

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO



DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES.

Caracterización del hábitat del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) en  
la Rumorosa, Sierra de Juárez, Tecate, Baja California.

Por:

Rigoberto Taxis Taxis.

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo Zootecnista.

Saltillo, Coahuila, México.  
Junio, 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**CARACTERIZACIÓN DEL HÁBITAT DEL BORREGO CIMARRÓN (*Ovis canadensis*) EN LA RUMOROSA, SIERRA DE JUAREZ, TECATE, BAJA CALIFORNIA.**

Por:

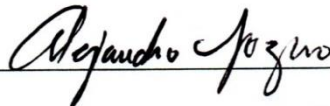
RIGOBERTO TEXIS TEXIS

TESIS

**Que someto a consideración del H. Jurado examinador como requisito parcial para obtener el título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobada por:



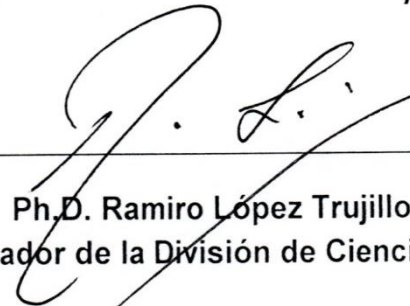
Ph.D. Eloy Alejandro Lozano Cavazos  
Director



Dr. Mario García Aranda  
Co-Director



Dr. Guillermo Romero Figueroa  
Asesor Externo



Ph.D. Ramiro López Trujillo  
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México.

Junio, 2014

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por cuidarme y bendecirme cada día de mi vida.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** que es mi “Alma Terra Mater” por brindarme la oportunidad de cursar mis estudios a nivel licenciatura para poderme superar en la vida.

Al **Institute For Conservation Research del San Diego Zoo**, por haberme permitido realizar esta tesis, por todas las facilidades y apoyo brindado ya que sin ellos no hubiera podido llevar a cabo esta investigación.

Al **PhD. Eloy Alejandro Lozano Cavazos** por creer en mí y depositar toda su confianza para poder realizar este trabajo, su asesoría, por sus enseñanzas, pero sobre todo por su calidez como ser humano.

Al **Dr. Guillermo Romero Figueroa** por su asesoría, y por aceptarme como parte de su equipo de investigación, también por tomarse la molestia de estar siempre al pendiente de este trabajo, por los conocimientos que transmitió y en particular por brindarme su amistad, ya que hacía que disfrutáramos de este trabajo.

Al **Dr. Mario Alberto García Aranda** por su tiempo y asesorías, ya que fue pieza clave para la culminación de esta tesis, pero sobre todo por su amistad.

Al **M.Sc. Humberto C. González Morales** por su participación en la evaluación de este trabajo.

Al **Dr. Víctor Ortiz Ávila “Vico”** por su asesoría, sus consejos para poder ser una mejor persona, sus enseñanzas y la amistad.

Al **Dr. Raúl Valdez de New Mexico State University** por compartir información sobre el tema de investigación.

A los profesores del Departamento de Recursos Naturales Renovables, por compartir sus conocimientos y amistad especialmente al **Dr. Juan José López González (+)**, al **Ing. Gilberto Gloria Hernández**, al **Dr. José Dueñez Alanís**, al **Ing. Alberto Moyeda** al y al **C. Jesús Cabrera**.

A **mis compañeros de generación CXV**, por hacer más amena mis estadía en la UAAAN.

## DEDICATORIA

Dedicado especialmente aquellas personas que son mi motivación, a quienes les debo cada minuto de mi existencia, de cada respirar “de mí ser”:

A mis padres

### **Leopoldo Taxis Jiménez:**

Aunque ya te has ido físicamente, te llevo presente en mi corazón, tú eres mi motivación, por tu cariño y tus enseñanzas “gracias papá”.

### **Dominga Taxis Cuapio:**

Lo que pudiera escribir no bastaría para agradecerte todo lo que haces por mí, siempre incondicional, siempre tu “gracias mamá” te amo.

A mis hermanas (o) **Porfiarúa, Gloria, Eladia, Julieta, Rosa, Juan, Eleazar, Rufino, Demetrio y Familia** por su confianza, apoyo económico, consejos, cariño y amor demostrado a todos mis más sinceras gracias.

A mis **padrinos Carmen y Jorge** por su apoyo en la culminación de esta etapa de mi vida.

A **Brenda** porque siempre estuvo conmigo de principio a fin, por su cariño, consejos y ese amor incondicional.

A mis amigos, que tuve la oportunidad de conocer durante mi travesía universitaria; a **Jonathan Vidal, Daniel Calvo, Juan Díaz, Omar, José Luis, Alejandro C.** y a mis paisanos y amigos; **Cosetl, Andrés Jr, Guillermo García, Basabe, Gerardo, Gabriel S, Ray Cabrera, Ángel Sagaon.**

Y a todas esas personas que directa o indirectamente contribuyeron en esta aventura, a todas ellas gracias.

## MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADÉMICA

El suscrito, **Rigoberto Taxis Taxis**, estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo Zootecnista, con matrícula 293854 y autor de la presente Tesis, manifiesto que:

- 1.- Reconozco que el plagio académico constituye un delito que está penado en nuestro país.
- 2.- Las ideas, opiniones, datos e información publicadas por otros autores y utilizadas en la presente Tesis, han sido debidamente citadas reconociendo la autoría de la fuente original.
- 3.- Toda la información consultada ha sido analizada e interpretada por el suscrito y redactado según su criterio y apreciación, de tal manera que no se ha incurrido en el "copiado y pegado" de dicha información.
- 4.- Reconozco la responsabilidad sobre los derechos de autor de los materiales bibliográficos consultados por cualquier vía y manifiesto no haber hecho mal uso de ninguno de ellos.
- 5.- Entiendo que la función y alcance de mi Comité de Asesoría, está circunscrito a la orientación y guía respecto a la metodología de la investigación realizada por la siguiente Tesis, así como del análisis e interpretación de los resultados obtenidos, y por lo tanto eximo de toda responsabilidad relacionada al plagio académico a mi Comité de Asesoría y acepto que cualquier responsabilidad relacionada al respecto es únicamente por parte mía.

ATTE.



---

Rigoberto Taxis Taxis

Tesista de Licenciatura/UAAAN

## RESUMEN

A partir de la ubicación y colecta de grupos de heces fecales de borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) y colocación de cámaras trampa, entre los meses de Septiembre a Diciembre del año 2012 en la Rumorosa, Sierra de Juárez, Tecate, Baja California. Basados en un Sistema de Información Geográfica (SIG) se creó una área con el hábitat potencial para el borrego cimarrón en base a una serie de variables topográficas y de vegetación. Como resultado se generó un área optima de terreno de escape de 29.77 km<sup>2</sup> (2,977.5 ha), y un hábitat disponible de 36.63 km<sup>2</sup> (3,663.42 ha), en conjunto representan un hábitat potencial de 66.4 km<sup>2</sup>, esto equivale al 0.093% del territorio estatal.

## SUMMARY

From the geographic location and collection of a bighorn sheep (*Ovis canadensis*) fecal groups and a series of camera traps sites monitored between September through December of 2012 in La Rumorosa, Sierra de Juarez, Tecate, Baja California, a Geographic Information System (GIS) was generated in order to identify the potential habitat area for bighorn sheep based from topographic and vegetation variables. As a result, the terrain scape and suitable habitat was 29.77 km<sup>2</sup> (2,977.5 ha) and 36.63 km<sup>2</sup> (3,663.42 ha), respectively. The sum of the previous values represents the potential habitat for the species (66.4 km<sup>2</sup>), representing the 0.093 % of the Baja California state.

**Palabras clave:** borrego cimarrón (*Ovis canadensis*), Rumorosa, SIG, hábitat potencial, hábitat disponible y terreno de escape.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	III
DEDICATORIA.....	IV
MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADÉMICA.....	V
RESUMEN .....	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
1.1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	2
1.3. OBJETIVO GENERAL .....	3
1.3.1. Objetivos Específicos.....	3
1.4. HIPÓTESIS .....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Clasificación Taxonómica y Distribución.....	4
2.2. Descripción. ....	6
2.3. Reproducción.....	7
2.4. Hábitat.....	9
2.5. Componentes del Hábitat.....	10
2.5.1. Alimentación. ....	10
2.5.2. Agua. ....	11
2.5.3. Topografía y Elevaciones. ....	11
2.5.4. Ámbito Hogareño.....	12
2.6. Enfermedades.....	12
2.7. Depredadores. ....	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	14
3.1. Área de Estudio. ....	14
3.2. Cámaras de Rastreo.....	15
3.3. Colecta de Grupos Heces Fecales. ....	15
3.4. Integración de la Base de Datos Unificada. ....	16
3.5. Modelo Digital de Elevaciones. ....	16

3.6. Integración de la Base de Datos de Registros al Sistema de Información Geográfica. ....	17
3.7. Análisis Estadístico de la Base de Datos. ....	17
3.8. Modelación de Hábitat Potencial del borrego cimarrón. ....	17
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. ....	19
4.1. Análisis de Distribución de las Variables Geográficas. ....	20
4.1.1. Clima. ....	20
4.1.2. Suelo. ....	21
4.1.3. Vegetación. ....	23
4.2. Modelación de Hábitat. ....	24
4.2.1. Filtrado de la Vegetación Optima. ....	24
4.2.2. Elevación. ....	26
4.2.3. Filtrado de Elevación Óptima de la Rumorosa. ....	27
4.2.4. Pendiente. ....	29
4.2.6. Exposición. ....	31
4.2.7. Filtrado de Exposición Optima de la Rumorosa. ....	31
4.3. Modelo de Distribución de Hábitat Potencial del borrego cimarrón en la Rumorosa, Sierra de Juárez, Tecate, Baja California. ....	33
5. CONCLUSIÓN. ....	36
6. LITERATURA CITADA. ....	38
7. ANEXO. ....	40



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Distribución histórica del borrego cimarrón ( <i>Ovis canadensis</i> ) por subespecie en Norteamérica, la subespecie <i>Ovis canadensis auduboni</i> esta extinta (Modificado de G. Monson y L. Summer en Smith y Krausman, 1988). .....	6
Figura 2.2. Ejemplar macho de borrego cimarrón ( <i>Ovis canadensis</i> ). Tomada de SEMARNAP, 2000.....	7
Figura 2.3. Sexo, edad y clases en el borrego cimarrón ( <i>Ovis canadensis</i> ) según Geist (1968). Tomada de SEMARNAP, 2000. ....	9
Figura 3.1. Ubicación geográfica del área de estudio para el borrego cimarrón. ....	14
Figura 4.1. Mapa de distribución de registros que conformo la base datos de grupos de heces y cámaras de rastreo ubicados en la Rumorosa. (Los puntos en amarillo representan los registros de la base).....	19
Figura 4.2. Grafica de porcentajes de los registros de borrego cimarrón presentes de acuerdo a los tipos de clima en la Rumorosa.....	20
Figura 4.3. Mapa de distribución de los registros de borrego cimarrón por tipo de clima en la Rumorosa(Los puntos en amarillo representan los registros de la base de datos).....	21
Figura 4.4. Grafica de porcentajes de los registros de borrego cimarrón presentes de acuerdo a los tipos de suelo en la Rumorosa.....	22
Figura 4.5. Mapa de distribución de los registros de borrego cimarrón por tipo de suelo en la Rumorosa (Los puntos en amarillo representan los registros de la base de datos).....	22
Figura 4.6. Grafica de porcentajes de registros de borrego cimarrón por tipo de vegetación en la Rumorosa. ....	23
Figura 4.7. Mapa de distribución de los registros de borrego cimarrón por tipo de vegetación en la Rumorosa (Los puntos en amarillo representan los registros de la base de datos). ....	24
Figura 4.8. Mapa de la Rumorosa que muestra los límites de la cobertura vegetal óptima para el borrego cimarrón. ....	25
Figura 4.9. Histograma de frecuencias de los valores de elevación de un grupo de 103 registros de borrego cimarrón en la Rumorosa.....	27
Figura 4.10. Mapa de la Rumorosa que muestra los límites del intervalo elevación óptima para el borrego cimarrón estas zonas se observan en color beige. ....	28
Figura 4.11. Histograma de frecuencias de los valores de pendiente de un grupo de 95 registros de borrego cimarrón en la Rumorosa.....	29
Figura 4.12. Mapa de la Rumorosa que muestra los límites del intervalo de pendiente óptima para el borrego cimarrón estas áreas se muestran en color rojo. ....	30

Figura 4.13. Histograma de frecuencias de los valores exposición de un grupo de 117 registros de borrego cimarrón en la Rumorosa.....	31
Figura 4.14. Mapa de la Rumorosa que muestra los límites del intervalo de exposición óptima para el borrego cimarrón (Las zonas color magenta representan las exposiciones Este-Sureste).....	32
Figura 4.15. Mapa de terreno de escape y hábitat disponible para el borrego cimarrón en la Rumorosa, y zonas resultantes de la intersección de las variables seleccionadas y filtradas en el SIG. ....	34

## 1.1. INTRODUCCIÓN

El borrego cimarrón o borrego del desierto (*Ovis canadensis*) es uno de los mamíferos que habita el Norte de México, se estableció en América del Norte después de cruzar vía estrecho de Bering por Eurasia durante el Pleistoceno tardío que comenzó hace un millón de años y el cual terminó hace diez mil años (Geist, 1970). La distribución del borrego cimarrón se ha extendido ampliamente en una variedad de tipos de hábitat del desierto de Norteamérica, en ambientes secos con pendientes pronunciadas y escarpadas, esto cambia con cada estación debido a los requerimientos de alimentación, el descanso, la seguridad, la cubierta térmica, celo y parto (Smith y Krausman, 1988). Originalmente fue descrito por Shaw en 1804, y se divide en siete subespecies reconocidas en base a análisis morfológicos y genéticos. Estas incluyen a las subespecies *Ovis canadensis auduboni*, *O. c. cremnobates*, *O. c. nelsoni*, *O. c. weemsi*, *O. c. mexicana*, *O. c. californiana*, *O. c. canadensis*. Alrededor del año 1900 se consideró la extinción de la subespecie *auduboni*.

Las subespecies localizadas en México son, *O. c. weemsi* se encuentra distribuida en Baja California Sur, *O. c. cremnobates* en Baja California y *O. c. mexicana* en Sonora, aunque esta última subespecie, tuvo una amplia distribución a lo largo de los estados norteros de Chihuahua, Coahuila, y Nuevo León (Valdez, 1997), sin embargo, la subespecie esta extinta en los estados de Chihuahua y Nuevo León (Valdez y Krausman, 1999), en el estado de Coahuila en el año 2000 se inició un programa de reintroducción con el objeto de incrementar las poblaciones en cautiverio para la posterior liberación de poblaciones a la vida silvestre.

En el estado de Baja California se encuentra la subespecie *Ovis canadensis cremnobates* (Elliot, 1903) o cimarrón café, la especie aparece en la lista de mamíferos de la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010), la cual considera a las tres subespecies localizadas en el territorio nacional, ubicada en la categoría sujeta a protección especial (Pr). Esta especie se constituye como una de las más apreciadas por su valor ecológico y gran potencial cinegético. Las poblaciones de borrego cimarrón han disminuido drásticamente durante las últimas décadas tanto en número como en distribución, esto ha sido provocado por actividades antropogénicas. La introducción de ganado domestico ha generado una competencia por el hábitat además de fungir como vector biológico de enfermedades entre las especies domésticas y el borrego cimarrón, aunado a esto la cacería furtiva y la fragmentación del hábitat mediante la construcción de carreteras y caminos, minería y uso recreacional.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Actualmente la distribución y las poblaciones de borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) en el territorio mexicano se ven seriamente afectadas, esto debido a factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que es de vital importancia realizar estudios relacionados con la ecología de la especie para poder generar información que sirva de referencia para la toma de decisiones sobre el manejo y aprovechamiento de la especie que ayude a la conservación y recuperación del borrego cimarrón.

En México, son pocos los estudios realizados sobre el manejo de la especie y su distribución, por ello es importante toda la información generada a partir de trabajos relacionados con el borrego cimarrón, en particular con las características del hábitat que ocupa en diferentes regiones, y que son clave para la conservación, manejo y aprovechamiento de la especie.

### **1.3. OBJETIVO GENERAL**

Hacer una caracterización del hábitat del borrego cimarrón basados en límites máximos y mínimos de una serie de variables ambientales de registros indirectos de presencia de la especie y posteriormente generar un modelo de hábitat potencial de distribución.

#### **1.3.1. Objetivos Específicos**

1. Establecer una base de datos de presencia del borrego cimarrón basado en una serie de registros indirectos.
2. Basado en un Sistema de Información Geográfica (SIG) de la zona, enriquecer esta base con datos de variables ambientales como; vegetación, elevación, pendiente y exposiciones del terreno.
3. Con un análisis estadístico de distribución normal establecer los límites máximos y mínimos de tales variables ambientales.
4. Hacer una modelación del hábitat potencial del borrego cimarrón considerando dichos límites generando así un modelo de terreno de escape y una zona buffer del hábitat.

### **1.4. HIPÓTESIS**

**Ho:** Las variables ambientales asociadas a los registros indirectos de presencia de borrego cimarrón no mostraran variabilidad en sus valores, por ende, no será posible generar un mapa de distribución potencial de la especie.

**Ha:** Las variables ambientales asociadas a los registros indirectos de presencia de borrego cimarrón mostraran variabilidad en sus valores, por ende, será posible generar un mapa de distribución potencial de la especie.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Clasificación Taxonómica y Distribución.

El borrego cimarrón o borrego del desierto perteneciente a la familia Bovidae, (antílopes, bisontes, gacelas, ovejas, vacunos entre otros) la cual comprende 45 géneros y 124 especies (Valdez y Krausman. 1999).

Clasificación del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*).

Clase: Mammalia

Orden: Artiodactyla

Suborden: Ruminantia

Familia: Bovidae

Subfamilia: Caprinae

Tribu: Caprini

Género: *Ovis*

Especie: *canadensis*

El borrego cimarrón (del desierto), se estableció en América del Norte después de cruzar vía estrecho de Bering por Eurasia durante el Pleistoceno tardío que comenzó hace un millón de años y el cual terminó hace diez mil años. A partir de donde se dispersaron hacia el sur hasta llegar a Baja California hace aproximadamente 12,000 años (Lee, 1989 en SEMARNAT, 2000). Históricamente, el borrego cimarrón tiene una distribución desde Nevada hasta Coahuila, México, occidente de Texas, sur de Nuevo México y Arizona, occidente de Colorado, el oeste de Utah y California (Monson,

1980; en Valdez y Krausman. 1999). Aunque esta región abarca varias zonas de vida ecológicamente distintas, se ha adaptado a un entorno accidentado, árido, desértico y con escasa vegetación. Tiene la capacidad de mantener sus necesidades de agua a través de las vías metabólicas (Smith y Krausman, 1988) o la obtiene de vegetación suculenta. La primera descripción sobre la especie de borrego cimarrón la realizó Shaw en 1804. Actualmente existen seis subespecies de siete que habían originalmente; *Ovis canadensis canadensis* (Shaw, 1804), *O. c. californiana* (Douglas, 1829), *O. c. cremnobates* (Elliott, 1904), *O. c. nelsoni* (Merriam, 1897 en Valdez, 2009), *O. c. mexicana* (Merriam, 1901), *O. c. cremnobates* (Elliott, 1904) y *O. c. weemsi* (Goldman, 1937). La subespecie *O. c. auduboni* (Merriam, 1901) está extinta, de las subespecies mencionadas se incluyen cuatro subespecies que habitan ambientes áridos y serranías secas; *cremnobates*, *mexicana*, *nelsoni*, y *weemsi*. Sin embargo, las poblaciones sureñas de la subespecie *canadensis* y *californiana* se pueden considerar como cimarrón del desierto debido a que su hábitat es árido y seco similar al de las subespecies del desierto (Manville, 1980 en Smith y Krausman, 1988).

En México se encuentran tres subespecies de borrego cimarrón, *O. c. mexicana* en Sonora, *O. c. weemsi* se encuentra distribuida en Baja California Sur y *O. c. cremnobates* en Baja California estados, la subespecie *O. c. mexicana* ha visto disminuido su rango de distribución de los estados norteños de Chihuahua, Coahuila, y Nuevo León (Cossío, 1975; Sandoval, 1985 en Valdez 2009).



Figura 2.1. Distribución histórica del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) por subespecie en Norteamérica, la subespecie *Ovis canadensis auduboni* esta extinta (Modificado de G. Monson y L. Summer en Smith y Krausman, 1988).

## 2.2. Descripción.

Una de las característica distintivas del borrego cimarrón, son los enormes cuernos. Estos en los machos adultos son enormes enroscados hacia adelante de la cara, junto con el cráneo representa alrededor del 10% del total del peso corporal (Blood *et al*, 1970; Geist, 1971 en Smith y Krausman, 1988). Las hembras también presentan cuernos, pero son ligeramente curvados. El borrego cimarrón es de talla chica en comparación de otros borregos de montaña, pero es el que tiene cuernos de mayor tamaño. Los machos adultos miden de 76-100 cm a la alzada de cruz, de largo alrededor de 150 cm, y pesan aproximadamente entre 70-91 kg. Las hembras son de talla más pequeña que los machos y su peso oscila entre 51 kg (Smith y Krausman, 1988).



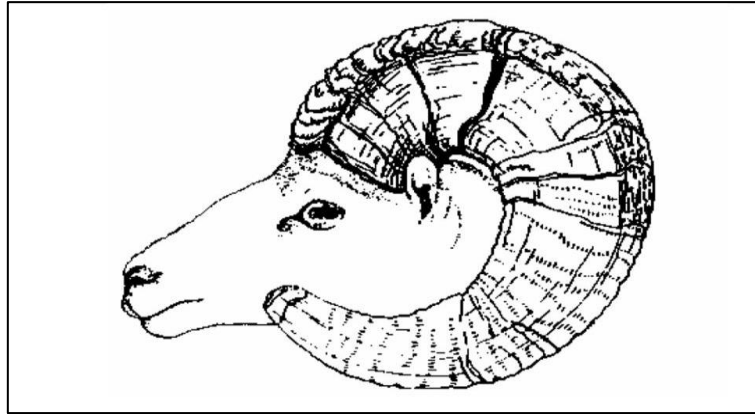


Figura 2.2. Ejemplar macho de borrego cimarrón (*Ovis canadensis*). Tomada de SEMARNAP, 2000.

Los colores varían entre marrón rojizo y café oscuro, tiene comúnmente el hocico blanco, las patas y el vientre. No presenta franjas en el cuello (Shackleton, 1985 *en* Smith y Krausman, 1988). La subespecie *cremnobates*, dentro de sus características principales se menciona que su pelo es color café salvado, cornamenta café claro, lustrosa y con corrugado bien definido, a esta subespecie pertenecen algunos de los primeros lugares en cornamentas en el mundo en materia de borregos del desierto (Valdez, 2011).

### **2.3. Reproducción.**

Las hembras y machos alcanzan la madurez sexual alrededor del año y medio de vida, de acuerdo con Whisart (1978 *en* Smith y Krausman, 1988) las hembras no se reproducen sino hasta que cumplen los 2.5 años de edad. El periodo de gestación dura entre 170-180 días. La época de apareamiento ocurre generalmente entre los meses de Julio a Diciembre, cuando los machos bajan de las montañas o zonas altas para poder aparearse moviéndose de un grupo de hembras a otro. Las pariciones son de Enero a Junio cuando nacen los corderos, normalmente nace un solo individuo. Los pesos de los corderos al nacer es de 2.8 a 5.5 kg, y son destetados de los 4 a 6 meses después del parto (Geist, 1971 *en* Smith y Krausman, 1988).

El borrego cimarrón tiene un amplio espectro de patrones de comportamiento social, de acuerdo con Shackleton (1985 *en* Valdez y

Krausman, 1999) es uno de los ungulados de Norteamérica más socialmente activo. El tamaño de los grupos varía, aunque el macho al cumplir un año se separa de las hembras y juveniles. Los machos se asocian con grupos maternos durante el celo. Los machos y los grupos maternos ocupan áreas de distribución independientes, el tamaño del grupo varía dependiendo de la temporada y las poblaciones.

El borrego cimarrón tiene actividad durante todo el día, aunque es de actividad diurna (SEMARNAP, 2000). El patrón de sus actividades cotidianas consiste mayormente en la alimentación, rumia y combates en época de apareamiento. Se alimenta durante el amanecer y el atardecer esto varía dependiendo de la calidad del hábitat, requerimientos energéticos, condición física y organización social. Los patrones de comportamiento social en el borrego cimarrón son importantes al desarrollar la madurez, las hembras de 2-3 años y los machos de 6-7 años (Geist, 1971 *en* Smith y Krausman, 1988). El aprendizaje es importante para las relaciones de dominio entre machos porque reconocen el estatus social de otros individuos al observar el tamaño de la cornamenta, esto evita que compitan entre sí para demostrar quién es el macho dominante (alfa) por medio de choques frontales, con tanta fuerza e intensidad de golpeo de las cornamentas que resultan espectaculares (SEMARNAP, 2000).

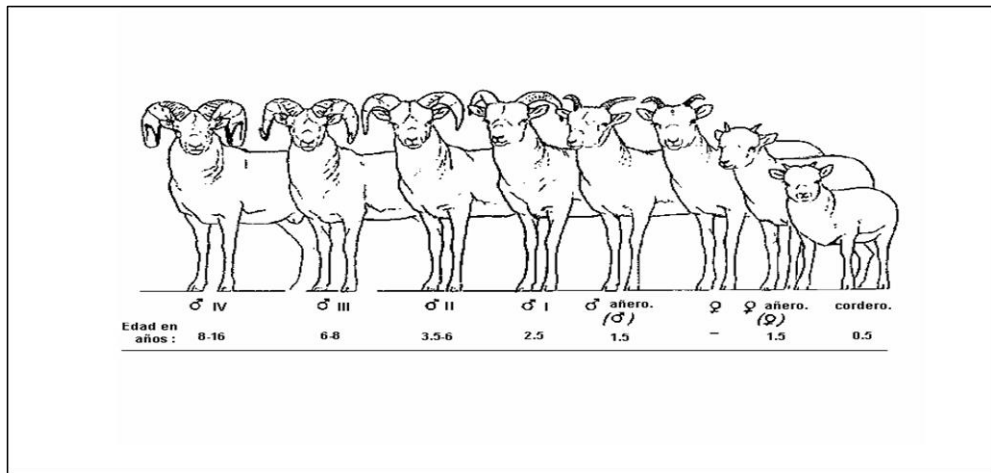


Figura 2.3. Sexo, edad y clases en el borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) según Geist (1968). Tomada de SEMARNAP, 2000.

#### 2.4. Hábitat.

El hábitat del borrego cimarrón normalmente es escabroso, rocoso y accidentado con cañones. Los componentes de su hábitat incluyen forraje, terreno de escape, áreas de descanso, áreas de parto y celo, cobertura térmica y agua (Krausman y Leopold, 1986).

Las asociaciones vegetativas que utiliza el borrego cimarrón abarca desde vegetación de tierras altas como bosque de Pino piñonero (*Pinus edulis*) - Juníperos (*Juníperos spp.*) (Browning y Monson, 1980 en Smith y Krausman, 1988), y matorrales desérticos con asociaciones de gobernadora (*Larrea tridentata*)-ambrosia (*Ambrosia spp.*).

Debido a la necesidad de un hábitat abierto la distribución del borrego es limitada a las áreas mencionadas anteriormente con cobertura vegetativa  $\leq 25-30\%$  (Tilton y Willard, 1982; Holl y Bleich, 1983 en Dunn, 1996) con áreas abiertas para poder ser utilizado regularmente por el cimarrón. Considera generalmente Pendientes  $\geq 60\%$  con inclinaciones para la clasificación de terreno de escape. Pendientes  $< 60\%$  sirven como área de forrajeo y corredores entre terreno de escape (Berger, 1991; Bleich, 1993 en Dunn 1996). El terreno de escape es realmente importante para los grupos de hembras con corderos porque tienen una mayor vulnerabilidad por los depredadores. La distancia que existe entre uno y otro corredor hacia terreno de escape es de vital importancia para los grupos maternos es decir

aquellos de hembras con corderos ya que este les proporciona protección de depredadores para realizar sus actividades diarias.

## **2.5. Componentes del Hábitat.**

Los componentes del hábitat son esenciales para la presencia y supervivencia del borrego cimarrón, siendo los más importantes: sitios de alimentación, agua, terreno de escape y espacios abiertos (Krausman y Leopold, 1986). La ubicación apropiada de cada componente es importante. Las áreas que proveen una visibilidad sin restricciones y de alta calidad, con forrajes muy apetecibles pero que carecen de terreno de escape no son utilizadas por el borrego cimarrón. El borrego está diseñado anatómicamente para habitar terrenos escarpados. La fuerte musculatura de los hombros delanteros es adecuada para escalar, y sus pezuñas están adaptadas para aferrarse a las superficies con pendientes muy pronunciadas que proporcionan un mínimo de equilibrio.

### **2.5.1. Alimentación.**

La alimentación del cimarrón se relaciona con el hábitat que ocupa, ésta se ha determinado mediante la observación directa, análisis estomacal y análisis de material fecal. El borrego cimarrón es de actividad diurna, se alimenta principalmente de pastos, hierbas y arbustos (SEMARNAP, 2000).

Sánchez (1978 *en* SEMARNAP, 2000) realizó un análisis del contenido estomacal de 29 ejemplares de la península de Baja California en diferentes sitios y estaciones del año. Para Baja California, el consumo promedio es de 43% de pastos, 33% de ramoneo que incluye cactáceas y 24% de hierbas, mientras que para Baja California Sur los resultados fueron similares, estos fueron, 53% de pastos, 23% de ramoneo, 17% de hierbas y 7% no identificados.

La dieta del borrego cimarrón expresa los cambios estacionales de la vegetación, mostrando un aumento en el consumo de pastos y hierbas durante la primavera y de arbustos en el otoño e invierno (SEMARNAP, 2000). El cimarrón puede habitar en áreas en donde no haya aporte de agua (Smith y Krausman, 1988), pero la mayoría tiene acceso a agua superficial.

### 2.5.2. Agua.

Toda fauna que vive en zonas áridas necesita de agua, siendo este el recurso más escaso en el desierto, sin embargo, el borrego cimarrón puede sobrevivir con el agua que se encuentra en las plantas que consume y el agua metabólica formada como resultado del metabolismo de oxidación (Valdez y Krausman, 1999). Lo anterior cambia al aumentar la duración del día, las temperaturas ambientales altas, reducción del contenido de humedad del forraje, y las actividades de apareamiento durante el verano requieren la ingesta adicional de agua, lo cual resulta en una dependencia de las fuentes superficiales de agua (Turner, 1979; Turner y Weaver, 1980 *en* Valdez y Krausman, 1999). Durante el verano, el borrego cimarrón puede estar sin ingerir agua de 5 a 15 días, lo que resulta en una pérdida de más de 30% del peso corporal hidratado.

El borrego cimarrón requiere un mínimo de 4 a 5% de su peso corporal en agua por día durante el verano y el 1-2% de su peso corporal en agua durante el invierno, aunque la cantidad de agua consumida por los individuos varía (Valdez y Krausman, 1999).

### 2.5.3. Topografía y Elevaciones.

El cimarrón basa una visión aguda para poder detectar depredadores y movilidad hacia terrenos escarpados para escapar de ellos. Por lo tanto, el terreno escarpado es el componente que define el hábitat del cimarrón.

El borrego cimarrón tiene preferencia por afloramientos rocosos, acantilados escarpados y topografía accidentada (L. O. Wilson, 1968; Welch, 1969; *en* Valdez y Krausman, 1999). Conforme la cubierta rocosa incrementa de 0 a 100% la probabilidad de avistamientos de borrego cimarrón aumenta proporcionalmente, aproximadamente 61% de los avistamientos ocurre donde la cubierta de roca varía entre 71 y 100%. (Sandoval, 1979 *en* Valdez y Krausman, 1999).

#### 2.5.4. Ámbito Hogareño.

Los desplazamientos que realiza el borrego cimarrón no se pueden atribuir a algún factor en particular, ya que estos son la respuesta de los individuos a una variedad de estímulos (Leslie, 1977 *en* Valdez y Krausman, 1999). Aunque no es territorial tiende a repetir rutas que utilizan los animales adultos, los machos tiene un ámbito hogareño mayor al de las hembras. Estudios de radio telemetría realizados en Sonora (López y Lee, 1997 *en* SEMARNAP, 2000) para la subespecie *O.c.mexicana*, obtuvieron un promedio para los machos de la zona de El Pinacate, Sonora, 88.52 km<sup>2</sup>, y para las hembras registraron un área promedio de 18.67 km<sup>2</sup>. En contraste con lo anterior, en la zona de la Sierra Pico Johnson, Sonora, los machos tuvieron un promedio de 7.34 km<sup>2</sup> y las hembras de 3.28 km<sup>2</sup>. En otro estudio realizado con la misma subespecie en Arizona (Bristow *et al.* 1996 *en* SEMARNAP, 2000), se encontró un patrón similar al anterior, donde el ámbito hogareño promedio de los machos fue mayor que el de las hembras, siendo de 57.6 km<sup>2</sup> y 10.34 km<sup>2</sup>, respectivamente.

#### 2.6. Enfermedades.

El borrego cimarrón es susceptible a diferentes enfermedades y parásitos, siendo las más frecuentes; neumonía bacteriana (*Pasteurella spp.*, *Staphylococcus spp.*, *Corynebacterium spp.*), sinusitis crónica, para-influenza 3, lengua azul, hemorragia epizoótica y ectima contagioso. Hailey *et al.* (1972), Buch (1979), DeForge *et al.* (1981) y Allen and Bush (1982 *en* Smith y Krausman, 1988), mencionan que las principales enfermedades parasitarias son causadas por lombrices (*Protostrongylus stilesi* y *Muellerius capillaris*), ácaros, causantes de sarna (*Psoroptes cervinus* y *P. ovis*) y mosca de la nariz o cornetes nasales (*Oestrus ovis*). También numerosas taenias (solitaria), nematodos, garrapatas, pulgas y moscas que infestan al borrego cimarrón, sin embargo, estas no dañan demasiado la salud del animal como las antes mencionadas.

La mayoría de estas enfermedades están asociadas con la presencia de ganado doméstico ya que actúa como vector de enfermedades. En el caso de poblaciones de fauna silvestre cualquier enfermedad es difícil de

tratar. La prevención y el manejo adecuado son la mejor manera de prevenir las enfermedades.

Una vez que alguna enfermedad grave está establecida, es difícil impedir pérdidas en pequeña proporción. Por otro lado, generalmente las enfermedades suelen presentarse de manera aislada, y en raras ocasiones como epidemia que afecten al conjunto de las poblaciones; sin embargo, pueden llegar a ser un factor importante que conduzca a la desaparición de grupos pequeños.

## **2.7. Depredadores.**

La depredación del borrego cimarrón es común, sin embargo, no es una amenaza latente grave para cualquier población de borrego cimarrón. La mayoría de depredación es esporádica y oportunista. Goldman (1961 en Smith y Krausman, 1988) señala que entre los depredadores del borrego cimarrón se incluyen; coyote (*Canis latrans*), zorro gris (*Urocyon cinereoargenteus*), gato montés (*Lynx rufus*) y puma o león de montaña (*Puma concolor*). Weaver (1961 en Smith y Krausman, 1988) declaró que el coyote es el depredador más común en las ovejas, pero que es relativamente poco importante en la dinámica de la población de borrego cimarrón. El puma es el depredador más peligroso, ya que hace presa fácil a crías y juveniles, esto hace referencia a la relación con la preferencia del borrego cimarrón por los sitios escarpados, inaccesibles y de amplia visibilidad que le permitan escapar fácilmente. También se han reportado ataques, de lobo (*Canis Lupus*), ocelote (*Leopardus pardalis*) y jaguar (*Panthera onca*), siendo menos comunes los ataques del águila real (*Aquila chrysaetos*) y águila calva (*Haliaeetus leucocephalus*), que hacen presa casi exclusivamente de las crías (SEMARNAP, 2000).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Área de Estudio.

La colecta de registros que integraron la base de datos se centró en las serranías del poblado de la Rumorosa la cual forma parte de la Sierra de Juárez, Municipio de Tecate, Baja California, se ubica entre las coordenadas 32°32'06" latitud Norte y 116°03'00" longitud Oeste; la elevación es de 1232 msnm (Figura 3.1.).

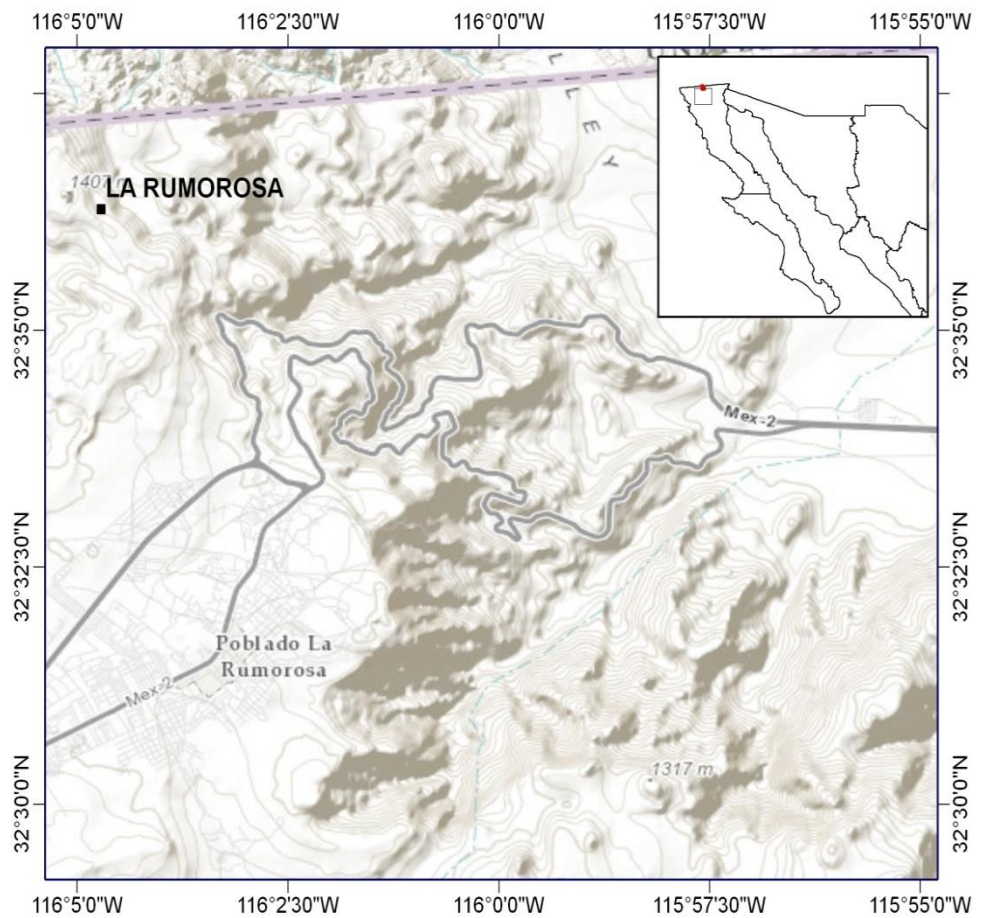


Figura 3.1. Ubicación geográfica del área de estudio para el borrego cimarrón.



Las fuentes de registro de presencia de borrego cimarrón fueron las siguientes:

### **3.2. Cámaras de Rastreo.**

Se utilizaron ocho cámaras de rastreo Bushnell® 8MP Trophy Cam estándar. Antes de ubicar las cámaras se realizó un recorrido de prospección, para identificar cuales áreas eran adecuadas para colocar las cámaras, las ubicaciones se basaron en relación a los hallazgos de grupos de pellets, ubicación de echaderos, zonas de ramoneo, rastros de pelo, huellas o senderos utilizados por el borrego cimarrón en la sierra.

Una vez ubicadas las cámaras en sus sitios, éstas fueron visitadas una vez al mes durante un periodo de cuatro meses, se registraron las coordenadas UTM y de la ubicación de la cámara, # de cámara. Para cada registro fotográfico se tomó nota de fecha y hora de la fotografía y posteriormente se realizó una depuración del material, para que posteriormente pudiera ser utilizado como base de datos. El personal del Institute For Conservation Research del San Diego Zoo integró toda la información en una base de datos.

### **3.3. Colecta de Grupos Heces Fecales.**

Este método se realizó en áreas representativas del borrego cimarrón mediante transectos en senderos, la fecha de inicio del presente estudio se realizó entre los meses de Septiembre a Diciembre del año 2012. La colecta consistió en ubicar grupos de heces fecales (pellets), considerando a un grupo de pellets constituido de 5 a 60 unidades y se diferenciaron entre grupos por la forma, tamaño, color, textura y humedad de acuerdo a Sutherland (2006). Al encontrar un grupo de pellets se registró el número de grupo de pellets, clave, fecha, ubicación geográfica, lugar de colecta y nombre del colector (Anexo fotográfico).

La colecta de los grupos de heces se realizó teniendo cuidado de no contaminar los pellets ya que también se utilizaron para hacer estudios genéticos, no reportados en este trabajo. Para coleccionar los pellets se utilizaron bolsas plásticas, guantes, cubre bocas, etiquetando debidamente

cada grupo de pellets para evitar contaminación cruzada. Toda la información proveniente de estos recorridos fue integrada en una base de datos por el personal del Institute For Conservation Research del San Diego Zoo.

#### **3.4. Integración de la Base de Datos Unificada.**

El personal de San Diego facilitó las diferentes bases de datos de fuente indirecta como lo son; cámaras de rastreo y grupos fecales, debido a que la organización de ambas bases de datos era distinta en el Programa Excel®. Se realizó una integración de ambas para hacer una base de datos única, la cual conservó la coordenada geográfica del registro. Dado que las coordenadas geográficas estaban en grados decimales se hizo una transformación de dichas coordenadas al sistema UTM Zona 11 del DATUM WGS84.

#### **3.5. Modelo Digital de Elevaciones.**

De la página de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), se descargó un modelo digital de elevación del estado de Baja California denominado Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0) el cual tiene una resolución espacial de 15X15 metros y que fue proyectado al sistema de coordenadas al sistema UTM Zona 11 del DATUM WGS84. A partir de este modelo y utilizando la extensión 3D de Arcview™ 3.0 se derivaron los modelos de pendiente en porcentaje, en modelo de elevaciones y el modelo de exposiciones.

También se obtuvo de la página de INEGI la cubierta geográfica vectorial Uso del Suelo y vegetación serie III escala 1:250,000 para obtener el tipo de vegetación presente en los registros.

Se obtuvieron también las cubiertas vectoriales de edafología escala 1:250000 para saber el tipo de suelo en los registros y la cubierta geográfica climas escala 1:1,000,000 para conocer la preferencia de climas de los registros de borrego cimarrón.

### **3.6. Integración de la Base de Datos de Registros al Sistema de Información Geográfica.**

Con la base de datos unificada se creó una cubierta shapefile en Arcview™ 3.0 y esta fue enriquecida con las variables ambientales recopiladas en el sistema de información geográfica. Para esto se utilizó la extensión Point Analyst 1.0 de Arcview™ con la cual cada registro de borrego cimarrón capturo el valor de cada una de las variables ambientales del SIG, es decir cada registro tenía un valor de elevación, pendiente, exposición, vegetación, suelo y clima.

### **3.7. Análisis Estadístico de la Base de Datos.**

Una vez que la base de datos se incrementó con los datos de las siete variables utilizadas en el SIG cada variable fue evaluada estadísticamente con el programa Statistica® 7.0 con la que se obtuvo para cada variable numérica la media, se realizó un análisis de distribución de frecuencias y se generó una campana de Gauss desde la cual se establecerán los valores máximo y mínimo de cada variable a considerarse como intervalo de tolerancia de la especie excluyendo aquellos valores extremos o “outliers”.

Una vez establecidos los límites máximos y mínimos de las variables numéricas estos fueron usados como criterios de selección y filtrado en el SIG, generando de esta manera cubiertas óptimas para la especie.

En relación a las variables de tipo categórico como son el tipo de clima, suelo y vegetación estas fueron evaluadas visualmente en el SIG a través de la distribución espacial de los registros en relación a los mapas de estas variables.

### **3.8. Modelación de Hábitat Potencial del borrego cimarrón.**

En el SIG en Arcview, se realizó una superposición e intersección de las cubiertas ambientales óptimas filtradas a través del criterio del límite máximo y mínimo de cada una de las variables numéricas esto con la extensión Union de Xtools para Arcview™ 3.0 en la cual se conservaron aquellas áreas en las que coincidieron las cubiertas óptimas de las cuatro variables que

fueron vegetación, elevación, pendiente y exposición optimas a estas áreas se les denomino como terreno de escape.

A las áreas de terreno de escape se les genero una zona buffer de 150 metros de acuerdo a la metodología utilizada por Espinosa *et al.* (2007) utilizando la utilería buffer de la extensión Xtools de Arcview™ 3.0 estas áreas son consideradas como un hábitat periférico al terreno de escape.

Finalmente se hizo una sumarización de la superficie en Km<sup>2</sup> de las áreas de terreno de escape y el área buffer de la Rumorosa y sus alrededores con el objetivo de tener un dato que pueda servir para un cálculo de capacidad de carga para un posterior manejo y conservación de la zona.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 4.1 muestra la ubicación geográfica de la base de datos del estudio realizado para borrego en las áreas adyacentes al poblado de la Rumorosa, como resultado de los muestreos por senderos para la colecta de grupos de heces (pellets).

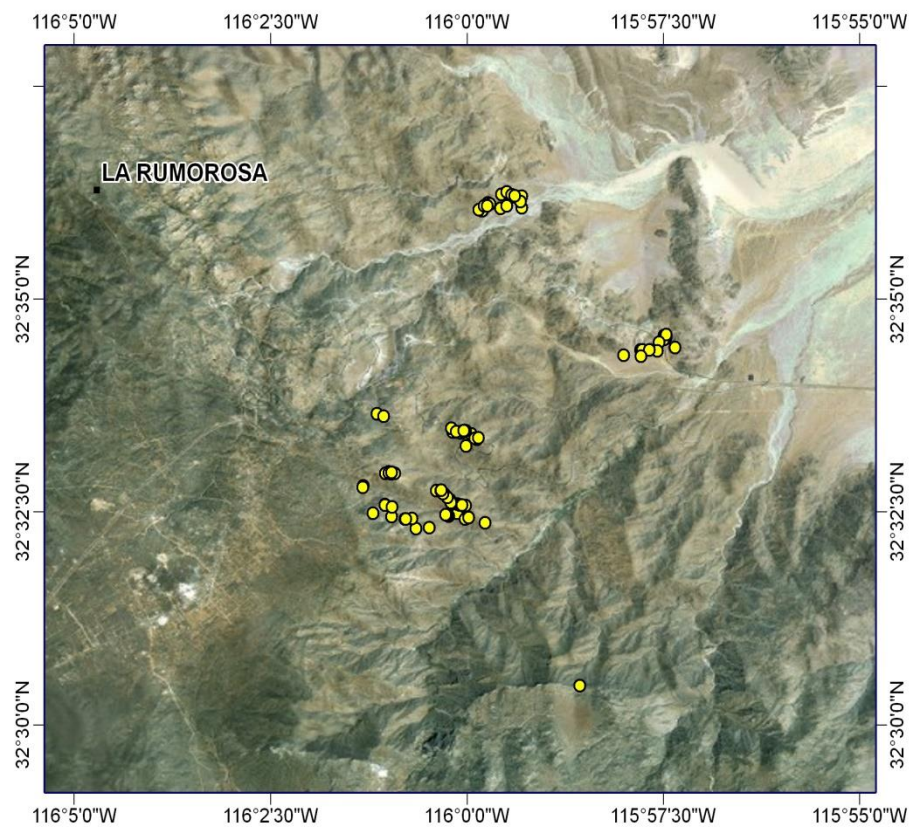


Figura 4.1. Mapa de distribución de registros que conformo la base datos de grupos de heces y cámaras de rastreo ubicados en la Rumorosa. (Los puntos en amarillo representan los registros de la base).

## 4.1. Análisis de Distribución de las Variables Geográficas.

### 4.1.1. Clima.

Tomando la distribución de los registros de grupos de pellets encontrados en la Rumorosa, los climas comúnmente más utilizados por la especie son de tipo; Muy árido, templado, con una temperatura media anual entre 12°-18°C, una temperatura del mes más frío entre -3°-18°C, la temperatura del mes más caliente menor a 22°C y lluvias de invierno mayores al 18% anual (BWks); el clima BWh(x') muy árido, semicalido, con una temperatura entre 18°- 22°C, y una temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual es el segundo en frecuencia de presencia de la especie. Al final del análisis se reconoce el clima tipo BWks como el más preferente con el 80% de los registros seguido de BWh(x') con 20 % de los registros (Figura 4.2).



Figura 4.2. Grafica de porcentajes de los registros de borrego cimarrón presentes de acuerdo a los tipos de clima en la Rumorosa.

En relación a la distribución geográfica de los registros de borrego cimarrón en la Rumorosa, estos se ubicaron en el clima muy árido y una quinta parte en clima semicalido, ambos climas compartiendo condiciones similares, esto indica que el borrego cimarrón tiene preferencia por climas de tipo seco (Figura 4.3).

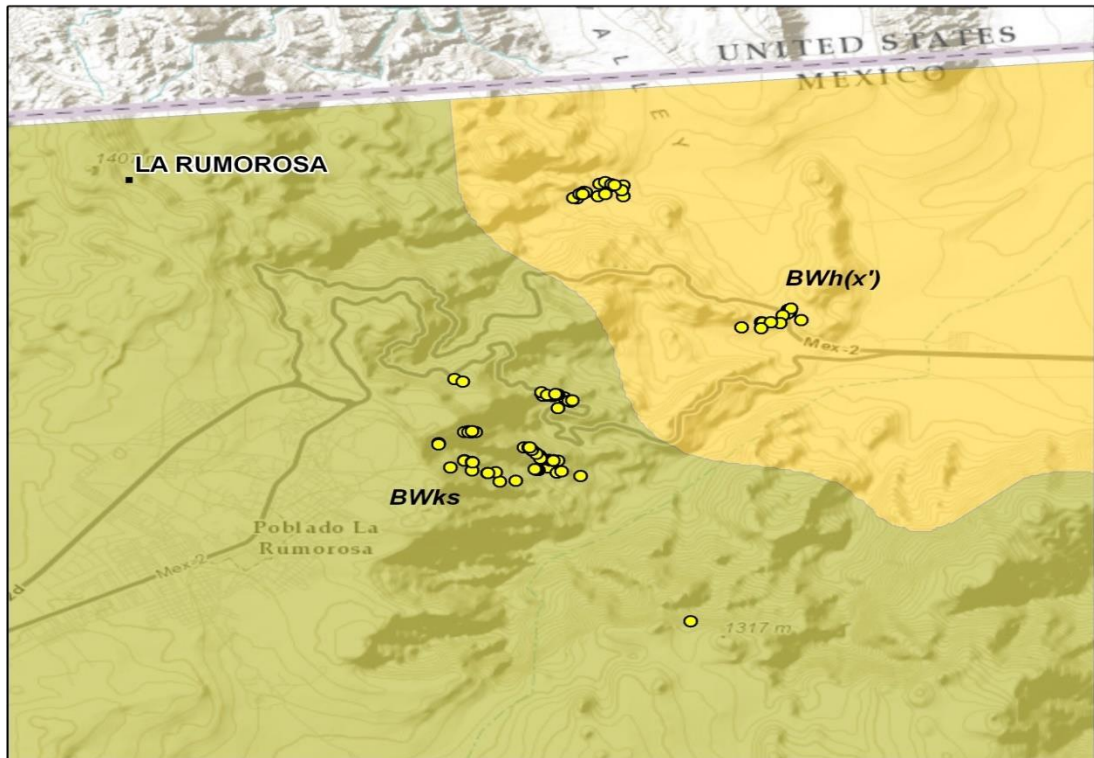


Figura 4.3. Mapa de distribución de los registros de borrego cimarrón por tipo de clima en la Rumorosa (Los puntos en amarillo representan los registros de la base de datos).

#### 4.1.2. Suelo.

Los tipos de suelo en el área de estudio y la preferencia del borrego cimarrón para la Rumorosa, fue la siguiente; en primer lugar Litosol con 121 registros representando un 93%, seguido de Fluvisol Eutricto con ocho registros que representan el 6% y por último el suelo de tipo Regosol Eutricto con un registro esto representa el 1% (Figura 4.4).





Figura 4.4. Grafica de porcentajes de los registros de borrego cimarrón presentes de acuerdo a los tipos de suelo en la Rumorosa.

La presencia de suelos de tipo Fluvisol Eutricto y Regosol eutricto se debe en gran medida a la ubicación de los pocos registros presentes ya que estos se encontraban entre los límites del Litosol-Fluvisol eutricto y Litosol-Regosol Eutricto, esto se debe a que los Litosoles se encuentran en zonas altas y los otros dos tipos de suelo en la vertientes o zonas de arrastre. La distribución de los registros de borrego cimarrón de acuerdo a los tipo de suelo se presenta en el mapa de la figura 4.5.

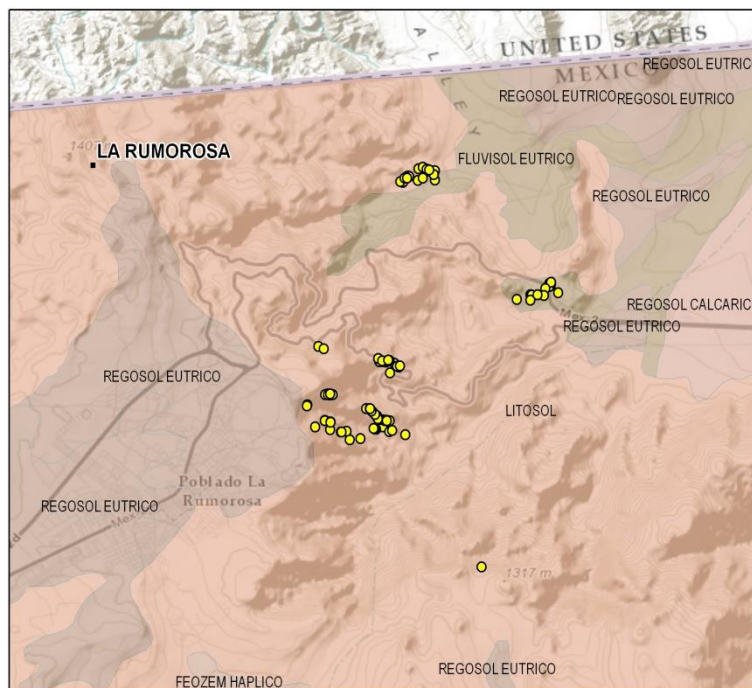


Figura 4.5. Mapa de distribución de los registros de borrego cimarrón por tipo de suelo en la Rumorosa (Los puntos en amarillo representan los registros de la base de datos).



### 4.1.3. Vegetación.

Los principales tipos de vegetación presentes de acuerdo a la distribución de los registros fue en su mayoría el Matorral desértico microfilo con 125 registros los que representan el 96% y 5 registros ubicados en el Bosque de Pino los cuales representan únicamente el 4% (Figura 4.6).



Figura 4.6. Grafica de porcentajes de registros de borrego cimarrón por tipo de vegetación en la Rumorosa.

Casi el total de los registros se ubicó en Matorral Desértico Microfilo, lo anterior se debe a que esta comunidad vegetal presenta estratos bajos, una condición que permite al borrego cimarrón tener una amplia cobertura visual para posibles amenazas y poder acceder a rutas de escape (terreno de escape). Para el caso de los registros que se ubicaron en Bosque de Pino, se pudo deber a que se estos se presentaron en áreas de ecotono es decir entre las condiciones de Matorral y Bosque y posibles fuentes de agua (Figura 4.7).

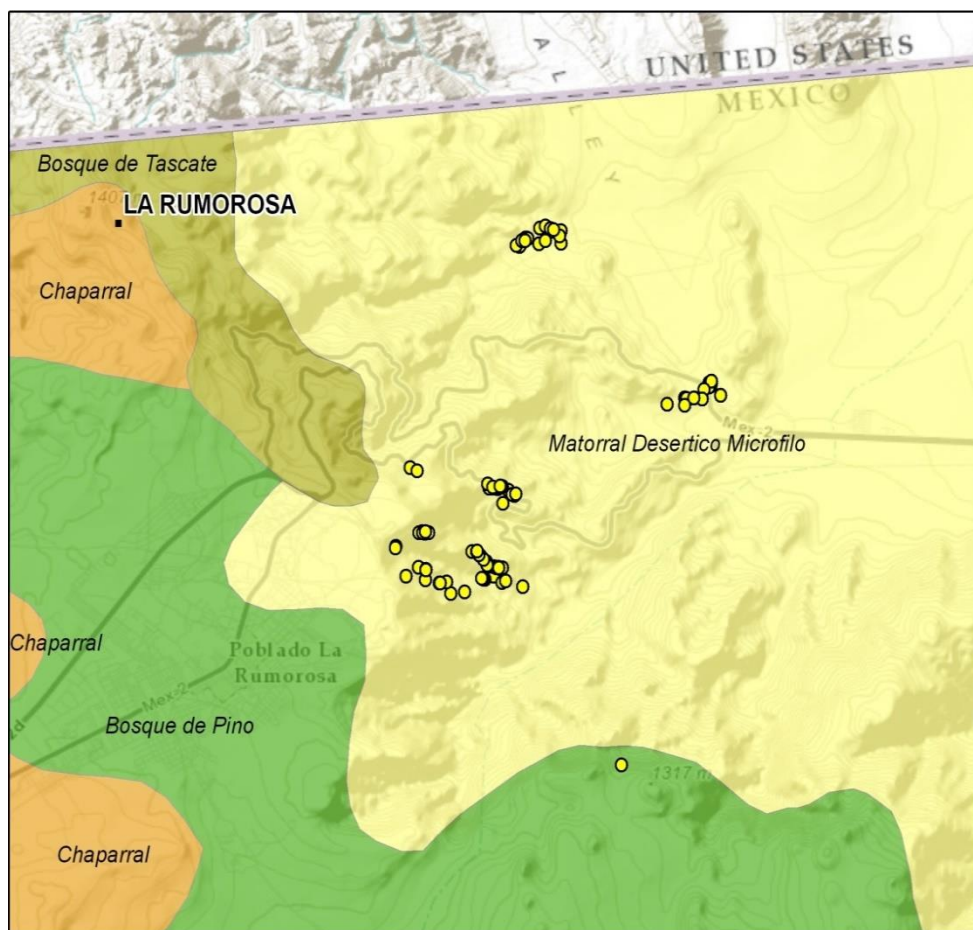


Figura 4.7. Mapa de distribución de los registros de borrego cimarrón por tipo de vegetación en la Rumorosa (Los puntos en amarillo representan los registros de la base de datos).

## 4.2. Modelación de Hábitat.

### 4.2.1. Filtrado de la Vegetación Óptima.

La vegetación óptima para el borrego cimarrón en el área de estudio de acuerdo con las cubiertas geográficas vectoriales Uso del Suelo y Vegetación serie III escala 1:250,000 de INEGI que fue utilizada para una selección y posterior filtrado de datos al SIG a partir de la base de datos. Los resultados del filtrado fueron áreas con Matorral Desértico Microfilo dentro de la Sierra de la Rumorosa (Figura 4.8).

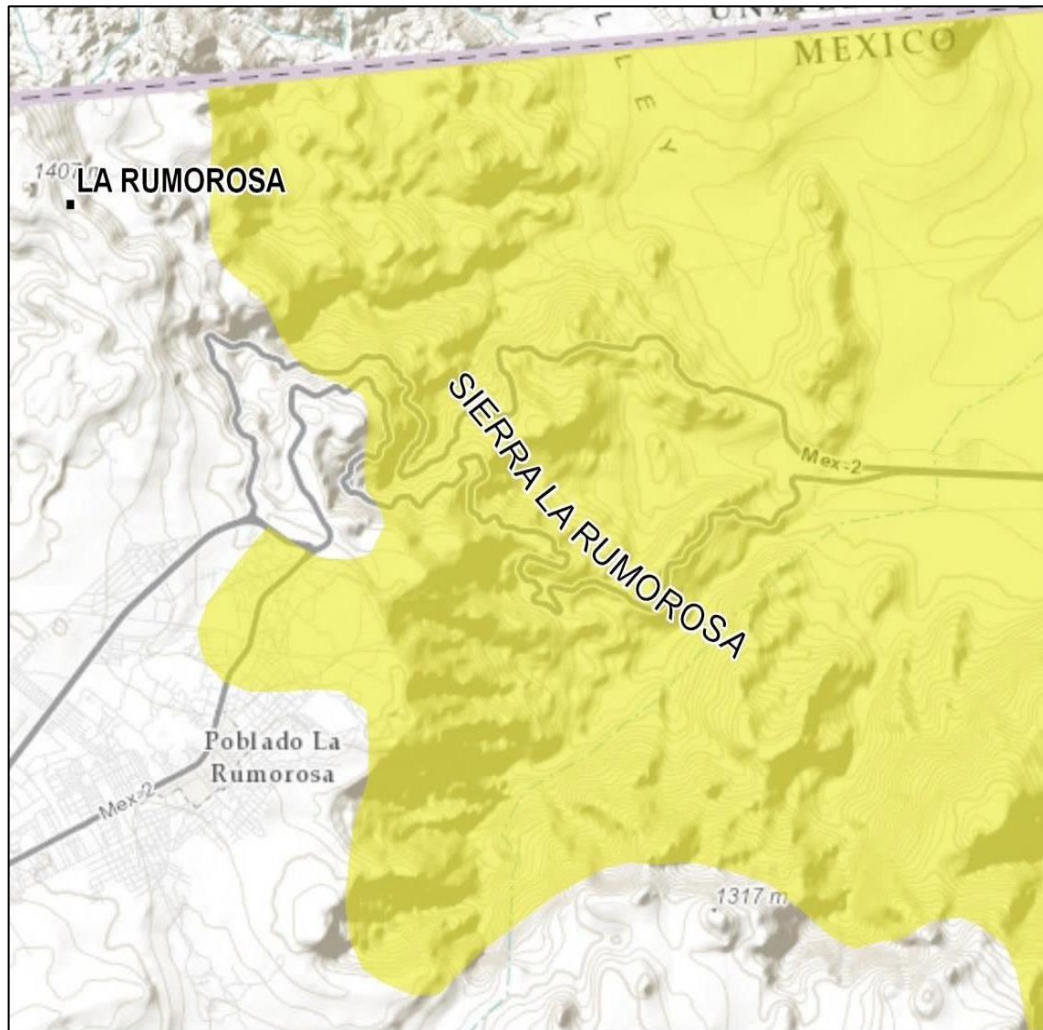


Figura 4.8. Mapa de la Rumorosa que muestra los límites de la cobertura vegetal óptima para el borrego cimarrón.

Este tipo de matorral de zonas áridas y semiáridas tiene la característica de ser vegetación de porte bajo, con alturas que varían de 0.5 a 1.5 m, esto permite al borrego cimarrón tener una amplia visibilidad que le permite observar a sus posibles depredadores. Por su parte Jansen *et al.* (2006) reportan que para las montañas Silver Bell, ubicadas en el centro-sur de Arizona, la vegetación que ocupa el borrego cimarrón se compone de comunidades vegetativas de tierras altas del Desierto de Sonora que incluyen especies como palo verde palo verde (*Microphyllum cerdium*), saguaro (*Carnegia gigantea*), nopal (*Opuntia spp.*), viznagilla (*Mammillaria spp.*), gobernadora (*Larrea tridentata*), ambrosia (*Ambrosia deltoidea*) y jojoba (*Simmondsia chinensis*). (Turner y Brown 1994, Browning y Monson, 1980), mencionan que las asociaciones vegetativas que utiliza el borrego

cimarrón abarcan desde vegetación de tierras altas como bosque de Pino piñonero (*Pinus edulis*) - Juníperos (*Juníperos spp.*) hasta matorrales desérticos.

Krausman y Leopold (1986) obtuvieron que para la montañas Harquahala se encuentra dos formaciones vegetativas básicas: matorral desértico ubicado entre 580-1646 msnm, y chaparral ubicado entre 1036 - 1732 msnm. McKinney *et al.* (2003) menciona que la vegetación de las montañas Mazatzal por debajo de los 1100 msnm fue mayormente parecido al matorral desértico de Sonora, el chaparral se encuentra alrededor de los 1100 msnm y se combinó en los límites (ecotono) con comunidades de Pino ponderosa (*Pinus ponderosa*).

Álvarez-Cárdenas *et al.* (2009), mencionan que para la sierra del Mechudo, Baja California Sur se consideran como optimas tres tipos de vegetación; matorral espinoso, matorral inerme y matorral inerme-cardonal, la cobertura media de la vegetación fue de 20.7% con una altura promedio de 1.25 m para las áreas ocupadas por el borrego cimarrón.

#### 4.2.2. Elevación.

Para el análisis de la variable elevación se tomaron en consideración 103 puntos de un total de 130 puntos que componen la base de datos, se excluyeron 27 puntos del análisis estadístico de acuerdo a los intervalos que se establecieron para el filtrado. El criterio que utilizo para el intervalo considerado para el filtrado de datos en el SIG fue de 500 a 1200 m en el área de estudio (Figura 4.9).

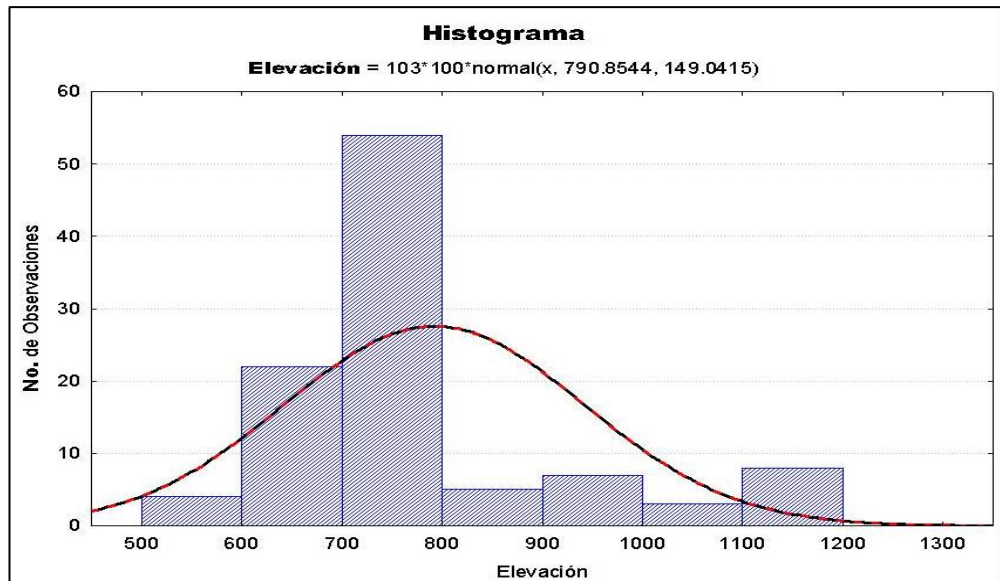


Figura 4.9. Histograma de frecuencias de los valores de elevación de un grupo de 103 registros de borrego cimarrón en la Rumorosa.

Los resultados que se obtuvieron del análisis estadístico para la variable elevación arrojaron una media de 709.85 m, con un valor mínimo de entre 572 m y un valor máximo de 1199 m. De acuerdo a la distribución de la campana de Gauss, el intervalo óptimo de elevación para el borrego cimarrón fue de 762 a 820 m. El mapa de la figura 4.10 muestra el límite geográfico del filtrado del intervalo de elevaciones óptimo para el borrego cimarrón en la Rumorosa.

Los 27 registros omitidos para el análisis se encontraban fuera del intervalo establecido como óptimo en elevación del borrego cimarrón ya que se ubicaban en elevaciones correspondientes a zonas de Bosque de pino además de otros registros con elevaciones por debajo de 500 m.

#### 4.2.3. Filtrado de Elevación Óptima de la Rumorosa.

En base al análisis estadístico en la variable elevación se determinó el intervalo óptimo para el borrego cimarrón en el área de estudio mediante el filtrado al SIG y el resultado fue un área que cumplía con los valores establecidos (Figura 4.10).



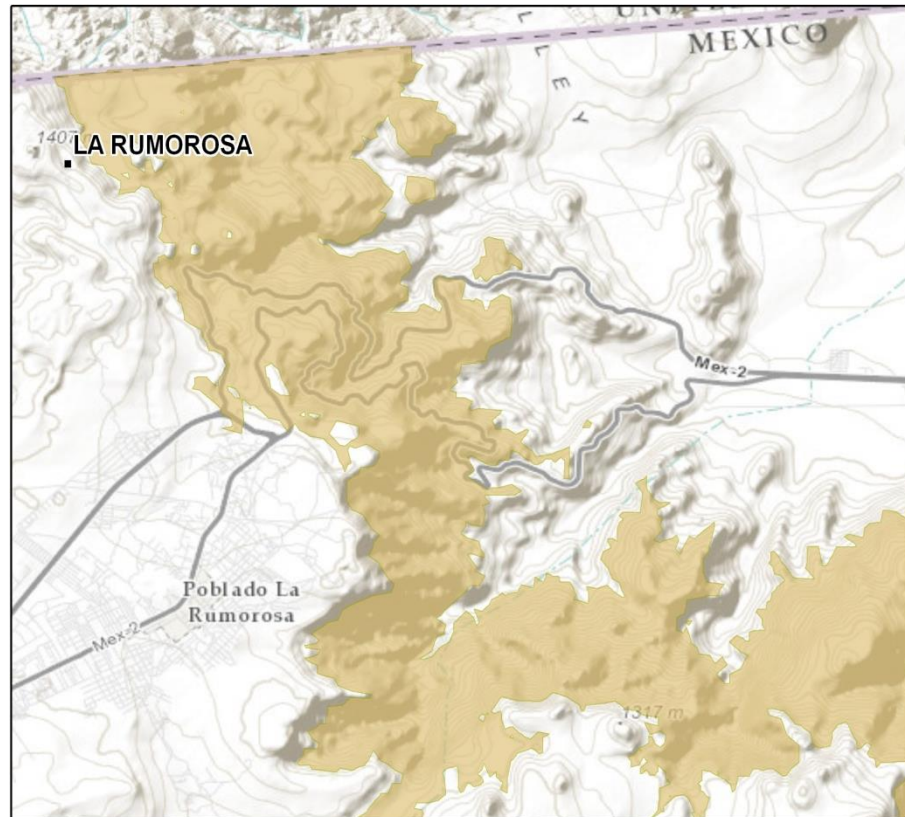


Figura 4.10. Mapa de la Rumorosa que muestra los límites del intervalo elevación óptima para el borrego cimarrón estas zonas se observan en color beige.

Krausman y Leopold (1986), obtuvieron para las montañas de Harquala, La Paz y el condado de Maricopa, ubicados al oeste de Phoenix, Arizona, EUA, que tienen un rango de elevación combinado entre 580 msnm a 1732 msnm, y la media de elevación utilizada por el borrego cimarrón fue de 970 msnm. Para las áreas que no fueron utilizadas por el borrego cimarrón la media fue de 1068 msnm, en contraste, Cárdenas *et al.* (2003) registró para La Sierra del Mechudo, Baja California Sur, México, un rango de elevación de 550 msnm en el cerro del Junco y 1100 msnm en el monte el Mechudo para el área de estudio, una preferencia de entre 100 a 200 msnm en el Junco y Las Animas y de 300 a 400 msnm en el Mechudo, evitando elevaciones inferiores a 100 msnm y superiores a 600 msnm. Alvarez-Cárdenas *et al.* (2009) mencionan para la Sierra de Mechudo, Baja California Sur, México, la ubicaron de tres áreas de estudio; el Mechudo, las Animas y el Junco. La elevación media fue de 400-1070 msnm, el índice de rugosidad de terreno (IRT), el borrego prefirió áreas con IRT de  $151 > 200$ , el cual se ubicó en el Mechudo con un rango de elevación de 100-400 msnm y

>600 msnm. En comparación con los resultados de esta serie de autores, el actual estudio estuvo dentro de los valores anteriormente mencionados.

#### 4.2.4. Pendiente.

Para el análisis estadístico de la variable pendiente se utilizaron 95 registros de la base total de datos, depurando 35. Del análisis se obtuvieron los siguientes resultados estadísticos; una pendiente media de 40.92%, con un valor mínimo de 20.96% y un valor máximo de 68.50% (Figura 4.11). En relación a lo anterior Berger (1993 en Dunn, 1996) considera que pendientes  $\geq 60\%$  no deben considerarse como terreno de escape ya que son muy inclinadas. De acuerdo a Espinosa *et al.* (2009), el hábitat adecuado lo definió como áreas de entre 20 a 59% de pendientes en las laderas situadas  $\leq 150$  m de terreno de escape.

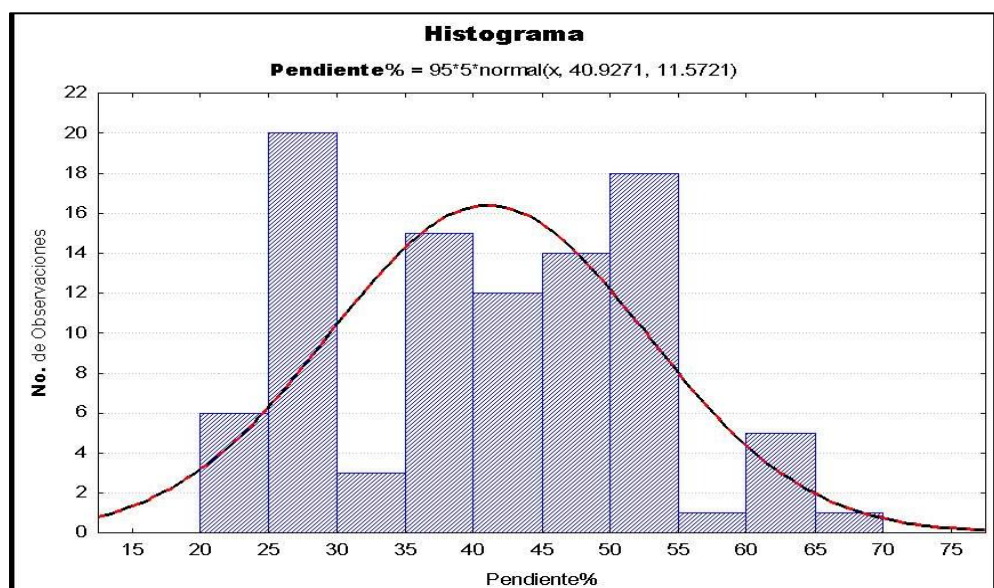


Figura 4.11. Histograma de frecuencias de los valores de pendiente de un grupo de 95 registros de borrego cimarrón en la Rumorosa.

Los puntos con pendiente menor de 20% fueron depurados en el análisis estadístico, ya que son áreas que evade el borrego cimarrón o no suele utilizar, estando dentro de los límites inferiores de pendiente.

#### 4.2.5. Filtrado de Pendiente Óptima de la Rumorosa.

Los resultados obtenidos en el análisis estadístico arrojaron un intervalo óptimo de pendiente para el borrego cimarrón que oscila de 39 a 44%, la figura 4.12 muestra el área óptima de pendientes de acuerdo al filtrado en el SIG.

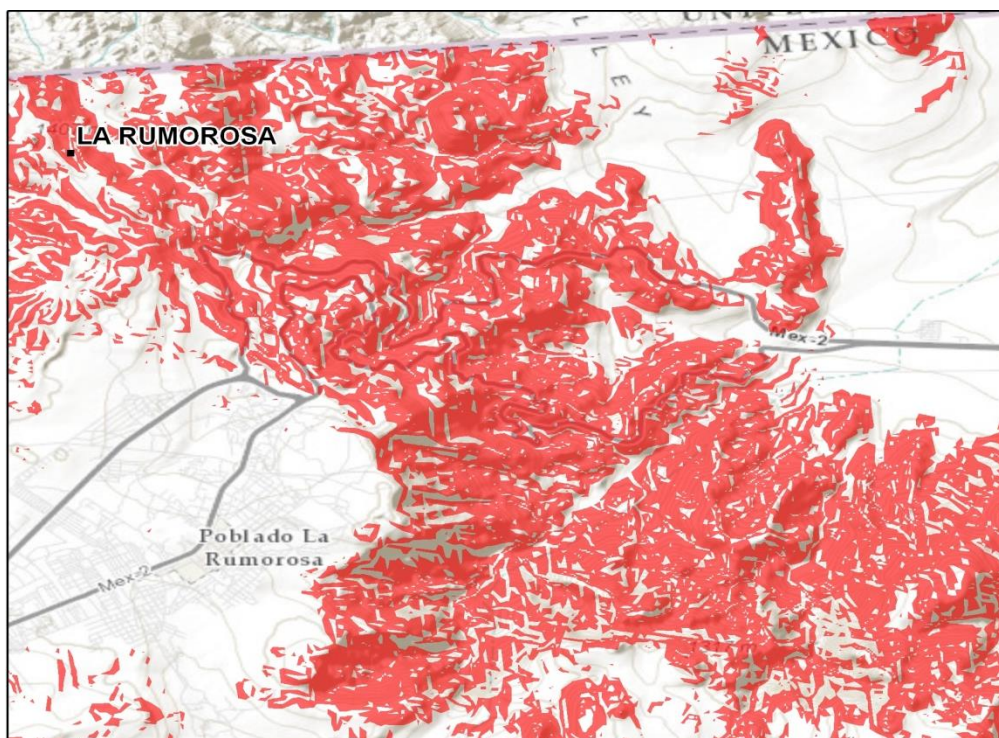


Figura 4.12. Mapa de la Rumorosa que muestra los límites del intervalo de pendiente óptima para el borrego cimarrón estas áreas se muestran en color rojo.

Para la variable pendiente muestra que el intervalo óptimo para el borrego cimarrón fue de 39 a 44%, en la Rumorosa. En contraste Tilton y Willard (1982) registraron para la montaña Thompson Falls y montañas Cabinet, Montana, EUA, que el borrego cimarrón prefiriere pendientes  $>80\%$ , mientras que utiliza pendientes de 36 a 80% para actividades como alimentación entre otras y evita áreas con pendientes menores a 10%. Por otra parte Guerrero-Cárdenas *et al.* (2003) menciona que para la Sierra del mechudo los borregos machos prefieren pendientes  $>80\%$  o de más de  $40^\circ$  de inclinación y para las hembras pendientes mayores a 60%.



#### 4.2.6. Exposición.

Para la variable exposición se utilizaron, en base a los valores obtenidos en el cruce de datos en el análisis estadístico 117 registros del total de la base de datos. La media obtenida fue de  $106.77^\circ$  (Este) con un valor mínimo de  $0.58^\circ$  (Norte) y un valor máximo de  $248.96^\circ$  (Noroeste). Arrojando un intervalo de exposición óptima de  $94.07^\circ$  a  $119.46^\circ$  (Este-Sureste) para el borrego cimarrón en la Rumorosa (Figura 4.13).

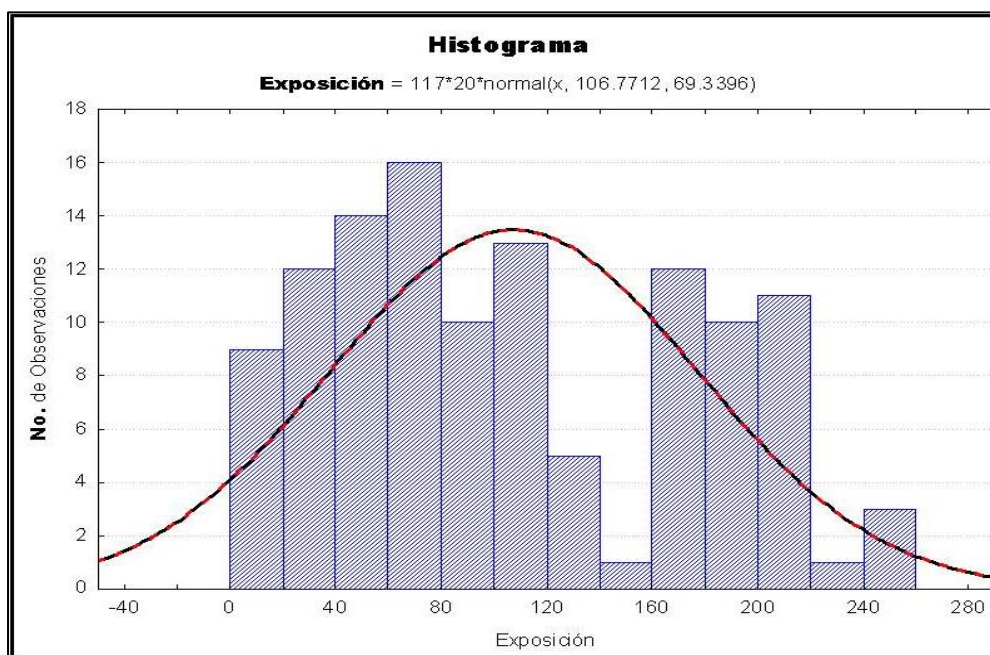


Figura 4.13. Histograma de frecuencias de los valores exposición de un grupo de 117 registros de borrego cimarrón en la Rumorosa.

La mayoría de los puntos registrados tuvo una preferencia a las exposiciones Este-Sureste, para la temporada en la que se realizó el estudio entre los meses de Septiembre y Diciembre.

#### 4.2.7. Filtrado de Exposición Óptima de la Rumorosa.

El mapa de la figura 4.14 muestra el resultado del filtrado de las exposiciones óptimas para la Rumorosa, en este se representan las exposiciones Sureste-Este en la zona.

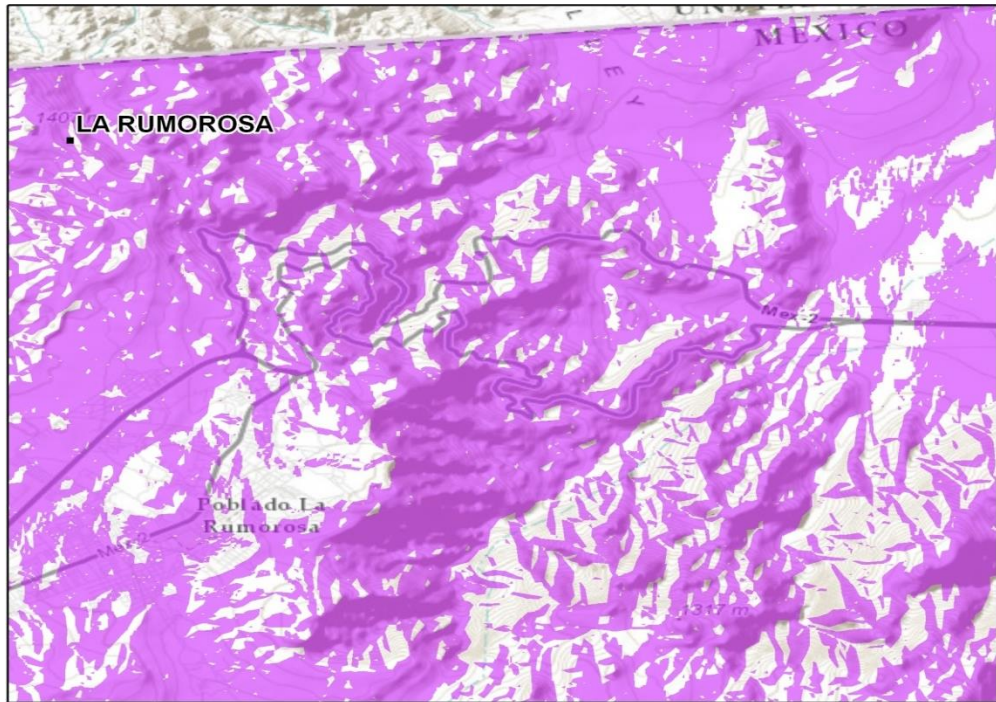


Figura 4.14. Mapa de la Rumorosa que muestra los límites del intervalo de exposición óptima para el borrego cimarrón (Las zonas color magenta representan las exposiciones Este-Sureste).

Gerrero-Cardenas *et al.* (2003) obtuvieron para la sierra del Mechudo, que la exposición observada en tres sitios distintos de dicha área es Sureste dado que coinciden parcialmente con nuestros resultados observados para la Rumorosa. En contrastaste Tilton y Willard (1982) obtuvieron para las montañas Thompson Falls y las montañas Cabinet ubicadas en Montana, EUA, que la exposición preferida por el borrego fue el Suroeste. La exposición es un factor que define la vegetación debido a que diferentes exposiciones tienen distintas horas luz. Las exposiciones sur tienen más horas luz que las exposiciones norte, esto se refleja en zonas más secas en las exposiciones sur con vegetación de bajo estrato que hacen que el borrego cimarrón las utilice como una condición de vegetación más aprovechable.

### **4.3. Modelo de Distribución de Hábitat Potencial del borrego cimarrón en la Rumorosa, Sierra de Juárez, Tecate, Baja California.**

El resultado del filtrado de variables y su intersección se muestra reflejado en un área que reúne las características necesarias en relación a las variables topográficas y de vegetación para el borrego cimarrón en la Rumorosa. Estas serranías han sido el hogar del borrego cimarrón desde su llegada a Baja California desde hace aproximadamente 12,000 mil años (Lee, 1989 *en* SEMARNAP, 2000). La intersección de estas variables con sus valores óptimos, arrojó como resultado un área en donde el borrego cimarrón cuenta con; forraje, terreno de escape, áreas de descanso, áreas de parto y celo, cobertura térmica y agua (Figura 4.15) de acuerdo a Krausman y Leopold (1986).

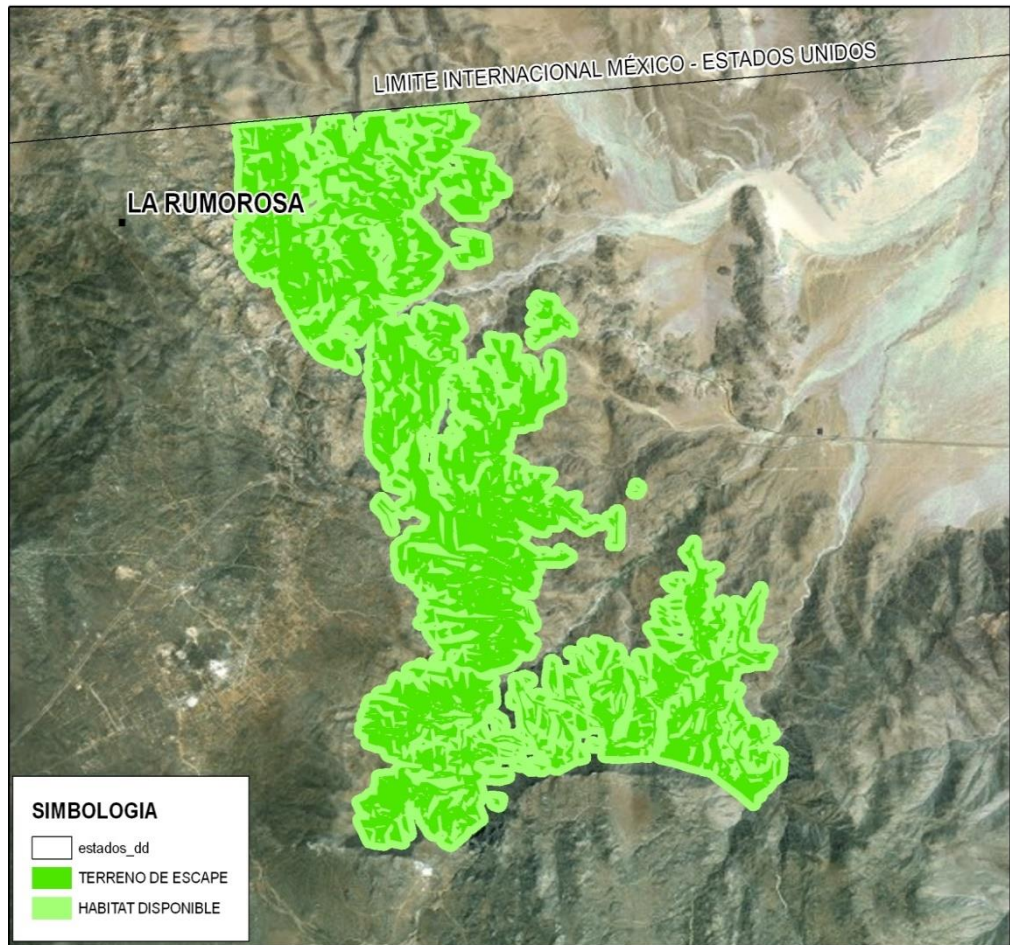


Figura 4.15. Mapa de terreno de escape y hábitat disponible para el borrego cimarrón en la Rumorosa, y zonas resultantes de la intersección de las variables seleccionadas y filtradas en el SIG.

En relación al análisis de superficie de hábitat potencial para la Rumorosa, se calculó un área optima de terreno de escape de  $29.77 \text{ km}^2$  (2,977.5 ha), un hábitat disponible de  $36.63 \text{ km}^2$  (3,663.42 ha), en conjunto el área comprende  $66.4 \text{ km}^2$  que representan el 0.093% del territorio estatal de Baja California el cual tiene una superficie de  $71,557 \text{ km}^2$ . Esta superficie de hábitat potencial de 6,640 ha representa información útil para poder determinar la superficie que puede ser potencialmente ocupada por el borrego cimarrón a nivel paisaje y ser considerada por planes de reintroducción y manejo de la especie en esa región.

Los resultados obtenidos, ayudan a discriminar las áreas que evade el borrego cimarrón, de las que son su hábitat potencial. El modelo se puede extrapolar a un área de análisis mayor como es toda la superficie que ocupa la Sierra de Juárez. Espinosa *et al.* (2007) generaron una zona buffer que

considero 150 metros por afuera del terreno de escape en pendientes entre 20 a 59% en las serranías de Maderas del Carmen, sierra de San Marcos y del Pino, este criterio se tomó como referencia para el área buffer de este trabajo, por la similitud entre las características de elevación (Espinosa *et al.* 2009), sin embargo, Krausman y Leopold (1984) obtuvieron una área media buffer de 329 m en zonas que utiliza el borrego cimarrón, en la montañas Harquala, Arizona, EUA. Las diferencias en cuanto al área buffer de terreno de escape pueden adjudicarse a las distintas condiciones que presentan estas áreas de estudio.



## 5. CONCLUSIÓN

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una herramienta útil para la caracterización del hábitat a nivel paisaje que ocupa el borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) a partir de registros indirectos como lo son los grupos de heces fecales y cámaras de rastreo, ya que estos capturan valores de las variables ambientales como; elevación, exposición, pendiente y vegetación del terreno. Lo anterior puede dar pauta a un estudio de uso disponibilidad para generar preferencia del borrego por diferentes categorías en cada una de las variables anteriormente evaluadas.

Para la Rumorosa, Sierra de Juárez, Tecate, Baja California. El borrego cimarrón (*Ovis canadensis*), prefiere elevaciones entre 762 a 820 msnm, con exposiciones Sureste-Este y pendientes entre 39 a 44%, dando como resultado el área potencialmente habitada por el borrego cimarrón en la Rumorosa.

El resultado del presente estudio ayuda a delimitar el área potencialmente ocupable o habitable por el cimarrón y donde se debería considerar el establecimiento de un sistema de monitoreo permanente para registrar las oscilaciones poblacionales en escala espacial y temporal. Asimismo, la superficie calculada de hábitat adecuada para la especie, puede ser considerada en planes de manejo de hábitat donde se contemple la instalación de fuentes de agua permanentes para generar una mayor viabilidad poblacional para el borrego cimarrón.

Finalmente es necesario medir a partir del presente estudio la conectividad y/o aislamiento de los parches de hábitat adecuado que se encuentran distribuidos en el paisaje para identificar el corredor biológico de esta especie dentro de la región del área de estudio y, generar estrategias de conservación acorde a las condiciones ambientales de la zona, especialmente, en los esfuerzos de conservación binacional de esta especie

y especies de fauna asociadas a la anterior en la franja fronteriza con los Estados Unidos.

## 6. LITERATURA CITADA

- Alvarez C.S., Galina T.P., Díaz C.S., Guerrero C.I., Castellanos V.A. y Mesa Z.E. 2009. Evaluación de elementos estructurales del hábitat del borrego cimarrón en la Sierra del Mechudo, Baja California Sur, México. *Open Access Journal-Tropical Conservation Science* 2 (2), 189-203.
- Dunn W.C. 1996. Evaluating Bighorn Habitat: A Landscape Approach. U.S. Bureau of Land Management Papers. Paper 9. <http://digitalcommons.unl.edu/usblmpub/9>.
- Espinosa T.A., Contreras B.A., Sandoval A.V. and García A.M. 2009. Selection of Desert Bighorn Sheep (*Ovis canadensis*) Transplant Sites in Sierra Maderas del Carmen y Sierra de San Marcos y del Pino, Coahuila, México. *The Texas Journal of Science* 61(1):15-30.
- Espinosa, T.A, Sandoval, A.V., Garcia, A.M. and Contreras-B, A.J. 2007. Evaluation of Historical Desert Bighorn Sheep Habitat in Coahuila, México. *Desert Bighorn Council Transactions* 49, 30–39.
- Guerrero-Cárdenas I., Tovar Z.I., Alvarez C.S. 2003. Factores que Afectan la Distribución Espacial del borrego cimarrón *Ovis canadensis weemsi* en la Sierra del Mechudo, B.C.S. *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología*, Universidad Nacional Autónoma de Mexico 74(1): 83-98.
- INEGI. Climatología. Datos vectoriales escala 1:1 000 000. Fuente: sitio del INEGI en internet. [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx).
- INEGI. Conjunto de datos vectorial Edafológico escala 1:250 000 Serie II (Continuo Nacional). Fuente: Sitio del INEGI en Internet: [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx).
- INEGI. Continuo de elevaciones mexicano 3.0 (CEM 3.0). Fuente: sitio de INEGI en internet. [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)
- INEGI. Uso de suelo y vegetación Datos vectoriales escala 1: 250 000 serie III. Fuente: sitio del INEGI en internet. [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx).
- Jansen, B.D., Krausman, P.R., Heffelfinger, J.R. y Devos-JR, J.C. 2006. Bighorn Sheep Selection of Landscape Features in an Active Copper Mine. *Wildlife Society Bulletin* 34(4):1121-1126.



- Krausman P.R. and Leopold, B.D. 1986. Habitat Components for Desert Bighorn Sheep in the Harquala Mountains, Arizona. *The Journal of Wildlife Management* 50 (3): 504-508.
- Manterola y Piña C. 2000. Censo aéreo de poblaciones de borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) en Baja California, México. Unidos para la Conservación A.C. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. U017. México D. F.
- McKinney T., Smith T.W. and deVOS, Jr J.C. 2006. Evaluation of Factors Potentially Influencing a Desert Bighorn Sheep Population. *Wildlife Monographs* 164:1-35.
- SEMARNAP. 2000. Proyecto para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) en México. Instituto de Ecología. Dirección General de Vida Silvestre. México. 107.
- SEMARNAT. 2010. NOM-059-SEMARNAT-2010, 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.
- Shackleton D.M. (ed.) and the IUCN/SSC Caprinae Specialist Group. 1997. Wild Sheep and Goats and their Relatives. Status Survey and Conservation Action Plan for Caprinae. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 390(304).
- Smith N.S. and P.R. Krausman. 1988. Desert bighorn sheep: Aguide to selected management practices. A literature review and synthesis including appendixes on assessing condition, collecting blood, determining age, constructing water catchments, and evaluating bighorn range. *U.S. Fish Wildl. Serv., Biol. Rep.* 88(35):27 p.
- Tilton M.E. and Willard E.E. 1982. Winter Habitat Selection by Mountain Sheep. *The Journal of Wildlife Manegement.* 46 (2):359-336.
- Turner J.T., Douglas C. L., Hallum C.R., Krausman P.R. and Ramey R.R. 2004. Determination of critical habitat for the endangered Nelson's Bighorn Sheep in Southern California. *Wildlife Society Bulletin.* 32(2):427-448.
- Valdez R and Krausman P.R. 1999. Mountain Sheep of North America. The University Of Arizona Prees. Arizona, USA. 354(139-157) p.
- Valdez R.R. 2012. Densidad y Estructura Poblacional del borrego cimarrón (*Ovis canadensis weemsi*, Goldman, 1937) en la isla "El Carmen, Baja California Sur, México. *Seminario de Posgrado.* Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.

## 7. ANEXO

A continuación se muestran fotografías representativas del estudio realizado para borrego cimarrón en la Rumorosa, Sierra de Juárez, Tecate, Baja California.



Fotografía 1. Grupo de heces fecales de borrego cimarrón, encontrado en la Rumorosa, Sierra de Juárez.



Fotografía 2. Huella de borrego cimarrón encontrada en la Rumorosa, Sierra de Juárez.



Fotografía 3. Muestra de las Cámaras de rastreo Bushnell® 8MP Trophy Cam Estándar, utilizadas en la Rumorosa, Sierra de Juárez.