoturismo fue por presencia.

7. RESULTADOS

7.1. Identificación y distribución de las actividades humanas

Las actividades antropogénicas identificadas en la Sierra El Mechudo, con base en encuestas aplicadas a los pobladores y entrevistas con los desarrolladores de ecoturismo realizadas de febrero a junio de 2009, en el análisis de la información de SEMARNAT de BCS realizado en febrero y marzo de 2009, las entrevistas a representantes de la SEMARNAT y UMA en julio de 2012, y los muestreos realizados durante esta investigación, fueron:

- Asentamientos humanos
- Ganadería y agricultura
- Actividad cinegética
- Minería
- Turismo

7.1.1. Distribución y características de los asentamientos humanos y percepción de los habitantes de la Sierra El Mechudo

Se realizaron encuestas en las viviendas que se ubicaron en la carretera principal y los caminos de terracería presentes en la sierra. Se recopiló información de 47 casas, rancherías y palmares; de estas encuestas 36 se realizaron en Tepentú, seis en LFA 2 y cinco en LFA 3.

Por otra parte, se encuestaron a los representantes legales de ejidos, los cuales habitan fuera de la zona de estudio, fueron dos de LFA 2 y una de LFA 3; así como se aplicó otra al representante técnico de las UMA LFA 2 y LFA 3, el cual es a su vez, es el presidente actual de la Unión de UMA de BCS. En este mismo sentido, se entrevistó a un representante de la SEMARNAT en el BCS.

Con el fin de complementar la información de las actividades antropogénicas se encuestó a dos personas que organizan ecoturismo dentro de LFA 3, una vive al sur del ejido LFA 3 y la otra en la ciudad de La Paz. Además se entrevistó a representantes de la empresa ROFOMEX.

Referente a la tenencia de la tierra, de los habitantes de la sierra encuestados, el 6.38 % se encuentra en terrenos de tipo ejidal, el 61.70 % en terrenos por posesión, y el 31.92 % son de pequeña propiedad, lo que implica que ya hubo una compra-venta del terreno que previamente era ejidal (Fig. 6).

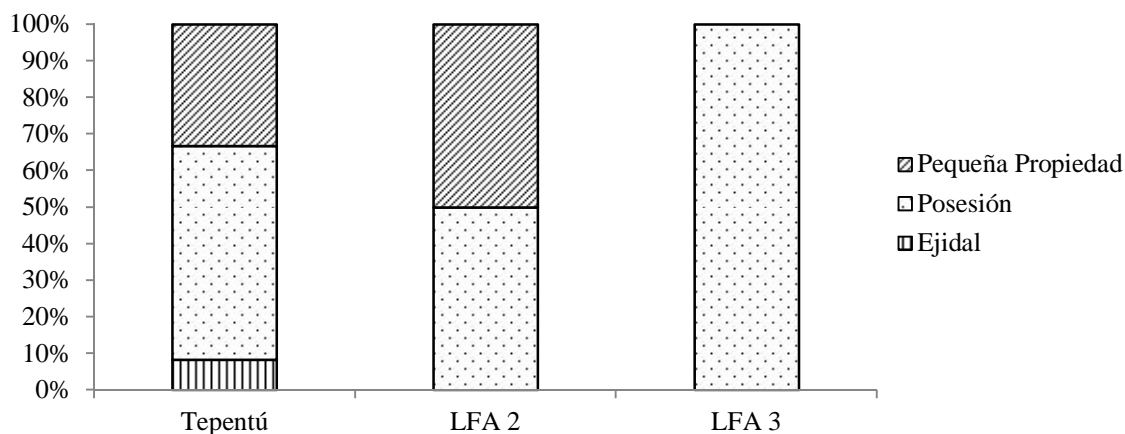


Figura 6. Porcentaje del tipo de tenencia de la tierra en las viviendas de los ejidos Tepentú, LFA 2 y LFA 3.

Con respecto a los asentamientos humanos encuestados en Tepentú están netamente dentro de la serranía, asociados a los caminos, arroyos estacionales o manantiales. En LFA 2 se distribuyen fuera de la sierra a lo largo del camino de terracería que es paralelo a la costa (4 viviendas) y en la serranía cerca de los CAS (2 viviendas); el mayor asentamiento humano se localiza en San Juan de la Costa, poblado que fue fundado por la compañía ROFOMEX, esta localidad no fue encuestada porque generalmente son personas contratadas por esta empresa y no conocen la sierra. En LFA 3 los establecimientos humanos se encuentran totalmente excluidos de la serranía, son escasos y se distribuyen a lo largo la carretera pavimentada que es paralela a la costa y cerca de los CAS (Fig. 7).

Los servicios públicos son limitados en esta zona. El único poblado con todos los servicios es San Juan de la Costa, ubicado en LFA 2 en la parte cercana a la costa. Aunque entre los servicios primordiales está la disponibilidad de energía eléctrica, sólo existen líneas o infraestructura de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para la compañía ROFOMEX. En la mayoría de los hogares en la sierra utilizan paneles solares (Tabla II).

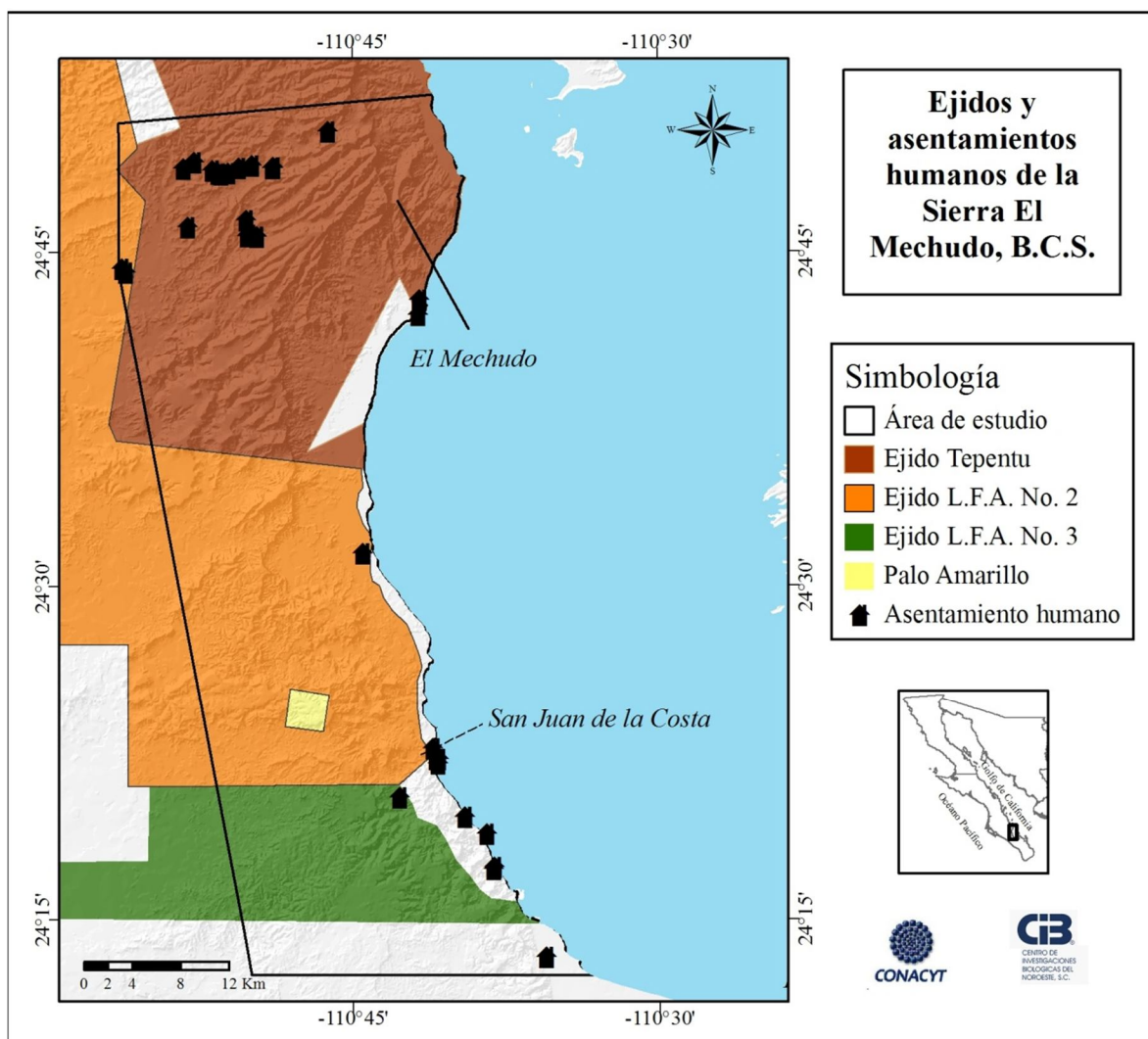


Figura 7. Ejidos y distribución de los asentamientos humanos encuestados.

Otro de los servicios importantes que deben existir en los hogares es la disponibilidad de agua potable. En el ejido Tepentú, todas las casas obtienen el agua de los manantiales que se localizan en la sierra. En LFA 2 en los hogares que tienen tipo de tenencia por posesión, el agua la obtienen de los CAS o de pozos, mientras que los que cuentan con título de propiedad tienen agua entubada. En LFA 3, tres viviendas tienen el agua entubada, otra la obtienen de un pozo y, en otra casa la obtiene de los CAS. Cabe mencionar que el agua entubada no es propiamente distribución de la CONAGUA hacia los hogares, sino que es derivada de la que se destinada a la minera ROFOMEX (Tabla II). De igual manera, la falta de servicios públicos se ve reflejada en el drenaje, debido a que en

ninguna parte de la sierra existe. El menor porcentaje de los hogares tienen baño (11.11 %), el cual es drenado a una fosa séptica; el uso de la letrina es lo más común en la sierra, sin embargo, existen hogares que no tienen ni la posibilidad de tener una, realizando sus necesidades al aire libre (Tabla II).

Los medios de comunicación en la sierra son limitados por lo accidentado del terreno. En Tepentú, que es el ejido más adentrado en la serranía, sólo el 22.22 % tienen algún medio de comunicación, como teléfono satelital, celular o radio de comunicaciones. En LFA 2 y LFA 3, la mayoría tienen acceso a la señal de celular, o al radio de comunicaciones de la zona, en un solo caso no tienen ningún medio de comunicación (Tabla II).

En el ejido Tepentú en la mayoría de los hogares cocinan con leña, en algunos casos también cuentan con estufa de gas. En el ejido LFA 2 en las tres casas con tenencia de posesión cocinan con leña, en otras dos casas combinan la cocción de los alimentos con leña y gas, y una sola vivienda utiliza gas exclusivamente. En el ejido LFA 3 tres hogares cocinan con leña y gas, uno sólo con leña y el otro sólo con estufa de gas (Tabla II).

La distancia a las zonas urbanas o suburbanas, también limita a los pobladores a disponer de manera adecuada de sus desechos, por lo que cerca del 96 % de la población encuestada quema la mayor parte de su basura, y la otra parte la echan a arroyos, entierran o reciclan. En los casos en que la basura es depositada en contenedores, son los que se encuentran en la empresa ROFOMEX o en la ciudad de La Paz (Tabla II).

Otro de los servicios importantes es el Sector Salud, el cual se trata de cubrir con la Caravana de la Salud, implementada por el Gobierno Federal, sin embargo, de acuerdo con la información proporcionada por los encuestados, el mayor problema es que sus visitas tienen intervalos de 15 días hasta tres meses, además de que no recorren todos los asentamientos humanos, solamente los principales, como un internado cerca de la localidad de La Soledad y algunos sitios alrededor de localidad suburbana de Las Pocitas; la distancia de estos puntos a los asentamientos humanos del ejido Tepentú y de dos viviendas de LFA 2 varían de 3 a 72 km; en el resto de los hogares de LFA 2 y en los del ejido LFA 3 prefieren acudir a la localidad suburbana de El Centenario o a la ciudad de La Paz. Cabe mencionar que las enfermedades más comunes que presenta la población de la sierra son las

respiratorias (74.46 %); además de éstas, algunos de los miembros de sus familias han presentado problemas en el sistema circulatorio, como infartos, arritmias, presión alta o colesterol alto (19.14 %), enfermedades digestivas (10.63 %), problemas en articulaciones (6.38 %) y otras enfermedades (4.25 %).

Tabla II. Servicios públicos a los que tienen acceso los pobladores de la Sierra El Mechudo.

Servicio	Tepentú	Ejido (%)		
		LFA 2	LFA 3	
Energía eléctrica	Planta solar	91.67	83.33	60.00
	Generador con gasolina	0.00	16.67	0.00
	No tiene	8.33	0.00	40.00
Agua	Manantiales	91.67	50.00	20.00
	Entubada	0.00	50.00	60.00
	Pozo	0.00	0.00	20.00
Sanitario	Letrina	75.00	66.67	20.00
	Baño	11.11	16.67	40.00
	Ninguno	13.89	16.67	40.00
Comunicación	Teléfono satelital, radio de comunicaciones o celular	22.22	100.00	80.00
	Ninguno	77.78	0.00	20.00
Cocinan con	Leña	30.56	50.00	20.00
	Leña y gas	66.67	33.33	60.00
	Gas	0.00	16.67	20.00
Basura	Queman	58.33	83.33	60.00
	Queman y tiran en arroyos	25.00	0.00	0.00
	Queman y entierran	13.89	0.00	20.00
	Queman y reciclan	2.78	0.00	0.00
	Depositatan en contenedores de basura	0.00	16.67	20.00

Con respecto al sustento familiar, en el ejido Tepentú lo generan principalmente los padres de familia (31 hogares), en otros dos casos lo mantienen los hijos del propietario del

rancho, uno más es por parte del conjunto de seis hermanos, y en dos casos es con la herencia del rancho. En el ejido LFA 2 el sustento familiar es por parte de los padres de familia, exceptuando dos casos, uno donde es por un hijo y otro por un hermano de los dueños de las viviendas. En el ejido LFA 3, en todos los casos el sustento familiar es por parte de los padres de familia. Las actividades que realizan son variadas, siendo la mayoría jornaleros en el ejido Tepentú y LFA 2, y en LFA 3 la actividad principal es de pescador (Fig. 8). En el 25 % de los hogares del ejido Tepentú los jefes de familia u otros miembros de la familia tienen una actividad alternativa; en LFA 2 y en LFA 3 ocurre en el 83.33 % y 80.00 % de los casos, respectivamente (Fig. 8).

En las rancherías de la Sierra El Mechudo es común que sean dueños de ganado (82.97 %), manejando principalmente vacas (*Bos taurus*) y chivos (*Capra hircus*) y en algunos casos, poseen borregos (*Ovis aries*), caballos (*Equus caballus*), burros y mulas (*Equus caballus* - *Equus asinus*). Las tres primeras especies las utilizan para venderlas cuando tienen necesidad económica y en algunos casos para autoconsumo; los caballos, burros y mulas los usan como transporte y carga.

De forma general, la ganadería es de tipo extensiva, por la falta de recursos económicos para adquirir el alimento comercial y mantener sitios cercados con sombra y agua adecuados. El ganado que con mayor frecuencia dejan completamente en libertad son las vacas, seguido de los chivos y borregos (Tabla III), esto se debe a que de acuerdo a su perspectiva tienen mayor tasa de depredación los animales las dos últimas especies. Así, en Tepentú sólo el 12.5 % de los ganaderos mencionó que era dueño de burros, 9.37 % de caballos y el 6.25 % de mulas; las tres especies las tienen en libertad. En LFA 2 y LFA 3 también poseen burros, teniendo al 100 % de manera extensiva.

El número de cabezas de vacas de cada rancho fue de 3 a 70, de chivos fueron entre 2 y 200, de borregos doméstico de 4 a 90, de burros variaron entre 3 y 72, y de caballos sólo fueron uno o dos, así como dos mulas en dos sitios. Cabe aclarar que en ninguno de los casos se expresa la cifra total porque la mayoría de los pobladores sólo mencionó un aproximado, debido a que lo mantienen de manera extensiva.

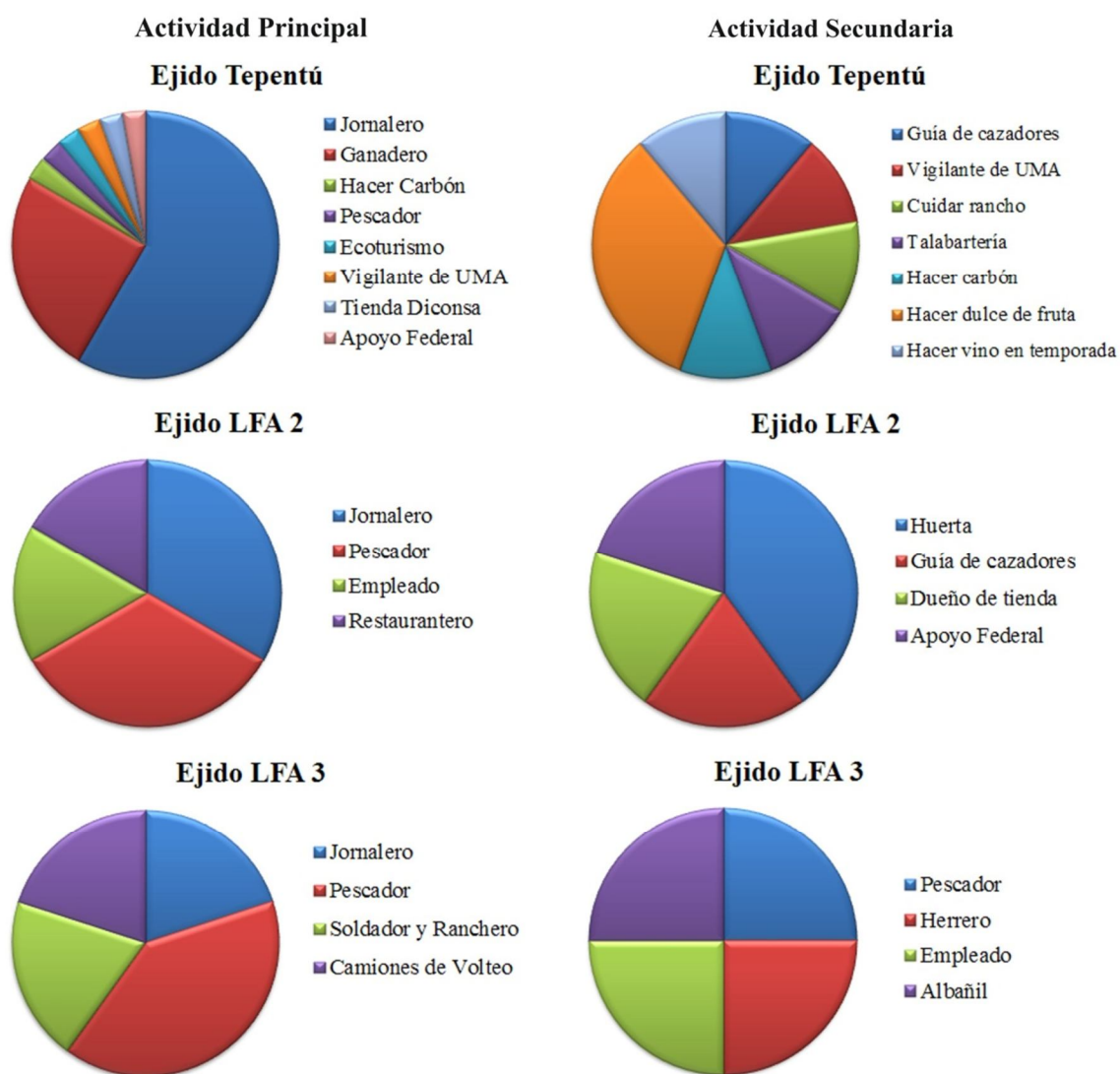


Figura 8. Porcentaje de las actividades que realizan los pobladores.

En el ejido Tepentú 35 personas respondieron que los burros y las vacas se encuentran libres en la sierra, y 33 mencionaron que los chivos. De estas respuestas, 26 refirieron que los ungulados domésticos (vaca, burro y chivo) se encuentran en cualquier parte de la sierra, seis respondieron que cerca del agua, en dos ocasiones en potreros y en otras dos en sitios cercanos al rancho. En LFA 2, el 100 % mencionó que los burros y las vacas están libres en la sierra y el 50 % agregó a los chivos, respecto a su distribución el 80 % consideró que los ungulados domésticos se encuentran en cualquier parte de la sierra y el

20 % que en los arroyos. A su vez, en LFA 3 el 40 % respondió que los ungulados domésticos se encuentran por todos lados, el 40 % mencionó que los burros se dispersan por cualquier parte y las vacas se agrupan y, el 20 % dijo que las vacas se encuentran en arroyos.

Tabla III. Porcentaje de rancheros que mantienen libre a su ganado.

Ejido	Tipo de ganado (%)		
	Bovino	Caprino	Ovino
Tepentú	96.87	58.82	41.17
LFA 2	100	50	50
LFA 3	100	100	--

Otra de las actividades que se realizan en la zona es la agricultura (Tabla IV), en esta zona por lo accidentado del terreno y por la falta de agua, el área que utilizan para esta actividad es escasa. En Tepentú son parcelas de 10 x 30 m hasta 2 ha y en LFA 2 no sobrepasan de 1.5 ha, estos terrenos se ubican cerca de las viviendas. En Tepentú, la agricultura es para autoconsumo principalmente, el maíz lo cultivan en el 86.36 % de las parcelas y el frijol en el 77.27 %, considerándose ambos como los más frecuentes. En LFA 2, tienen cultivos son múltiples, en los cuales el 71.42 % es maíz, 28.57 % es frijol y el 28.57 % es forraje para ganado. Los monocultivos en LFA 2 son el 14.28 % de palmas y otro 14.28 % a maíz. En LFA 3 han dejado de realizar esta actividad desde hace más de 15 años, pero lo que sembraban era maíz, árboles frutales y alfalfa para sus animales. El tipo de riego principal es el “superficial” (Tabla IV) por la falta de instalaciones adecuadas y disponibilidad de agua.

Con relación a la perspectiva y conocimiento sobre el ambiente, se encontró que a más de la mitad de los pobladores (mayor al 56.25 %) de los tres ejidos le gusta el paisaje de la sierra todo el año, al resto les gusta sólo cuando ha llovido o en los oasis (Tabla V). Más del 80 % de los encuestados conocen los CAS que existen en la sierra, el resto sólo los que están cercanos a su casa.

Tabla IV. Porcentaje de encuestados que realizan agricultura y tipo de riego que utilizan.

Ejido	Población que realiza agricultura (%)	Superficial (sistema por gravedad o rodado)	Tipo de riego (%)	
			Por goteo o microaspersión (sistema presurizado)	Ambos sistemas
Tepentú	61.11	81.81	4.54	13.63
LFA 2	83.33	50	0	50
LFA 3	40*	--	--	--

*En la actualidad no realizan esta actividad.

Los pobladores de Tepentú consideran que es variado el uso que tienen los CAS. En LFA 2 consideran que el ganado y la fauna silvestre son quienes usan en mayor proporción los CAS. El 60 % de LFA 3 refieren que son usados por el ganado. En conjunto el 93.61 % de la población de la sierra considera que el ganado siempre está presente en los CAS (Tabla V).

El conocimiento de las especies de la fauna nativa es diferente entre los tres ejidos, en Tepentú el 97 % de la población identifica fácilmente a dos especies nativas, destacando que de éstos el 69.44 % considera que estas especies se distribuyen en toda la sierra y, el 30.56 % dijeron que sólo se encuentran en sitios específicos o es raro observarlas. En cambio en LFA 2, el 50 % de la población fue capaz de mencionar más de dos especies nativas, coincidiendo con los que tienen tenencia de tipo posesión. En LFA 3 el 100 % mencionaron por lo menos cuatro animales nativos, el 80 % han observado que esta fauna se distribuye en toda la sierra y, el 20 % considera que sólo es cerca de los CAS (Tabla V).

En específico, la mayoría de la población reconoce que hay borrego cimarrón de la Sierra El Mechudo (Tabla V) y en los ejidos LFA 2 y LFA 3 pueden hasta identificar las zonas específicas donde se puede localizar. Por su parte, más de la mitad de la población ha tenido la oportunidad de observar esta especie y en su mayoría se emocionaron, el 13.64 % del ejido Tepentú respondió que tuvo ganas de cazarlo (Tabla V). Una minoría de los habitantes de la sierra reflexionaron sobre la disminución de las poblaciones de borrego cimarrón, entre las causas consideraron a la depredación y a la cacería (Tabla V).

Tabla V. Percepción de los pobladores sobre el ambiente de la Sierra El Mechudo.

Aspecto		Ejido (%)		
		Tepentú	LFA 2	LFA 3
Les gusta...	Toda la sierra durante todo el año	56.25	66.67	60
	sólo cuando ha llovido	28.13	33.33	40
	sólo los sitios que tiene agua	15.62	0	0
El uso de los CAS es por...	fauna silvestre	2.78	0	0
	ganado	2.78	16.67	60
	hogares y ganado	11.11	16.67	40
	ganado y fauna silvestre	16.67	33.33	0
	ganado y agricultura	2.78	0	0
	hogares, ganado y fauna silvestre	27.78	0	0
	hogares, ganado y agricultura	27.78	0	0
	hogares, ganado, agricultura y fauna silvestre	8.33	0	0
lo desconocen	0	33.33	0	
El borrego cimarrón...	existe en la zona	75	100	100
	lo han visto en alguna ocasión	66.67	66.67	100
Al ver al borrego cimarrón...	se emocionó o tuvo curiosidad	72.73	75	100
	tuvo ganas de cazarlo	13.64	0	0
	no sintió nada	13.64	25	0
Afecta a las poblaciones de borrego cimarrón...	la depredación natural (coyote o puma)	22.23	16.67	0
	la cacería ilegal	8.33	16.67	20
	la cacería legal	8.33	0	0
	desconoce o no cree que estén ocurriendo	61.11	66.66	80

El último aspecto recopilado de la percepción de los pobladores, fue la actividad cinegética de borrego cimarrón. En conjunto, más de la mitad de los encuestados sabían que existía una UMA en esa zona, sin embargo la minoría sabe quién es el responsable, tanto técnico como legal (Tabla VI). Respecto a sus consideraciones sobre el manejo, en el ejido Tepentú todos consideraron que se realiza un mal manejo económico, por su parte en LFA

3 carecían de información para opinar, y en LFA 2 el 25 % respondieron que se está realizando un manejo adecuado, el 25 % consideran que tienen algunas fallas y el resto desconocen el tipo de manejo (Tabla VI). En base a las respuestas de los pobladores, la mayoría considera que la única función de la UMA es la cacería, tanto de borrego cimarrón como de otras especies, un bajo porcentaje tiene idea de que se tiene que realizar un manejo del hábitat y las especies, y el resto de los pobladores en concreto desconocen el objetivo de las UMA.

Tabla VI. Percepción de la población de la Sierra El Mechudo sobre la actividad cinegética.

Aspecto		Ejido		
		Tepentú	LFA 2	LFA 3
Sabe que existe la UMA		66.67	66.67	100.00
Sabe quién es responsable de la UMA		30.55	0	20.00
Considera que dentro de la UMA se tiene un manejo...	Adecuado	0	25.00	0
	Con fallas	100.00	50.00	0
	No sabe	0	25.00	100.00
Considera que la función de la UMA es...	Exclusivamente un sistema de negociación de la cacería	50.00	100	60.00
	Limpieza de CAS, desalojo de fauna doméstica y mantener las poblaciones de borrego cimarrón	13.89	0	0
	No sabe	0	0	40.00

7.1.2. Actividad cinegética

En la zona de estudio se han registrado cuatro UMA, teniendo como especie clave al borrego cimarrón: Tepentú, LFA 2, LFA 3 y Palo Amarillo. Las tres primeras pueden solicitar tasa de aprovechamiento de borrego cimarrón y son de propiedad ejidal. La UMA El Palo Amarillo, es de propiedad privada, sin embargo no está autorizada para solicitar extracción de ejemplares de borrego cimarrón.

En la Tabla VII se muestra el área que cada UMA registró y el área de esta que si pertenece a la sierra borreguera. En el caso de las UMA ejidales, el área borreguera varía de 17.73 a 83.40 % de la registrada como UMA, y en El Palo Amarillo es el 100 % (Tabla VII).

Tabla VII. Superficie registrada como UMA en la sierra borreguera (PROFEPA-SGPA, 2003).

Ejido	Área total del ejido o la propiedad (ha)	Área que pertenece a la sierra borreguera (ha)	Área registrada como UMA que pertenece a la sierra borreguera (%)
Tepentú	113,938	95,022	83.40
LFA 2	169,087	97,877	57.89
LFA 3	115,000	20,393	17.73
El Palo Amarillo	1,006	1,006	100.00

Con base en los archivos de la SEMARNAT-BCS se obtuvo lo siguiente: la UMA Ejido Tepentú se registró en 1998, sin embargo, los documentos del archivo de la Delegación de BCS de la SEMARNAT, son escasos, deficientes y con la única finalidad de obtener la tasa de aprovechamiento. De la fecha de registro hasta principios del 2009 ha tenido al mismo responsable de la actividad cinegética. Han realizado limpieza, desazolve y construcción de embalses, pretenden extraer burros de la sierra y continuar con vigilancia en la zona borreguera.

La UMA LFA 2 fue registrada con el número actual en 1999. Ha tenido diferentes técnicos responsables, los cuales han promovido los programas de empleo temporal, realizando actividades para rehabilitar las poblaciones de borrego cimarrón y dedicándose a limpiar CAS; además han solicitado la ejecución de burros y cabras asilvestradas (utilizando la carne como alimento en rancharías), sin emitir el reporte de dicha actividad. En los reportes de 2004 y 2005, detallan las actividades de la UMA y los gastos de la actividad cinegética.

La UMA LFA 3 fue registrada en 2000, el técnico responsable ha sido cambiado continuamente, sin embargo entre todos ellos, solo uno ha entregado los reportes completos a las oficinas de la SEMARNAT en BCS. Esta UMA ha participado en los programas de la CONAFOR para completar el plan de manejo de borrego cimarrón. También iniciaron actividades para generar ecoturismo, construyendo veredas y espacios apropiados, sin embargo no han tenido resultados.

Respecto a las acciones realizadas por parte de las autoridades, han organizado reuniones para solicitar y ofrecer información a los representantes de las UMA, como ejemplo está la mesa de discusión y análisis sobre la conservación y aprovechamiento de borrego cimarrón en BCS y el curso-taller de estandarización de criterios para el monitoreo terrestre y la colecta de datos de los trofeos de borrego cimarrón, realizados ambos en el 2004. Además, invita a reuniones con todas las UMA para la organización correcta de los censos aéreos. En el mismo año se realizó una supervisión en materia de vida silvestre en las tres UMA.

La tasa de aprovechamiento de borrego cimarrón para cada temporada se realiza a partir de los censos que realizan las UMA (SEMARNAT, 2000). El proceso para obtener de la tasa de aprovechamiento de las UMA, requiere la solicitud del número de individuos a cazar, y en la mayoría de los casos son aprobadas las tasas de aprovechamiento solicitadas. En la UMA Tepentú se aprueban en promedio tres ejemplares, en LFA 2 y LFA 3 varían entre uno y dos individuos (Tabla VIII). En la UMA El Palo Amarillo, sólo una vez se ha autorizado una extracción de trofeo de borrego cimarrón (Tabla VIII).

Tabla VIII. Borregos cimarrones cazados en cada temporada

UMA	Temporada cinegética									
	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008
Tepentú	1	2	3	3	3	3	3	4	4	3
LFA 2	1	2	2	1	--	1	1	2	3	2
LFA 3	--	--	2	2	2	2	1	1	1	--
El Palo Amarillo	--	--	1	--	--	--	--	--	--	--

Recuperado y adaptado en marzo de 2009, de los archivos disponibles para consulta en la Delegación Federal en Baja California Sur de la SEMARNAT.

7.1.3. Actividad minera

La información que se describe a continuación se obtuvo mediante entrevistas a representantes de la minera ROFOMEX, y de encuestas aplicadas a los pobladores de la zona de estudio.

La empresa ROFOMEX ubicada en San Juan de la Costa, fue fundada por el gobierno federal en 1975, posteriormente, en 1992 fue adquirida por el grupo Fertinal. Su función es extraer y procesar roca fosfórica; la cual posteriormente se utiliza para generar fertilizantes, detergentes, alimentos balanceados, insecticidas y hasta refresco de cola. Sin embargo, la destrucción de las instalaciones a causa del huracán Juliette en el 2001 obligó un paro técnico por los daños ocasionados. La compañía ROFOMEX inició la rehabilitación de sus instalaciones hasta el 2007 y, en enero de 2008 reiniciaron operaciones.

La minera se ubica dentro del ejido LFA 2 por lo que mensualmente la empresa le paga una renta de ocupación. Actualmente, la superficie concesionada por la empresa es de 3,253 ha (Fig. 9). El tipo de mina es subterránea, tiene activas dos bocaminas El Monje y El Fénix, y cuenta con una zona donde está la planta de extracción del mineral. La mina ha generado dos tipos de vías de comunicación dentro del área concesionada, uno son los caminos que van de las bocaminas a la planta de extracción (10 km) y, el otro son los caminos para supervisar y dar provisiones eléctricas a las rutas subterráneas (Fig. 9). Las maquinas que extraen el material de la mina y los camiones de carga que trasladan el material extraído hacia la planta de tratamiento, se encuentran en actividad de manera continua.

La empresa ROFOMEX tiene bombas de agua que extraen agua marina, la cual es llevada hacia las áreas donde se realizan los procedimientos necesarios para la extracción del mineral. Posteriormente, el agua utilizada en el procedimiento es dirigida hacia la presa de jale, la cual se conecta a un arroyo que en 4 km desemboca en el mar (Fig. 9). Para las actividades y servicios de la zona habitacional se utiliza agua potable concesionada por la CONAGUA, la cual proviene de la estación Alfredo V. Bonfil, y mediante bombeo continuo, ésta es enviada a través de un acueducto de 34 km de longitud hasta la compañía minera

Por su parte, existen tres lagunas dentro del área de la empresa, formadas por el agua de lluvias que es filtrada dentro de los cerros con roca impermeable, la cual es liberada durante la excavación de las minas.

Antes del cierre de esta minera por los daños ocasionados por el huracán Juliette, contaban con menos de 600 trabajadores. Al reiniciar las actividades se contrataron 900 empleados, además de los contratistas (chóferes, eléctrico-mecánicos, maquinaria pesada, etc.). El incremento de trabajadores se debe a la creación de otra planta que tiene mayor capacidad de trabajo a la anterior. La mayoría de los empleados provienen de otros Estados de la República Mexicana.

Esta compañía, proporciona a algunos de sus trabajadores vivienda. Son 100 casas, hechas de paredes de block con techo de madera en la mayoría, sólo 8 tienen techo de concreto. Tienen agua potable, drenaje, baño y energía eléctrica. Cuentan con un relleno sanitario que es autorizado por el municipio. Cada 15 días llega la caravana de salud de la Secretaría de Salud; la empresa cuenta con ambulancias y servicio de primeros auxilios.

La compañía ROFOMEX considera que proporciona beneficio a los pobladores de la zona, aunque no sean trabajadores, ya que les proporcionan servicios públicos, como escuela, agua potable (aunque no está autorizada), construcción y mantenimiento de caminos. También mencionan que promueven campañas de limpieza y reforestación.

Por su parte, todos los encuestados de la sierra han escuchado de la minera ROFOMEX, con excepción de una persona, y más de la mitad conocen su ubicación y límites aproximados (Tabla IX). La mayoría ha tenido algún familiar o conocido trabajando en esta empresa en algún momento durante su funcionamiento (Tabla IX), sin embargo, ninguno de los trabajadores de la compañía ROFOMEX sustenta los gastos de alguna familia encuestada.

El 83.33 % de los encuestados en Tepentú consideran que esta minera beneficia por la generación de empleos, a pesar de que algunos mencionaron que pagan poco, no tienen buen seguro de vida, o que contaminan el agua (Tabla IX). Por su parte, todos en LFA 2 dicen que genera beneficios, sin embargo el 16.33 % mencionó que contamina el agua (Tabla IX). En LFA 3, el 40 % considera que esta empresa trae beneficios económicos, por la creación de empleos y el consumo de productos generados en las rancherías, otro 40 %

menciona que la compañía le beneficia en la aportación de servicios, como agua potable y caminos pavimentados, el 20 % restante comentaron que modifican el ambiente porque crean caminos por todos lados, afectando la fauna, el agua y los cerros (Tabla IX). Cabe mencionar que en el ejido Tepentú hubo personas que prefirieron no dar información sobre esto o que no conocían la función de empresa.

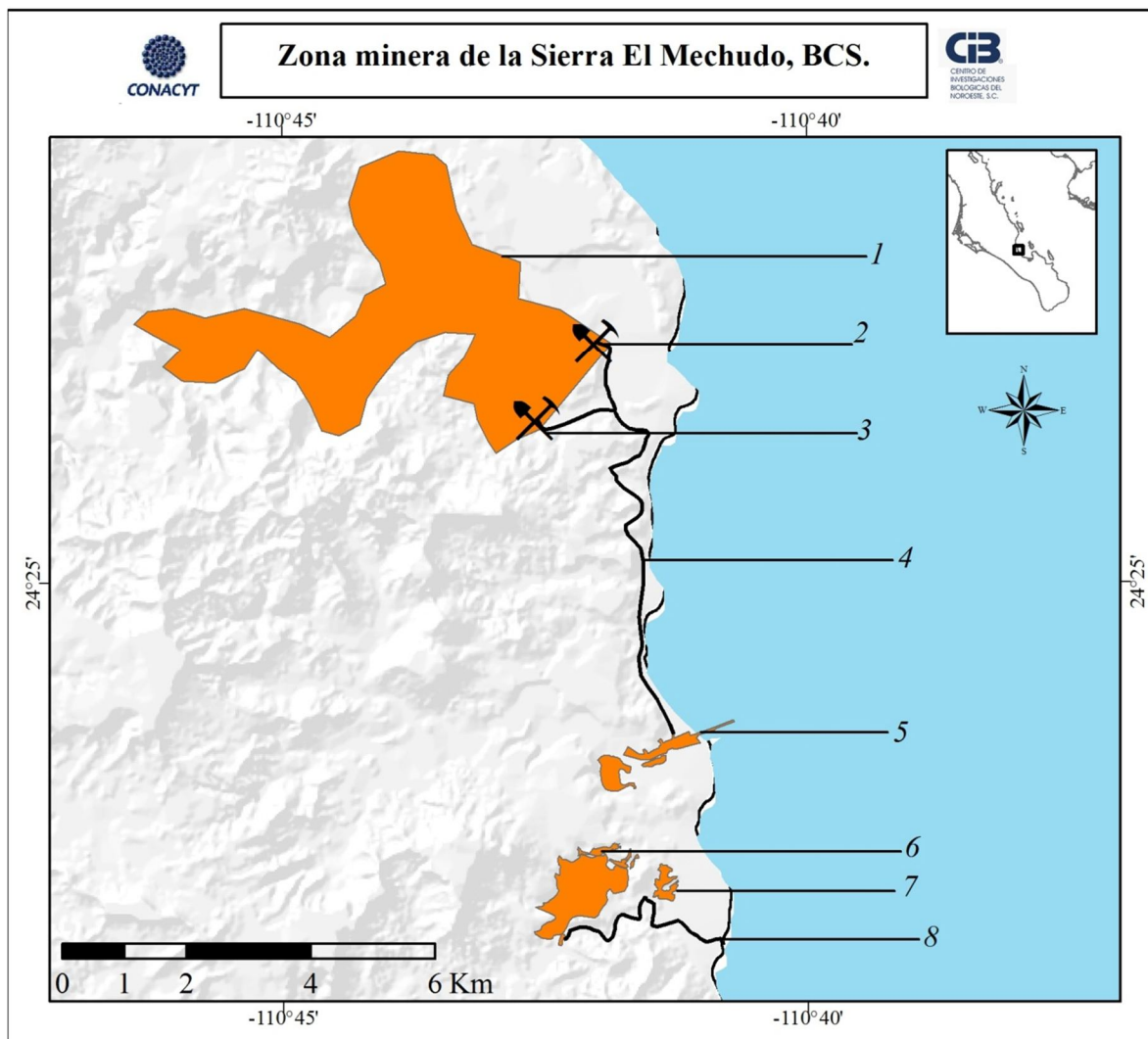


Figura 9. Distribución de las actividades mineras. 1: Caminos generados por la minera para dar supervisión y provisiones eléctricas a las rutas subterráneas, 2: Bocamina El Monje, 3: Bocamina El Fénix, 4: Caminos para el transporte del material extraído, 5: Planta de extracción de material, oficinas y ruta hacia el transporte marítimo, 6: Presa de jale, 7: Zona habitacional San Juan de la Costa, 8: Arroyo como drenaje de las presas de jale.

Tabla IX. Percepción de la población sobre la minera ROFOMEX.

Aspecto	Tepentú	Ejido	
		LFA 2	LFA 3
Ha escuchado de la compañía ROFOMEX	94.44	100.00	100.00
Conoce la ubicación y los límites	72.00	66.67	60.00
Ha tenido algún familiar o conocido trabajando	69.44	83.33	66.67
Considera que genera beneficios	83.33	100	80.00
No opinaron	13.33	0	0
Desconocen su función	3.33	0	0

7.1.4. Turismo

Las playas cercanas a la Sierra El Mechudo son visitadas los fines de semana y en temporada vacacional. Dentro de los puntos preferidos por los vacacionistas se encuentra la zona de playa del muelle de la empresa ROFOMEX (Fig. 10).

Existen varios arroyos que se originan en el parteaguas de la sierra y desembocan en la costa, los cuales son sitios de fácil acceso y presencia de CAS. En este sentido, se ha identificado que se realiza ecoturismo en dos arroyos estacionales: el Sauzoso y la cañada de los Reyes, además de un rancho en el Salto de los Reyes (Fig. 10). En el primer sitio, los turistas entran en vehículos hasta antes de que inicien los CAS donde su excursión es caminando. Generalmente, los grupos son formados por menos de ocho personas. Su finalidad es meditar, observando la flora y fauna del lugar, intentan reducir al mínimo el impacto antropogénico evitando utilizar material desechable para servir los alimentos. En algunos casos, por lo infrecuente que son los CAS en un ambiente árido, los turistas nadan dentro de ellos.

Por otra parte en la cañada de los Reyes, se realiza un tipo de turismo diferente, para llegar al sitio los excursionistas van en caballo y sus pertenencias en un vehículo que rodea la serranía, hasta que llegan al rancho en el Salto de los Reyes, propiedad del guía de turistas, al igual que los caballos. En este sitio pueden pasar varios días, visitando los CAS cercanos y recorriendo la zona en caballo. Habitualmente, los grupos están formados por

diez turistas. Este sitio se encuentra al sur del registro de presencia del borrego cimarrón más sureño.

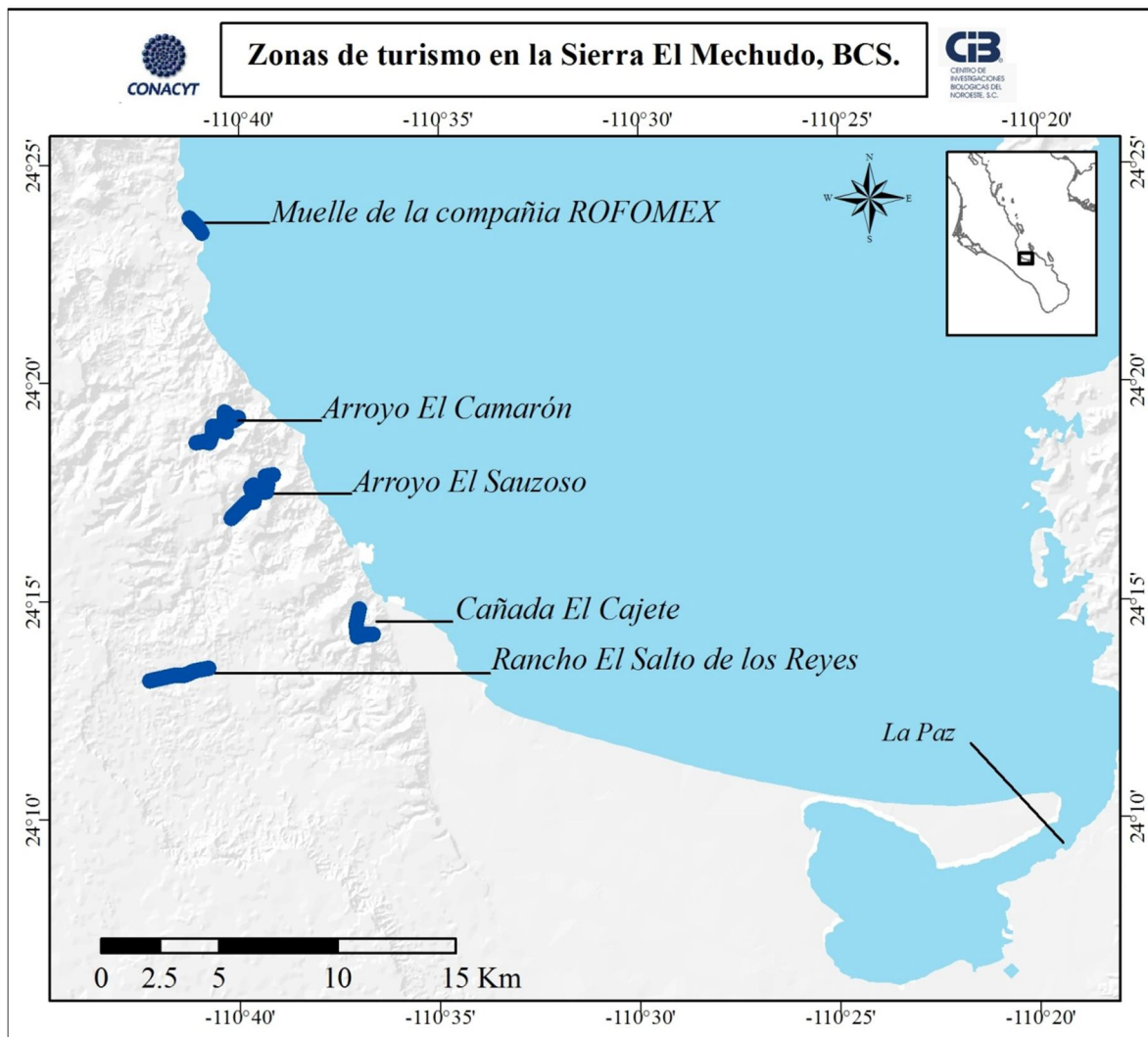


Figura 10. Zonas con registro de actividad turística.

La UMA LFA 3 adecuó senderos y zonas para acampar dentro del arroyo El Camarón (Fig. 10), con el propósito de realizar ecoturismo como una opción de aprovechamiento. Sin embargo, no se llevó a cabo este proyecto. Estos senderos se han ido deteriorando por el cauce del arroyo generado después de los huracanes.

7.2. Identificación del hábitat potencial del borrego cimarrón

Por medio de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se identificó que a lo largo de la zona de estudio, existen áreas con hábitat potencialmente adecuado para el borrego cimarrón (Fig. 11). El componente del hábitat utilizado fue la pendiente de 45 a 60 grados y pendientes superiores a 60 grados, que corresponde al terreno de escape del borrego cimarrón.

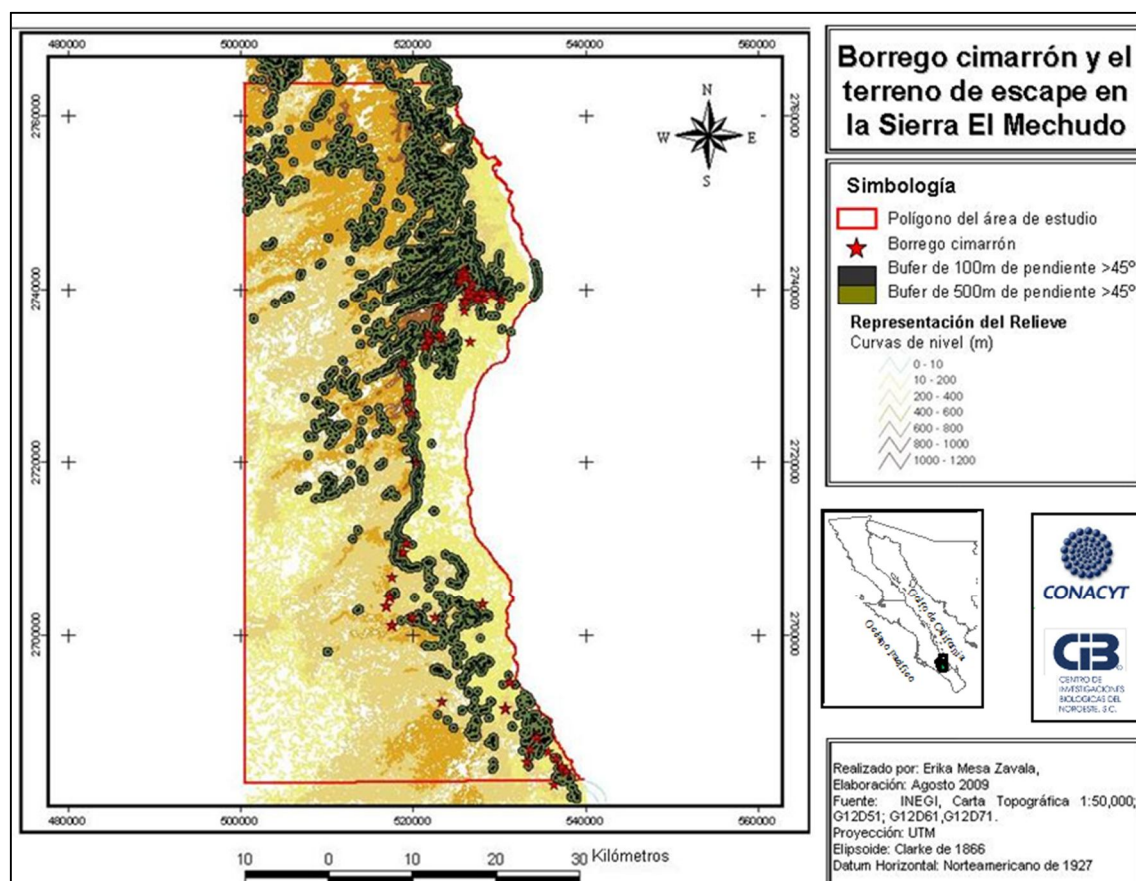


Figura 11. Distribución de pendientes mayores a 45 grados y la presencia de borrego cimarrón

La asociación de la presencia del borrego cimarrón con este componente, se relacionó con la ubicación geográfica de cada individuo durante los censos que se han realizados en la zona. Se encontró que el 52 % de los avistamientos de borrego cimarrón están a una distancia menor a 100 m y el 85 % de los avistamientos en un rango de 500 m

del punto central de la celda de 30 x 30 m con pendiente mayor a 45 grados, de la cual se obtuvo el MDE.

Respecto a la cobertura vegetal que se obtuvo con el NDVI, el intervalo de la presencia de borrego cimarrón fue de 0.289 a -0.127 , lo que indicaría preferencia por las áreas sin vegetación; sin embargo, si examinamos que en la zona el tipo de vegetación dominante es matorral sarcocaulé y el valor promedio del NDVI es de 0.016, el cual se puede interpretar como suelo desnudo por la escases en la vegetación, tanto en número de individuos como en cobertura del dosel, se puede decir que este rango de valores se debe más a las características de la vegetación y no a la preferencia de un criterio de la vegetación (Fig. 12).

7.3. Caracterización del hábitat

a) Topografía y Vegetación

La caracterización del hábitat se realizó en ocho sitios ubicados dentro del hábitat potencial del borrego cimarrón: Las Ánimas (incluye Cañada Norte y Agua Dulce), Las Tarabillas, El Junco, El Saucito, El Camarón, El Sauzoso, El Cajete y El Salto de los Reyes (Fig. 13). Todos los sitios muestreados presentan CAS como referencia, a excepción de las Tarabillas. Los tipos de topografía se agruparon en tres: Planicie (lomeríos y mesetas arriba de los cerros), laderas (terrenos inclinados de los cañones y cerros) y arroyos (fondos de cañón, cañadas y cauces de agua intermitente). En la Tabla X se agruparon los sitios dependiendo del tipo de topografía y se indica el número de transectos que fueron muestreados; respecto a la vegetación se presenta el número de especies e individuos, la altura promedio de las plantas y el área con dosel, el cual corresponde al porcentaje del área muestreada que es cubierta por el dosel de la vegetación. En el caso de la vegetación en los arroyos, se presentó mayor riqueza de especies y altura promedio en comparación con los otros dos tipos de topografía, en contraste presentó la menor cobertura y densidad (0.10 ind/m^2); en las laderas fue donde se encontró menor altura promedio y una densidad de plantas de 0.25 ind/m^2 ; la vegetación de las planicies tuvieron mayor cobertura y densidad (0.28 ind/m^2). En estos sitios de muestreo se registró la presencia de borrego cimarrón en los arroyos o

cañadas de las Ánimas, el Junco, el Camarón y el Sauzoso; al igual que en las laderas del Junco y el Cajete; en ninguno de las planicies se tuvo registro de esta especie.

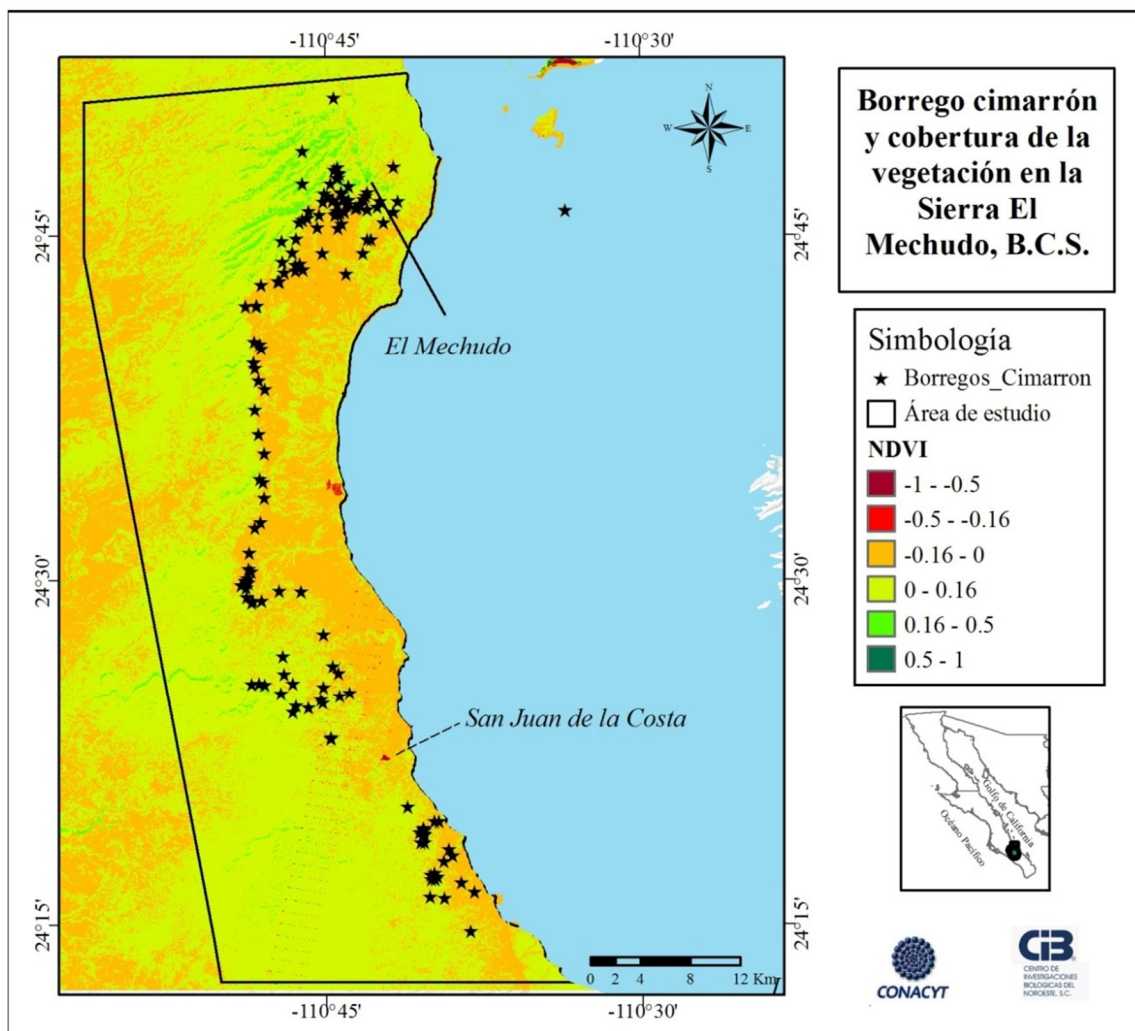


Figura 12. Distribución del borrego cimarrón en relación a la cobertura de la vegetación.

b) Cuerpos de agua superficial

La cantidad aproximada de agua superficial del conjunto de CAS dentro de cada arroyo varió notoriamente entre los sitios, el sitio que mayor superficie y volumen de agua presentó fue El Sauzoso y el que presentó los menores valores fue El Junco (Tabla XI). El número de CAS en cada sitio fue variable, el cual se correlaciona de manera lineal con la superficie y con el volumen del agua, dichas relaciones son explicadas por el correspondiente modelo con R^2 de 0.808 y 0.745, respectivamente (Fig. 14).

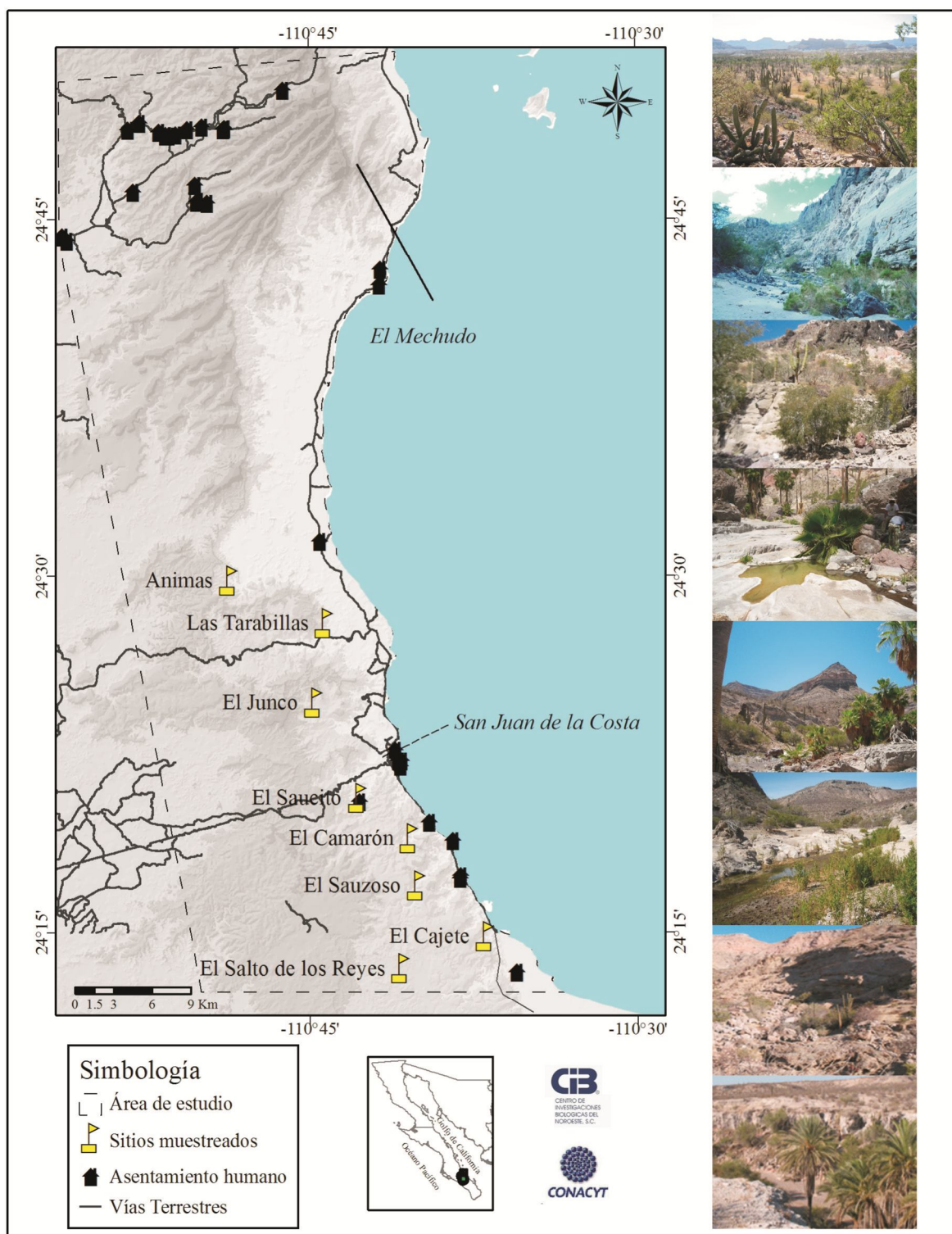


Figura 13. Ubicación (*lado izquierdo*) e imágenes (*lado derecho, de arriba hacia abajo*) de los sitios caracterizados (topografía, vegetación, agua): Las Ánimas, Las Tarabillas, El Junco, El Saucito, El Camarón, El Sauzoso, El Cajete y El Salto de los Reyes.

Tabla X. Características de la vegetación en los sitios muestreados, agrupadas por el tipo de topografía.

Sitio	Topografía	No. de Transectos	Riqueza de Especies	No. de Individuos	Área con dosel (%)	Altura Promedio (m)
Ánimas*	Arroyo	2	19	204	65.41%	2.65
Junco*	Arroyo	1	21	83	108.76%	2.37
Saucito	Arroyo	5	48	287	34.90%	2.07
Camarón*	Arroyo	6	35	151	27.67%	2.68
Sauzoso*	Arroyo	4	28	153	27.02%	2.04
Salto de los Reyes	Arroyo	1	11	67	155.94%	2.11
	TOTAL	19		945	44.43%	2.32
Tarabillas	Ladera	2	20	369	81.87%	1.10
Saucito	Ladera	5	23	423	61.64%	1.94
Junco*	Ladera	1	16	80	74.22%	1.72
Camarón	Ladera	2	17	334	58.60%	1.00
Cajete*	Ladera	2	27	218	42.26%	0.88
Salto de los Reyes	Ladera	2	17	317	65.66%	1.30
	TOTAL	14		1741	62.80%	1.32
Tarabillas	Planicie	2	16	209	102.79%	1.72
Saucito	Planicie	1	18	101	75.63%	1.46
Camarón	Planicie	1	16	170	63.69%	0.82
Cajete	Planicie	3	31	543	83.21%	1.06
Salto de los Reyes	Planicie	1	10	115	78.60%	1.98
	TOTAL	8		1138	84.14%	1.41

*Sitios con presencia de borrego cimarrón

Con los valores de las dimensiones de los CAS en cada sitio, se obtuvo la lámina promedio (Tabla XI). Por su parte, se calculó la tasa de evapotranspiración potencial anual dando un resultado de 127.94 cm al año, lo equivalente a 0.35 cm diarios. Así, se calculó el balance hidrológico de cada lugar, cabe mencionar que se diferenció el resultado que se obtiene con el promedio de las láminas de un mismo sitio y, el que se obtiene con el valor máximo de las láminas de un mismo sitio (Tabla XI); esto se debe a que en algunos sitios

existen CAS con una lámina mayor a la promedio del sitio, lo que provoca que éste se mantenga por más tiempo, lo que significa que en los sitios muestreados pueden extinguirse la mayoría de los CAS a excepción de los de mayor profundidad, así se calcula que habrá disponibilidad de agua para la fauna por más tiempo. Respecto a los valores promedio, los CAS de Agua Dulce, El Junco y El Camarón desaparecerían en menos de tres meses, los de El Saucito en cuatro meses y medio, El Sauzoso en poco más de nueve meses y el Cañón de los Reyes en un año (Tabla XI). En cambio, si consideramos la tasa de evapotranspiración con base al CAS de mayor profundidad, se tiene que por lo menos uno de los CAS de El Camarón permanecerá hasta año y medio, en El Saucito duplicaría su duración y en El Sauzoso un CAS puede subsistir hasta cuatro años (Tabla XI). Cabe mencionar que estos cálculos son considerando que no existiera ningún tipo de suministro (ni por precipitación, ni subterráneo).

Para conocer las propiedades químicas y estado microbiológico del agua, se tomaron un total de 66 muestras, las variables que se analizaron se encuentran en la Tabla XII, así como la *n Valida* de cada una. El número más probable (NMP) de coliformes fecales en 100 mililitros fue mayor a 3 en todos los casos, destacando que en ocho CAS fue igual o mayor a 2,400 NMP/100mL; en específico, en todas las muestras tomadas se detectó *Escherichia coli*, lo que implica que estos CAS son una fuente de infección bacteriana.

En la Tabla XII, se encuentra el resto de las características químicas y los metales pesados presentes en los CAS muestreados. Es importante mencionar que dentro de las muestras colectadas sólo se detectó plomo en dos sitios, que se encuentran relacionadas con la actividad minera de la compañía ROFOMEX. El primero es una laguna que se formó por la acumulación del agua que drenan de los cerros cercanos cuando realizan las excavaciones, las concentraciones varían entre 0.125 a 0.246 mg/L. El segundo sitio que presentó plomo fue el arroyo que funciona como drenaje de la presa de jale que tiene la minera, el cual desemboca en el mar; los valores fueron entre 0.577 y 0.632 mg/L. Este último sitio, también fue el único que presentó concentraciones de cadmio, con un intervalo de 0.130 a 0.142 mg/L.

Tabla XI. Número, dimensiones y balance hidrológico de los cuerpos de agua superficial muestreados en la Sierra El Mechudo.

Sitio	Número de CAS	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)	Lámina promedio (cm)	Lámina máxima (cm)	Tiempo promedio de permanencia de agua superficial (días)	Tiempo máximo de permanencia de agua superficial (días)
Agua Dulce	1	15	4.5	30	30	86	86
El Junco	3	3.4	0.9	26	30	76	86
El Saucito	19	441.1	203.4	46	100	132	285
El Camarón	14	933.1	254.2	27	200	78	571
El Sauzoso	28	1247.2	1223.3	98	500	280	1427
Cañón de los Reyes	4	91.2	114.2	125	150	357	428

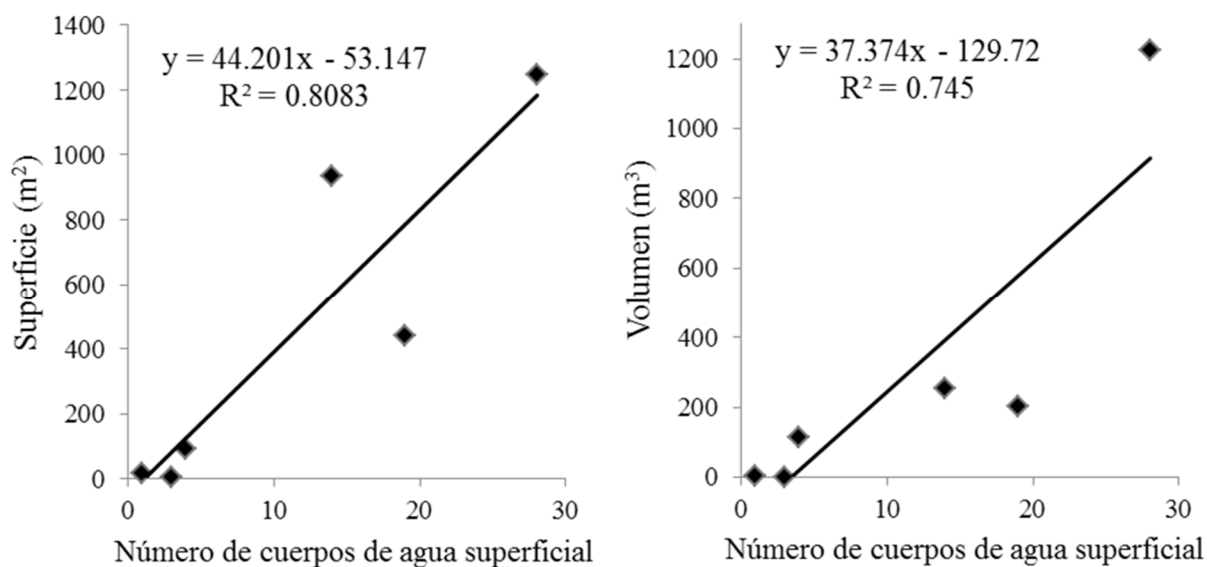


Figura 14. Gráficas de la correlación lineal entre el número de cuerpos de agua superficial y la cantidad de agua presente en cada arroyo muestreado en la Sierra El Mechudo.

Tabla XII. Estadística descriptiva de las variables de todos los cuerpos de agua superficial muestreados.

Variable	n Valida	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	64	511.20	3.00	2400.00	801.97
Coliformes Totales (NMP/100mL)	6	1267.17	43.00	2400.00	1242.11
<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	30	597.33	3.00	2400.00	943.99
Nitritos (mM/L)	55	0.01	0.00	0.07	0.01
Nitratos (mM/L)	55	0.07	0.00	0.33	0.10
Alcalinidad Total (mg/L CaCO ₃)	55	290.29	26.00	909.00	177.86
Dureza Total (mg/L CaCO ₃)	54	844.49	40.87	8106.89	2072.78
Fósforo total (mM/L)	54	0.00	0.00	0.04	0.01
Potasio mg/L	51	38.99	5.14	293.85	73.32
Sodio mg/L	51	1301.11	67.69	13286.26	3407.68
Oxígeno Disuelto (mg/L)	53	9.43	0.00	20.79	4.26
Sólidos Sedimentables (mL/L)	7	0.88	0.26	2.40	0.81
pH	7	8.51	8.01	8.79	0.26
Conductividad Eléctrica (mS/m)	7	3738.29	793.00	5740.00	2452.43
Salinidad (UPS)	12	14.22	0.40	37.40	17.05
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	9	19329.11	554.00	37620.00	17341.86
Plomo mg/L	53	0.06	0.00	0.63	0.17
Cadmio mg/L	53	0.01	0.00	0.14	0.04

NMP: número más probable, mM: milimoles, CaCO₃: carbonato de calcio, Oxi Dis: oxígeno disuelto, mg/L: miligramos por litro, K: potasio, Pb: plomo, Cd: cadmio, Na: sodio.

La prueba de Spearman que verifica la correlación entre las variables químicas y microbiológicas de los CAS (Tabla XIII) indicó que, los coliformes fecales están directamente relacionados con la bacteria *E. coli* y en menor nivel con la alcalinidad; por su

parte la alcalinidad se relaciona con el fósforo y el oxígeno disuelto. Los nitritos y dureza total se correlacionan directamente, a su vez cada uno se relaciona con el potasio, sodio, cadmio y plomo. Así mismo, existe correlación fuerte entre sí de potasio, sodio, cadmio y plomo.

Tabla XIII. Correlación de Spearman entre las variables químicas y microbiológicas de todos los cuerpos de agua superficial muestreados.

	Coliformes Fecales (NMP/100ML)	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100ML)	Alcalinidad Total (mg/L CaCO ₃)	Dureza Total (mg/L CaCO ₃)	Nitritos (mM/L)	Nitratos (Mm/L)	Fósforo total (Mm/L)	Oxi Dis (mg/L)	K mg/L	Pb mg/L	Cd mg/L	Na mg/L
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100ML)	0.85*											
Alcalinidad Total (mg/L CaCO ₃)	0.45*	0.05										
Dureza Total (mg/L CaCO ₃)	-0.36	-0.31	-0.37									
Nitritos (mM/L)	0.02	-0.11	0.02	0.70*								
Nitratos (mM/L)	0.14	0.26	-0.18	-0.12	0.00							
Fósforo total (mM/L)	0.35	-0.01	0.52*	0.13	0.42*	-0.22						
Oxi Dis (mg/L)	-0.35	-0.13	-0.57*	-0.15	-0.33	0.01	-0.29					
K mg/L	-0.33	-0.30	-0.32	0.99*	0.71*	-0.10	0.19	-0.23				
Pb mg/L	-0.36	-0.30	-0.37	1.00*	0.70*	-0.12	0.14	-0.15	0.99*			
Cd mg/L	-0.29	-0.24	-0.29	0.95*	0.74*	-0.05	0.20	-0.25	0.98*	0.95*		
Na mg/L	-0.31	-0.27	-0.32	0.99*	0.73*	-0.09	0.18	-0.22	1.00*	0.99*	0.99*	

*Valor estadísticamente significativo ($p < 0.05$). NMP: número más probable, CaCO₃: carbonato de calcio, mM: milimoles, Oxi Dis: oxígeno disuelto, mg/L: miligramos por litro, K: potasio, Pb: plomo, Cd: cadmio, Na: sodio.

c) *Actividades antropogénicas*

Dentro de las actividades antropogénicas, el primer punto es el acceso humano a los sitios muestreados, por lo que se consideró la distancia a la carretera principal, siendo de 7.7 km al sitio las Ánimas, 3.3 km a las Tarabillas, 5.43 al Junco, 3.8 a El Saucito, 2.0 km a El Camarón, 3.6 km a El Sauzoso, 0.9 km de El Cajete y 8.0 km al Salto de los Reyes (Figura 13). Cabe mencionar que esta distancia fue calculada como línea recta, esta medida aumenta si se sigue por el cauce del arroyo o las terracerías.

Durante los meses de marzo a junio de 2009 y abril, mayo y septiembre de 2010 se registraron las actividades humanas en los sitios de muestreos. En las Ánimas se encontraron personas que andaban de cacería para autoconsumo. Las Tarabillas es una zona que se encuentra cerca de la empresa ROFOMEX, en algunos puntos se observan rastros de vehículos que circularon por esa zona. El Junco se encuentra dentro de la zona que esta confinada a la empresa ROFOMEX, a pesar de que en esta zona no se realiza la extracción del mineral como tal, se encuentra cerca de una terracería que da mantenimiento a la mina subterránea, además el acceso a este sitio es por la entrada a la minera, aunque tiene otros accesos conocidos por los rancheros; en este sitio se encontraron varios esqueletos de venado y un par de rastros de grandes fogatas, además colocaron cercas de alambre de púas limitando tramos de la cañada. En el Saucito se localiza un rancho implementado en el cauce del arroyo, cercado en sus límites, con una palapa y aditamentos para comer, incluso tienen un tinaco con agua obtenida del manantial que se localiza a 400 m; este sitio es usado por los rancheros cuando se encuentran movilizándolo su ganado, utilizan un vehículo tipo camioneta (pick up) para transportarlo del monte a su potrero; además los rancheros informaron que este sitio es visitado por otras personas de la misma comunidad que van con sus familias los fines de semana. En las partes aledañas al Camarón en una ocasión se encontraron personas en actividad cinegética, es importante mencionar que a un costado de la desembocadura del arroyo está instalado un rancho, el cual limita a los vehículos a entrar al arroyo, la tenencia de la tierra era por posesión conteniendo por su propiedad con los ejidatarios por varios años, sin embargo en la actualidad se encuentra con señalamientos de propiedad de una empresa de bienes y raíces, vendido por los ejidatarios. En El Sauzoso, en una ocasión se registró actividad cinegética; por otro lado los rancheros de la zona han

mencionado que frecuentemente entran para vigilar a su ganado que se encuentra libre en esta área; dentro de este sitio hay un gran cauce de agua intermitente, con algunos CAS permanentes, los cuales son visitados por turistas que realizan recorridos a pie con la finalidad de disfrutar el paisaje y su tranquilidad. El Cajete es utilizado como ruta para algunos turistas que realizan cabalgatas hacia una cabaña, el acceso a vehículos es improbable por la topografía. En el Salto de los Reyes se encuentra un rancho que es utilizado por extranjeros para pernoctar los días que realizan recorridos en los alrededores, incluyendo visitas a los CAS cercanos.

7.4. Registro del borrego cimarrón y fauna asociada

a) Borrego cimarrón, estructura poblacional y preferencia de variables topográficas

La estructura de la población del borrego cimarrón en la Sierra El Mechudo, de acuerdo con los resultados obtenidos en el censo del año 1997 fueron 25 individuos (6M:11H:5C, 3 sin identificar), en 1999 se registraron 49 individuos (5M:33H:6C, 5 sin identificar), en el año 2002 fueron similares los resultados 43 (10M:25H:8C), en el censo de 2006 observaron a 162 individuos (55M:75H:32C) y, en el censo de 2011 se registraron 49 individuos (21M:21H:7C). Lo anterior implica que en 1997 la población estaba conformada por una alta cantidad de hembras respecto a los machos y las crías, siendo la proporción de 6.6:1 y de 5.5:1, respectivamente; el censo realizado en el 2011 indicó que por cada hembra había un macho, y que por cada cría había tres hembras; el resto de los censos mostró que la proporción osciló entre 1.3 a 2.6 hembras por cada macho, y entre 2.2 y 3.1 hembras por cada cría.

Con base en la información de la ubicación geográfica de los individuos de borrego cimarrón de los censos aéreos (1997, 1999, 2002 y 2006) e investigaciones biológicas en la zona, se realizó el ACP para generar el índice de preferencia de variables topográficas (ecuación 4), el cual enfatiza que la distribución del borrego cimarrón se relaciona en primer término con un mayor porcentaje de la pendiente y una menor distancia al terreno de escape, y en segundo con una mayor elevación.

$$PTB = 0.670011 (P) - 0.610111 (D) + 0.422905 (E) \dots\dots\dots(Ecuación 4)$$

Donde

PT B = Preferencia de variables topográficas por el borrego cimarrón

P = Pendiente (%)

D = Distancia al terreno de escape (≥ 57.74 % de pendiente) (m)

E = Elevación (m)

Para identificar la relación entre las clases de la población del borrego cimarrón y las variables topográficas, se utilizó la información de los censos (1997, 1999 y 2002) con una n de 48. Con base en los valores de correlación de Spearman, dentro de las variables topográficas sólo tienen relación la pendiente y la distancia al terreno de escape, de la estructura de la población del borrego cimarrón, se puede observar que los machos clase II se relacionan directamente con la distancia al terreno de escape e inversamente con la elevación, los clase IV se relacionan inversamente con la distancia al terreno de escape; dentro de la correlación entre las mismas clases de esta especie, se encuentra inversamente una relación entre las hembras y los machos clase II, y por el contrario directamente se relacionan las hembras y las crías (Tabla XIV). En conjunto, toda la población se correlaciona con los machos clase III, las hembras y las crías, a su vez el total tiene una correlación inversa con la pendiente. Cabe mencionar que se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis sin obtener diferencias significativas entre las clases de la estructura de la población del borrego cimarrón y las variables topográficas ($p < 0.05$).

b) Borrego cimarrón y fauna asociada

La distribución de los ungulados (Fig. 15) se obtuvo con los datos de censos aéreos (1997, 1999, 2002 y 2006) y georreferenciación de los avistamientos que se han tenido en las investigaciones que se han realizado en la zona, se incluyen las ubicaciones de los borregos cimarrones ($n = 108$), chivos ($n = 10$), burros ($n = 26$), vacas ($n = 14$), caballos ($n = 5$). El mayor número de registros de borrego cimarrón fue en el área de la punta Mechudo, que es el sitio con mayores elevaciones. Por su parte, en las partes poco elevadas en el sur de la zona de estudio (Fig. 15), predomina con mayor frecuencia el solapamiento entre el borrego cimarrón y la fauna doméstica.

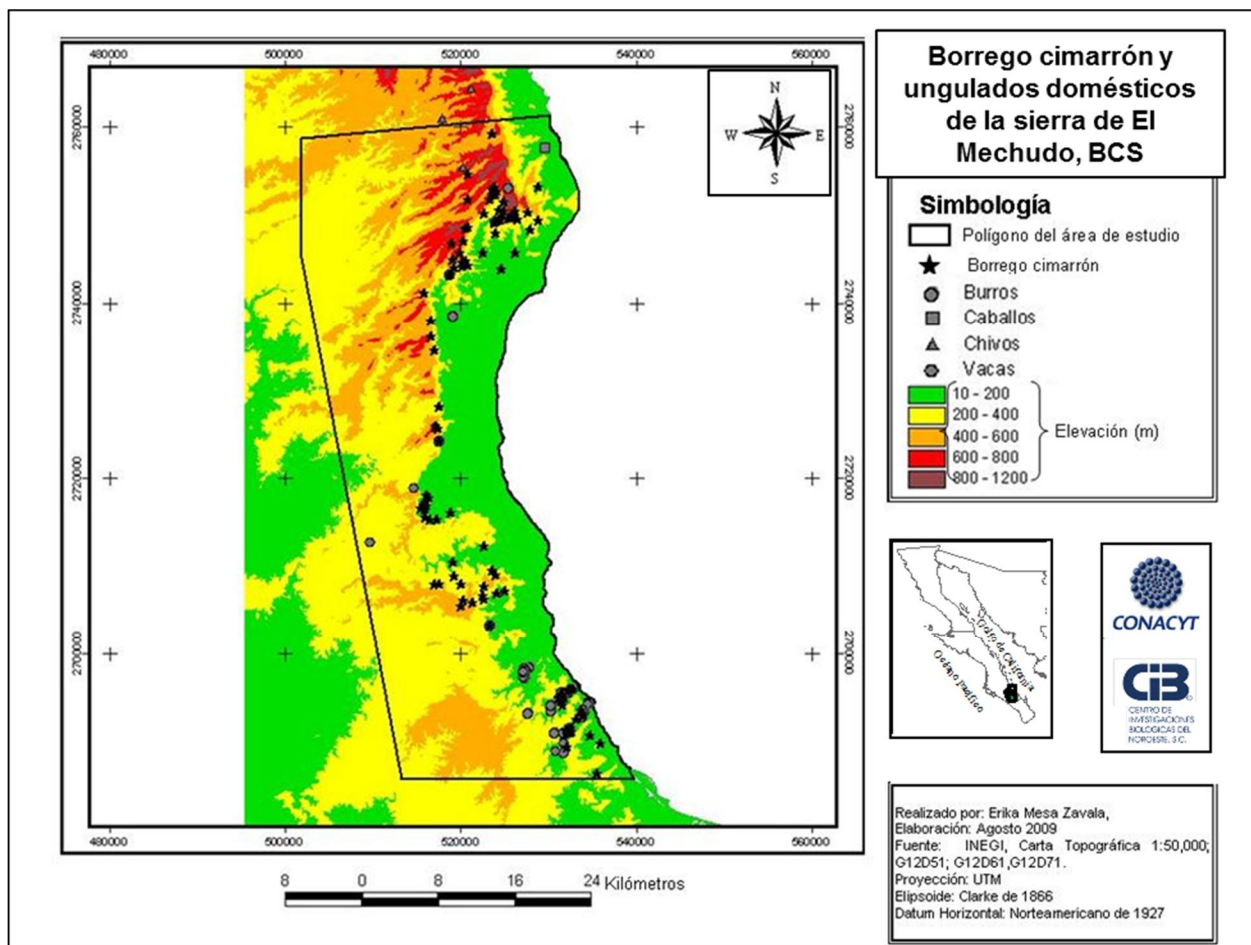


Figura 15. Distribución del borrego cimarrón y ungulados domésticos en función de la elevación del terreno.

Para conocer la preferencia de las variables topográficas (Tabla XV) entre el borrego cimarrón y los ungulados domésticos se realizó la correlación de Spearman. Se encontró con diferencia estadística significativa, que el borrego cimarrón está directamente correlacionado con las variables de elevación, pendiente y orientación de la pendiente, e inversamente con la distancia al terreno de escape (Tabla XVI). El burro está inversamente relacionado con la elevación y pendiente, y directamente con la distancia al terreno de escape; y las vacas están inversamente correlacionadas con la elevación y directamente con la distancia al terreno de escape (Tabla XVI). Por su parte, con chivos y caballos no hubo ninguna correlación estadísticamente significativa (Tabla XVI).

Tabla XIV. Correlación de Spearman entre las variables topográficas y las clases de la estructura de la población del borrego cimarrón.

	P (%)	DTE (m)	E (m)	O (rad)	MI	MII	MIII	MIV	H	C
DTE (m)	-0.851*									
E (m)	0.184	-0.162								
O (rad)	0.137	-0.127	0.150							
MI	0.131	-0.064	-0.112	0.134						
MII	-0.254	0.364*	-0.328*	-0.019	-0.054					
MIII	0.269	-0.117	0.107	0.008	-0.124	-0.100				
MIV	0.240	-0.295*	-0.005	-0.082	-0.098	-0.079	-0.023			
H	0.191	-0.075	0.254	0.058	0.013	-0.332*	0.094	-0.159		
C	0.043	0.017	0.094	0.120	-0.163	-0.132	0.168	-0.117	0.450*	
TOTAL	0.315*	-0.150	0.251	0.103	0.088	-0.221	0.314*	0.002	0.817*	0.679*

*Valor estadísticamente significativo ($p < 0.05$). P: pendiente, DTE: distancia al terreno de escape, E: elevación, O: orientación, MI: macho clase I, MII: macho clase II, MIII: macho clase III, MVI: macho clase IV, H: hembra, C: cría.

De igual manera, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0.05$) para identificar si existe diferencia entre las especies en cada variable topográfica para confirmar la correlación anterior. De tal manera, en la Tabla XVII se demuestra que hay diferencias entre las preferencias de las especies (borrego cimarrón, burro, caballo, chivo, vaca) en la pendiente (%), distancia al terreno de escape (m) y elevación (m), pero no en la orientación de la ladera.

En la Tabla XVIII se puede observar el número, el promedio e intervalos de cada especie, con respecto a las variables del hábitat utilizadas. Así, el promedio de las pendientes que usa el borrego cimarrón es de 59.49 % (equivalente a 28.11 grados) y su intervalo es de 47.14 a 60.09 % con un nivel de confianza de 95.0, mientras que las otras especies utilizan pendientes menores, aunque el chivo tiene un límite superior mayor que la especie nativa. El borrego cimarrón en promedio utiliza menor distancia al terreno de escape que el resto de las especies, con un intervalo de 0 a 30 m con un nivel de confianza de 95.0. Respecto a la elevación los borregos cimarrón se encuentran en promedio en

mayores rangos en comparación con las especies domésticas, aunque también aquí, los chivos lo superan en el límite superior.

Tabla XV. Estadística descriptiva de las variables topográficas en las que se ubicó geográficamente el borrego cimarrón y la fauna doméstica en la Sierra El Mechudo.

Variable	n Valida	Media	Mínimo	Máximo	Desv.Est.
Elevación	163	260.22	0.00	770.00	206.25
Pendiente (%)	163	51.13	0.00	179.16	37.70
Orientación (rad)	152	2.28	0.00	6.18	1.67
Distancia a T.E. (m)	163	47.07	0.00	540.00	68.58

Tabla XVI. Correlación de Spearman entre las variables topográficas y las especies presentes en la sierra.

Especie	Elevación (m)	Pendiente (%)	Orientación (rad)	Distancia al T.E. (m)
Borrego cimarrón	0.4400 *	0.2992 *	0.1698 *	-0.2961 *
Chivo	-0.1267	-0.0869	0.0275	0.0515
Burro	-0.2728 *	-0.2056 *	-0.0773	0.1897 *
Vaca	-0.1898 *	-0.1281	-0.1506	0.1734 *
Caballo	-0.1426	-0.0546	-0.0951	0.0557

*Valor estadísticamente significativo ($p < 0.05$).

Tabla XVII. Prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0.05$) de las variables topográficas y los ungulados (borrego cimarrón, burro, chivo, vaca) ubicados en la Sierra El Mechudo.

Variable	H (4, N= 163)	p
Pendiente (%)	14.6982	0.0054
Distancia a T.E. (m)	15.0334	0.0046
Elevación (m)	31.6885	0.0000
Orientación (rad)	7.28313	0.1217

Tabla XVIII. Estadística descriptiva con los límites de los intervalos (nivel de confianza = 95.0) de las variables topográficas en las que se ubican el borrego cimarrón y ungulados domésticos en la Sierra El Mechudo.

	<i>n</i>	Promedio	Desv.Est	Mínimo	Máximo	Límite Inferior (95.0%)	Límite Superior (95.0%)
Pendiente (%)							
Borregos	108	59.49	40.68	0.00	179.16	47.14	60.09
Burros	26	33.81	22.23	0.00	74.54	16.67	47.14
Caballos	5	38.00	22.25	5.57	66.67		
Chivos	10	35.96	29.58	0.00	74.54	0.16	74.54
Vacas	14	34.31	25.65	0.00	94.28	0.00	50.00
Distancia al T.E. (m)							
Borregos	108	40.17	72.47	0.00	540.00	0.00	30.00
Burros	26	63.02	64.42	0.00	323.11	30.00	84.85
Caballos	5	42.39	26.06	0.00	67.08		
Chivos	10	59.71	73.06	0.00	241.87	0.00	198.49
Vacas	14	63.33	46.79	0.00	174.93	30.00	96.19
Elevación (m)							
Borregos	108	300.44	195.40	0.00	770.00	220.00	374.06
Burros	26	167.91	180.15	20.00	700.00	69.04	175.48
Caballos	5	125.95	139.62	19.73	370.00		
Chivos	10	233.31	298.51	19.79	693.33	19.86	682.52
Vacas	14	156.67	125.87	20.00	433.33	76.68	343.32

Para identificar la especie que estadísticamente usa de manera diferente las variables de pendiente, distancia al terreno de escape y elevación, se aplicaron los procedimientos de la diferencia significativa menor de Fisher, la diferencia entre las medias es significativa al nivel 0.05. Se encontró que en las variables pendiente y elevación, en un grupo está el borrego cimarrón, en otro las vacas y burros, y en la unión de ambos están los chivos y caballos (Fig. 16 y 17). En el intervalo de distancia del terreno de escape todas las especies se encontraron en un grupo (Fig. 18).

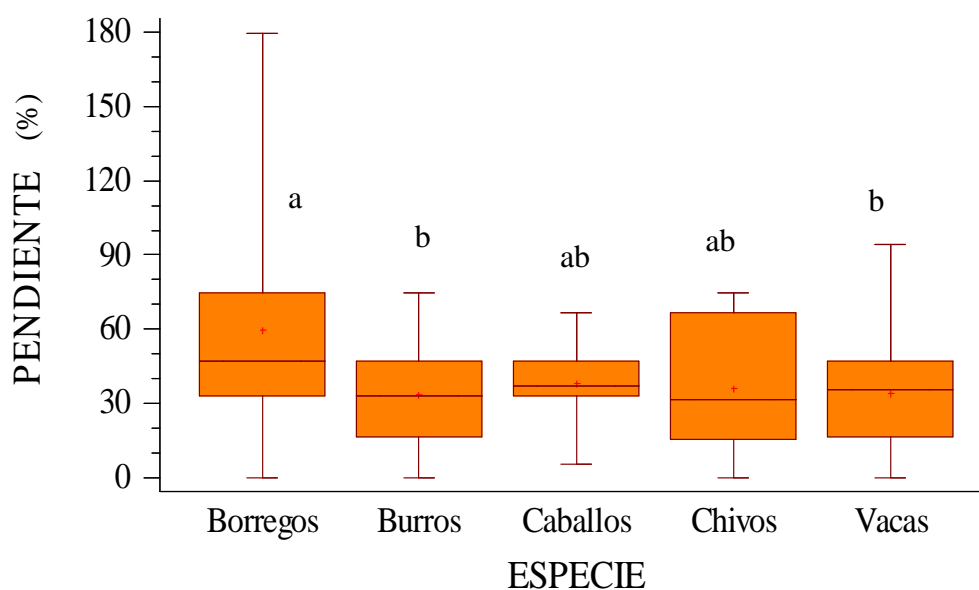


Figura 16. Gráfica de los intervalos y resultados del procedimiento LSD de Fisher para la comparación de las medias de las pendientes (%) entre las especies. Muestra la agrupación de las especies con mayor similitud con una significancia al nivel 0.05. Grupos a, b, ab.

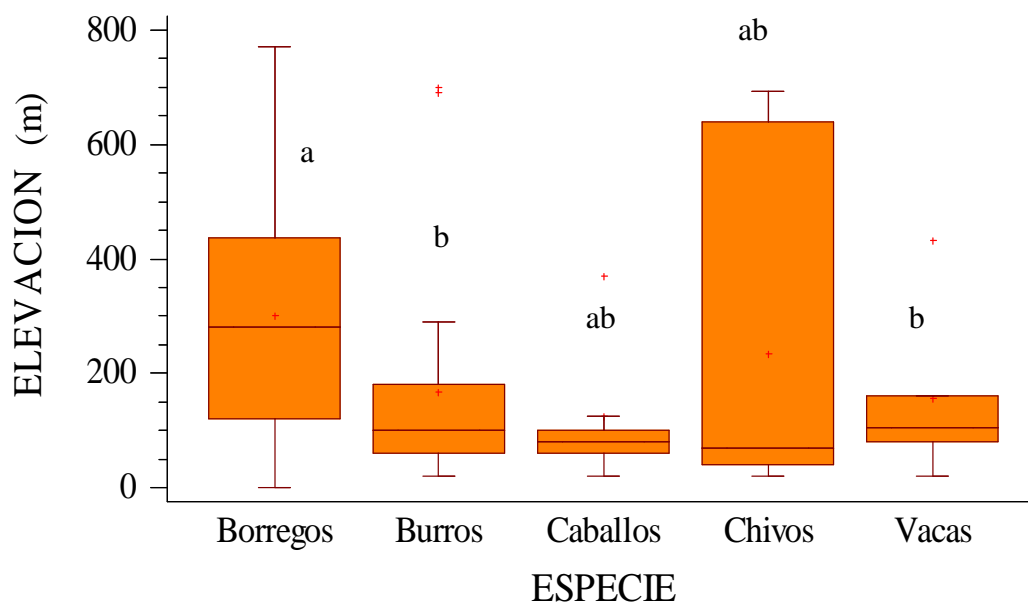


Figura 17. Gráfica de los intervalos y resultados del procedimiento LSD de Fisher para la comparación de las medias de la elevación (m) entre las especies. Muestra la agrupación de las especies con mayor similitud con una significancia al nivel 0.05. Grupos a, b, ab.

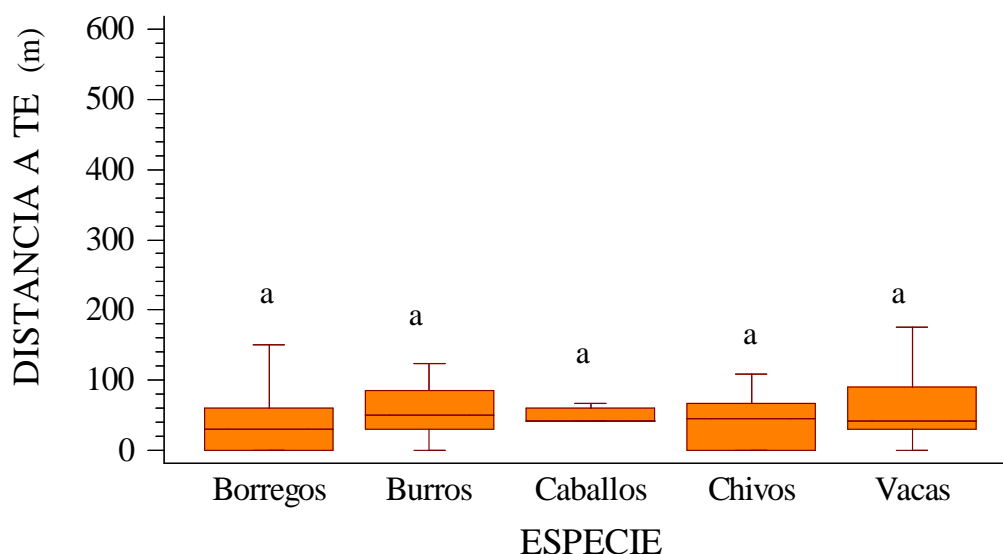


Figura 18. Gráfica de los intervalos y resultados del procedimiento LSD de Fisher para la comparación de las medias de las distancias al Terreno de Escape (m) entre las especies. Muestra la agrupación de las especies con mayor similitud con una significancia al nivel 0.05. Grupo a.

De forma paralela, se realizó la correlación canónica para comprobar si el borrego cimarrón y los ungulados domésticos tienen la misma preferencia de las variables topográficas. Así, el primer paso con la prueba de χ^2 identificó que sólo una raíz tiene diferencia significativa ($p < 0.05$) (Tabla XIX), los factores de estructura del conjunto de variables (Tabla XX) indican que el borrego cimarrón tienen una relación directamente proporcional a la elevación y la pendiente, y es opuesta la correlación de estas variables con los burros y las vacas. Sin embargo, sólo el 20 % de la variación de las especies se explica con la variación de las variables topográficas (Tabla XIX).

El borrego cimarrón se registró en 64 cámaras/día; de éstos ocurrieron 22 en las Ánimas, 21 en el Junco, 1 en el Sauzoso y 20 en el Camarón. En el 50.00 % de los eventos sólo se registró el borrego cimarrón en una cámara en el mismo día; en el 32.81 % aparecieron en la misma cámara/día que se presentó otra especie; en el 15.63 % se presentaron además del borrego cimarrón otras dos especies; y en el 1.56 % se registraron cuatro especies en la misma cámara/día (borrego cimarrón, venado, coyote y burro).

El coyote se presentó en 51 cámaras/día, los registros de coyotes fueron en el Saucito (60.78 %), en el Junco, Sauzoso y Camarón (11.76 % en cada sitio) y en las Ánimas (3.92 %); el gato montés se registró en 5 cámaras/día, en las Ánimas, el Junco y el Sauzoso (40, 40 y 20 %, respectivamente).

Tabla XIX. Prueba de χ^2 para probar la correlación canónica de las variables topográficas y las especies en la Sierra El Mechudo.

Raíz	Canónico R	Canónico R ²	Chi ²	Grados de libertad	p	Lambda
1	0.450646	0.203082	38.5468	20	0.007614*	0.78229
2	0.118936	0.014146	2.9073	12	0.996162	0.98165
3	0.058729	0.003449	0.67056	6	0.995104	0.99573
4	0.02856	0.000816	0.12811	2	0.937951	0.99918

*Valor estadísticamente significativo ($p < 0.05$).

Tabla XX. Factores de estructura para determinar la correlación canónica del conjunto de variables topográficas y de las especies que se encuentran en la Sierra El Mechudo.

Variable topográfica	Raíz 1	Especie	Raíz 1
Elevación	0.879604	Borrego cimarrón	0.989838
Pendiente (%)	0.684218	Chivo	-0.190747
Orientación (rad)	0.440568	Burro	-0.608161
Distancia a T.E. (m)	-0.311873	Vaca	-0.527763
		Caballo	-0.299786

El uso del hábitat se analizó por medio de la información obtenida con las cámaras-trampa, se identificaron 10 especies: el borrego cimarrón (Fig. 19), depredadores como el coyote y el gato montés; como especies cinegéticas a la zorra (*Urocyon cinereoargenteus*) y al venado bura; y las especies domésticas, vaca, chivo, burro, caballo y perro (*Canis familiaris*) (Fig. 20).



Figura 19. Fotografía de Borrego cimarrón tomada con cámara-trampa.

El venado se presentó en 38 cámaras/día, siendo el 81.58 % en el Junco, el 13.16 % en el Saucito y el 5.26 % en el Camarón. Las zorras se registraron en 67 cámaras/día, en el Camarón (40.30 %), el Saucito (25.37 %), las Ánimas (20.90 %) y el Junco (13.43 %).

Referente a las especies introducidas por los humanos, se registraron las vacas sólo en el Saucito en 37 cámaras/día y en el Sauzoso en 26 cámaras/día; los chivos sólo en el Camarón en 10 cámaras/día; los burros en 99 cámaras/día, siendo 44.44 % de los registros en el Camarón, 25.25 % en el Junco, 23.23 % en el Saucito, 4.04 % en las Ánimas y 3.03 % en el Sauzoso. Los caballos se presentaron en 17 cámaras/día, 47.06 % en las Ánimas, 41.18 % en el Saucito y el 11.76 % en el Sauzoso; cabe mencionar que en el Saucito y Sauzoso siempre se registraron con jinetes. Los perros sólo se identificaron en 8 cámaras/día en el Camarón.



Figura 20. Fotografías de coyote, gato montés, zorra, venado bura, vacas, chivos, burros, caballos y perros tomadas con cámara-trampa.

El horario de actividad se determinó de acuerdo a la presencia de luz solar, la actividad diurna (*D*) se consideró de 6:39 a 20:08 hrs, la actividad nocturna (*N*) de 20:09 a 6:38 hrs. El horario diurno se subdividió en tres, *D1* de 6:39 a 11:08 hrs, *D2* de 11:09 a 16:08 hrs y *D3* de 16:09 a 20:08 hrs (Tabla XXI).

El borrego cimarrón tuvo actividad diurna en todos los casos, siendo principalmente en el horario *D2* (Tabla XXI). El resto de las especies se registró tanto de día como de noche. El que tuvo mayor actividad en el *D1* fue el venado, en el horario *D2* los chivos y los perros, en el horario *D3* fueron las vacas y los caballos, siendo muy similar la frecuencia de esta última especie al horario *D2*; y los que se presentaron en mayor proporción de actividad nocturna fueron coyote, gato montés, zorra y burro (Tabla XXI).

Tabla XXI. Proporción del horario en el que cada especie se registró en las cámaras-trampa.

Especie	Horario de Actividad (Proporción)			
	D1	D2	D3	N
<i>Ovis canadensis</i>	0.137	0.705	0.158	0.000
<i>Canis latrans</i>	0.284	0.069	0.216	0.431
<i>Lynx rufus</i>	0.167	0.000	0.333	0.500
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	0.059	0.068	0.163	0.710
<i>Odocoileus hemionus</i>	0.459	0.108	0.135	0.297
<i>Bos taurus</i>	0.250	0.270	0.310	0.170
<i>Capra hircus</i>	0.273	0.455	0.273	0.000
<i>Equus asinus</i>	0.058	0.040	0.087	0.815
<i>Equus caballus</i>	0.120	0.320	0.360	0.200
<i>Canis familiaris</i>	0.313	0.625	0.031	0.031

7.5. Índice de naturalidad en la Sierra El Mechudo

El diagnóstico de naturalidad se realizó sobre un mapa de subcuencas de la zona de estudio, con la información antropogénica mencionada anteriormente. La escala propuesta por Machado (2004) es del 10 al 0, sin embargo, en esta zona sólo resultaron los valores de 9 a 1, dado que en todas las subcuencas se presentó por lo menos una evidencia antropogénica, así mismo, ninguna de las subcuencas es un sistema totalmente artificial hasta el momento (Fig. 21).

Las zonas con menor naturalidad se presentaron en el ejido LFA 2, ocasionado principalmente por la minería, las escalas intermedias se presentaron por impactos secundarios de la minería; por la presencia de una granja camaronera y por los asentamientos humanos frecuentes con servicios públicos limitados (Fig. 21). Las zonas con mayor naturalidad se encuentran en la vertiente oriental del ejido Tepentú, lo que corresponde al terreno más escarpado; de igual manera, en la parte sur se encuentran otras subcuencas que resultaron con alta naturalidad, principalmente porque tienen escaso acceso humano y especies domésticas.

En la sierra, el área con mayor naturalidad (escala 1 a 3) es de 207 km², de naturalidad media (4-6) son 879 km², y la zona con mayor impacto humano (7-9) es de 467 km². El número de subcuencas es de 3, 10 y 17, respectivamente (Fig. 21).

Por su parte, el borrego cimarrón no evade las cuecas con mayor actividad antropogénica, ni prefiere las zonas con mayor naturalidad (Fig. 21). Su distribución se destaca por encontrarse en el parteaguas de la sierra, lo que limita las subcuencas.

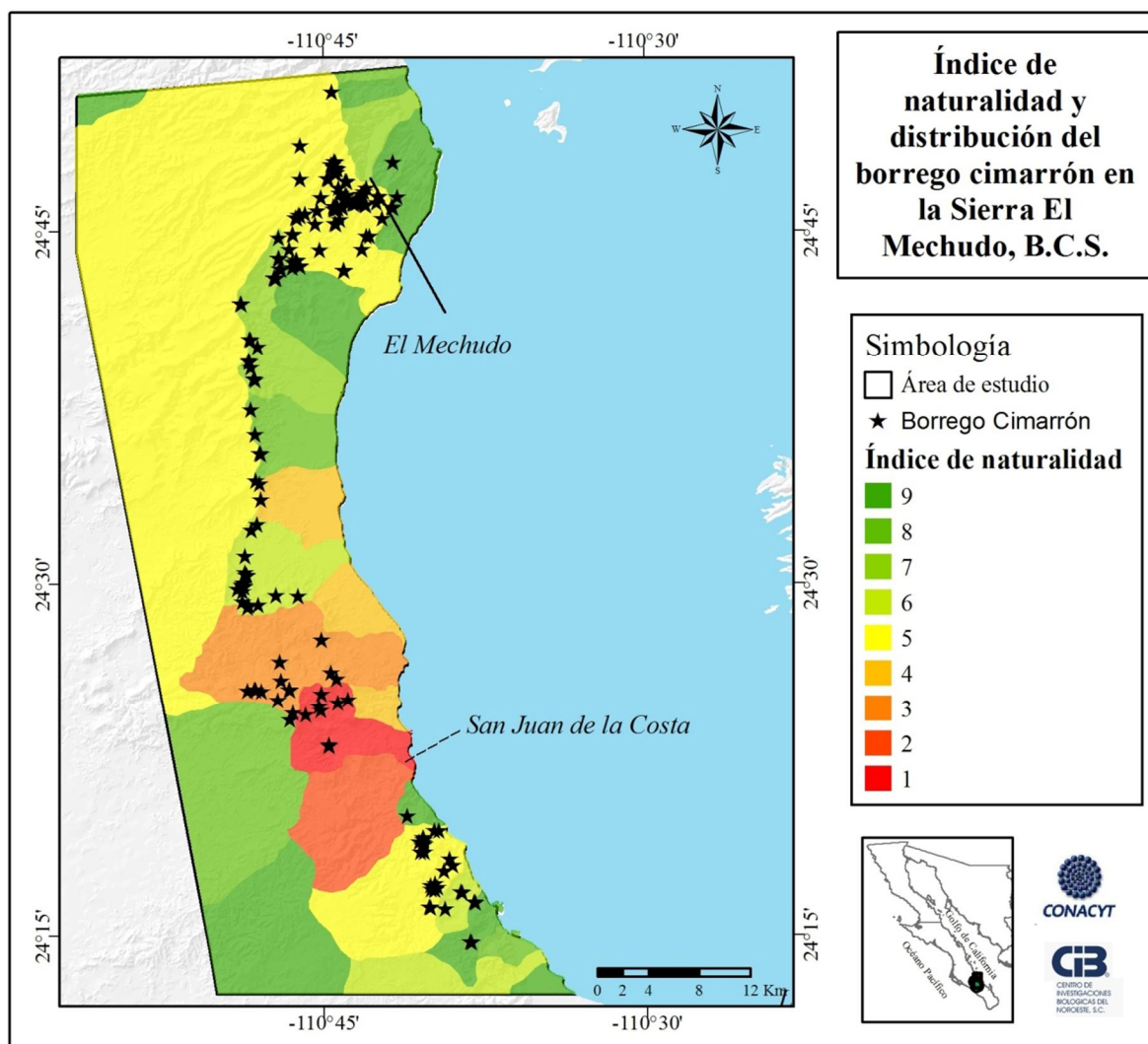


Figura 21. Mapa de naturalidad de la Sierra El Mechudo a nivel de subcuencas con la ubicación de los registros de borrego cimarrón realizados durante los censos aéreos (1997-2011) e investigaciones en la zona.

8. DISCUSIÓN

Existen diversas actividades antropogénicas en la Sierra El Mechudo y su impacto en el hábitat es diferente, tanto por el grado como por la extensión, algunas no permiten el mantenimiento de otra.

Asentamientos humanos y ganadería

Los asentamientos humanos en esta sierra son escasos y aislados, su distribución se basa en las condiciones de la topografía, disponibilidad de agua y vías de comunicación. La distribución de los asentamientos humanos no se relaciona con los sitios de avistamiento de borrego cimarrón.

Desarrollar actividades del sector primario sin una organización previa provoca la disminución del nivel socioeconómico y de la calidad ambiental (Olmos-Martínez, 2009), y en el caso de los pobladores de la Sierra El Mechudo, todos desempeñan actividades del sector primario, siendo principalmente jornaleros, ganaderos y pescadores, por lo que no se puede hacer una diferenciación entre los sectores. Sin embargo, se destaca que en el ejido Tepentú, donde se presenta la mayor limitación en los servicios básicos, son primordialmente jornaleros. Y en los ejidos LFA 2 y LFA 3, en donde tienen acceso a algunos servicios públicos, son ganaderos y pescadores; incluso algunos de los asentamientos se fundaron por la ganadería.

La ganadería es de tipo extensiva por la falta de recursos económicos para su manejo. El ganado vacuno es para venta en pie, lo mantienen libre en las zonas que presentan CAS y tienen poca elevación. En cuanto a los chivos y borregos domésticos, su manejo generalmente es para autoconsumo, los tienen libres en el día y, en la noche los acercan a establos debido a que consideran que son presas fáciles de los coyotes y otros depredadores de la zona. En el caso del burro, este es poco utilizado por los pobladores, y normalmente se encuentra libre, ya que no es fácilmente depredado y, es capaz de consumir forraje en cualquier parte de la sierra (Weaver, 1974).

Los pobladores consideran que el ganado (vaca, chivo, borrego) no causa ningún daño a la fauna y flora nativa, posiblemente porque la coexistencia ha sido por centenares de años (McCutchen, 1981). Sin embargo, en el caso del ganado vacuno, su distribución es

restringida sólo a los sitios con CAS; los chivos sólo se ubicaron en los CAS y zonas con terreno de escape del arroyo El Camarón; y los burros fue frecuente registrarlos en los CAS de todos los sitios estudiados. Así, los CAS muestreados presentaron contaminación microbiológica de manera constante, los coliformes fecales superaron lo permitido para el consumo de la fauna (200 NMP/100mL) (Mara y Horan, 2003), cabe mencionar que para el agua de consumo humano no deben ser detectados coliformes fecales ni coliformes totales (NOM-127-SSA1-1994). Esto concuerda con las investigaciones de Chang *et al.* (2000), Mara y Horan (2003) y Madigan *et al.* (2004) donde se ha mostrado que el ganado es un transmisor de enfermedades. Sin embargo, en este estudio aunque en todos los sitios se registraron ungulados domésticos, no se hizo la referencia al tipo de excreta presente en cada CAS muestreado.

La concentración de nitritos en todos los CAS es bajo, incluso es menor al valor permitido por la NOM-127-SSA1-1994 para ingesta humana (0.223 mM/L), esto a pesar de que es indicadora de actividad bacteriológica. Los nitratos que son indicadores de contaminación de alcantarillado, agrícola y ganadera, también se encuentran por debajo de lo permitido para consumo humano (0.1488 mM/L) (NOM-127-SSA1-1994), no obstante en diez CAS sobrepasan este valor. En todos los casos, la concentración de fósforo total, la cual es indicador de zonas agrícolas, estuvo por debajo de los referidos a los CAS rurales (≤ 3.225 mM) (Hem, 1986).

En general, por medio de las cámaras-trampa se observó la restricción que presentaron los ungulados silvestres (venado bura y borrego cimarrón) para consumir agua en CAS que estaban siendo frecuentado por burros. Así mismo, disminuyó la frecuencia de presencia de borregos en las cámaras-trampa a partir de la liberación del rebaño de chivos en el arroyo El Camarón. En su caso, el 50 % de los registros de borrego cimarrón en los CAS, ocurrió cuando no se presentó otro mamífero (nativo o doméstico).

Por su parte, se registró que en los sitios con abundantes chivos y con frecuencia continua de burros, los retoños de las plantas son ramoneados de manera excesiva, lo que puede afectar la dinámica de la comunidad vegetal como lo describió Wood *et al.* (1987).

Por lo anterior, este trabajo coincide con los resultados de Weaver (1974) y Marshal *et al.* (2008), en que la presencia de ungulados domésticos disminuye la presencia de la

fauna nativa, siendo especialmente en este caso, el borrego cimarrón, por la competencia del agua, alimento y espacio. Esta aseveración se aplica a los sitios con CAS muestreados, debido a que no se puede valorar el grado de impacto real de las especies domésticas por la extensión de la sierra y dispersión de estos organismos.

Actividad cinegética

El objetivo de las UMA es mantener las poblaciones silvestres en buen estado, adicionando el beneficio económico que proporciona a los propietarios de las tierras. Sin embargo, las actividades realizadas por los representantes técnicos, los cuales son los responsables de adecuado funcionamiento de la UMA, han sido cuestionadas (Félix-Lizarraga, 2006; Weber *et al.* 2006; Gallina-Tessaro *et al.* 2009). En la mayoría de los casos, la profesión y experiencia de los técnicos no está asociada con el valor ecológico de la especie y el hábitat, ocasionando que los intereses de la UMA sean exclusivamente económicos.

Generalmente, el manejo de los técnicos responsables de las UMA, no había podido ser regulado efectivamente por las autoridades, o bien, los técnicos habían sido audaces para escapar de esos requisitos, por lo que es importante mencionar que las autoridades, con base en una reforma que se espera tenga vigencia a partir de 2012, solo permitirá que las personas que tengan el perfil adecuado (biólogos o ingenieros forestales), funjan como técnicos responsables, con medidas especiales para los pobladores de la sierra que no han tenido la posibilidad de estudiar una carrera pero que tienen la experiencia y compromiso necesarios para realizar esta actividad (E. González, comunicación personal, Julio 4, 2012).

En relación con el otorgamiento de la tasa de aprovechamiento, la autoridades han admitido que en algunas temporadas no tuvieron los elementos técnicos que permitían una correcta tasa de aprovechamiento (SEMARNAT, 2000). Así, uno de los requisitos para evaluar la tasa de aprovechamiento son los censos realizados por las UMA, lo cual es otro punto cuestionable, porque no se utiliza la misma metodología para el cálculo poblacional y la frecuencia con la que se realizan es variable. Aunado a lo anterior, el algoritmo para el otorgamiento de la tasa de aprovechamiento (SEMARNAT, 2000) posiblemente requiera una reestructuración como ya lo mencionaron Jaramillo-Monroy *et al.* (1991), ya que la

fórmula actual permite que sean cazados cerca de la mitad de borregos de la clase III y IV que son observados durante el censo. Lo que podría reflejar en una disminución en estas dos clases afectando la estructura de la población, sin embargo, con base en los censos aéreos, no se manifiesta una disminución en el número de machos o de crías, incluso se iguala la proporción de hembras y machos. Estos resultados posiblemente tengan un sesgo por las diferentes metodologías que se han usado entre los censos realizados, como lo describe SEMARNAT-BCS (2012), por lo que se debe tomar con cautela esta información.

El censo aéreo del 2011 se realizó por la organización de la Unión de UMA de BCS con la participación de diez de las doce UMA del Estado; siendo las UMA Isla del Carmen y El Palo Amarillo las que funcionan de manera independiente. Dicha asociación tiene la finalidad de estandarizar la información de la población de borrego cimarrón, fortalecer la comunicación y apoyo entre las UMA para el mejoramiento en el manejo y comercialización del recurso, así como obtener mayores recursos económicos a través de los diversos programas de gobierno que pueden ser utilizados para la capacitación del personal y miembros de las UMA y adquisición del equipo requerido para el adecuado manejo de éstas. Además se equiparon a los vigilantes de cada UMA, se realizaron reuniones con los principales participantes de las UMA, y en algunos casos se tomaron muestras biológicas de los animales cazados y de CAS. De la misma manera, se ha mejorado la relación y cooperación con los centros de investigación en el Estado, lo cual permitirá el intercambio de información y experiencias que deben reflejarse en un beneficio para la especie, su hábitat y su aprovechamiento.

Actividad minera

Por otra parte, la actividad minera, que realiza la empresa ROFOMEX, genera una derrama económica considerable, sin embargo dentro de los encuestados en la sierra, ninguno sustenta el gasto familiar con un empleo en esta compañía.

La zona minera, se excluye de la zona borreguera como tal, ya que su maquinaria no tiene esta capacidad. Sin embargo, el manejo de la mina requiere que en la superficie existan caminos para el abastecimiento de suministros subterráneos, incluso en ciertos puntos tienen establecidas grandes turbinas para el intercambio de aire que emiten un

elevado número de decibeles y; en algunos caminos están expuestos cables de media y alta tensión que alimentan las subestaciones, los cuales si son mordidos por el ganado provocan su muerte por la descarga eléctrica. Por su parte, Manner *et al.* (1984) expone que este tipo de caminos modifican las características de la vegetación, así como la circulación en ellos afecta directamente a las poblaciones silvestres. En este sentido, los caminos creados por la minera ROFOMEX son poco frecuentados por su personal; el problema es que estos caminos quedan a escasos metros de las zonas donde es común la presencia de borregos cimarrón. Por lo que, se puede incitar a la cacería furtiva, que es una de las principales causas de la reducción en el área de distribución original del borrego cimarrón (Jaramillo-Monroy y Castellanos-Vera, 1992).

Así uno de los sitios muestreado con mayor número de registros es El Junco, el cual se encuentra muy cerca de los caminos creados por la minera, no obstante, los rebaños de borregos que utilizan esta área no parecen intimidarse por la presencia humana. En esta misma zona, en diversas ocasiones se encontraron evidencias (esqueletos y fogatas) de actividad cinegética en forma furtiva.

Otro de los aspectos importantes de la minera, es la acumulación de agua dulce en algunos sitios, lo cual ha generado lagunas. Esto modifica el comportamiento natural de las especies silvestres, sin embargo, habrá que evaluar su pertinencia y su impacto. Por su parte, el agua salada que es utilizada para los procedimientos de obtención del mineral es reintegrada al mar, según la empresa, los parámetros del agua se encuentran dentro de los límites establecidos por las autoridades. Sin embargo, con base en las muestras colectadas se identificaron concentraciones de plomo en una de las lagunas formadas por esta actividad. Y en el arroyo El Saucito, en el cual desemboca el agua de la presa de jale se encontró plomo y cadmio. En ambos sitios la concentración de plomo y cadmio en agua, fue mayor a los límites máximos permitidos, siendo 0.01 mg/L y 0.005 mg/L respectivamente (NOM-127-SSA1-1994). Además, existe una visible modificación del hábitat del arroyo, ya que siempre contiene grandes cantidades de agua que no se presentan de manera natural. La evaporación de agua de mar causa acumulación de sal modificando la composición del suelo.

Actividad turística

El ecoturismo es una fuente económica y ayuda a la conservación del ambiente al limitar su área de acción y mantener el paisaje, aspecto en el cual se basa esta actividad. El turismo que se realiza en esta sierra está restringido a pocos sitios, lo que minimiza su impacto; sin embargo en esta actividad sólo un par de personas son beneficiadas económicamente.

También se debe recalcar, que las actividades turísticas realizadas en esta sierra, no se enfocan en la observación de la fauna, por lo que su objetivo no es llegar a los sitios con presencia de borrego cimarrón. De este modo, no se identificó si el ecoturismo afecta el comportamiento de los animales silvestres como lo mencionan Papouchis *et al.* (2001) y Pelletier (2006).

Preferencias de variables topográficas

La relación del borrego cimarrón con el terreno de escape fue estrecha como lo refirió anteriormente Alvarez-Cárdenas (2004), sin embargo, la distribución de clases y edades en función de las variables topográficas, no presentó relación directa de las hembras adultas y los terrenos de escape, de manera opuesta al reporte de que las hembras comúnmente están más cerca del terreno de escape para resguardar su vida y la de sus crías (Bleich *et al.*, 1997; Geist, 1999; Mooring *et al.*, 2003; Mooring *et al.*, 2004). En esta investigación los machos clase IV se correlacionaron con la cercanía al terreno de escape, lo cual debería ser inverso por la capacidad de los machos a escapar de los depredadores y su necesidad de obtener mayor calidad en el forraje que consume (Bleich *et al.*, 1997; Geist, 1999; Mooring *et al.*, 2003; Mooring *et al.*, 2004).

A su vez, la información generada por los censos aéreos en toda la Sierra El Mechudo indicó que las variables topográficas preferidas por el borrego cimarrón y los ungulados domésticos son diferentes, lo cual difiere de lo propuesto por Berger (1977) y Andrew *et al.* (1997). Sin embargo, esto no descarta la posibilidad de competencia particularmente cuando los recursos son escasos.

Preferencias de los CAS

La dureza del agua es un indicador de la filtración en roca caliza, el 87 % de los CAS presentaron una dureza mayor a 500 mg/L, lo cual es el valor permitido para el abastecimiento humano (NOM-127-SSA1-1994), además de caracterizarse como aguas muy duras (mayores a 300 mg/L). Por su parte, la concentración de sodio es alta, tanto para el consumo humano (200 mg/L) como la fauna (NOM-127-SSA1-1994; Bleich *et al.*, 2006), incluso esta concentración puede afectar la fisiología de las vacas. El potasio debe estar por debajo de la concentración del sodio, como ocurre en los resultados, sin embargo el valor máximo se aproxima a la concentración que se presenta en el agua de mar (390 mg/L) (Hem, 1986). El pH entre 6 y 8.5 se considera normal en los CAS rurales (Hem, 1986), de tal manera, se puede considerar que el pH promedio de los CAS muestreados es normal, no obstante, es importante aclarar que su alcalinidad es derivada de la roca caliza de origen.

Respecto a la disponibilidad de agua superficial, ésta se encontró principalmente en los cauces de los arroyos. El balance hidrológico, está en función del agua que se pierde por la evapotranspiración, en el caso de los CAS de la Sierra El Mechudo, este valor se obtuvo para identificar el tiempo de permanencia, sin embargo, la mayoría de los CAS tiene abastecimiento a partir de fracturas de las rocas que forman manantiales o lloraderos, los cuales también se modifican después de lluvias intensas (Mesa-Zavala, 2008).

Los borregos cimarrón usaron los CAS ubicados en arroyos de forma frecuente, principalmente fue por parte de las hembras, posiblemente debido a sus necesidades fisiológicas y conductuales (Bleich *et al.*, 1997; Mooring *et al.*, 2003). Esto indica que la fragmentación natural del hábitat del borrego cimarrón por parte de los arroyos estacionales, no impiden su distribución en los parches de hábitat preferidos, los cuales se distribuyen a lo largo de toda la sierra.

La presencia del borrego cimarrón no presentó relación con la disponibilidad de CAS, al igual que en el trabajo de Broyles y Cutler (1999) en donde la abundancia de borregos no difirió entre sitios con y sin CAS. En este caso, los sitios que son principalmente frecuentados por el borrego son los que tienen menor número de CAS, por lo que son poco utilizados por el ganado, primordialmente vacuno.

Preferencia de la cobertura vegetal

La caracterización del hábitat en función de la cobertura vegetal, presentó dificultades en el análisis espacial, dado que la vegetación dominante, matorral sarcocaulé (León de la Luz *et al.*, 2008), tiene una cobertura y abundancia escasa. En este trabajo, la menor cobertura vegetal se presentó en laderas y arroyos, los cuales fueron sitios con registros de borrego cimarrón. Siendo contraparte a lo que indican Risenhoover y Bailey (1985) y Etchberger *et al.* (1989), en referencia a que los arroyos son evadidos por esta especie, debido a que presentan plantas que en promedio tienen una altura superior a la visión del borrego cimarrón (1.5 m). En la Sierra El Mechudo esto se puede explicar debido a que los borregos acuden a estos sitios en busca de agua, siempre y cuando presenten las condiciones de hábitat adecuadas, como buena visibilidad y acceso rápido al terreno de escape. Por su parte, los ungulados domésticos utilizan los agujajes independientemente de la cobertura vegetal.

Índice de naturalidad

En conjunto, con el índice de naturalidad obtenido, se podría considerar que la Sierra El Mechudo tiene una gran afectación en su hábitat. Sin embargo, el método utilizado, de presencia e intensidad de la actividad antropogénica, implica que no se considere la proporción del área que es impactada por cada actividad. Las subcuencas con menor naturalidad son en las que se registró actividad minera, que se encuentra concentrada en la parte más cercana a la costa. Así, se encontró que los asentamientos humanos en la zona presentan valores medios del Índice de Naturalidad, sin embargo, éstos son muy aislados y con baja densidad poblacional al igual que en el resto de BCS (INEGI, 2010). Finalmente, con el mapa de Naturalidad se podría decir que la presencia del borrego cimarrón no se modifica por la presencia humana, como lo refiere Papouchis *et al.* (2001), no obstante hay que aclarar que el mapa se hizo con base en las subcuencas, lo que significa que si el borrego cimarrón prefiere la topografía escarpada va a presentarse en los parteaguas, los cuales son los que limitan las subcuencas; incluso lo importante de este trabajo es que no se demostró que el borrego cimarrón evade los sitios con actividad antropogénica, sino que las actividades antropogénicas se realizan fuera del hábitat potencial del borrego cimarrón.

9. CONCLUSIONES

En esta investigación se identificó el hábitat potencial del borrego cimarrón con base en las variables topográficas y las actividades humanas que se realizan dentro de éste.

La distribución de los asentamientos humanos no se relaciona con los sitios de avistamiento de borrego cimarrón, además de tener baja densidad poblacional y estar espaciados.

La percepción de los pobladores hacia la naturaleza es todavía armónica, posiblemente ocasionado por el aislamiento de los servicios públicos y el bajo nivel socioeconómico.

La preferencia de hábitat de los ungulados domésticos y el borrego cimarrón es diferente a gran escala, las primeras prefieren sitios con menor elevación y pendiente, siendo lo opuesto a las preferencias del borrego cimarrón. Sin embargo, es necesario considerar que la mayoría de los CAS están contaminados por excremento y la presencia de burros limita el uso de CAS por la fauna nativa, por lo que pueden constituir una competencia por los recursos cuando estos son limitados.

La minería, es la actividad de mayor cobertura y modificación del hábitat, en comparación con las otras actividades identificadas; además propicia la cacería ilegal por la generación de caminos cercanos a la serranía.

El turismo, hasta el momento no representa problemas para el borrego cimarrón, por estar limitado a las partes bajas de la sierra.

La actividad cinegética se encuentra dentro de la propuesta de Manejo Sustentable de la Vida Silvestre a nivel nacional, UMA. El funcionamiento de las UMA, hasta el año 2009 exhibió muchas fallas, sin embargo se espera que con la unión de UMA de BCS se inicie un correcto manejo tanto del ambiente como de la distribución de los recursos económicos a los pobladores de la Sierra El Mechudo.

Al inicio de esta investigación se consideraba que las actividades humanas afectaban considerablemente el hábitat del borrego cimarrón, sin embargo las preferencias esta especie son lo opuesto a lo utilizado por los humanos, por lo que hasta el momento son mínimos los impactos directos hacia la zona borreguera, lo cual no quiere decir que bajo otras condiciones ambientales éstos no se vean afectados por dichas actividades.

10. ALTERNATIVAS DE MANEJO

La actividad ganadera, no tiene que ser promovida por las autoridades al igual que la introducción de especies domésticas o exóticas para cultivos. De esta manera, la población de escasos recursos no estaría preocupada por conseguir pastura para sus animales. Además de que esto resolvería el amplio problema de la ganadería extensiva o con presencia en zonas primordiales para la fauna nativa, como son los CAS. Esta actividad podría mantenerse y favorecerse a menos que pueda hacerse en forma controlada, asesorada y a pequeña escala, con los principios y prácticas que proponen Villarruel-Sahagún *et al.* 2012.

Una opción de ingreso económico es la manufactura de productos como dulces de frutas o artesanías, las cuales son actividades de bajo impacto; estas pueden estar apoyadas por instituciones para la venta de sus productos.

La minería, es una actividad que está proyectada para aprovechar todo el mineral que esté presente. Sin embargo, es necesario que se realicen verdaderas campañas de concientización tanto para los representantes como para los trabajadores, para crear el menor impacto posible sobre el hábitat y el comportamiento natural de las especies silvestres, en especial del borrego cimarrón; además se pueden implementar convenios con instituciones de educación para promover proyectos de manejo y conservación ambiental.

En la actividad cinegética, respaldada por las acciones de las UMA, es necesario que se involucre a la población que habita en la zona borreguera, sea o no dueña de la tierra, debido a que ellos poseen el mayor conocimiento de la distribución de la especie e interacción con otras especies. Es necesario vincular a todos los dueños de las tierras con la venta de trofeos para que se involucren en el adecuado manejo de la especie y su hábitat. Los técnicos responsables, deben tener un perfil adecuado para el correcto funcionamiento de la UMA, así como también deben diversificar las actividades involucrando a la mayoría de la población, con la finalidad de que las UMA sean redituables para todos.

De tal manera, optimizando el funcionamiento de las UMA, se puede lograr una mejoría en el nivel socioeconómico de la población, se puede disminuir la actividad ganadera y el ecoturismo puede beneficiar a más habitantes. Así, se mitigaría el impacto en el hábitat del borrego cimarrón, beneficiando a esta especie y al resto de las otras especies silvestres presentes en la zona.

11. LITERATURA CITADA

- Alvarez-Cárdenas, S. 2004. Hábitat por el borrego cimarrón, *Ovis canadensis weemsi* en la Sierra del Mechudo, Baja California Sur, México. Tesis de doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Alvarez-Cárdenas, S., P. Galina-Tessaró, S. Díaz-Castro, I. Guerrero-Cárdenas, A. Castellanos-Vera, y E. Mesa-Zavala. Evaluación de elementos estructurales del hábitat del borrego cimarrón en la Sierra del Mechudo, Baja California Sur, México. *Tropical Conservation Science*, 2(2), 189–203.
- Alvarez-Cárdenas, S., I. Guerrero-Cárdenas, S. Díaz, P. Gallina, y S. Gallina. 2001. The variables of physical habitat selection by desert bighorn sheep (*Ovis canadensis weemsi*) in the Sierra del Mechudo, Baja California Sur, México. *Journal Arid Environment*. 49:357–374.
- Andrew, N.G., L.M. Lesicka, y V.C. Bleich. 1997. An improved fence design to protect water sources for native ungulates. *Wildlife Society Bulletin*. 25(4):823–825.
- Bender, L.C., J.D.E. Beyer, y J.B. Haufler. 1999. The effects of short-duration high-intensity hunting on elk wariness in Michigan. *Wildlife Society Bulletin*. 27:
- Berger, J. 1977. Sympatric and allopatric relationships among Desert Bighorn Sheep and Feral Equids in Grand Canyon. *The Southwestern Naturalist*. 22(4):540–543.
- Bleich, V.C., J.D. Wehausen, y S.A. Holl. 1990. Desert-dwelling mountain sheep: conservation implications of a naturally fragmented distribution. *Conservation Biology*. 4(4):383–390.
- Bleich, V.C., N.G. Andrew, M.J. Martin, G.P. Mulcahy, A.M. Pauli, y S.S. Rosenstock. 2006. Quality of water available to wildlife in desert environments: comparisons among anthropogenic and natural sources. *Wildlife Society Bulletin*. 34(3):627–632.
- Bleich, V.C., R.T. Bowyer, y J.D. Wehausen. 1997. Sexual segregation in mountain sheep: resources or predation? *Wildlife Monographs*. 134:3–50.
- Bramble, W.C. y W.R. Byrnes. 1979. Evaluation of the wildlife habitat values of rights-of-ways. *Journal of Wildlife Management*. 43:642–649.
- Broyles, B. 1995. Desert wildlife water developments: questioning use in the southwest. *Wildlife Society Bulletin*. 23(4):663–675.

- Broyles, B. y T.L. Cutler. 1999. Effect of Surface Water on Desert Bighorn Sheep in the Cabeza Prieta National Wildlife Refuge, Southwestern Arizona. *Wildlife Society Bulletin*. 27:1082–1088.
- Cain III, J.W., P.R. Krausman, J.R. Morgart, B.D. Jansen, y M.P. Pepper. 2008. Responses of desert bighorn sheep to removal of water sources. *Wildlife Monographs*. 171:1–32.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión 2010. Ley federal de derechos. *Diario Oficial de la Federación*, 18 de noviembre. 1–474p.
- Cancino-Hernández, J. 2005. Factores ecológicos y antropogénicos que influyen en el estatus del berrendo peninsular (*Antilocapra americana peninsularis*). La estrategia para su recuperación. Tesis de doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, BCS.
- Carbyn, L.N. 1989. Coyote Attacks on children in western North America. *Wildlife Society Bulletin*. 17(4):444–446.
- Chang, C.C., B.B. Chomel, R.W. Kasten, R. Heller, K.M. Kocan, M. Ueno, K. Yamamoto, V.C. Bleich, B.M. Pierce, B.J. Gonzales, P.K. Swift, W.M. Boyce, S.S. Jang, H.J. Boulouis, y Y. Piémont. 2000. Bartonella spp. isolated from wild and domestic ruminants in North America. *Emerging Infectious Diseases*. 6(3):306–311.
- Collingham, Y.C. y B. Huntley. 2000. Impacts of habitat fragmentation and patch size upon migration rates. *Ecological Applications*. 10(1):131–144.
- Crosbie, P.R., W.L. Goff, D.A. Jessup, y W.M. Boyce. 1997. The distribution of *dermacentor hunteri* and *Anaplasma sp.* in Desert Bighorn Sheep (*Ovis canadensis*). *Journal of Parasitology*. 83(1):31–37.
- Cunningham, S. y J.V.C. DeVos. 1992. Mortality of mountain sheep in the Black Canyon area of northwest Arizona. *Desert Bighorn Counc. Trans.* 36:27–29.
- Cunningham, S.C. 1989. Evaluation of bighorn sheep habitat. En: Lee R.M. (eds.) *The desert bighorn sheep in Arizona*. Arizona Game and Fish Department, Phoenix, USA. 135–160p.
- Cunningham, S.C., C.R. Gustavson, y W.B. Ballard. 1999. Diet selection of Mountain Lions in southeastern Arizona. *Journal of Range Management*. 52(3):202–207.

- Czech, B. 1991. Elk behavior in response to human disturbance at Mount St. Helens National Volcanic Monument. *Applied Animal Behaviour Science*. 29:269–277.
- DeForge, J.R. 1972. Man's invasion into the bighorn's habitat. *Desert Bighorn Counc. Trans.* 16:112–115.
- Diario Oficial de la Federación. 1994. Norma Oficial Mexicana 127-SSA1-1994. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Diario Oficial de la Federación.
- Douglas, C.L. 1999. Comparative ecology of desert bighorn sheep and feral burros. *Mojave Desert Science Symposium*.
- Etchberger, R.C., P.R. Krausman, y R. Mazaika. 1989. Mountain Sheep habitat characteristics in the Pusch Ridge Wilderness, Arizona. *Journal of Wildlife Management*. 53(4):902–907.
- Evenari, M., I. Noy-Meir, y D.W. Goodall. 1985. *Hot desert and arid shrublands*. Elsevier, New York.
- Ewers, R.M. y R.K. Didham. 2006. Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. *Biological Reviews*. 81:117–142.
- Fahrig, L. 1997. Relative effects of habitat loss and fragmentation on population extinction. *Journal of Wildlife Management*. 61(3):603–610.
- Fahrig, L. 2002. Effect of habitat fragmentation on the extinction threshold: A synthesis. *Ecological Applications*. 12(2):346–353.
- Félix-Lizárraga, M. 2006. Unidades de manejo para la conservación de vida silvestre (UMA) de borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) en el estado de Baja California Sur, México: análisis, propuestas y recomendaciones para su manejo. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, BCS.
- Gallina-Tessaro, S.A., A. Hernández-Huerta, C.A. Delfín-Alfonso, y A. González-Gallina. 2009. Unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre en México (UMA). Retos para su correcto funcionamiento. *Investigación ambiental*. 1(2):143–152.

- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía, UNAM, 246p.
- Geist, V. 1968. On the interrelation of external appearance, social behaviour, and social structure of mountain sheep. *Zeitschrift für Tierpsychologie*. 25(199-215):
- Geist, V. 1971. Mountain sheep: a study in behavior and evolution. University of Chicago Press, Chicago ILL. 383p.
- Geist, V. 1999. Adaptive strategies in american mountain sheep. En: Valdez R. y Krausman P.R. (eds.) Mountain Sheep of North America. University of Arizona, Tucson, USA. 192–208p.
- Gilpin, M. E. e I. Hanski. 1991. Metapopulation Dynamics: Empirical and Theoretical investigations. Academic Press, London.
- Goldman, E.A. 1937. A new mountain sheep from Lower California. *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 50:29–32.
- González-Sánchez, N.A. 1998. Interacción entre dos rapaces asociadas a actividades humanas, el caso del aura común (*Cathartes aura*) y del caracará (*Caracara plancus*) en Baja California Sur, México. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Guerrero-Cárdenas, I., I. Tovar-Zamora, y S. Alvarez-Cárdenas. 2003. Factores que afectan la distribución espacial del borrego cimarrón *Ovis canadensis weemsi* en la Sierra del Mechudo, B.C.S., México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica*, 74(1), 83–98.
- Gysel, L.W. y L.J. Lyon. 1980. Análisis y evaluación del hábitat. En: Tarres R.R. (eds.) Manual de técnicas de gestión de vida silvestre. World wildlife found, the wildlife society, Bethesda Maryland. 321–344p.
- Hall, R. 1981. The mammals of North America. 2a. Ed. Wiley and Sons, New York.
- Hansen, C.G. 1980a. Physical Characteristics. En: Monson G. y Summer L. (eds.) The desert bighorn, its life history, ecology and management. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona. 52–63p.

- Hansen, C.G. 1980b. Habitat. En: Monson G. y Summer L. (eds.) The desert bighorn, its life history, ecology and management. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona. 64–79p.
- Hem, J.D. 1986. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water: USGS. 263.
- Hernández-Ramírez, H.B. 2004. Diagnóstico ambiental de la isla Cerralvo, B.C.S., México. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, BCS.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2012. Glosario [en línea]. <http://www.ine.gob.mx/con-eco-biodiversidad/363-con-eco-glosario>.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1988. Carta Hidrológica de Agua Superficiales. 1:250,000. La Paz G12-10-11. 1ª Impresión 1991. 1ª Edición.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2010. Censo nacional poblacional.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), Instituto Nacional de Ecología (INE), Comisión Nacional de Agua (CONAGUA). 2007. Cuencas Hidrográficas de México. Escala 1:250,000
- Jackson, V.L., L.L. Laack, y E.G. Zimmerman. 2005. Landscape metrics associated with habitat use by ocelots in south Texas. *Journal of Wildlife Management*. 69(2):733–738.
- Jansen, B.D., P.R. Krausman, Heffelfinger, y J.C. De Vos. 2006. Bighorn sheep selection of landscape features in an active copper mine. *Wildlife Society Bulletin*. 34(4):1121–1126.
- Jaramillo-Monroy, F. y A. Castellanos-Vera. 1992. Algunos aspectos de la población, manejo y conservación del borrego cimarrón en Baja California Sur, México. *Ecológica*. 2(1):25–30.
- Jaramillo-Monroy, F., J. Vallejo-Castro, C. Sepúlveda-Meza, y R.A. Mendoza-Salgado. 1991. Observaciones sobre la población del borrego cimarrón en el área de Santa Rosalía, Baja California Sur, México. *Ecológica*. 1(2):22–24.

- Keller, B.J. y L.C. Bender. 2007. Bighorn Sheep response to road-related disturbances in Rocky Mountain National Park, Colorado. *Journal of Wildlife Management*. 71(7):2329.
- Kelly, W.E. 1980. Predator relationships. En: Monson G. y Summer L. (eds.) *The desert bighorn, its life history, ecology and management*. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona. 186–196p.
- Krausman, P.R. y B.D. Leopold. 1986a. Habitat components for desert bighorn sheep in the Harquahala mountains, Arizona. *Journal of Wildlife Management*. 50(3):504–508.
- Krausman, P.R. y B.D. Leopold. 1986b. The importance of small populations of desert bighorn sheep. *Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference*. 51:52–61.
- Krausman, P.R. y D.M. Shackleton. 2000. Bighorn sheep. En: Demarais S. y Krausman P.R. (eds.) *Ecology and Management of Large Mammals in North America*. Prentice-Hall, Inc, New Jersey. 517–544p.
- Krausman, P.R., A. V Sandoval, y R.C. Etchberger. 1999. Natural History of Desert Bighorn Sheep. En: Valdez R. y Krausman P.R. (eds.) *Mountain Sheep of North America*. The University of Arizona Press., Tucson, Arizona. 139–191p.
- Krausman, P.R., S.S. Rosenstock, y J.W. Cain III. 2006. Developed water for wildlife: science, perception, values and controversy. *Wildlife Society Bulletin*. 34(3):563–569.
- Krausman, P.R., W.W. Shaw, y J.L. Stair. 1979. Bighorn Sheep in the Pusch Ridge Wilderness Area, Arizona. *Desert Bighorn Counc. Trans.* 23:40–46.
- Kuck, L., G.L. Hompland, y E.H. Merrill. 1985. Elk calf response to simulated mine disturbance in southeast Idaho. *Journal of Wildlife Management*. 49(3):751–757.
- Lange, R. T. 1969. The piosphere: sheep track and dung patterns. *Journal of Range Management* 22:396-400.
- León de la Luz, J.L., J. Rebman, M. Domínguez-León, y R. Domínguez-Cadena. 2008. The vascular flora and floristic relationships of the Sierra de La Giganta in Baja California Sur, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 79:29–65.
- Lord, J.M. y D.A. Norton. 1990. Scale and the spatial concept of fragmentation. *Conservation Biology*. 4:70–79.

- Machado, A. 2004. An index of naturalness. *Journal for Nature Conservation*. 12:95–110.
- Madigan, T.M., J.M. Martinko, y J. Parker. 2004. *Brock. Biología de los Microorganismos*. Pearson Educación, S.A., Madrid, España. 1096p.
- Manner, H.I., R.R. Thaman, y D.C. Hassall. 1984. Phosphate mining induced vegetation changes on Nauru Island. *Ecology*. 65(5):1454–1465.
- Manville, R.H. 1980. The origin and relationships of american wild sheep. En: Monson G. y Summer L. (eds.) *The desert bighorn, its life history, ecology and management*. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona. 1–6p.
- Mara, D.D. y N.J. Horan. 2003. *The handbook of water and wastewater microbiology*. Academic Press, London. 819p.
- Marshal, J.P., V.C. Bleich, y N.G. Andrew. 2008. Evidence for interspecific competition between feral ass *Equus asinus* and mountain sheep *Ovis canadensis* in a desert environment. *Wildlife Biology*. 14:228–236.
- Marshal, J.P., P.R. Krausman, V.C. Bleich, S.S. Rosenstock, y W.B. Ballard. 2006. Gradients of forage biomass and ungulate use near wildlife water developments. *Wildlife Society Bulletin*. 34(3):620–626.
- McCullough, D.R. 1996. *Metapopulations and wildlife conservation*. Island Press, Washington, D.C. 429p.
- McCutchen, H.E. 1981. Desert Bighorn zoogeography and adaptation in relation to historic land use. *Wildlife Society Bulletin*. 9(3):171–179.
- Merrill, E.H., T.P. Hemker, y K.P. Woodruff. 1994. Impacts of mining facilities on fall migration of mule deer. *Wildlife Society Bulletin*. 22:68–73.
- Mesa-Zavala, E. 2008. Caracterización del hábitat y fauna asociada a los cuerpos de agua superficial en el sur de la Sierra de El Mechudo, B.C.S. México. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, BCS.
- Mesa-Zavala, E., S. Álvarez-Cárdenas, P. Galina-Tessaro, E. Troyo-Diéguez e I. Guerrero-Cárdenas. 2012. Vertebrados terrestres registrados mediante foto-trampeo en arroyos estacionales y cañadas con agua superficial en un hábitat semiárido de Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 83:235–245.

- Miller, G.D. y E.L. Smith. 1985. Human activity in desert bighorn habitat: what disturbs sheep? *Desert Bighorn Council Transactions*. 29:4–7.
- Monson, G. y L. Sumner. 1980. *The Desert Bighorn, its life history, ecology and management*. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona. 370p.
- Mooring, M.S., T.A. Fitzpatrick, J.E. Benjamin, I.C. Fraser, T.T. Nishihira, D.D. Reising, y E.M. Rominger. 2003. Sexual segregation in Desert Bighorn Sheep (*Ovis canadensis mexicana*). *Behaviour*. 140(2):183–207.
- Mooring, M.S., T.A. Fitzpatrick, T.T. Nishihira, y D.D. Reising. 2004. Vigilance, predation risk, and the allee effect in Desert Bighorn Sheep. *Journal of Wildlife Management*. 68(3):519–532.
- Nowak, R.M. 1991. *Walker's mammals of the world*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, EUA.
- Odum, E.P. 1972. *Ecología*. Nueva Editorial Interamericana.
- Olmos-Martínez, E. 2009. Análisis socioeconómico y del uso de recursos naturales en comunidades terrestre y costera de baja california sur: recomendaciones para su desarrollo sustentable. Tesis de doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, BCS.
- Ortiz-Alcaraz, A. 2006. Diagnóstico integral de los impactos producidos por la industria del turismo en baja california sur, México. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, BCS.
- Ortiz-Ávila, V. 1999. Efecto del pastoreo sobre el establecimiento de juveniles en la selva baja caducifolia de la reserva de la biosfera: Sierra de la Laguna. Baja California Sur, México. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Escuela de Biología, Puebla, Pue.
- Papouchis, C.M., F.J. Singer, y W.B. Sloan. 2001. Responses of desert bighorn sheep to increased human recreation. *Journal of Wildlife Management*. 65(3):573–582.
- Pelletier, F. 2006. Effects of tourist activities on ungulate behaviour in a mountain protected area. *Journal Mountain Ecology*. 8:15–19.
- Polis, G.A. 1994. *The ecology of desert communities*. The University of Arizona Press, 528p.

- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental (SGPA). 2003. Sierras de Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis weemsi*). Escala 1:800,000.
- Risenhoover, K.L., J.A. Bailey, y A. Press. 1985. Foraging ecology of Mountain Sheep : Implications for habitat management. *The Journal of Wildlife Management*. 49(3):797–804.
- Rodríguez-Medrano, M.C. 1990. Composición específica de la captura artesanal de escama de Isla Cerralvo, B. C. S., México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, BCS.
- Rodríguez-Moreno, A. 2006. Tendencias poblacionales de *Chaetodipus spinatus pullus* en isla Coronados: Riesgos de extinción por efectos estocásticos, determinísticos y actividad humana. Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, BCS.
- Rodríguez-Moreno, A. 1997. Diagnóstico de las islas del Golfo de California adyacentes al estado de Baja California Sur, en relación con la presencia del gato doméstico (*Felis catus*). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad-Xochimilco. México, D.F.
- Rosas-Rosas, O.C., R. Valdez, L.C. Bender, y D. Daniel. 2003. Food habits of pumas in northwestern Sonora, Mexico. *Wildlife Society Bulletin*. 31(2):528–535.
- Rosenstock, S.S., V.C. Bleich, M.J. Rabe, y C. Reggiardo. 2005. Water quality at wildlife water sources in the Sonoran Desert, United States. *Rangeland ecology and management*. 58(6):623–627.
- Rouse, J.W., R.H. Hass, J.A. Schell, D.W. Deerino, y J.C. Harlan. 1974. Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation. NASA/OSFC. Type III. Final Report. 371p.
- Rubin, E.S., W.M. Boyce, M.C. Jorgensen, S.G. Torres, C.L. Hayes, C.S. O'Brien, y D.A. Jessup. 1998. Distribution and abundance of Bighorn Sheep in the Peninsular Ranges, California. *Wildlife Society Bulletin*. 26(3):539–551.

- Sánchez, J.R., R. Valdez, M. Howard, J. Jorgensen, J.R. DeForge, y D. Jessup. 1988. Decline of the Carrizo Canyon peninsular desert bighorn population. *Desert Bighorn Counc. Trans.* 32:31–33.
- Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). 1981. Carta de climas La Paz. Escala 1:1000,000.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2000. Proyecto para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) en México. INE - SEMARNAT, 92p.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial Mexicana-059. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, 30 de diciembre de 2010.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales - Baja California Sur (SEMARNAT-BCS). 2007. UMAS autorizadas para caza deportiva temporada 2006-2007. Delegación Federal en Baja California Sur, Subdelegación de Gestión para la Protección Ambiental y Recursos Naturales, Unidad de Aprovechamiento y Restauración de Recursos Naturales, Departamento de Recursos Naturales y Vida Silvestre.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales - Baja California Sur (SEMARNAT-BCS). 2012. Censo aéreo de borrego cimarrón 2011, Baja California Sur. Delegación Federal en Baja California Sur, Subdelegación de Gestión para la Protección Ambiental y Recursos Naturales, Dirección General de Vida Silvestre.
- Shackleton, D.M. 1985. *Ovis canadensis*. *Mammalian Species*. 230:1–9.
- Simmons, N.M. 1980. Behavior. En: Monson G. y Sumner L. (eds.) *The desert bighorn, Its life history, ecology and management*. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona. 124–144p.
- Smith, R.L. y T.D. Smith. 2001. *Ecología*. Addison Wesley, España. 462p.
- Soares-Moraes, D. y J. Sánchez-Brito. 2002. Entre el mar y la sierra: Diagnóstico socioambiental en el corredor San Cosme Punta Mechudo, B.C.S. Sociedad de

- Historia Natural Niparajá,-The Nature Conservancy-USAID-Homeland Foundation. 78p.
- Swihart, R.K., T.M. Gehring, M.B. Kolozsvary, y T.E. Nupp. 2003. Responses of “resistant” vertebrates to habitat loss and fragmentation: the importance of niche breadth and range boundaries. *Diversity and distributions*. 9:1–18.
- Szacki, J. 1999. Spatially structured population: how much they match the classic metapopulation concept? *Landscape Ecology*. 14:369–379.
- Tapia, A. 1997. Cimarrón, del culto a la cultura del Borrego. Universidad de Baja California, México. 196p.
- Torres, R.E. 1983. Agrometeorología. Diana, México. 150p.
- Trejo-Barajas, D., E. González-Cruz, M.E. Altable, F. Altable, I. Rivas-Hernández, R.E. Rodríguez-Tomp, J. Urciaga-García, y J.A. Martínez de la Torre. 2002. Historia general de Baja California Sur. I. La Economía Regional. Plaza y Valdés Editores, CONACYT, SEP-BCS y UABCS, La Paz, BCS 587p.
- Trombulak, S.C. y C.A. Frissell. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*. 14(1):18–30.
- Turner, J.C. y R. Weaver. 1980. Water. En: Monson G. y Summer L. (eds.) *The desert bighorn, Its life history, ecology and management*. The University of Arizona Press, Tucson, AZ. 100–112p.
- Turner, J.C., C.L. Douglas, C.R. Hallum, P.R. Krausman, y R.R. Ramey. 2004. Determination of critical habitat for the endangered Nelson’s Bighorn Sheep in Southern California. *Wildlife Society Bulletin*. 32(2):427–448.
- Valdez, R. y P.R. Krausman. 1999a. *Mountain Sheep of North America*. University of Arizona, Tucson, USA. 353p.
- Valdez, R. y P.R. Krausman. 1999b. Description, distribution, and abundance of mountain sheep in North America. En: Valdez R. y Krausman P.R. (eds.) *Mountain Sheep of North America*. The University of Arizona Press, Tucson, AZ. 3–22p.
- Villarruel-Sahagún L., I. Aguirre-Ibarra, Y. Maya-Delgado, E. Troyo-Diéguez y G. Solís-Garza (Eds.). 2012. *Manejo holístico, principios y práctica*. Parte 1. Savory Institute, Universidad Estatal de Sonora, LIVES, Centro de Investigaciones Biológicas del

- Noroeste, S.C, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Universidad de Sonora. 16p.
- Weaver, R.A. 1974. Feral burros and wildlife. En: Johnson W. V (eds.) Proc. Sixth Vertebrate Pest Conf. Univ. Calif., Davis. 204–209p.
- Weber, M., G. García-Marmolejo, y R. Reyna-Hurtado. 2006. The tragedy of the commons: Wildlife Management Units in Southeastern Mexico. *Wildlife Society Bulletin*. 34(5):1480–1488.
- Whitford, W. 2002. Ecology of desert systems. Academic Press, 343p.
- Wood, G.W., M.T. Mengak, y M. Murphy. 1987. Ecological Importance of Feral Ungulates at Shackleford Banks, North Carolina. *American Midland Naturalist*. 118(2):236–244.

12. ANEXOS

Anexo 1. Encuesta aplicada a los pobladores de la Sierra El Mechudo, BCS.

“Evaluación de las actividades humanas y su efecto en el hábitat de la sierra El Mechudo, B.C.S., México”.
Erika Mesa Zavala

ENCUESTA

Encuestador: _____

Número de encuesta _____ Fecha _____

Estado: Baja California Sur Municipio: La Paz

Localidad / Ejido _____ Coordenadas Geográficas _____

1. Nombre y edad encuestado _____

2. Tiempo de residencia: _____, Lugar de nacimiento _____

3. Tipo de tenencia de la tierra

Ejidal _____ Pequeña Propiedad _____ Posesión _____

4. El terreno/predio o Rancho en que viven es

Propio _____ Prestado _____ Rentado _____

5. Cuentan con Titulo de Propiedad Si _____ No _____ En trámite _____

6. Fuera de este lugar, es propietario de una casa (sí) (no). ¿Dónde? _____

7. De que materiales está construida la casa _____

8. Cuántos son los cuartos de la casa _____

9. Cuenta con los servicios básicos que son

Agua entubada Si _____ No _____ Drenaje Si _____ No _____ Fosa séptica Si _____ No _____

Pozo Si _____ No _____ Tipo de bombeo (Gasolina o solar) _____

Para que utiliza el agua: Tomar _____ Limpieza _____ Riego _____ Ganado _____ Otro _____

Energía eléctrica Si _____ No _____ Tipo _____

Teléfono Si _____ No _____ Tipo _____

Letrina Si _____ No _____ Baño Si _____ No _____

Cocinan con Leña _____ Gas _____ Otro _____

Que hacen con la basura: _____

10.Cuál es la principal actividad del Jefe de la familia (especifique)

Forestal _____

Agrícola _____

Pecuaría _____

Otra _____

11. ¿Ha oído de la Sierra del Mechudo? Si _____ No _____ Sabe donde está Si _____ No _____

12. ¿Conoce los sitios donde hay agua superficial? Nombre / Ubicación / Permanencia

13. ¿Para qué utilizan esta agua?

Hogar _____ Ganado _____ Otro: _____

14. ¿Ha oído hablar de alguna UMA? Si _____ No _____

15. ¿Sabe si en la Sierra del Mechudo hay UMAS? Si _____ No _____

Ejido: _____, Nombre responsable: _____

16. ¿Conoce cual es la función de la UMA? _____

1

"Evaluación de las actividades humanas y su efecto en el hábitat de la sierra El Mechudo, B.C.S., México".
Erika Mesa Zavala

17. ¿Considera que el responsable de la UMA esta realizando un buen trabajo? _____
18. ¿Cree usted que la UMA tenga beneficio para la región? _____
19. ¿Sabe si hay especies domesticas en la sierra? Burros _____ Vacas _____ Chivos _____
20. ¿Dónde? _____
21. ¿Tienen dueño? Si _____ No _____
22. Sabe si hay otras especies silvestres en la sierra? Borrego cimarrón _____ Otras: _____
23. ¿Dónde? _____
24. ¿Alguna vez ha visto al borrego cimarrón? ¿Qué sintió? _____
25. Considera que algo este afectando al borrego cimarrón? _____
- ¿Ha oído de la compañía Roca Fosfórica Mexicana "ROFOMEX"? Si _____ No _____
26. ¿Conoce los límites de ROFOMEX? _____
27. ¿Tiene algún conocido trabajando ahí? Si _____ No _____
28. ¿Cuál es su opinión de esta empresa? _____
29. ¿El entrevistado es productor agropecuario? ¿Cuántas hectáreas produce? _____
30. En el sector agropecuario, el uso del agua es :

No.	Descripción	Respuesta
1	Usa agua con riego por goteo o microaspersión (sistema presurizado)	
2	Usa agua con riego "rotado", por surcos, melgas (sistema de gravedad)	
3	Usa ambos sistemas	
4	No sabe o no esta enterado (lo hace el encargado, socio, etc.)	

31. Mencione los principales cultivos que Usted siembra en su parcela
- a _____ ()
- b _____ ()
- c _____ ()
32. ¿El entrevistado es ganadero? ¿Cuántas cabezas tiene de:
- Vacas _____ Chivas _____ Borregas _____ Burros _____ Caballos _____ Otro _____
33. ¿Utiliza complemento alimenticio? Sí _____ No _____
34. ¿Cómo fija el precio de su producto?
- En base a sus costos _____ Por oferta y demanda _____ Lo fija el consumidor _____
35. ¿Cuáles son sus principales problemas en la venta de su producto?
- _____
36. Observaciones
- _____
- _____

Anexo 2. Base para la entrevista aplicada a representante de la SEMARNAT.

“Evaluación de las actividades humanas y su efecto en el hábitat de la sierra El Mechudo, B.C.S., México”.
Erika Mesa Zavala

BASE PARA ENTREVISTA A REPRESENTANTES DE SEMARNAT

Fecha: _____ Encuestado por: _____

INFORMACIÓN DEL REPRESENTANTE

Nombre: _____

Edad: _____

Lugar de nacimiento: _____

Tiempo de residencia: _____

Grado de estudios: _____

FUNCIÓN Y ANTECEDENTES DE LA SEMARNAT

Función de la empresa: _____

Puesto en la SEMARNAT: _____

Tiempo dentro SEMARNAT: _____

Antecedentes o referencias para realizar este trabajo (estudios/manejo de otras UMA/vivir cerca de la zona):

MANEJO DE LA UMA

Qué es una UMA y cuál es su función:

Requisitos para hacer una UMA (área borreguera, Trámites) ¿Quién lo hace? ¿Quién lo aprueba?

¿Quiénes son los representantes legales de cada UMA? _____

¿Cuáles son los criterios para tener el puesto de representante técnico de la UMA?

¿Cuántas UMA hay en BCS? ¿Cuántas UMA están activas en BCS? _____

En esta UMA cuál es la especie prioritaria: _____

¿Cuántas UMA hay de borrego cimarrón?

¿Son exclusivas al borrego cimarrón, o que otras especies manejan? (si manejan otras especies, cuál es su procedimiento de tramite y quien lo evalúa? _____

Frecuencia de informes a la SEMARNAT: _____

Considera que la UMA tiene beneficios económicos y/o ambientales: _____

¿Quiénes son los beneficiarios económicamente de las UMA? (dueños o habitantes)

¿Cómo se benefician económicamente? _____

¿Se necesita que realicen estudios socio-económicos dentro de la UMA? _____

CACERÍAS -BENEFICIO AMBIENTAL

Estatus de la especie: _____

Tipo de manejo: _____

"Evaluación de las actividades humanas y su efecto en el hábitat de la sierra El Mechudo, B.C.S., México".
Erika Mesa Zavala

¿Cuáles son los estudios de los factores abióticos y bióticos que deben realizar las UMA? Y su frecuencia:

Utilizan los datos meteorológicos: _____

¿Cada cuándo se deben de realizar los censos aéreos? _____

¿Quién es el responsable de realizar los censos, quién los paga? _____

¿Cuáles son los criterios para la tasa de aprovechamiento?

¿Por qué han autorizado tasas de aprovechamiento superiores a lo que indica el proyecto para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable del borrego cimarrón? _____

Edad de los borregos "trofeo": clase III _____ clase IV _____

Puntaje aceptable: _____

Temporada de aprovechamiento cinegético: _____

Cuándo se otorga el número de ejemplares para el aprovechamiento: _____

Periodo de reproducción: apareamiento _____ nacimientos _____

Cuáles son los trámites o información que se tiene que realizar para obtener el aprovechamiento:

Varía por temporada el número de ejemplares: _____

Cuál es el costo de cada borrego (variación interanual): _____

Por qué varía el costo entre UMA: _____

Cómo se relacionan con los posibles cazadores deportivos, costos y tiempos (comercializadoras, club cinegético):

Durante el aprovechamiento de ejemplares de borrego cimarrón:

El técnico esta presente: _____

Hay vigilancia de autoridades: _____

Número de empleos: Directos: _____ Indirectos: _____

Número de habitantes que se relacionan con la cacería de borrego cimarrón: _____

Número de habitantes que se relacionan como Vigilantes u otra actividad cotidiana:

¿Qué hacen con el borrego cimarrón después de cobrado (cornamenta, estomago, piel, parásitos, carne)?

¿Quién mide la cornamenta? _____

¿Quién hace los cálculos de peso, tamaño y edad? _____

PROBLEMAS EN LAS UMA

¿Cuáles son los principales problemas a solucionar con el manejo de la UMA?

“Evaluación de las actividades humanas y su efecto en el hábitat de la sierra El Mechudo, B.C.S., México”.
Erika Mesa Zavala

Opinión, impacto y acción sobre el **Ganado (vacas y chivos)**:

Opinión, impacto y acción sobre el **Burro**:

Opinión, impacto y acción sobre el **Aguajes**:

Opinión, impacto y acción sobre el **Cacería ilegal**:

Opinión, impacto y acción sobre el **Turismo a pequeña y gran escala**:

Opinión, impacto y acción sobre el **ROFOMEX**:

Opinión, impacto y acción sobre el **Granja camaronera**:

¿Los representantes legales, apoyan o limitan el manejo adecuado de las UMA?

¿Los habitantes de la zona, apoyan o limitan el manejo adecuado de las UMA?

¿Existe comunicación entre los técnicos/guías/comisariados de UMA aledañas? ¿Con cuáles?

¿Cuáles son los puntos que se deberían considerar entre las UMA?

Los resultados obtenidos con el plan de manejo, las recomendaciones y mejoras implementadas, son difundidos de alguna manera entre manejadores o investigadores:

Cuál es la relación con otras autoridades como: **N = ninguna, F = facilidades, C = conflictos**

- PROFEPA _____
- CONAFOR _____
- SEDESOL _____
- SAGARPA _____
- Secretaria de la defensa nacional _____
- Secretaria de relaciones exteriores _____
- Secretaria de turismo _____
- Secretaria de hacienda _____
- Centros de investigaciones biológicas _____
- ONG _____
- Gobierno de B.C.S. _____
- Otra autoridad relacionada con la actividad cinegética _____

“Evaluación de las actividades humanas y su efecto en el hábitat de la sierra El Mechudo, B.C.S., México”.
Erika Mesa Zavala

¿Cómo podrían mejorar los servicios que ofrecen las autoridades antes mencionadas al correcto manejo de las UMA?

¿Cuáles son los pagos que se tienen que realizar las UMA ante las autoridades?

Dependencia	Motivo	Cantidad

¿Considera que los tramites que realizan las UMA son suficientes, pocos o demasiados?

¿Los revisores de estos documentos tendrían que ser más o menos estrictos? ¿Cómo?

¿Quiénes son los responsables de que ocurran cacerías no autorizadas?

¿Cómo verifican que se esté llevando a cabo un adecuado manejo?

¿Cuáles son las acciones que debe realizar la SEMARNAT cuando se registran inconsistencias en el manejo de las UMA?:

Cacería no autorizada: _____

No entregar documentación adecuada: _____

No entregar documentación en tiempo: _____

No proporcionar beneficios económicos a los dueños: _____

No proporcionar beneficios al ambiente: _____

En su opinión, cree que la cacería de borrego cimarrón sea el futuro ambiental y económicamente:

Observaciones:

Anexo 3. Base para la entrevista aplicada a representantes de ROFOMEX.

"Evaluación de las actividades humanas y su efecto en el hábitat de la sierra El Mechudo, B.C.S., México".

Encuesta-Entrevista ROFOMEX

Fecha: _____

Nombre del entrevistado: _____

Puesto dentro de la empresa: _____

Representantes actuales:

Periodo de actividad de la compañía:

Apertura (mes/año): _____

Cierre (mes/año): _____

Reapertura (mes/año): _____

Función de la empresa: _____

Mecanismos de extracción:

Obtención, utilización y desecho del agua:

Número de minas: _____

Área propiedad de la empresa ROFOMEX: _____

Porcentaje que es utilizado para la minería: _____

Porcentaje que es utilizado para los caminos: _____

Todo el área esta bordeada: Sí _____ No _____

Perímetro y ubicación de las minas: _____

Cantidad de Fosforita por día/semana/mes/año: _____

Derrama económica anual: _____

Derrama económica anual (antes del cierre): _____

Horario de trabajo en campo: _____

Número de empleos directos: _____ indirectos: _____

Procedencia de los empleados (% ó # por estado):

Número de empleados recontratados en sus antiguos empleos: _____

Número de "dompes" que transitan diariamente dentro de ROFOMEX: _____

Horario: _____

Establecimientos humanos

Tipo de vivienda: _____ Número de viviendas: _____

¿Cuántos empleados las habitan? _____

Familiares (total de habitantes): _____

Servicios con los que cuentan:

“Evaluación de las actividades humanas y su efecto en el hábitat de la sierra El Mechudo, B.C.S., México”.

Tienen alguna campaña ambiental: _____

Cómo benefician a los pobladores de la zona (agua, compra de mercancía):

Cuánto pagan de renta: _____

Cual es la relación con las autoridades como: **N = ninguna, F = facilidades, C = conflictos**

- SEMARNAT _____
- PROFEPA _____
- CONAFOR _____
- SEDESOL _____
- SAGARPA _____
- Secretaria de la defensa nacional _____
- Secretaria de hacienda _____
- Centros de investigaciones biológicas _____
- ONG _____
- Gobierno de B.C.S. _____
- Ejidatarios _____
- Pobladores de la zona _____
- Otra autoridad relacionada con la actividad minera _____

¿Cómo podrían mejorar los servicios que ofrecen las autoridades antes mencionadas?

¿Considera que los “papeleos” que se realizan son suficientes, pocos o demasiados?

Opinión, impacto y acción sobre el **Ganado (vacas y chivos)**:

Opinión, impacto y acción sobre el **Burro**:

Opinión, impacto y acción sobre el **Aguajes**:

Opinión, impacto y acción sobre el **Cacería legal e ilegal**:

Opinión, impacto y acción sobre el **Turismo a pequeña y gran escala**:

Observaciones:

Anexo 4. Base para la entrevista aplicada a representantes de actividades ecoturísticas.

“Evaluación de las actividades humanas y su efecto en el hábitat de la sierra El Mechudo, B.C.S., México”.
Erika Mesa Zavala

BASE PARA ENTREVISTA A EMPRESAS ECOTURÍSTICAS

Fecha: _____ Encuestado por: _____

INFORMACIÓN SOCIO-ECONÓMICA DEL REPRESENTANTE

Nombre: _____

Edad: _____

Tiempo de residencia: _____

Lugar de nacimiento: _____

Grado de estudios: _____

FUNCIÓN Y ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

Nombre: _____

Función de la empresa:

Número de visitantes en cada grupo: _____

Duración de la vista: _____

Temporadas en las que realizan las visitas: _____

Actividades que realizan: _____

Tipo de transporte dentro de la sierra: _____

Nivel socio-económico de los visitantes:

Observaciones:

Anexo 5. Tabla de diagnóstico del hábitat para determinar el índice de naturalidad propuesto por Machado (2004).

Valor	Nombre	Descripción	Variables
10	Sistema natural virgen	Sólo procesos y elementos naturales. Presencia inapreciable o anecdótica de elementos antrópicos. Sin o con contaminación físico-química del exterior, totalmente irrelevante.	Sin presencia de actividad humana
9	Sistema natural	Presencia de pocos elementos biológicos exóticos (sin efectos cualitativos); infraestructura artificial mínima o removible. Contaminación físico-química ausente o no significativa. Eventual presencia extendida de especies exóticas silvestres no dominantes (bajo impacto); elementos artificiales localizados, no extensivos.	Una sola vía de comunicación en el borde del área.
8	Sistema subnatural	Contaminación ocasional procesada por el sistema (no supera su resiliencia). Fragmentación irrelevante. Eventual extracción menor de recursos renovables. Dinámica natural apenas alterada.	Sin viviendas, vía primaria o secundaria con brechas, ecoturismo.
7	Sistema cuasi-natural	Actividades antrópicas extensivas de bajo impacto físico; eventuales asentamientos dispersos, inconexos; especies exóticas asentadas, no dominantes: estructuras naturales modificadas pero no desvirtuadas (recolocación de elementos físicos o bióticos). Eventual extracción de elementos moderada. Poca alteración de la dinámica hídrica.	Sin viviendas, vía secundaria con o sin brechas, escasa presencia de especies domésticas.
6	Sistema semi-natural	Infraestructura antrópica escasa o concentrada; eventual dominancia de especies exóticas. Elementos naturales sensiblemente mermados. Aporte ocasional de energía y extracción de elementos renovables o materiales no determinantes. Dinámica aún gobernada por procesos naturales. Incluye sistemas culturales abandonados en recuperación natural.	Viviendas con servicios limitados, acceso disponible, sin registro de especies domésticas, ecoturismo.
5	Sistema cultural autosostenido	Procesos condicionados por actividades extensivas del hombre; producción biológica no muy forzada. Especies naturales alteradas, ocasionalmente manejadas. Ninguna o poca presencia de construcciones o elementos artificiales. Ninguna o poca gestión del agua (pasiva).	Viviendas con servicios limitados, acceso disponible, especies domésticas frecuentes, ecoturismo.

Valor	Nombre	Descripción	VARIABLES
4	Sistema cultural asistido	Infraestructuras y/o acondicionamiento del medio físico importantes; producción biológica forzada; aporte intenso de materia (generalmente contaminación asociada). Elementos naturales entremezclados, en mosaico o en corredores. Gestión activa del agua.	Caminos para el transporte del mineral a la procesadora y para supervisar y dar provisiones eléctricas a las rutas subterráneas, viviendas con servicios limitados, vía principal con brechas, granja camaronera. Bocaminas y caminos para supervisar y dar provisiones eléctricas a las rutas subterráneas, viviendas con servicios limitados, vía principal con brechas.
3	Sistema muy intervenido	Aún con áreas con producción biológica (naturales o cultivos), o mezcladas con infraestructuras y construcciones. Biodiversidad natural muy reducida; sus elementos bastante aislados (alta fragmentación). Dinámica hídrica manipulada. Geomorfología usualmente alterada; eventual eliminación de suelo edáfico.	Presas de Jale y drenaje de la minera, viviendas con servicios públicos, vía principal con brechas, especies domésticas. Infraestructura para procesar mineral, constante presencia humana, viviendas con servicios públicos, vía principal con brechas.
2	Sistema semi-transformado	Producción biológica no dominante, desarticulada. Predominio de elementos construidos con eventual desarrollo en vertical. Intenso aporte externo de energía y materia (alimentos, agua). Intenso control antrópico del agua.	
1	Sistema transformado	Gobiernan los procesos antrópicos. Clara dominancia de elementos artificiales; desarrollo intensivo; presencia testimonial de elementos naturales; los exóticos confinados, decorativos o no visibles. Dependencia total de aportes externos de materia y energía. Control absoluto del agua.	