

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Caracterización de Hábitat del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis*) en la Sierra de Juárez, Baja California, México

Por

**OLIVIA GARCÍA JURADO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Saltillo Coahuila, México.

Junio 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Caracterización de Hábitat del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis*) en la  
Sierra de Juárez, Baja California, México

Por:

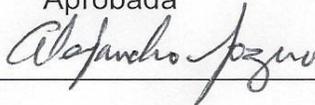
**OLIVIA GARCÍA JURADO**

TESIS

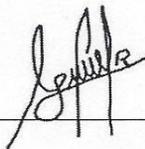
Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

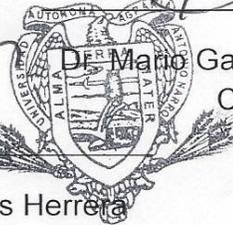
Aprobada



Ph. D. Eloy Alejandro Lozano Cavazos  
Asesor Principal



Dr. Guillermo Romero Figueroa  
Coasesor



Dr. Mario García Aranda  
Coasesor

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinador de la División de Agronomía  
Coordinación de Agronomía

Saltillo, Coahuila México.

Junio 2014

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi "**Alma Terra Mater**", la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por haberme dado la oportunidad de superarme profesionalmente al permitirme ser parte de esta casa de estudios.

**Al INSTITUTE FOR CONSERVATION RE SE ARCH SAN DIEGO ZOO GLOBAL.** Por aceptarme como tesista en su proyecto de investigación LAS CALIFORNIAS, LARGE MAMMALS LINKS por todas las facilidades y apoyo brindado, en esta investigación.

**Al Ph. D. Eloy Alejandro Lozano Cavazos** por la confianza que puso en mí, al darme la gran oportunidad de pertenecer a su equipo de investigación, al permitirme ser parte del proyecto LAS CALIFORNIAS, LARGE MAMMALS LINKS Baja California México. Sin su confianza yo no hubiese realizado este trabajo, pero sobretodo agradezco por sus enseñanzas, asesorías, apoyo y sobre todo por su amistad, mil gracias.

**Al Dr. Guillermo Romero Figueroa.** Por permitirme ser parte de su equipo de investigación, por brindarme sus conocimientos en campo, por su amistad, consejos, y por todo el apoyo recibido de su parte mil gracias.

**Al Dr. Mario Alberto García Aranda.** Por brindarme todo el apoyo en la culminación de esta tesis por su tiempo y asesorías pero sobretodo, por su amistad dándome confianza, consejos y ánimos mil gracias.

**Al Dr. Víctor Ortiz Ávila.** Por brindarme sus conocimientos, de campo, pero sobre todo por su amistad.

A mi hermano **Simón Armando García Jurado.** Por tu apoyo económico ya que fuiste una pieza clave para que yo pudiera realizar el viaje para llevar a cabo esta investigación mil gracias. Pero sobretodo agradezco por tu confianza, consejos y amistad.

## DEDICATORIAS

**Dedicadas a esas personas que son importantes en mi vida, que siempre estuvieron al pendiente de mí para brindarme toda su ayuda, Con todo mi cariño.**

### *A MIS PADRES.*

**ISABEL M. JURADO TRUJILLO**, por darme la vida, por tu apoyo incondicional, por todos aquellos sacrificios, por creer y sobre todo por la confianza que pusiste en mí que fue lo que me alentó a lograr esta hermosa realidad. “Te amo mama”.

**ARTEMIO GARCÍA DÍAZ (+)**. Por todas aquellas enseñanzas que me dejaste en esta vida.

### *A mis hermanos*

**S. ARMANDO**. Por tu confianza, apoyo económico y moral, no existirá una forma de agradecer una vida de lucha, sacrificio y esfuerzo constantes eres un mi gran ejemplo a seguir mil gracias.

**C. JUDITH**. Por tu apoyo económico y moral sabes que te admiro por esa fuerza que tienes para seguir luchando ante la vida.

**MIGUEL**. Por tu apoyo económico y moral mil gracias.

**ELVA**. Por tu apoyo moral.

**ALEX**. Por tu apoyo mi niño te quiero mucho.

Sólo deseo que sepan que el logro mío, es también su logro, que mi esfuerzo es inspirado en ustedes. Los quiero mucho.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE GRAFICAS .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	VIII
INTRODUCCIÓN .....	9
OBJETIVO GENERAL .....	11
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
HIPÓTESIS.....	12
REVISIÓN DE LITERATURA.....	13
TAXONOMÍA Y DISTRIBUCIÓN DE LA ESPECIE .....	13
CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS .....	15
GESTACIÓN .....	16
HÁBITAT .....	16
COMPONENTES DEL HÁBITAT. ....	16
TOPOGRAFÍA Y ELEVACIÓN.....	17
PENDIENTE.....	18
EXPOSICIÓN E IMPORTANCIA ECOLÓGICA.....	19
HÁBITAT POTENCIAL O TERRENO DE ESCAPE .....	20
AMBITO HOGAREÑO Y MOVIMIENTOS.....	20
METODOLOGÍA .....	21
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	21
GEOLOGÍA .....	22
CLIMA .....	23
SUELO .....	24
VEGETACIÓN.....	25
TIPOS DE VEGETACIÓN.....	25
HIDROLOGÍA.....	27
CENSO AÉREO .....	28
GENERACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE DATOS.....	28
INTEGRACIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES A UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG). ....	29

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LA BASE DE DATOS.....	30
METODOLOGÍA DE MODELACIÓN DE HÁBITAT POTENCIAL .....	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	32
DISTRIBUCIÓN DE LAS VARIABLES CATEGÓRICAS.....	33
CLIMAS .....	33
SUELO.....	36
VEGETACIÓN.....	38
MODELACIÓN DE HÁBITAT.....	40
SELECCIÓN Y FILTRADO DE VARIABLE: TIPO DE VEGETACIÓN .....	40
DISTRIBUCIÓN DE VARIABLE NUMÉRICA: ELEVACIÓN.....	43
SELECCIÓN Y FILTRADO DE VARIABLE: ELEVACION.....	45
DISTRIBUCIÓN DE VARIABLE NUMÉRICA: PENDIENTE.....	46
SELECCIÓN Y FILTRADO DE VARIABLE: PENDIENTE.....	48
DISTRIBUCIÓN DE VARIABLE NUMÉRICA: EXPOSICIÓN .....	49
SELECCIÓN Y FILTRADO DE VARIABLE: EXPOSICIÓN.....	51
MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE HÁBITAT POTENCIAL DE BORREGO CIMARRÓN EN LA SIERRA DE JUÁREZ BAJA CALIFORNIA MEXICO.....	52
CONCLUSIÓN.....	56
LITERATURA CITADA .....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN HISTÓRICA DE LAS SUBESPECIES DE BORREGO CIMARRÓN EN NORTEAMÉRICA (SEMARNAP 2000).....	14
FIGURA 2. EJEMPLAR MACHO DE BORREGO CIMARRÓN. SEMARNAP 2000.....	15
FIGURA 3. MAPA DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	22
FIGURA 4. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE REGISTROS DE BORREGO CIMARRÓN DURANTE EL CENSO AÉREO. (NOVIEMBRE 2012).....	32
FIGURA 5. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE TIPOS DE CLIMA PREDOMINANTES EN RELACIÓN A LA DISTRIBUCIÓN DE REGISTROS DE BORREGO CIMARRÓN EN LA SIERRA DE JUÁREZ, BAJA CALIFORNIA MÉXICO.....	35
FIGURA 6. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE TIPO DE SUELOS PREDOMINANTES EN RELACIÓN A LA DISTRIBUCIÓN DE REGISTROS DE BORREGO CIMARRÓN EN LA SIERRA DE JUÁREZ, BAJA CALIFORNIA MÉXICO.....	37
FIGURA 7. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE TIPO DE VEGETACIÓN EN RELACIÓN A LA DISTRIBUCIÓN DE REGISTROS DE BORREGO CIMARRÓN EN LA SIERRA DE JUÁREZ, BAJA CALIFORNIA MÉXICO. ....	39
FIGURA 8. MAPA QUE MUESTRA LAS ZONAS FILTRADAS CON LAS COMUNIDADES VEGETALES (ÁREAS EN AMARILLO) CONSIDERADAS COMO CONDICIÓN ÓPTIMA PARA EL BORREGO CIMARRÓN EN LA SIERRA DE JUÁREZ, BAJA CALIFORNIA MÉXICO.....	42
FIGURA 9. MAPA DE ZONAS CON EL FILTRADO DE ELEVACIONES (ZONAS EN AZUL) CONSIDERADAS COMO EL INTERVALO ÓPTIMO PARA EL BORREGO CIMARRÓN EN LA SIERRA DE JUÁREZ, BAJA CALIFORNIA MÉXICO.....	45
FIGURA 10. MAPA DE ZONAS CON EL FILTRADO DE PENDIENTES (ZONAS EN VERDE) CONSIDERADAS COMO EL INTERVALO ÓPTIMO PARA EL BORREGO CIMARRÓN EN LA SIERRA DE JUÁREZ, BAJA CALIFORNIA MÉXICO.....	48
FIGURA 11. MAPA DE ZONAS CON EL FILTRADO DE EXPOSICIÓN (ZONAS EN ANARANJADO) CONSIDERADAS COMO EL INTERVALO ÓPTIMO PARA EL BORREGO CIMARRÓN EN LA SIERRA DE JUÁREZ, BAJA CALIFORNIA MÉXICO.....	51
FIGURA 12. MAPA DE TERRENO DE ESCAPE Y HÁBITAT DISPONIBLE PARA EL BORREGO CIMARRÓN EN LA SIERRA DE JUÁREZ BAJA CALIFORNIA MÉXICO.....	52

## ÍNDICE DE GRAFICAS

GRAFICA 1. PORCENTAJE DE TIPOS DE CLIMA PREDOMINANTES EN LA SIERRA DE JUÁREZ, BAJA CALIFORNIA MÉXICO, DE ACUERDO A LAS UBICACIONES GEOGRÁFICA DE LOS REGISTROS DE BORREGO CIMARRÓN. ....	33
GRAFICA 2. PORCENTAJE DE TIPOS DE SUELOS PREDOMINANTES EN LA SIERRA DE JUÁREZ, BAJA CALIFORNIA MÉXICO, DE ACUERDO A LAS UBICACIONES GEOGRÁFICA DE LOS REGISTROS DE BORREGO CIMARRÓN. ....	36
GRAFICA 3. PORCENTAJE DE TIPOS DE VEGETACIÓN PREDOMINANTES EN LA SIERRA DE JUÁREZ, BAJA CALIFORNIA MÉXICO, DE ACUERDO A LAS UBICACIONES GEOGRÁFICA DE LOS REGISTROS DE BORREGO CIMARRÓN. ....	38
GRAFICA 4 HISTOGRAMA ELEVACIONES (MSNM). ....	43
GRAFICA 5. HISTOGRAMA DE PENDIENTES (%). ....	46
GRAFICA 6. HISTOGRAMA DE EXPOSICIONES (° AZIMUTH). ....	49

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. SUPERFICIE DE TERRENO DE ESCAPE EN M2, KM2, Y HECTÁREAS PARA EL BORREGO CIMARRÓN EN LA SIERRA DE JUÁREZ Y SIERRAS ADYACENTES. ....	55
TABLA 2. SUPERFICIE DE HÁBITAT DISPONIBLE EN M2, KM2, Y HECTÁREAS PARA EL BORREGO CIMARRÓN EN LA SIERRA DE JUÁREZ Y SIERRAS ADYACENTES. ....	55

## INTRODUCCIÓN

El borrego cimarrón o borrego del desierto (*Ovis canadensis*) (Shaw, 1804) llegó a América vía estrecho de Bering durante el pleistoceno aproximadamente medio millón de años. El borrego cimarrón se subdivide en siete subespecies tales como *O. c. canadensis*, *O. c. californiana*, *O. c. nelsoni*, *O. c. auduboni*, *O. c. mexicana*, *O. c. cremnobates* y *O. c. weemsi* adaptándose y distribuyéndose en regiones de Canadá, Estados Unidos y México (SEMARNAT, 2000).

De estas siete subespecies una de ellas se encuentra extinta (*Ovis canadensis auduboni*) y tres se encuentran en México. *O. c. cremnobates*, (Baja California) *O. c. weemsi* (Baja California Sur), y el *O. c. mexicana* en estado de Sonora y extinto en su forma de vida silvestre en los estados de Chihuahua, Coahuila y Nuevo León (SEMARNAP, 2000). Sin embargo, actualmente en el estado de Coahuila se han realizado translocaciones procedentes del estado de Sonora para la conservación y/o recuperación de la especie en Coahuila a través de tres unidades de manejo y aprovechamiento ubicadas en la parte centro y norte del estado. La primera de estas, está ubicada en el Área Natural Protegida Maderas del Carmen, en una propiedad de la empresa CEMEX, y las dos restantes en ranchos particulares en los municipios de Candela y Cuatro Ciénegas, Coahuila.

Estas tres subespecies de borrego cimarrón sobresalen en la parte norte de nuestro país por ser uno de los mamíferos de mayor talla del desierto mexicano que se caracteriza por su adaptabilidad a fuertes variaciones del medio ambiente, así como a periodos de sequía prolongados, escasez de alimento y agua (Guerrero *et al.*, 2003). Desafortunadamente las consecuencias de factores antropogénicos como la pérdida de hábitat, fragmentación a través de construcciones de carreteras, minas, apertura de

áreas agrícolas, furtivismo y/o caza ilegal, han mermado las poblaciones de borrego cimarrón en la franja fronteriza de Baja California con Estados Unidos de América. Lo anterior, ha generado una disminución en gran parte su distribución, colocándolo en la lista oficial de la NOM-059 SEMARNAT bajo la categoría de protección especial (Semarnat, 2010).

En México los estudios sobre hábitat de borrego cimarrón son pocos, lo cual han limitado las estrategias de conservación para recuperar las poblaciones y la conservación de su hábitat.

Por lo tanto el, presente estudio tiene la finalidad de generar información básica sobre la ecología del hábitat del borrego cimarrón en la parte norte del país orientada a la conservación, protección y recuperación de las poblaciones de borrego cimarrón en México.

## OBJETIVO GENERAL

Caracterizar el hábitat potencial del borrego cimarrón a través de observaciones directas utilizando sistemas de información geográfica en la Sierra de Juárez Baja California.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Integrar una base de datos de presencia de borrego cimarrón a través de dos fuentes de muestreo (censo aéreo y observaciones en campo).
2. Estimar los valores promedio, máximos y mínimos de las variables del hábitat del borrego cimarrón para entender el uso de hábitat de la especie.
3. Desarrollar un sistema de información geográfica para generar el hábitat potencial del borrego cimarrón mediante las variables de elevación, pendiente, exposición, suelo, vegetación y clima.
4. Estimar la superficie del hábitat potencial de la especie en la región del presente estudio.

## HIPÓTESIS

Ho. Los valores de las variables que definen el hábitat del borrego cimarrón, son similares a lo largo de la Sierra de Juárez, Baja California, dicha caracterización no será útil para la generación de un modelo de hábitat potencial.

Ha. Los valores de las variables que definen el hábitat del borrego cimarrón, son diferentes a lo largo de la Sierra de Juárez, Baja California, dicha caracterización será útil para la generación de un modelo de hábitat potencial.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### TAXONOMÍA Y DISTRIBUCIÓN DE LA ESPECIE

Orden: Artiodactyla

Familia: Bovidae

Subfamilia: Caprinae

Género: *Ovis*

Especie: *Canadensis* (Shaw 1804).

El borrego cimarrón es una especie que proviene de Asia y migró hacia América a través del estrecho de Bering durante las glaciaciones del pleistoceno hace aproximadamente medio millón de años. (Smith y Krausman, 1988, Lee *et al.*, 1989; SEMARNAP, 2000), a partir de donde se dispersaron hacia el sur hasta llegar a Baja California. Es una especie de distribución restringida a las zonas áridas y montañosas de Canadá, Estados Unidos y México (SEMARNAP, 2000). El borrego cimarrón comprende siete subespecies, (*O. c. mexicana*, *O. c. cremnobates*, *O. c. weemsi*, *O. c. californiana*, *O. c. canadensis*, *O. c. nelsoni* y *O. c. auduboni*), siendo esta última extinta; en la actualidad tres de las anteriores subespecies se localizan en México, (*O. c. mexicana*) en el estado de Sonora donde se ha visto considerablemente reducido su rango de distribución y ha desaparecido por completo en los estados de Coahuila, Nuevo León y Chihuahua. La subespecie (*O. c. cremnobates*) en Baja California, y (*O. c. weemsi*) en Baja California Sur, que es considerada endémica de nuestro país (Manterola y Piña, 2000).

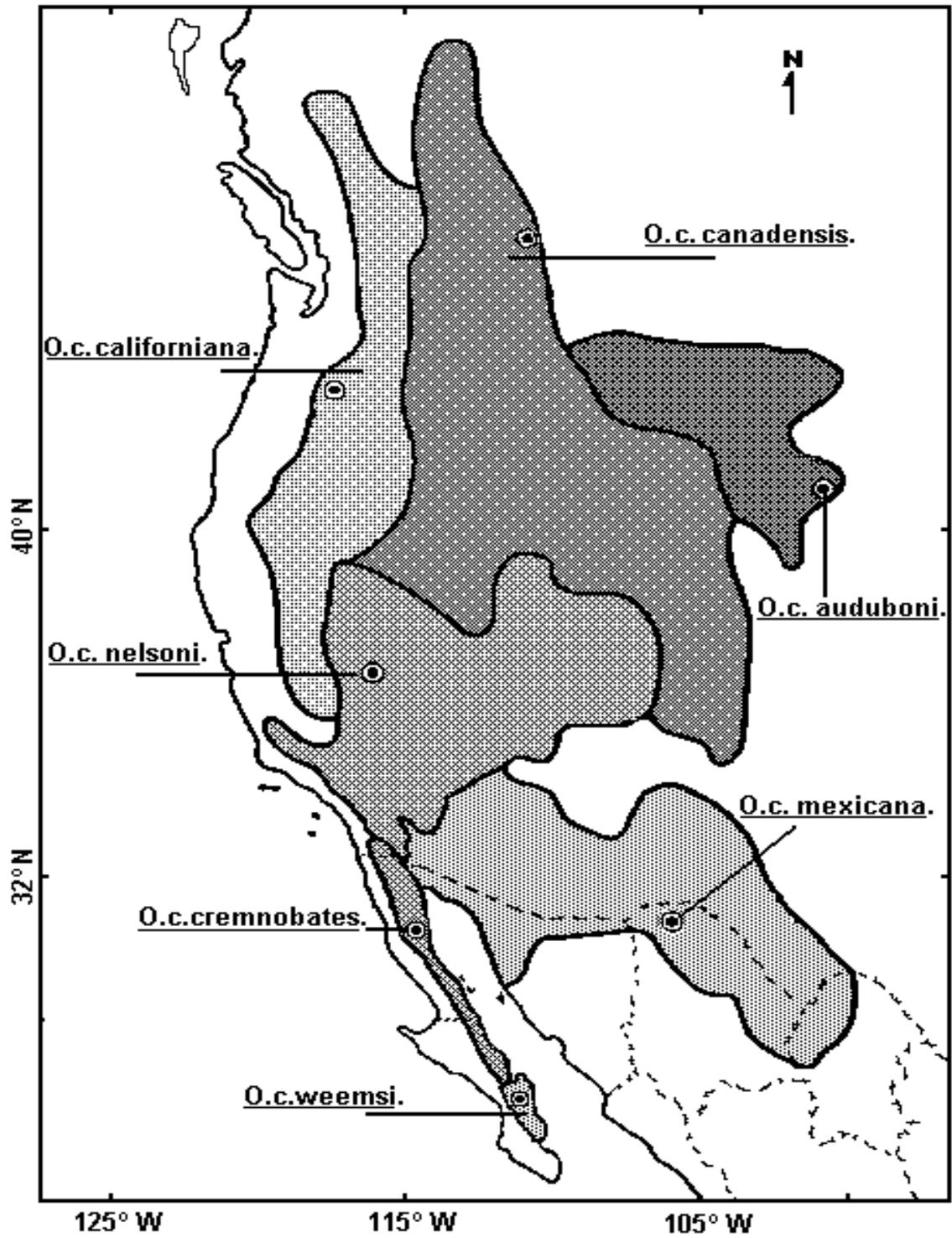


Figura 1. Distribución histórica de las subespecies de borrego cimarrón en Norteamérica. (SEMARNAP 2000).

## CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Los machos miden de 150 a 170 cm de largo de la punta de la nariz a la punta de la cola, 80 cm de alzada a la cruz y pesan entre 70 y 159 kg (INE, 2007). La cabeza con los cuernos pueden representar un 10% del peso corporal total. Los cuernos se enroscan en espiral hacia atrás, alcanzando un diámetro en la base de hasta 15 cm, siendo más desarrollados que los de la hembra.

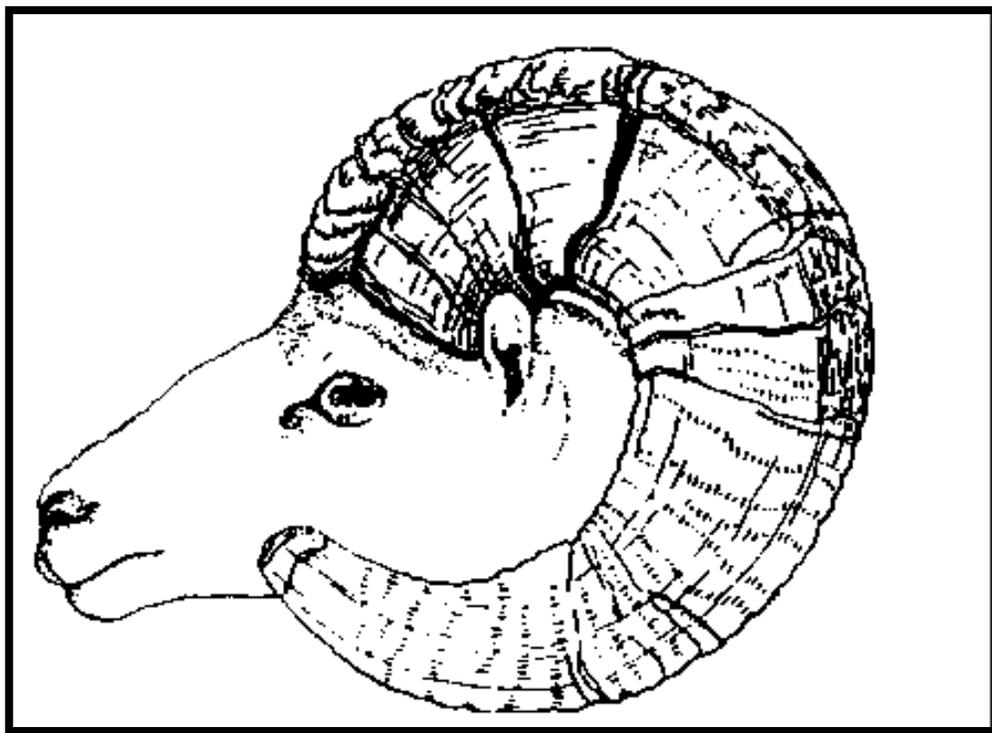


Figura 2. Ejemplar macho de borrego cimarrón. SEMARNAP 2000.

Las hembras son un 20 a 30% menores en talla que los machos y tienen los cuernos menos desarrollados que los machos.

## GESTACIÓN

La madurez sexual del borrego cimarrón tanto en hembras como en machos, aparece entre el año y medio o los dos años de edad, aunque las hembras por lo general no alcanzan a reproducirse hasta que tienen dos años y medio de edad (Álvarez, 2009; INE, 2007). La copula ocurre generalmente en los meses de Julio y Diciembre. El periodo de gestación para la especie dura alrededor de 175-180 días, normalmente la camada es de una sola cría, raramente se pueden ver dos crías. (Álvarez, 2009).

## HÁBITAT

El hábitat es un área que presenta una combinación de recursos (vegetación, agua) y condiciones ambientales (temperatura, precipitación, presencia y/o ausencia de depredadores y competidores) que permite a los individuos de una misma especie o población sobrevivir y reproducirse (Morrison, 1998).

El hábitat del borrego cimarrón se caracteriza por climas desérticos, con relieve topográfico intrincado y vegetación escasa de afinidades desérticas (Smith y Krausman, 1988; Krausman y Leopold, 1986; INE, 2007).

## COMPONENTES DEL HÁBITAT.

Al menos cuatro componentes del hábitat son esenciales para el borrego cimarrón, alimento, agua, terreno de escape y el espacio abierto (Valdez y Krausman, 1999). Otros investigadores refieren que los componentes esenciales que conforman el hábitat del borrego cimarrón son la vegetación, topografía, elevación, pendiente y terreno de escape (Krausman y Leopold, 1986; López *et al.*, 1999; Guerrero *et al.*, 2003; Mckinney *et al.*, 2003;

Espinosa *et al.*, 2009; Valdez, 2012). Por otra parte Guerrero *et al.*, (2003), mencionan que la exposición también es un factor importante en el hábitat del borrego cimarrón.

La colocación apropiada de cada componente, es importante en el hábitat del borrego cimarrón ya que requieren de zonas que le proporcione visibilidad sin restricciones y de alta calidad (Cain III *et al.*, 2005) ya que puede haber forraje apetecible, pero si hay falta de terreno de escape por lo general no es utilizado por la especie ya que prefieren terrenos escarpados (Valdez y Krausman, 1999).

## TOPOGRAFÍA Y ELEVACIÓN.

El borrego cimarrón tiene preferencia por afloramientos rocosos, acantilados escarpados y topografía accidentada (Krausman *et al.*, 1999). Valerius (1977) verifico que la separación en entre hembras y machos en (*Ovis canadensis canadensis*) en cuanto a la topografía del terreno, ambos sexos pueden ocupar un rango continuo en el hábitat, pero se concentran en diferentes áreas, incluso en invierno los machos tienen mayor preferencia por espacios abiertos y las hembras por los acantilados. Por otra parte Krausman y Leopold (1986) determinaron que en las montañas de Harquahala Arizona las elevaciones para el borrego cimarrón variaron entre los 580 y 1732 msnm, con una topografía que va desde colinas a terrenos con acantilados escarpados. Otro estudio realizado por López *et al.*, (1999), en la sierra desértica Pico-Johnson, en el estado de Sonora, considerado como hábitat natural del borrego cimarrón (*Ovis canadensis mexicana*) evaluó la importancia de la relación entre el borrego cimarrón y el componente topográfico de su hábitat, esto mediante técnicas de uso-disponibilidad; éste estudio encontró que los borregos no utilizan los subcomponentes según su proporción, pues algunos prefieren altitudes mayores a 300 msnm y topofomas de tipo ladera de cañón.

Guerrero *et al.*, (2003), evaluaron algunos componentes de hábitat del borrego cimarrón (*Ovis canadensis weemsi*) en la sierra del Mechudo B.C.S., México de Febrero de 1998 a Marzo de 1999 mediante técnicas de uso–disponibilidad, determinando que los borregos no utilizan los componentes según su proporción. Algunos de los machos adultos, prefieren elevaciones entre 300 y 400 msnm, en contraste las hembras adultas tuvieron un mayor rango de utilización entre los 100 y los 400 msnm, con preferencias de topoformas de punta de cerro y laderas de cerro. Mckinney *et al.*, (2003) encontraron que las elevaciones del hábitat del borrego cimarrón variaron entre los 457 a 2317 msnm.

## PENDIENTE

La pendiente se relaciona con la morfología y dinámica de todas las formas del relieve, constituyendo un factor que favorece la delimitación de los procesos y los tipos de formas que se encuentran en el terreno (Oropeza, 2000).

El borrego cimarrón es una especie de mamífero que prefiere pendientes que oscilan desde 30% hasta 85% de inclinación del terreno (López *et al.*, 1999; Guerrero *et al.*, 2003; Espinoza y Contreras, 2010). Por su parte López *et al.*, (1999), encontraron que el borrego cimarrón en el estado de Sonora selecciona pendientes mayores a 60% y evade pendientes menores a 30%. Por otra parte Guerrero *et al.*, (2003), determino que para la Sierra del Mechudo en Baja California Sur los borregos machos seleccionan pendientes pronunciadas mayores a 80%, mientras que las hembras presentan una mayor preferencia por pendientes de 60%, pero cuando tienen crías, prefieren pendientes mayores ya que éstas, tienen que ver con el terreno de escape (caracterizado principalmente por terrenos rocosos, escarpados y

empinados, en los cuales los borregos pueden mantenerse a salvo de sus depredadores) evitando los sitios más planos. Espinoza y Contreras (2010), determinaron que las pendientes mayores a 60% son óptimas para el borrego cimarrón en el estado de Coahuila, México.

## EXPOSICIÓN E IMPORTANCIA ECOLÓGICA

En el hemisferio norte, en regiones de topografía accidentada la información espectral de la superficie puede ser modificada por el efecto topográfico, esto se debe a la posición del sol. Como resultado de ello, la intensidad de la luz reflejada por las pendientes de exposición sur- suroeste es más intensa que las pendientes de exposición norte-noroeste aunque sustenten el mismo tipo de vegetación (Gonzales, 2003).

La exposición solar en el hábitat del borrego cimarrón es importante como un componente del hábitat ya que determina los lugares de mayor vegetación. López *et al.*, (1999), determinaron que en Pico-Johnson, en el estado de Sonora los borregos evadieron la exposición N-NE-E, mientras que, la exposición con orientación S-SW-W fue utilizada en mayor proporción por los animales. Por su parte Guerrero *et al.*, (2003) dedujeron que los sitios principalmente utilizados por los borregos en la Sierra del Mechudo Baja California Sur durante los meses de Febrero a Abril están orientados hacia el sureste y sur, aunque en ciertas zonas optan por laderas con orientación norte.

## HÁBITAT POTENCIAL O TERRENO DE ESCAPE

Para muchos autores el terreno de escape para el borrego cimarrón es definido como un área de hábitat potencial, conformado por diferentes parámetros topográficos determinando terrenos quebrados y de gran pendiente, relacionados con la protección ambiental y de depredadores (Guerrero *et al.*, 2003; Espinosa, 2007; Alvares *et al.*, 2009). Asimismo López *et al.*, (1999), determinaron que en el estado de Sonora la selección de los diferentes parámetros topográficos está relacionado con la protección al ambiente y depredadores. Los anteriores componentes influyen en la calidad del terreno de escape determinado como área de un hábitat, conformado por terrenos quebrados, de gran pendiente (>60 %) y gran altitud (>300 msnm). Por otra parte Alvares *et al.*, (2009), evaluaron elementos estructurales del hábitat del borrego cimarrón en la Sierra del Mechudo Baja California Sur México. Los anteriores encontraron que la rugosidad del terreno se considera un componente importante del terreno de escape para el borrego cimarrón y biológicamente relevante en el uso del hábitat. Mientras tanto, Espinosa y Contreras (2010) definieron para el estado de Coahuila el terreno de escape como aquellas áreas que presentan una combinación de pendientes >60%, con vegetación de tipo matorral desértico rosetófilo (MDR) y pastizal natural (PN), óptimas para el borrego cimarrón.

## ÁBITO HOGAREÑO Y MOVIMIENTOS.

Los movimientos que realiza el borrego cimarrón en su hábitat no pueden atribuirse a un factor en particular, ya que responde a una variedad de estímulos (Leslie, 1977 *en* Smith y Krausman, 1988). Se puede determinar que los movimientos y los ámbitos hogareños del borrego cimarrón, son

afectados por la época reproductiva, la edad, sexo, densidad de población, topografía, alimento y agua.

Los machos adultos por lo general viven en las zonas más altas de las sierras excepto en la época de apareamiento, mientras que las hembras viven en grupos (2-9) en las partes bajas de las sierras, estos grupos están integrados por hembras adultas, crías y algunos juveniles (SEMARNAP, 2000).

El borrego cimarrón establece ámbitos hogareños amplios, siendo el de los machos considerablemente mayor que el de las hembras. Para la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar, los borregos (*Ovis canadensis mexicana*) presentaron un ámbito hogareño promedio de 44.8 km<sup>2</sup>, los machos presentaron un ámbito promedio de 88.5 km<sup>2</sup> y las hembras de 18.6 km<sup>2</sup>. (López y Paredes, 2000).

## METODOLOGÍA

### DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El estudio se llevó a cabo en la Sierra Juárez de Baja California, México entre las coordenadas UTM Zona 11 DATUM WGS84: 3466172N - 3606545N y 652242W – 619032W abarcando los municipios de Ensenada, Mexicali, y Tecate (Figura 3). Su lindero regional se deriva del macizo montañoso que constituye la sierra, donde lo abrupto se localiza al este, derivado de la separación continua al constituir el límite de la falla geológica de San Andrés, parte de la cual lo constituye la Laguna Salada, teniendo una pendiente mucho más suave al oeste de la Sierra (Delgadillo y Rodríguez,

1998; Arriaga *et al.*, 2000). Las elevaciones oscilan desde 1980 metros sobre el nivel del mar (msnm) localizado en la meseta del roble ubicada en las estribaciones de la sierra cuya forma se angosta triangularmente al limitar con los valles de la Trinidad y Santa Clara siguiendo con los 1900 msnm en el cerro de Santa Isabel y 1880 msnm en el cerro de La Parra (Domínguez, 2009).

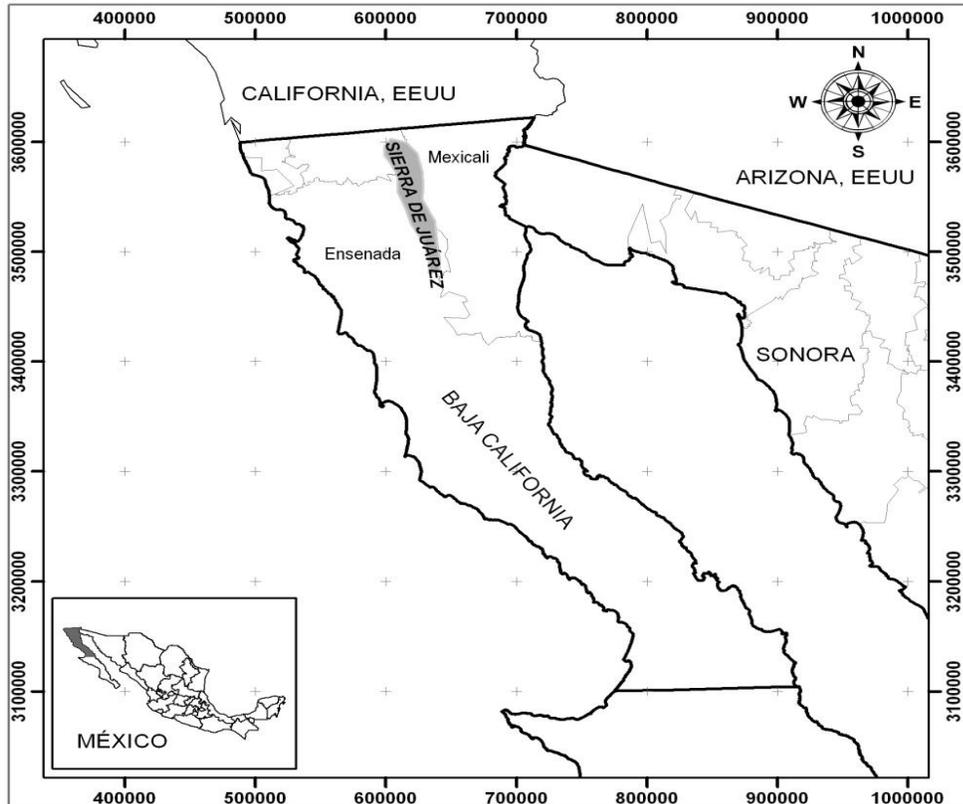


Figura 3. Mapa de ubicación del área de estudio.

## GEOLOGÍA

El estado de Baja California, se encuentra recorrido en el sentido de su eje mayor, por una serie de sierras que en conjunto constituyen la cordillera peninsular y que están formadas básicamente por un núcleo granítico de gran tamaño formado en el interior de la corteza terrestre (Arriaga *et al.*, 2000).

La Sierra de Juárez es un macizo montañoso que presenta paisajes geológico derivado de una fuerte actividad volcánica, en la era del jurásico tardío y cretácico temprano, donde se presentó el inicio de una fuerte actividad volcánica que concluyó con la intrusión de las grandes batolitos que conforman Sierra de Juárez, donde el componente geológico está relativamente dominado por la formación de rocas ígneas seguida por las sedimentarias y la metamórficas. En las ígneas sobresalen las intrusivas frente a las volcánicas; en las sedimentarias dominan las continentales, y en las metamórficas el afloramiento es asociado con formaciones graníticas. El grado de fracturamiento y afallamiento es intenso y la permeabilidad es principalmente mediana. La resistencia de las rocas a la acción de los diversos agentes erosivos, han dejado al descubierto una gran porción de las rocas batolíticas en la parte alta y central de la Sierra (Domínguez, 2009).

## CLIMA

La península de Baja California presenta dos grandes regiones climáticas. La primera, al noroeste, con un clima mediterráneo, con temperaturas templadas la mayor parte del año y lluvias en invierno; y la segunda, en la parte oriental, con un clima extremo semiárido y escasas lluvias durante todo el año. Las dos regiones están divididas por las Sierras La Rumorosa, Juárez y San Pedro Mártir.

En base a la clasificación de Köppen, estas regiones corresponden a los climas BSh o BWh, con una precipitación 500 y 700 mm al año, la nieve en Sierra de Juárez representa sólo el 25% del total de la precipitación, pero en San Pedro Mártir, por encima de 2200 msnm puede alcanzar el 50% (INEGI, 2010).

Los tipos de clima presentes en la Sierra de Juárez son: Cs, con una superficie de 36% templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C y temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente debajo de 22°C; lluvias en invierno mayores al 36% anual, es propia de las montañas de Baja California (Rzedowski, 2006, Nolasco *et al.*, 1992). Cb's, con una superficie de 27% templado, semifrío con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, menos de cuatro meses con temperatura mayor a 10°C, lluvias en invierno mayores al 36% anual. BWks, con una superficie de 14%, muy árido, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C; lluvias de invierno mayores al 36% anual. BWk(x'): con una superficie de 10%, muy árido, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual. BSk's, con una superficie de 7%, árido, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3° y 18°C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C; lluvias de invierno mayor del 36% anual. BWh(x'): con una superficie de 6% muy árido, semicálido, temperatura entre 18° y 22°C, 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. (Arriaga *et al.*, 2000; SEMARNAT, 2007).

## SUELO

La combinación de climas secos y muy secos predominantes en la península de Baja California, con rocas graníticas y un relieve ondulado de montañas, han dado como resultado una capa superficial muy importante para la vida conocida como suelo (INEGI, 2001).

Según la clasificación de suelos realizada por la (FAO-UNESCO, 1989), se localizan dos tipos de suelos en la Sierra Juárez los cuales son: Litosol, caracterizados por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido, fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales (INEGI, 2010). No aptos para cultivos de ningún tipo, pueden destinarse al pastoreo.

Regosoles éutricos, son suelos poco desarrollados, sin estructura, de textura variable, muy parecidos a la roca madre, suelos sueltos como dunas, playas, cenizas volcánicas, sin ningún horizonte y muy permeables (INECC, 2014).

## VEGETACIÓN

Los matorrales cubren la mayor parte del territorio de la península de Baja California, así como grandes extensiones de la planicie costera y de montañas bajas de Sonora (Rzedowski, 2006).

## TIPOS DE VEGETACIÓN

MATORRAL DESÉRTICO MICROFILO (MDM): se caracteriza por ser vegetación arbustiva de hojas pequeñas, generalmente en zonas aluviales con 23% de superficie en la sierra de Juárez (Arriaga *et al.*, 2000).

MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO (MDR): esta vegetación está constituida por elementos arbustivos caracterizados por tener hojas distribuidas en forma de roseta; se pueden presentar en colonias en coexistencia con otras especies de características similares.

CHAPARRAL (CH): es una comunidad de vegetación densa compuesta por arbustos que van de 1-3 m de altura con ramas rígidas, hojas esclerófilas de reducido tamaño y extensos sistemas radiculares, que cubre el pie de monte de la Sierra de Juárez y San Pedro Mártir, asociado con suelos de baja fertilidad y de textura gruesa. La composición de especies del chaparral varía dependiendo la altitud y orientación (Domínguez, 2009, Rzedowski, 2006), caracterizado por la amplia presencia del chamizo de vara prieta (*Adenostoma fasciculatum*) y del chamizo de vara roja (*Adenostoma sparsifolium*), acompañadas por una mezcla variada de especies de los géneros *Ceanothus*, *Arctostaphylos* y *Quercus* (González-Abraham *et al.*, 2010). Desde Tecate a Laguna Hanson, se encuentran pequeñas áreas de chaparral mixto dominado por *Ceanothus leucodermis*, *Arctostaphylos glandulosa* y *A. glauca*. Al sur de la sierra el chaparral mixto es reemplazado por chaparral de manzanita peninsular, invariablemente dominado por comunidades de *Arctostaphylos peninsularis* (Domínguez, 2009). Los arbustos comunes incluyen *Quercus turbinella*, *Q. cornelius-mulleri*, *Q. cedroensis*, *Rhus ovata*, *Rhamnus crocea*, *Prunus ilicifolia*, *Ceanothus greggii* y algunas especies de hoja suculenta como *Yucca schidigera*, *Nolina parryi* y *Agave deserti*. Los encinos perennifolios son sorprendentemente infrecuentes en el chaparral, entre las especies arbóreas, *Quercus wislizenii* se ha encontrado solamente al noroeste de la Laguna Hanson. En la Sierra de Juárez el *Q. chrysolepis* se encuentra sobre las cimas rocosas que se levantan de la planicie de la Sierra y en las partes altas de las mesetas volcánicas hacia el Sur (Domínguez, 2009; CONANP, 2011).

BOSQUES DE PINO (BP): Ocupa una superficie de 21% (Arriaga *et al.*, 2000). Las principales especies que se encuentran en la sierra son el *Pinus jeffreyi*. Asimismo se encuentra la comunidad de pino-chaparral en donde se mezclan elementos del bosque de coníferas y elementos de chaparral, siendo algunas especies representativas de esta comunidad como *Pinus quadrifolia* y el chamizo colorado (*Adenostoma sparsifolium*). La comunidad de pino piñonero se encuentra dominada por la especie de *Pinus quadrifolia*

y *Pinus monophylla* mezclándose con especies de chaparral de montaña y chaparral desértico además de *Juniperus californica*, ocupando los hábitat más secos de la Sierra de Juárez, San Pedro Mártir Camalamajule y San Borja. Por último se encuentra la comunidad vegetal de pastizal bosques de los pinos piñoneros *Pinus quadrifolia* y *Pinus monophylla* (Arriaga *et al.*, 2000; Domínguez, 2009; CONANP, 2011).

## HIDROLOGÍA

Baja California posee escasos recursos hídricos y la presencia de sistemas acuáticos como lagos, ríos, arroyos y manantiales. Lo anterior debido a la baja precipitación pluvial ya que solo una pequeña porción del territorio estatal ocurre con lluvias que en condiciones normales varían de 200 a 300 mm al año, mientras el resto del estado las precipitaciones disminuyen significativamente, registrando 50 mm al año. El río más importante de la entidad es el Río Colorado con una extensión de 96 kilómetros, único que cuenta con agua todo el año y por lo cual es la principal fuente de agua dulce del estado. Su cuenca se ubica en las Montañas Rocallosas de los Estados Unidos de Norte América y desemboca en el Golfo de California no sin antes incorporar a su caudal el torrente del Río Hardy. Ríos de menor importancia son los ríos Tecate, Las Palmas, que con sus afluentes arroyos secos de la Ciénega y Calabazas abastecen la presa Abelardo L. Rodríguez, localizada en el municipio de Tijuana. La mayor parte de los pequeños ríos Guadalupe, San Carlos, Tijuana, Santo Tomás, San Thelmo, del Rosario, San Vicente y San Fernando, los cuales desembocan en la vertiente del pacífico y son de caudal torrencial durante la temporada de lluvias, encontrándose secos la mayor parte del año, a excepción del municipio de Mexicali. El resto del estado padece la escasez del recurso acuífero, y como alivio para esta situación se construyó el acueducto Mexicali-Tijuana y del Valle de Guadalupe-Ensenada (SEMARNAT, 2007; CONACYT, 2010).

## CENSO AÉREO

Con el apoyo del instituto de investigación del Zoológico de San Diego California se realizó un censo aéreo el día 12 de noviembre de 2012 tomando como punto de referencia el rancho Alamar (32.03° N - 115.82° W) ya que éste se localiza en el centro de los cañones a lo largo de la vertiente oriental de la Sierra de Juárez a 80 km al sur de la frontera México - Estados Unidos.

Se utilizó un helicóptero Hughes 500™ con las puertas eliminadas para aumentar la visibilidad. Siendo un equipo de 4 personas incluyendo al piloto quienes llevaron a cabo las observaciones de borrego cimarrón, los avistamientos fueron marcadas usando un GPS, tomando fotografías y registrando las coordenadas UTM después de cada avistamiento de la especie.

## GENERACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE DATOS.

Durante el recorrido aéreo y conforme se avistaron los borregos cimarrones, se fueron registrando las coordenadas utilizando un GPS considerando el sistema de coordenadas UTM Zona 11 en la proyección WGS84. Teniendo los registros de las observaciones directas del censo aéreo, los anteriores fueron integrados a una sola base de datos, la cual sirvió para generar los modelos de distribución considerándose como datos iniciales de análisis.

## INTEGRACIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES A UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).

La otra fuente de información para la modelación de hábitat potencial fue el uso de un modelo digital de elevaciones (MDE) que se obtuvo de la página oficial del INEGI ([www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)). Un MDE consiste en un archivo digital de características *raster* que cuenta con coordenadas geográficas en donde cada pixel tiene un valor de elevación y una resolución espacial de 15 x 15 m.

Este MDE fue proyectado al DATUM WGS84 para sobreponerlo con el resto de las cubiertas de información SIG ya que originalmente se encontraba proyectado en el DATUM ITRF93. En esta cubierta se obtuvo la capa SIG de elevaciones en msnm, posteriormente a partir del MDE y con el software ArcView GIS ver. 3.3 ® utilizando la extensión 3D Analyst® se generaron los mapas de pendiente expresado en por ciento y de exposición expresado en grados. De la misma página de INEGI se obtuvieron las cubiertas geográficas de tipos de clima, edafología, uso del suelo y vegetación (Serie III). Posteriormente la base de datos de registros de presencia de borrego cimarrón fue integrada a un SIG.

Con la extensión Point Analyst versión 1.0® fue posible hacer la captura del valor de cada uno de las variables ambientales en cada uno de los registros, de manera que la base de datos se amplió (incrementada con las variables tipo de vegetación, elevación, pendiente y exposición para cada uno de los registros) completando así la base de datos.

Las variables ambientales suelo, clima y vegetación por ser de tipo categórico fueron descritas de manera visual de acuerdo a su distribución dentro del SIG, generando posteriormente mapas de estas variables ambientales.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LA BASE DE DATOS.

Para cada una de las variables se generó una estadística básica que consistió en el número de registros (n), media, intervalos de confianza al 95% de confiabilidad, valor máximo y mínimo únicamente para las variables numéricas (elevación, pendiente y exposición) utilizando el software Statistica 7.0®. Además de la estadística básica obtenida para cada variable se generó un histograma de frecuencias, obteniendo gráficas de campana de Gauss (histograma de frecuencias y la curva de distribución normal para cada una de las variables numéricas).

Observando el comportamiento de las campanas de Gauss generadas, se realizó un análisis de distribución de frecuencias delimitando valores máximo y mínimo de las tres variables (exposición, pendiente y elevación) para considerarlas como límites de tolerancia en la modelación de hábitat del borrego cimarrón.

## METODOLOGÍA DE MODELACIÓN DE HÁBITAT POTENCIAL

Basado en información de datos del SIG, para el mapa de vegetación se seleccionaron y filtraron las comunidades vegetales de matorral desértico rosetófilo, matorral desértico microfilo y pastizales naturales (Álvarez *et al.*, 2009; Espinoza y Contreras, 2010), ya que se les considera comunidades vegetales de condiciones óptimas para la especie de borrego cimarrón (por no generar obstrucción visual debido a que son estratos bajos).

Las variables elevación, pendiente y exposición se seleccionaron y filtraron en el SIG considerando el intervalo óptimo para la especie obtenida de los valores máximos y mínimos del análisis estadístico realizado para las tres variables.

En el procedimiento se obtuvieron cubiertas del SIG, resultado del filtrado de exposición, elevación y pendiente. Mediante la utilidad llamada Intersect del software de ArcView GIS 3.3®, se superpusieron e interceptaron los valores óptimos de cada una de las cuatro variables ya mencionadas y se obtuvo un mapa que fue considerado como terreno de escape.

Una vez obtenido el mapa de terreno de escape, se generó adicionalmente una zona buffer de 150 metros alrededor del polígono usando la utilidad Xtools de ArcView 3.3®.

Finalmente se calculó la superficie en kilómetros cuadrados y hectáreas del terreno de escape y del hábitat disponible para la Sierra de Juárez y algunas sierras cercanas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 4, se muestra la distribución geográfica en base a las observaciones de borrego cimarrón ubicadas en la Sierra de Juárez. Como resultado del censo aéreo que cubrió un área aproximada de 1,000 km<sup>2</sup>.

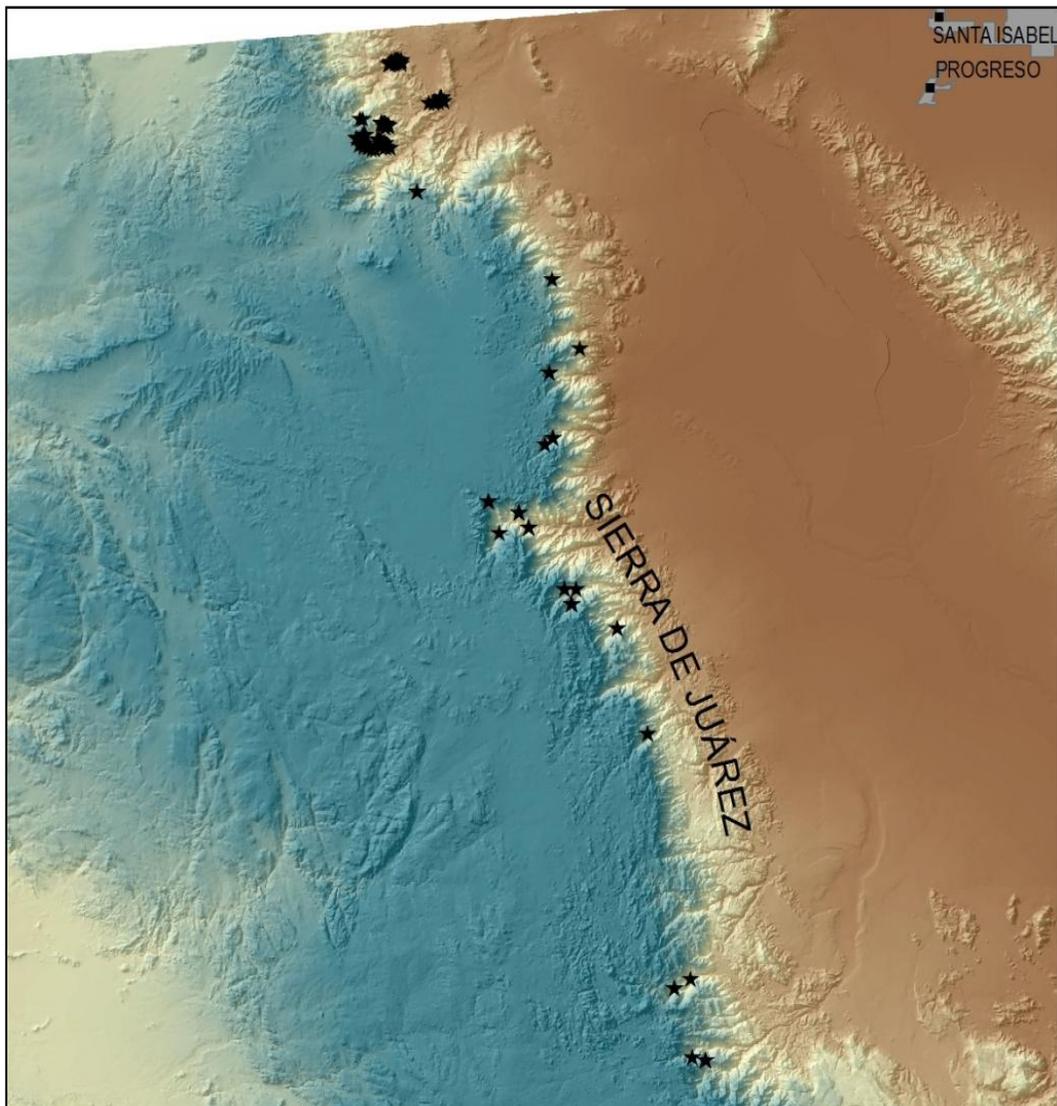
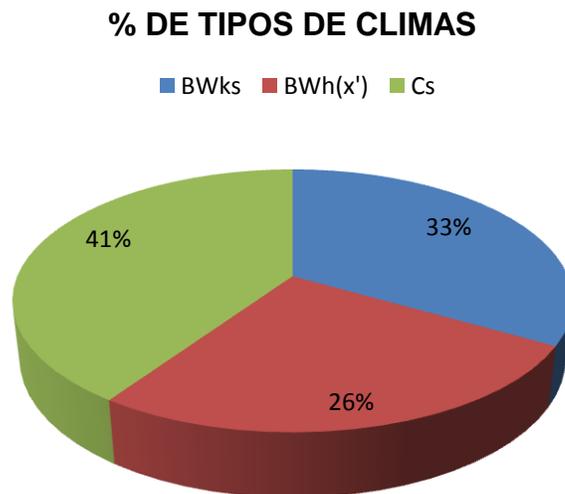


Figura 4. Mapa de distribución de registros de borrego cimarrón durante el censo aéreo. (Noviembre 2012).

## DISTRIBUCIÓN DE LAS VARIABLES CATEGÓRICAS

### CLIMAS

De acuerdo a la distribución de los registros de borrego cimarrón en la Sierra de Juárez, los principales tipos de climáticos utilizados por la especie fueron de tipo: Cs, Templado, lluvias en invierno y temperatura media anual entre 12°C y 18° C con una temperatura del mes más frio entre -3°C y 18°C, y una temperatura del mes más caliente debajo de 22°C ocupando un 41%de los registros (Grafica 1). El siguiente es el BWks, muy árido, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frio entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C.con el 33% de los registros (Grafica 1). Finalmente el tercer tipo de clima es el BWk(x') muy árido, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frio entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C.con un 26% de los registros (Grafica 1).



Grafica 1. Porcentaje de tipos de clima predominantes en la Sierra de Juárez, Baja California México, de acuerdo a las ubicaciones geográfica de los registros de borrego cimarrón.

A pesar de que la mayoría de los registros se ubicaron en un clima de tipo templado, éstos en realidad se encontraron en los límites de climas de tipo cálido seco BWks, BWh(x'), considerando que el 59% de los registros fueron ubicados en un tipo de clima cálidos secos (BW), se estima que existe una preferencia de estos climas por el borrego (Figura 5). Es importante considerar que la escala de la información climática que es de baja resolución se puede prestar a errores en el detalle de la ubicación de los registros.

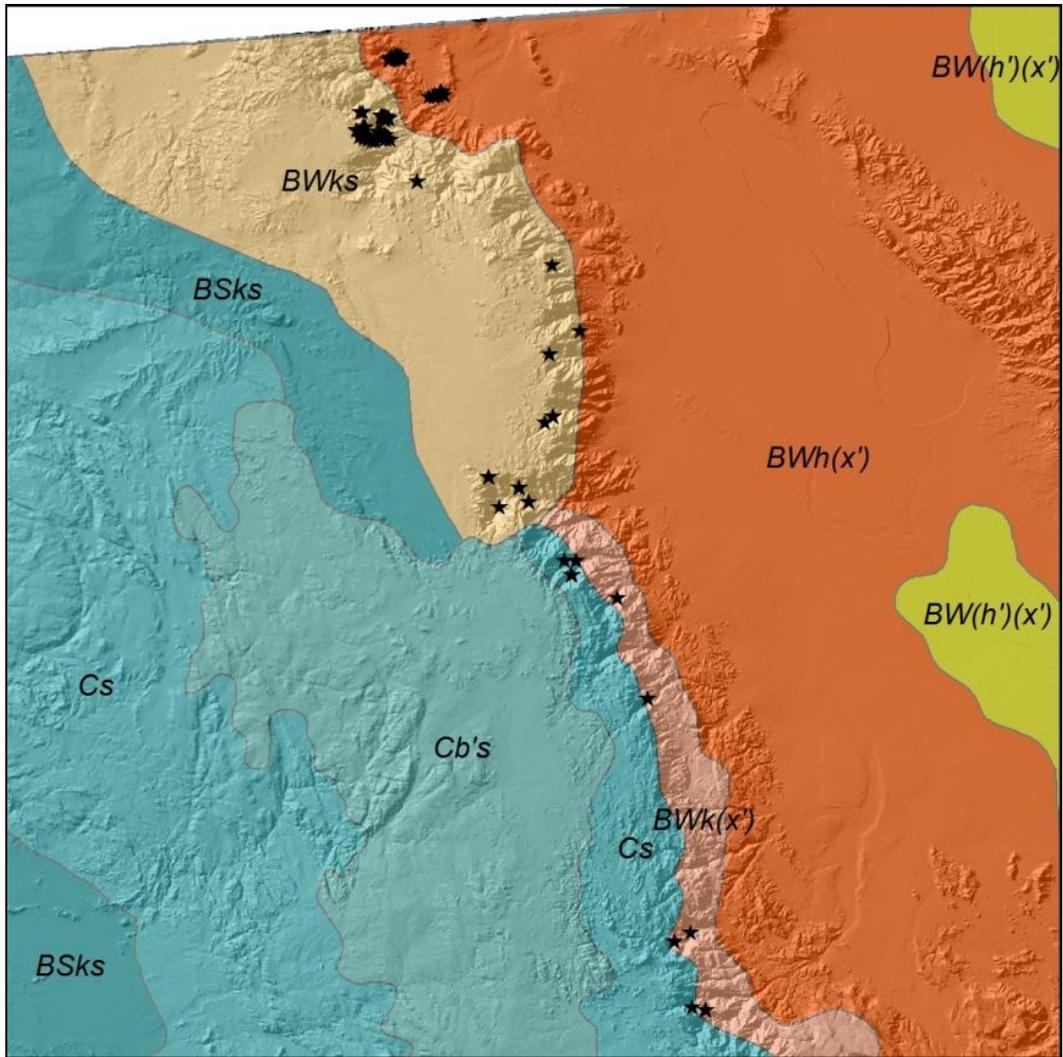
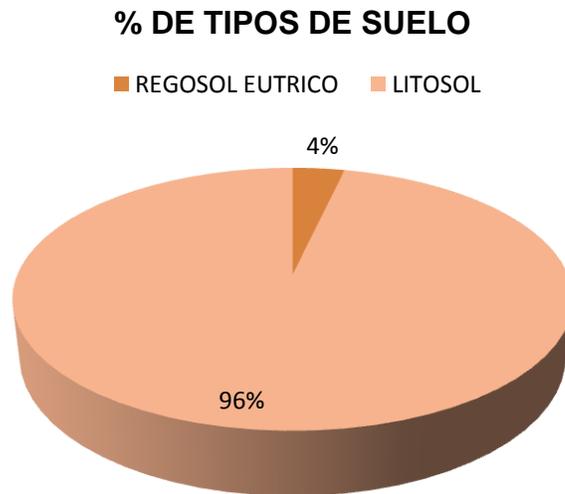


Figura 5. Mapa de distribución de tipos de clima predominantes en relación a la distribución de registros de borrego cimarrón en la Sierra de Juárez, Baja California México.

## SUELO.

El uso de tipo de suelo por el borrego cimarrón de acuerdo a la distribución de los registros refiere que el 96% se ubicaron en suelos de tipo litosol y el 4% restante estuvo presente en suelos de regosol éutrico (Gráfica 2).



Grafica 2. Porcentaje de tipos de suelos predominantes en la Sierra de Juárez, Baja California México, de acuerdo a la ubicación geográfica de los registros de borrego cimarrón.

La distribución de tipos de suelos predominantes en relación a la distribución de registros de borrego cimarrón se localizan en suelos de tipo litosol ya que estos suelos predominan en la partes altas de la sierra (Figura 6).

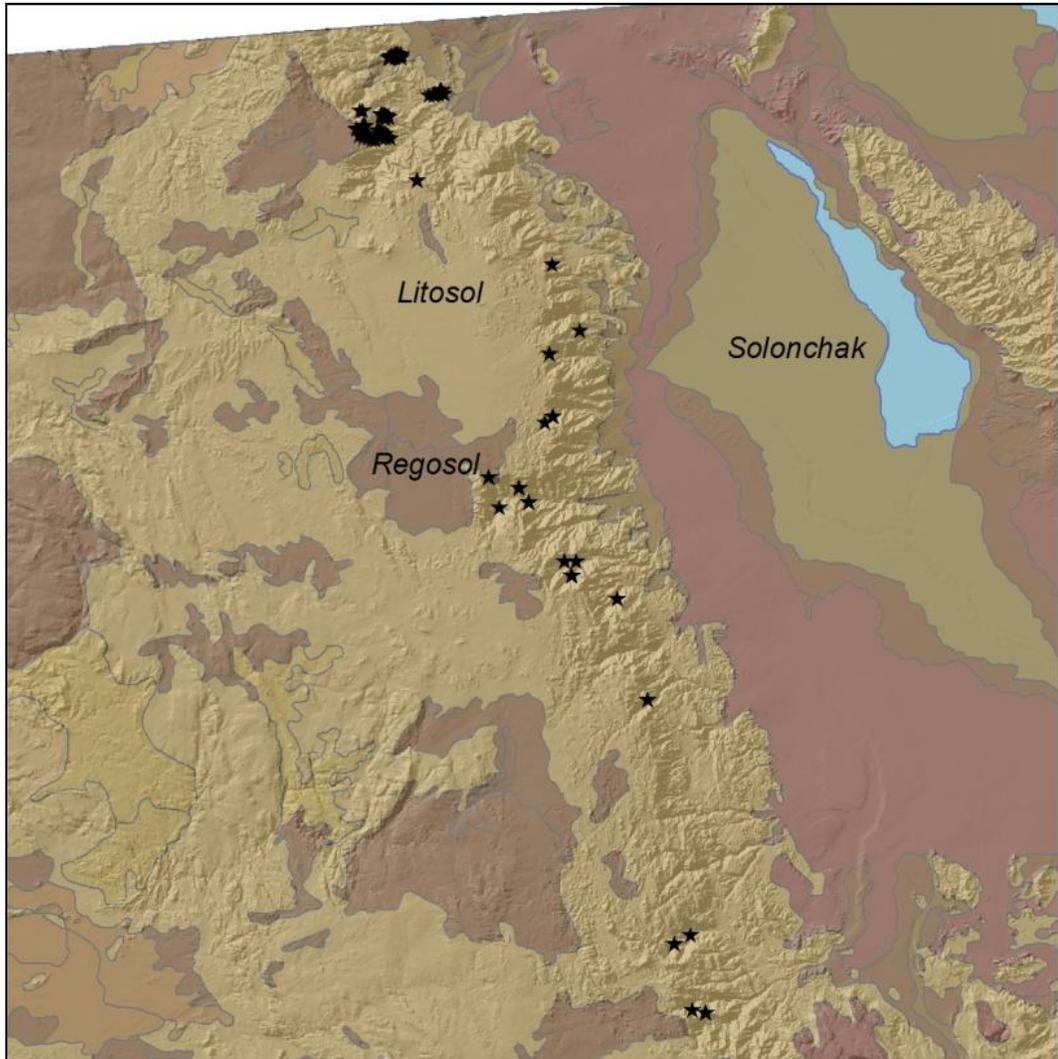
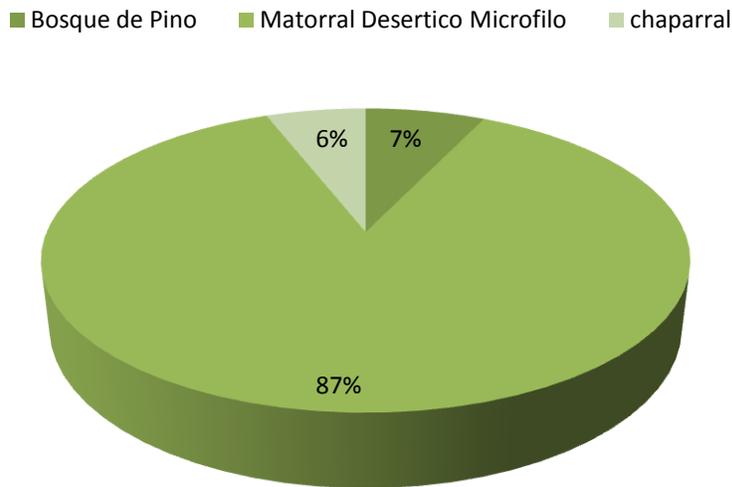


Figura 6. Mapa de distribución de tipo de suelos predominantes en relación a la distribución de registros de borrego cimarrón en la Sierra de Juárez, Baja California México.

## VEGETACIÓN.

Los principales tipos de vegetación en la Sierra de Juárez de acuerdo a la distribución de los registros de borrego cimarrón señala que el 87% se ubicaron en el matorral desértico microfilo (MDM), el 7% en bosque de pino (BP) y el 6% restante en chaparral (Ch) (Grafica 3).



Grafica 3. Porcentaje de tipos de vegetación predominantes en la Sierra de Juárez, Baja California México, de acuerdo a la ubicación geográfica de los registros de borrego cimarrón.

La principal condición de vegetación de acuerdo a los registros de borrego indica que el matorral desértico microfilo (MDM), fué donde se localizó el mayor número de registros, ya que este tipo de vegetación es de baja altura y provee un hábitat adecuado para la detección de depredadores, siendo el resto de las comunidades vegetales bosque de pino (BP) y chaparral (CH), los cuales corresponden a estratos de vegetación altos. Debido a lo anterior, el bajo porcentaje de preferencia de las anteriores asociaciones vegetales por el borrego estuvo representado por el área de ecotonía entre (BP, CH) y el MDM ya que la amenaza de depredadores es más alta (Figura 7).

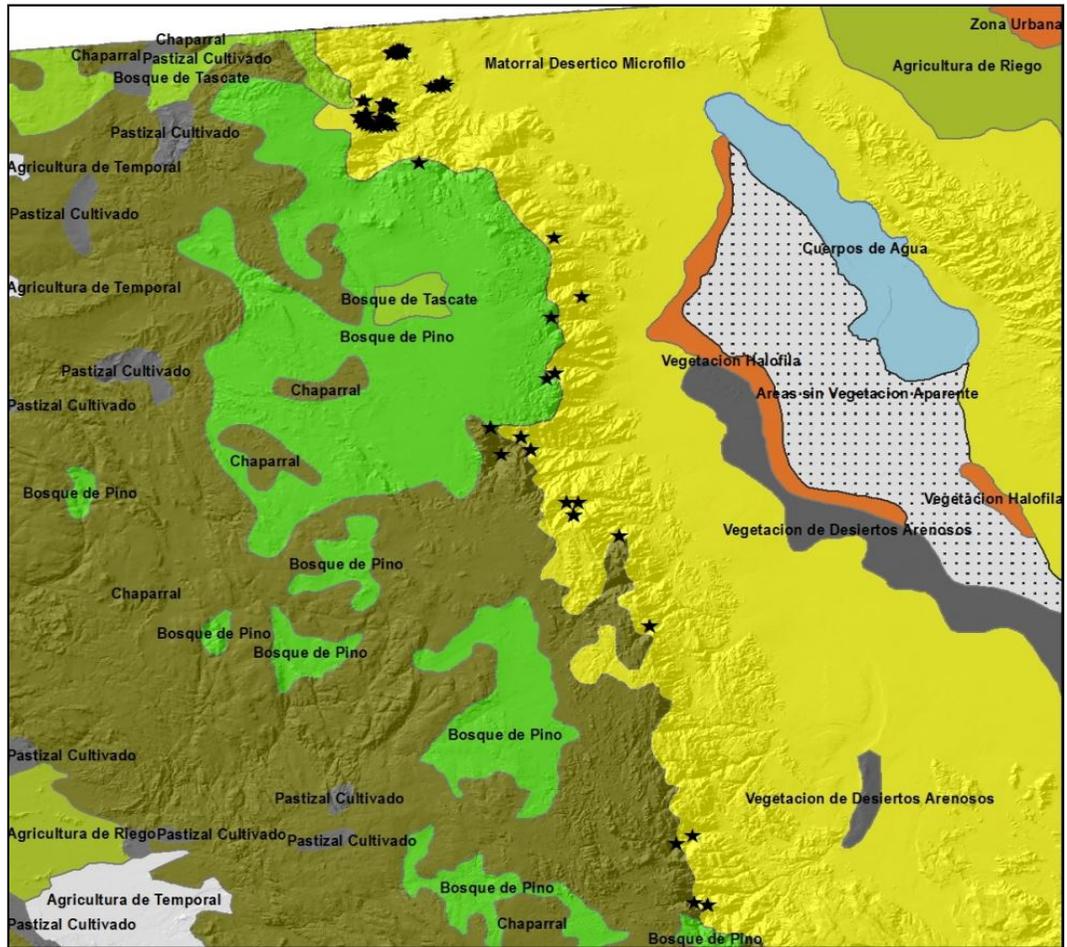


Figura 7. Mapa de distribución de tipo de vegetación en relación a la distribución de registros de borrego cimarrón en la Sierra de Juárez, Baja California México.

## MODELACIÓN DE HÁBITAT

### SELECCIÓN Y FILTRADO DE VARIABLE: TIPO DE VEGETACIÓN

Para la selección de las asociaciones de vegetación óptimas para el borrego cimarrón con la cubierta uso del suelo y vegetación serie III, se filtraron y seleccionaron los polígonos de pastizales naturales (PN), matorral desértico rosetófilo (MDR) y matorral desértico microfilo (MDM) (Figura 8). Estos tipos de vegetación se caracterizan por ser de porte bajo con una altura en promedio de 1.5 m, con lo anterior y de acuerdo con los registros de la base de datos se determinó que el borrego cimarrón prefiere asociaciones vegetales de baja altura las cuales proveen un hábitat adecuado para la detección de depredadores. Estos resultados son similares a los de Álvarez *et al.*, 2009, quienes concluyen que la estructura de la vegetación en promedio es de 1.3 m con una cobertura de 21%, lo cual indica una visibilidad adecuada para los borregos. Por su parte, Espinosa (1999), menciona que el tipo de vegetación del hábitat del borrego cimarrón en las Islas del Carmen estuvo compuesta principalmente por matorral microfilo, principalmente por *Bursera microphylla* (Torote), *Jatropha cuneata* (matacora) y *Gossypium harknessii* (algodón). En este sentido, Krausman y Leopold (1986), mencionan que en las montañas de Harquahala Arizona encontraron 11 asociaciones vegetales de las cuales solo dos formaciones básicas vegetativas fueron preferidas por el borrego cimarrón siendo el matorral desértico y chaparral.

Mckinney *et al.*, (2003), mencionan que en el desierto de las montañas de Mazatzal Arizona, la vegetación preferente del borrego cimarrón fue similar al matorral desértico de Sonora, y el chaparral en combinación con comunidades de pino ponderosa. Por otra parte (Bernatas y Nelson 2004) mencionan que el Condado de Owyhee en el suroeste de Idaho la vegetación que se encontró en el área de estudio estaba conformado

principalmente por artemisa (*Artemisia tridentata wyomingensis*), la cual contaba con una altura de 1m, y en la parte occidental del área de estudio estuvo presente (*Juniperus occidentalis*), (*Cercocarpus ledifolius*), (*Celtis laevigata reticulata*) (*Chrysothamnus spp.*) mientras que en las áreas perturbadas y en las laderas orientadas al norte se localizaron pastos como (*Pseudoroegneria spicata*), (*Poa secunda*), (*Elymoides Elymus*). Espinosa *et al.*, (2009), mencionan que para el estado de Coahuila las comunidades vegetales de arbustos desérticos, plantas de tallos suculentos propias de zonas desérticas son importantes para el borrego cimarrón. Asimismo mencionan que las características de las sierras en los municipios con registros históricos de borrego cimarrón particularmente en Cuatro Ciénegas, Sierra Mojada y Ocampo, la vegetación característica es matorral desértico chihuahuense compuesto por varias comunidades donde se incluye el matorral microfilo y rosetófilo caracterizados por lechuguilla (*Agave lecheguilla*), sotol (*Dasyllirion texanum*), palma (*Yucca sp*), nopal (*Opuntia sp.*), candelilla (*Euphorbia antyphisilitica*), huizache (*Acacia farnesiana*), mezquite (*Prosopis spp.*), gobernadora (*Larrea tridentata*) y ocotillo (*Fouqueria splendens*) (Espinosa *et al.*, 2007).

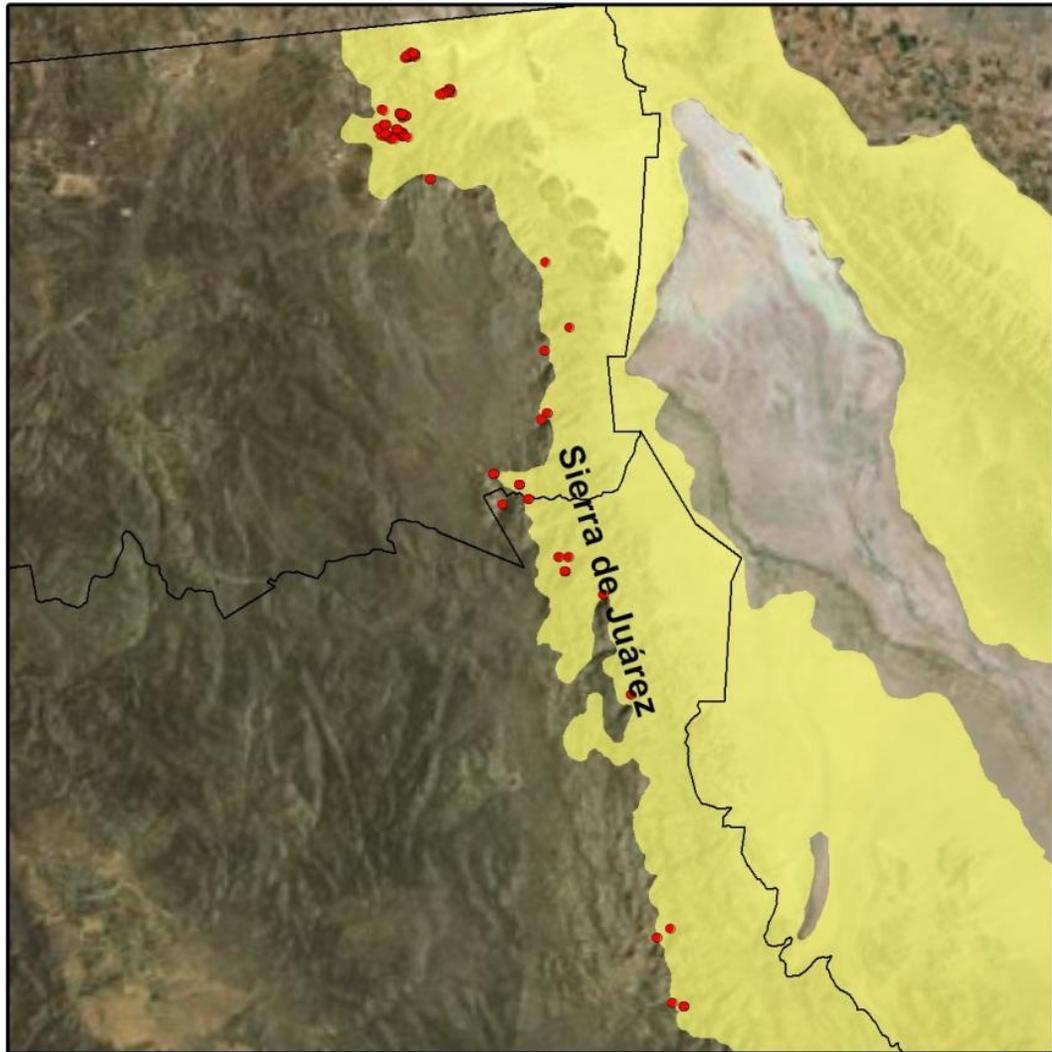
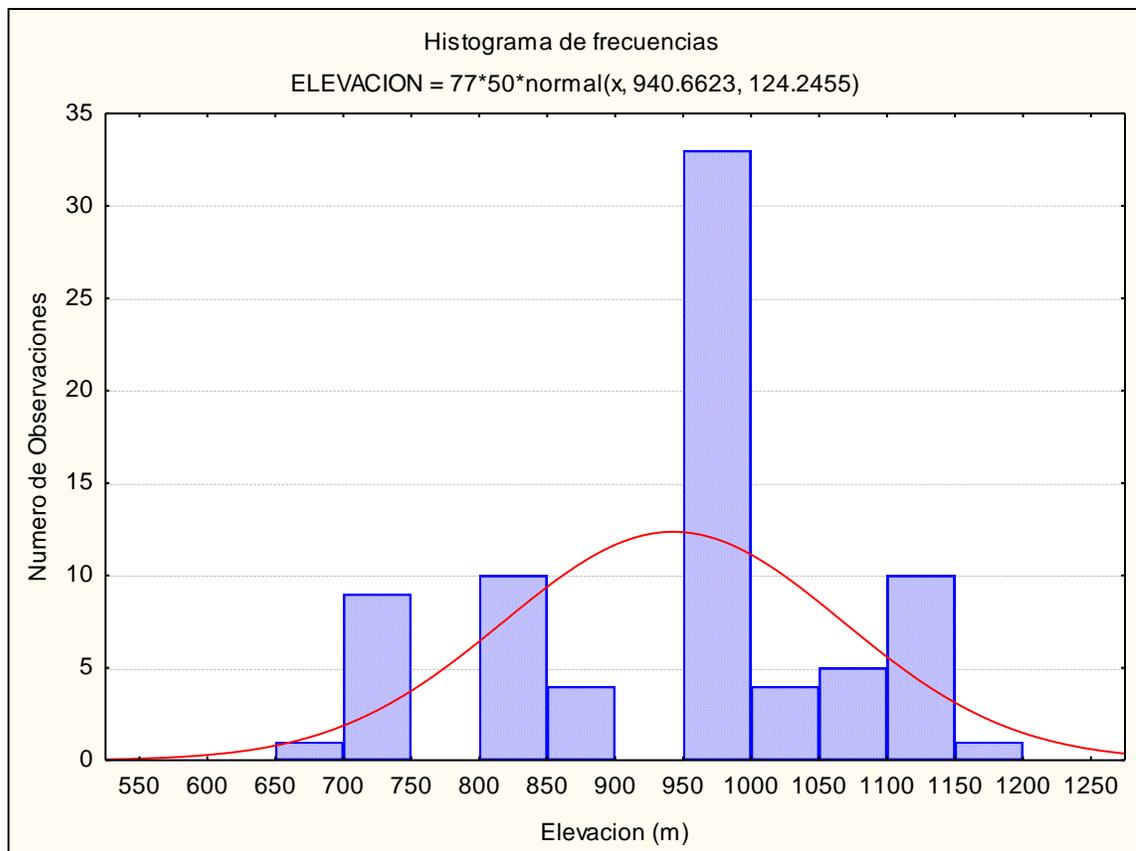


Figura 8. Mapa que muestra las zonas filtradas con las comunidades vegetales (áreas en amarillo) consideradas como condición óptima para el borrego cimarrón en la Sierra de Juárez, Baja California México.

## DISTRIBUCIÓN DE VARIABLES NUMÉRICAS: ELEVACIÓN

Para el análisis de la variable elevación se consideraron únicamente 77 registros de un total de 84 registros, que compone la base de datos obtenidos del censo aéreo.

Para la variable elevación, en el análisis estadístico se obtuvo una media de 940.66 m., con un valor mínimo de 651 y un valor máximo de 1170 msnm. De acuerdo al comportamiento de los valores en la campana de Gauss (Grafica 4), el intervalo de elevación óptimo establecido para el borrego cimarrón fue de 700 a 1200 msnm.



Grafica 4. Histograma de frecuencias de elevaciones (msnm) de los registros de borrego cimarrón en la Sierra de Juárez.

Los siete registros omitidos del análisis, correspondieron a animales observados en un recorrido a pie por el área de estudio. Cuatro de los anteriores registros se localizaron en elevaciones menores de 700 msnm y tres de éstos en elevaciones mayores de los 1200 msnm. Las elevaciones cercanas a los 1200 msnm se ubicaron en bosques de pino abierto, por lo cual se encuentran en las zonas de límites superiores de elevación para el borrego en esta sierra.

Krausman y Leopold (1986) encontraron que en las montañas de Harquahala Arizona las elevaciones para el borrego cimarrón oscilaron entre los 580 y 1732 msnm. Por otra parte López *et al.*, (1999), observo que los borregos cimarrones, en el estado de Sonora presentaron cierta evasión a las altitudes por debajo de los 300 msnm, asimismo registró una mayor utilización por encima de los 300 msnm.

Guerrero *et al.*, (2003), determinaron que para la Sierra El Mechudo en B.C.S. el borrego cimarrón se localizó entre los 300 y 400 msnm evitando altitudes inferiores a 100 y superiores a 600 msnm. Mckinney *et al.*, (2003) por su parte, mencionan que en el desierto en las montañas de Mazatzal zona central de Arizona, las elevaciones variaron entre 457 y 2317 msnm. Por otra parte Jansen *et al.*, (2006) menciona que para las montañas Silver Bell, en el centro-sur de Arizona las elevaciones varían entre 580 a 1290 msnm en el noreste de Silver Bell Peak.

## SELECCIÓN Y FILTRADO DE VARIABLE: ELEVACION

En relación a la variable elevación se determinó el intervalo óptimo 700-1200 msnm usado para el borrego cimarrón en el área de estudio (Figura 9).

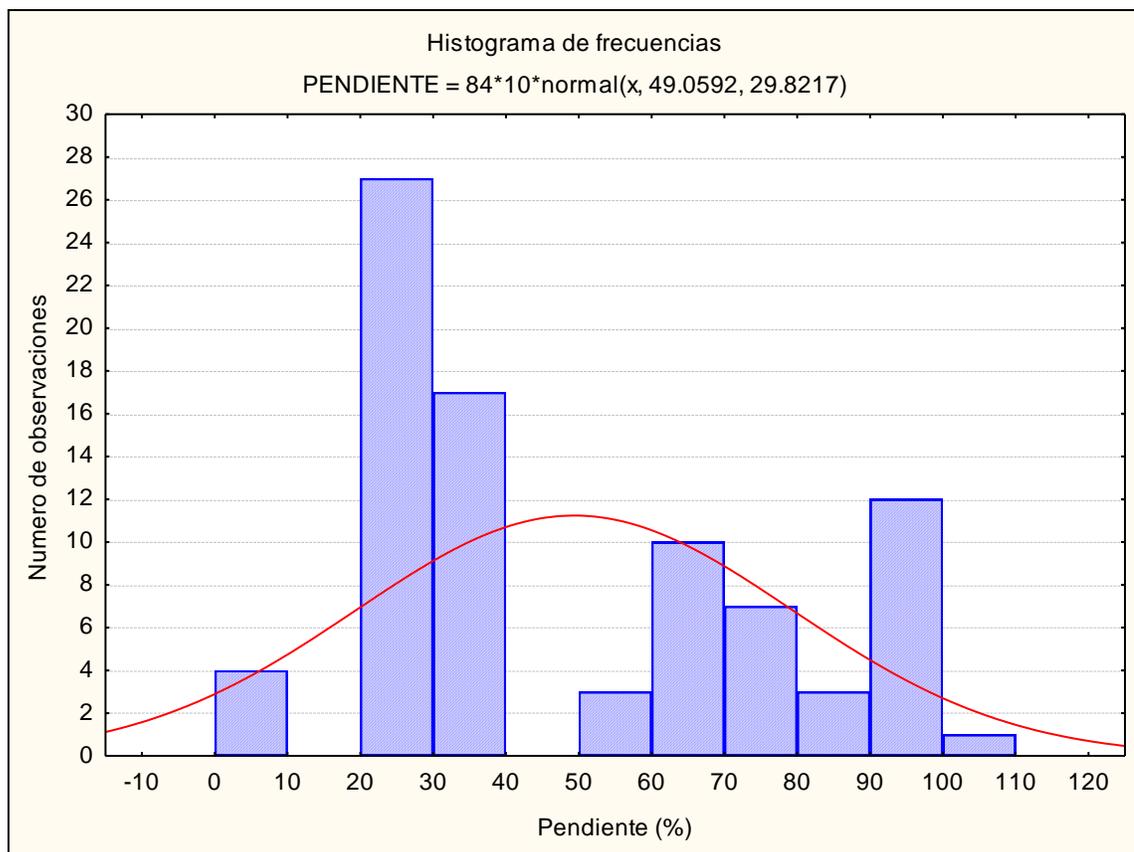


Figura 9. Mapa de zonas con el filtrado de elevaciones (zonas en azul) consideradas como el intervalo óptimo para el borrego cimarrón en la Sierra de Juárez, Baja California México.

## DISTRIBUCIÓN DE VARIABLE NUMÉRICA: PENDIENTE.

En relación a la variable pendiente para el análisis estadístico se utilizaron los 84 registros de la base total de datos. De este análisis se obtuvieron los siguientes resultados, una pendiente media de 49.05%, con un valor mínimo de 3.42% y un valor máximo de 107.92% (Grafica 5).

Teniendo un intervalo de pendiente óptimo de 30 - 80% establecido como el óptimo para el borrego cimarrón en la Sierra de Juárez Baja California.



Grafica 5. Histograma de pendientes (%) de los registros de borrego cimarrón en la Sierra de Juárez.

Para el análisis de esta variable no se omitió ningún dato, sin embargo 40 registros fueron ubicados en zonas con pendiente entre 20 y 40%, siendo las anteriores, áreas importantes en relación al forrajeo y el acceso al agua por la especie. En relación a lo anterior, Espinosa (2010) calculó el área de hábitat total utilizable por el borrego cimarrón, incluyendo un búfer de 150 m alrededor del terreno de escape, incluyendo sólo pendientes entre 20 y 59 % de inclinación del terreno.

López *et al.*, (1999), determinaron que el borrego cimarrón evade las pendientes menores de 30% mientras que las pendientes mayores de 60% son utilizadas en relación a su disponibilidad. Por otra parte Guerrero *et al.*, (2003), constataron que los borregos machos seleccionan pendientes más pronunciadas representadas por sitios mayores a 80%, mientras que las hembras presentan un mayor rango a partir de 60%, aunque cuando tienen crías prefieren pendientes mayores ya que estas tienen que ver con el terreno de escape (caracterizado principalmente por terrenos rocosos, escarpados y empinados, en el cual los borregos pueden mantenerse a salvo de sus depredadores) evitando los sitios más planos. (Espinoza y Contreras, 2010), determinaron una pendiente de > 60% como óptima para el borrego cimarrón.

## SELECCIÓN Y FILTRADO DE VARIABLE: PENDIENTE

En la figura 10, se muestra el filtrado de pendientes e intervalo óptimo 30-80 % para el borrego cimarrón en la sierra de Juárez.

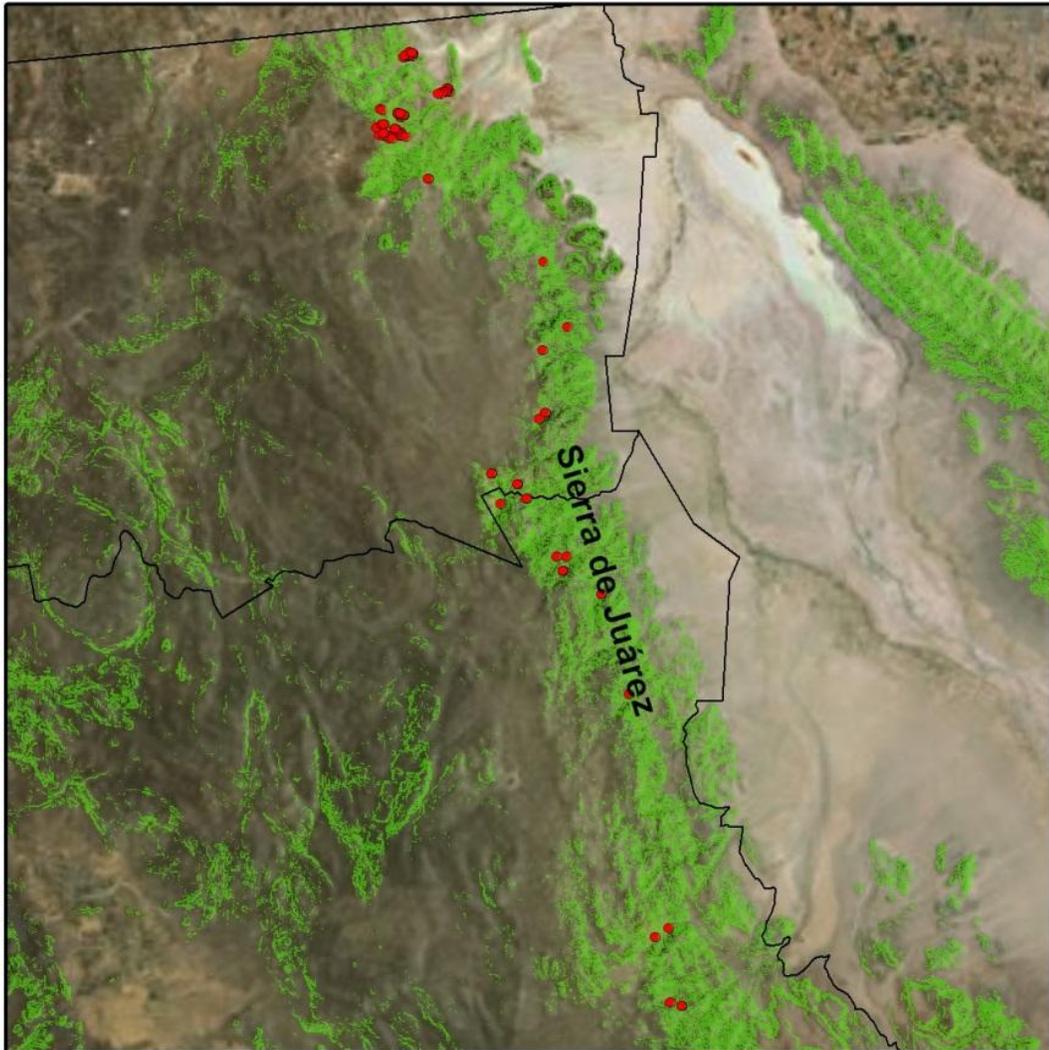
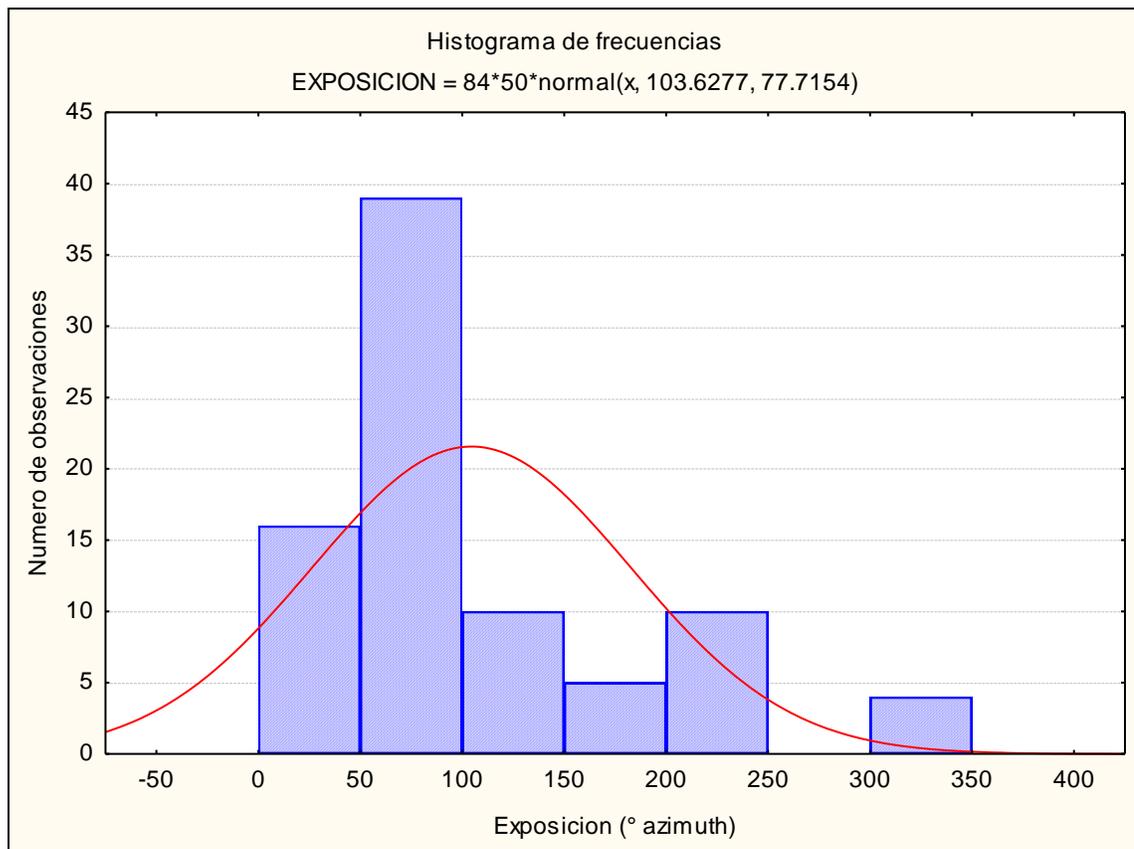


Figura 10. Mapa de zonas con el filtrado de pendientes (zonas en verde) consideradas como el intervalo óptimo para el borrego cimarrón en la Sierra de Juárez, Baja California México.

## DISTRIBUCIÓN DE VARIABLE NUMÉRICA: EXPOSICIÓN

Para la variable exposición en base a los valores obtenidos del cruce de datos se utilizaron los 84 registros de la base de datos, obteniendo un valor medio de  $103.62^\circ$  (Este), con un valor mínimo de  $2.73^\circ$  (Norte) y un valor máximo de  $347.22^\circ$  (Norte) (Grafica 6). El intervalo de exposición óptimo para el borrego cimarrón en la Sierra de Juárez fue de  $0^\circ$  a  $250^\circ$  (Noreste-Sureste). La mayoría de los animales prefirieron la exposición noreste considerando la época del año en que el censo fue realizado (Noviembre–Diciembre)



Grafica 6. Histograma de exposiciones ( $^\circ$  azimuth) de los registros de borrego cimarrón en la Sierra de Juárez.

Estos resultados no coinciden con los de López *et al.*, (1999), quienes determinaron que la composición N-NE-E, fue evadida por los animales mientras que la excepción con orientación compuesta de S-SW-W, fue utilizada levemente en mayor proporción a su disponibilidad, la cual fue similar a este estudio. Guerrero *et al.*, (2003), encontró que los sitios utilizados por los borregos en los meses de Febrero a Abril están orientados hacia el sureste y sur aunque en ciertas zonas optan por laderas con orientación norte.

## SELECCIÓN Y FILTRADO DE VARIABLE: EXPOSICIÓN.

La preferencia de exposiciones para el borrego cimarrón en la Sierra de Juárez, se encuentra en un intervalo de 0-250° exposición Nordeste-Sureste (Figura. 11).

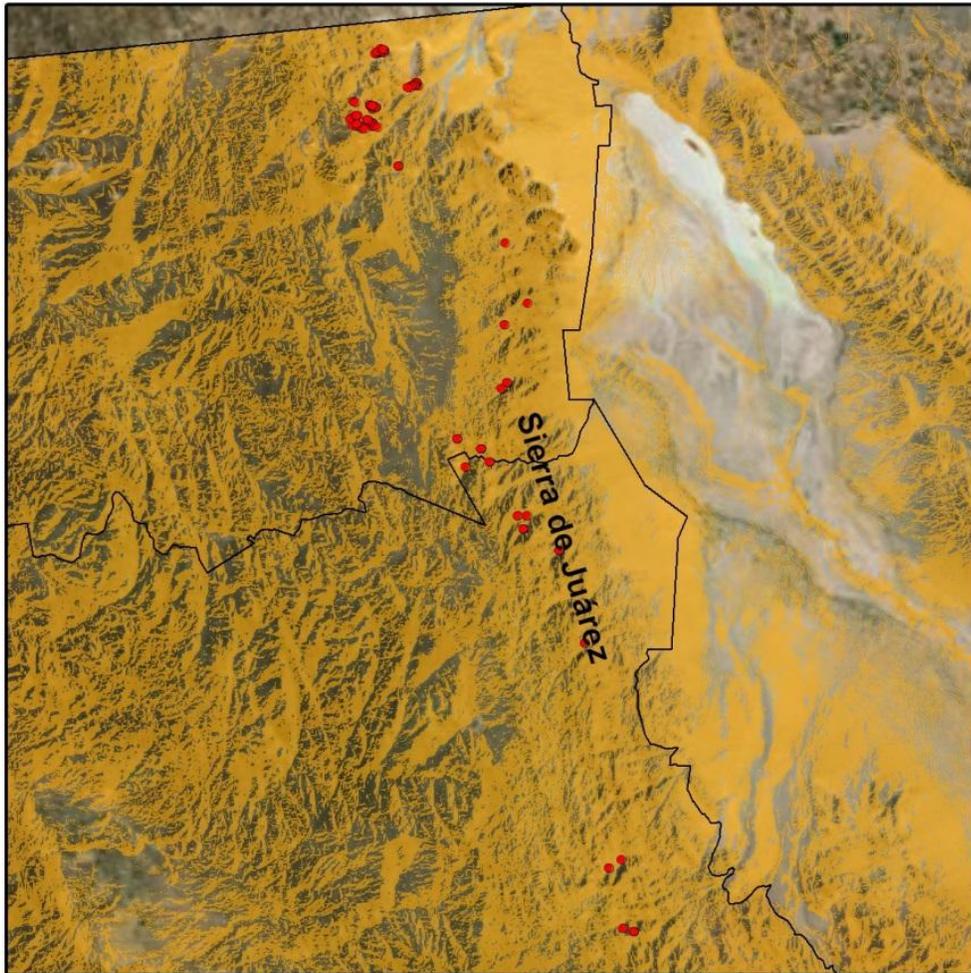


Figura 11. Mapa de zonas con el filtrado de exposición (zonas en anaranjado) consideradas como el intervalo óptimo para el borrego cimarrón en la Sierra de Juárez, Baja California México.

## MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE HÁBITAT POTENCIAL DE BORREGO CIMARRÓN EN LA SIERRA DE JUÁREZ BAJA CALIFORNIA MEXICO.

El resultado del filtrado de las cuatro variables (vegetación, elevación, pendiente y exposición) y su superposición e intersección en el SIG dieron como resultado las áreas denominadas terreno de escape en las cuales el borrego cimarrón cuenta con todos los requerimientos óptimos para su sobrevivencia (Figura 12).

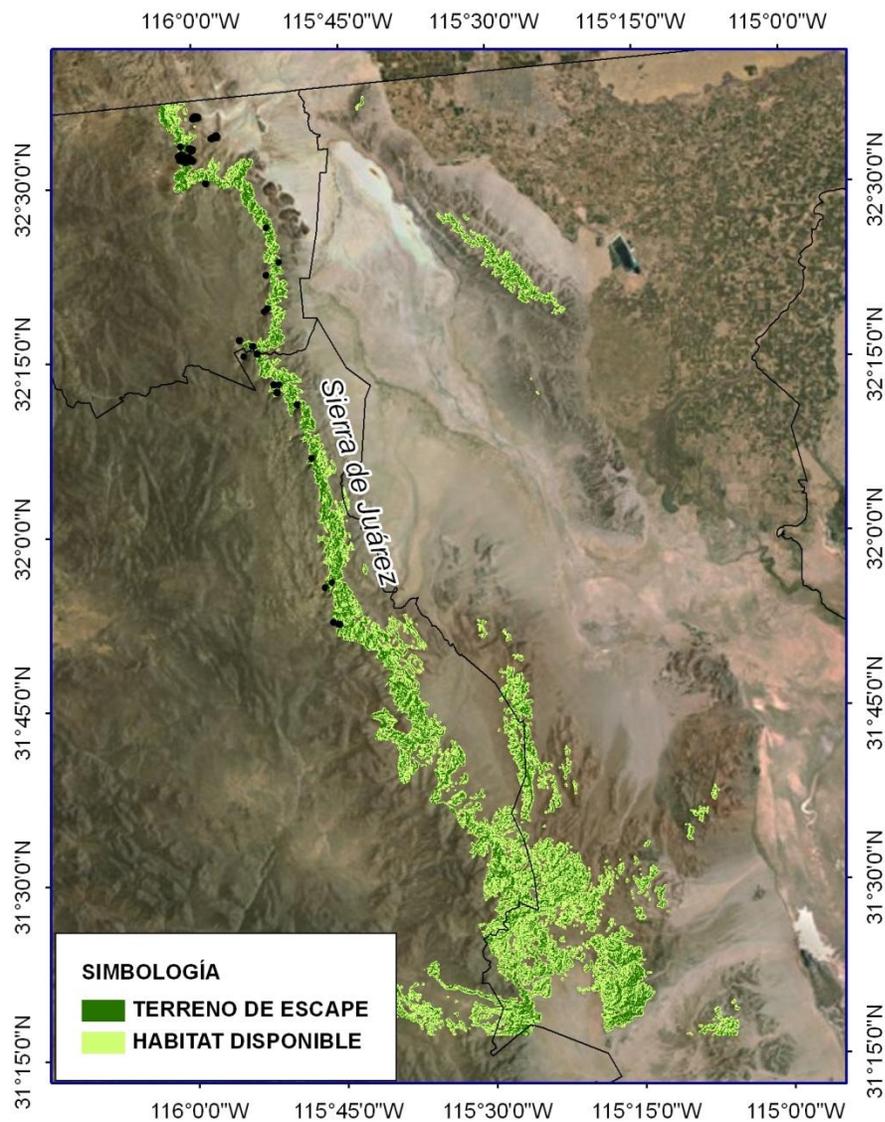


Figura 12. Mapa de terreno de escape y hábitat disponible para el borrego cimarrón en la sierra de Juárez Baja California México.

En relación al análisis de superficie del hábitat potencial para la Sierra de Juárez se estimó un área optima de terreno de escape de 29,337.85 ha (Tabla 1), en la cual se presenta los valores de terreno de escape para sierras aledañas al área de estudio que cumplen con los requerimientos necesarios de hábitat potencial para el borrego cimarrón. A partir de este terreno de escape se generó una zona buffer de 150 m (Figura 12), la cual se denominó como hábitat disponible. En este sentido (Espinoza, 2007), determino un área de hábitat disponible a partir del terreno de escape generando una zona buffer de 150m debido a que son áreas que el borrego cimarrón utiliza con el fin de acceder a cuerpos de agua y zonas de forrajeo.

Guerrero *et al.*, (2003), observaron que los borregos se alejaban a distancias inferiores a 100 m del terreno de escape, incluso llegaron a alejarse hasta los 500 m durante la época seca con el fin de acceder a sitios con agua y alimento disponible, aunque no los denomina como hábitat adecuado. Por otra parte Alvares *et al.*, (2000), observaron que los borregos cimarrones seleccionaron distancias menores a 200 m del terreno de escape aunque algunos animales se aislaron más de los 500 m en épocas críticas. Por otra parte, Espinoza y Contreras (2010), determinaron el área de hábitat total, utilizable por el borrego cimarrón, mediante la incorporación de un buffer de 150 m alrededor del terreno de escape, donde incluyó únicamente pendientes entre 20 y 59% de inclinación con presencia de vegetación de MDR y PN, siendo que al área resultante se le sumó el área del terreno de escape.

En base al análisis espacial del hábitat disponible de la Sierra de Juárez anteriormente mencionado, se obtuvo un área de 52,004.71 ha que se muestra en la tabla 2, donde a su vez se muestran las superficies de hábitat disponible para las sierras aledañas.

En base al análisis espacial del hábitat potencial se determina que la Sierra de Juárez tiene una superficie de 81,342.5 ha, cifra que representa el 1.14% de la superficie del estado de Baja California, que son la suma de terreno de

escape y hábitat disponible. El total de la superficie que hay en la Sierra de Juárez y sus sierras aledañas suman un total de 116,995.81 ha que representan el 1.64% del estado siendo la superficie total de hábitat potencial para las poblaciones de borrego cimarrón en la zona.

En este sentido, Espinoza *et al.*, (2009), determinaron como terreno de escape solo aquellas áreas que presentaron una combinación tanto de pendientes, así como de vegetación óptima para el borrego cimarrón, reportando para la sierra de Maderas del Carmen una superficie de hábitat potencial de 270 km<sup>2</sup>, y para la sierra de San Marcos y Pino un hábitat potencial de 174 km<sup>2</sup>.

Por otra parte Valdez (2012), determinó un total de 14,500 ha como superficie de área potencial de la isla el Carmen Baja California México.

Tabla 1. Superficie de terreno de escape en m<sup>2</sup>, km<sup>2</sup>, y hectáreas para el borrego cimarrón en la Sierra de Juárez y Sierras adyacentes.

Sierras	m <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	ha
Sierra de Juárez	293,378,462	293.38	29,337.85
Sierra San Felipe	47,661,284	47.66	4,766.13
Sierra Las Tinajas	26,348,309	26.35	2,634.83
Sierra San Pedro Mártir	24,147,472	24.15	2,414.75
Sierra Cucapá	18,240,932	18.24	1,824.09
Sierra Las Prites	1,371,811	1.37	137.18
Sierra El Centinela	225,925	0.23	22.59
Sierra el Mayor	16,776	0.02	1.68

Tabla 2. Superficie de hábitat disponible en m<sup>2</sup>, km<sup>2</sup>, y hectáreas para el borrego cimarrón en la Sierra de Juárez y sierras adyacentes.

Sierras	m <sup>2</sup>	Km <sup>2</sup>	ha
Sierra de Juárez	520,047,096	520.05	52,004.71
Sierra San Felipe	74,822,435	74.82	7,482.24
Sierra Las Tinajas	62,523,873	62.52	6,252.39
Sierra San Pedro Mártir	59,447,119	59.45	5,944.71
Sierra Cucapá	34,407,064	34.41	3,440.71
Sierra Las Prites	5,985,315	5.99	598.53
Sierra El Centinela	1,013,264	1.01	101.33
Sierra El Mayor	320,878	0.32	32.09

## CONCLUSIÓN

En este estudio se caracterizó el hábitat del borrego cimarrón en la Sierra de Juárez, Baja California México, durante la época reproductiva mediante la incorporación de registros directos a un sistema de información geográfica (SIG) incluyendo factores como clima, vegetación, suelos y parámetros topográficos requeridos por esta especie.

Determinando que el borrego cimarrón en la Sierra de Juárez México se localiza en tipos de clima, cálidos secos con suelos principalmente de tipo de litosol en combinación con regosol éutrico en las zonas bajas; con vegetación predominante de matorral desértico microfilo con zonas ecotonales al bosque de pino y chaparral. Esta especie prefiere zonas entre los 700-1200 msnm, con una pendiente óptima que va de 30-80%, tiende a moverse en zonas de exposición noreste–sureste durante la época reproductiva. En base a esta preferencia de variables topográficas y vegetación, se determinó una superficie de hábitat potencial de 116,995.81 ha que representa el 1.64% del estado, aptas para la conservación y manejo del borrego cimarrón en la Sierra de Juárez Baja California

El desarrollo de este tipo de modelaciones es una buena herramienta para la evaluación de hábitat actual y potencial de borrego cimarrón en la Sierra de Juárez Baja California México, con fin de establecer estrategias de conservación y manejo ya que son una herramienta rápida y económica de análisis.

## 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.
- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México.136-138p. [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp\\_012.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_012.pdf)
- Bernatas S., Nelson L. 2004. Sightability model for California bighorn sheep in canyonlands using forward-looking infrared (FLIR). *Wildlife Society Bulletin*. 32(3):638-647.
- Cain III J.W., Johnson H.E., Krausman P.R. 2005. Wildfire and desert bighorn sheep habitat, Santa Catalina Mountains, Arizona. *The Southwestern Naturalist*, 50(4):506-513.
- CONACYT. 2010. Programa integración del agua del municipio de Ensenada Baja California. PIAME.181.
- CONANP. 2011. Programa de Plan de Manejo Parque Nacional Constitución de 1857. Primera edición. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D,F. 121.
- Delgadillo J. 1998. Florística y ecología del norte de Baja California.2da. Edición Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, B.C, Mexico. 413.
- Delgadillo J. 2004. El bosque de coníferas de la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California. SEMARNAT - Instituto Nacional de Ecología, México DF.159.

- Delgadillo J., Rodríguez, M.A. 2002. Componente florístico del desierto de San Felipe, Baja California, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 70:45-65.
- Domínguez, F.C. 2009. Estudio comparativo preliminar de los bosques de la Sierra de Juárez, Baja California (México) y la Serranía de Cuenca (España). Tesis de posgrado. Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Politécnica Superior de Gandia I .T. Forestal. 56.
- 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>.
- Epinosa, T. A., Contreras, B., Armando, J. 2010. Evaluación de hábitat para la restauración del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) en Coahuila, México. *Ciencia UANL*, Vol. 13(1):78-86.
- Espinosa, T.A., Contreras, B.A., Sandoval, A.V., García, A.M. 2009. Selection of Desert, Bighorn Sheep (*Ovis canadensis*) Transplant Sites in Sierra Madera del Carmen and sierra San Marcos y el Pino, Coahuila México. *The Texas Journal of science*.Vol.61 (1):15-30.
- Espinosa, A. T., Sandoval, A.V., García, A.M., Contreras, A. J. 2007. Evaluation of historical desert bighorn sheep habitat in Coahuila, México. *Desert Bighorn Council Transactions*. Vol. 49:30-39.
- Espinosa, T. A., Sandoval, A.V., Contreras-Balderas, A. J. 2006. Historical Distribution of Desert Bighorn Sheep (*Ovis canadensis mexicana*) in Coahuila, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 51(2):282-288.
- Espinosa, T. A. 1999. Uso de hábitat del borrego cimarrón del desierto. Programa Permanente de Conservación Isla del Carmen Baja California Sur. Organización vida Silvestre. (<http://ovis.vto.com/propdiicbp6.htm>).
- Guerrero C.I., Tovar Z.I. y Álvarez C.S. 2003. Factores que afectan la distribución espacial del borrego cimarrón *Ovis canadensis weemsi* en la Sierra del Mechudo,

- Baja California Sur, México. *Anales del instituto de Biología*, UNAM, Serie Zoología, 74(1):83-98.
- González-Abraham C.E., Garcillán P.P. y Ezcurra E. 2010. Ecorregiones de la Península de Baja California: una síntesis. *Boletín Sociedad botánica de México*, (87):69-82.
- Gonzales, M.R. 2003. Alternativas de manejo forestal mediante el desarrollo de conocimiento específico del sitio. Tesis Doctor en Ciencias con especialidad en manejo de recursos naturales. Linares, N.L. 105- 151. [http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1020149181/1020149181\\_03.pdf](http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1020149181/1020149181_03.pdf)
- 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. Uso del 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).
- INEGI. Edafológica. Datos vectoriales escala 1:250,000 serie II Fuente: Sitio del INEGI en Internet: [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx).
- INEGI. Continúo de Elevaciones Mexicano, 3.0 (CEM 3.0). Fuente: Sitio del INEGI en Internet: [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx).
- Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Ensenada Baja California. 2010. Programa Integral del Agua del Municipio de Ensenada, Baja California. 187. [http://www.imipens.org/IMIP\\_files/subcomMA/PIAME.pdf](http://www.imipens.org/IMIP_files/subcomMA/PIAME.pdf)
- Jansen B.D., Krausman P.R., Heffelfinger J.R. and Devos JR. J.C. 2006. Bighorn Sheep Selection of Landscape Features in an Active Copper Mine. *Wildlife Society Bulletin* 34(4):1121-1126.
- Krausman, R. P., Leopold, D.B. 1986. Habitat Components for Desert Bighorn Sheep in the Harquahala Mountains, Arizona. *The Journal of Wildlife Management*, Vol. 50 (3):504-508.

- Lee R.M., Martinez G., J. Zatarain, and J. Escobar. 2012. Observations on the distribution and abundance of bighorn sheep in Baja California, Mexico. *California Fish and Game*, 98:51-59.
- López, S.E., Lee R.M., De Vos C.J., Schweinsburg R.E. y Luna S.G. 1999. Relación uso-disponibilidad de componentes topográficos y un modelo de calidad del hábitat para el borrego cimarrón, en Sonora, México. Instituto del Medio Ambiente y el Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora. *Acta Zoológica Mexicana*, 76:17-34.
- López, S.E., Paredes A.R., 2000. Evaluación del ámbito hogareño y calidad de hábitat del borrego cimarrón (*Ovis canadensis mexicana*), Berrendo sonorese (*Antilocapra americana sonoriensis*) y del Puma (*Felis concolor*) en la reserva de la biósfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar. Instituto del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora Informe final SNIB-CONABIO proyecto No.L112. México D. F.
- 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 N° U017. México D.F.
- McKinney T., Smith T.W., de Dos, J. J. 2003. Evaluation of Factors Potentially Influencing a Desert Bighorn Sheep Population. *Wildlife Monographs* 164:1-35.
- Morrison, M.L., Marcot, B.G., Mannan R.M. 1998. Wildlife habitat relationships: concepts and applications. Second edition. University of Wisconsin Press, Madison, WI. 2 edición. 435.
- Nolasco M., Molina V., Acevedo M., Roldan I., Bravo M. y Merino S. 1992. Breviario de los municipios fronterizos de México. Editorial Parana S.A. Primera edición México. 419.

- Oropeza O.O. 2000. Atlas regional de impactos derivados de las actividades petroleras en Coatzacoalco Veracruz. Universidad Nacional Autónoma de México.26-29.
- Rzedowski J. 2006. Vegetación de México. 1a. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504.
- SEMARNAP, 2000. Proyecto para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis*) en México. Primera edición. 106.
- SEMARNAT, 2007. Programa Regional Hidrológico Forestal para la Región I Península de Baja California. Fondo Sectorial CONAFOR-CONACYT.194.
- SEMARNAT-INECC.1998. Reporte del estado ambiental y de los recursos naturales en la Frontera Norte de México. 349.
- Smith N.S. and Krausman P.R. 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.
- Tapia L.A. 1997. Cimarrón del culto a la cultura del borrego. Mexicali Baja California, UABC. 198.
- Valdez, R. R. and Krausman P.R. 1999. Mountain Sheep of North America. The University of Arizona Press, Tucson, USA. 353.
- 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. 265-274.

- Valerius G. and Petocz R.G. 1977. Bighorn sheep in winter: do rams maximize reproductive fitness by spatial and habitat segregation from ewes. *Canadian Journal of Zoology*, 55(11): 77-234.
- Vizcarra S.S. 1998. Ayer en Cucapá. *Boletín de archivo histórico del gobierno del estado de Baja California*.
- Zavaleta J.A. 2006. Análisis de la Diversidad Genética de dos Poblaciones de Borrego cimarrón (*Ovis canadensis mexicana*). Tesis Doctorado en Philosophia. Universidad Autónoma de Chihuahua Facultad de Zootecnia Secretaria de Investigación y Posgrado.72.
- Zurita V.J.C. 2012. Análisis nutricional de la dieta del borrego cimarrón (*Ovis canadensis weemsi*) y el efecto de sus poblaciones sobre la vegetación de la isla “El Carmen”, Baja California Sur, México. Seminario de Posgrado. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.95-104.