

**Universidad Autónoma de Baja California**

**Facultad de Ciencias**

**“Rango casero del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) en la zona norte de Sierra Juárez, Baja California”**

**Proyecto de Tesis que como requisito parcial para obtener el Título Profesional de Biólogo**



**Presenta**

**Daniel Gregorio Maldonado Aguilar**

**Director**

**M.C. Jorge Alaníz García**

**Ensenada, Baja California, Junio del 2016**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**Facultad de Ciencias**

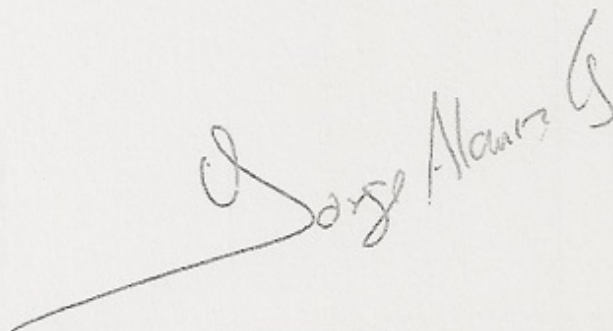
**“Rango casero del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) en la zona norte de Sierra Juárez, Baja California”**

**TESIS PROFESIONAL**


**Presenta:**

**Daniel Gregorio Maldonado Aguilar**

**Aprobado por**



**M.C. Jorge Alaniz García**  
**PRESIDENTE DEL JURADO**



**M.C. Sergio Ignacio Larios Castillo**  
**SINODAL**



**Dr. Faustino Camarena Rosales**  
**SINODAL**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres Gregorio Maldonado y Rita María Aguilar, quienes me han cuidado a lo largo de mi vida, con amor, cariño, y comprensión, culminando, entre muchas cosas, en la conclusión de este trabajo. A mi hermana Alejandra, quien ha estado conmigo todo el tiempo, bajo risas y compartiendo muchos gratos momentos. A la Familia Maldonado Aguilar por estar pendientes de mí y por sus sabios consejos siempre escuchados.

Al UABC-SPA por el proyecto: Instrumentación de líneas de acción de la estrategia estatal para la conservación y manejo sustentable del borrego cimarrón en Baja California: Línea 4.- Evaluar la distribución geográfica histórica y actual del tamaño y composición de las poblaciones del borrego cimarrón.

A la UABC bajo su Convocatoria Interna No. 17 2013-2014: Identificación de andadores y áreas de presencia del borrego cimarrón en Baja California.

Al San Diego Zoo Institute for Conservation Research, y a la O.N.G. Cambium Sustenta, por el apoyo en la realización del proyecto del borrego cimarrón en Baja California.

Al M.C. Jorge Alaniz García, responsable del proyecto, quien confió en mi para la realización y la continuidad del mismo, ayudándome a cada paso que este trabajo pudiera efectuarse de la mejor manera, siempre con gran disposición y sentido del humor.

Al M.C. Sergio Larios Castillo por su ayuda en la realización de análisis y los mapas de este trabajo. Al Dr. Faustino Camarena Rosales que ha ayudado al proyecto en el área de Biología Molecular y en las prácticas de investigación.

Al M.C. Salvador González Guzmán, quien ha estado cerca de mi desde el principio

de mi carrera, en clases, y como guía profesional incluso de este trabajo. Además de, junto al David Ceseña, facilitar las instalaciones del Bioterio de la Facultad para el proyecto.

A mis compañeros de proyecto: Naim, Diana, Ramiro, Mónica, con quienes compartí muchas salidas de campo, mesas de análisis, debates, y otros trabajos, de quienes aprendí a convivir en un ambiente laboral, además de compartir gratos momentos. Les deseo un gran éxito en sus proyectos actuales y futuros.

A mis compañeros de mi carrera tanto de biología como mi corta estancia en medicina, con quienes compartí comidas, desvelos y estudios para exámenes. Además de los maestros de cada una de las clases por enseñarme las bases para mi desarrollo profesional.

A las personas que he conocido desde que era un niño, tíos, padrinos, primos, por estar ahí conmigo, contando con su ayuda y su apoyo. También a los amigos que he tenido y mantenido a lo largo de mi vida, con quienes he disfrutado desde festejos hasta prácticas de fútbol.

A El Pueblo: Ustedes que no solo estuvieron conviviendo conmigo en los buenos momentos, sino también me han guiado y apoyado en los diversos problemas que me ha presentado esta vida universitaria. Espero contar con ustedes en la etapa profesional y pasar más momentos agradables juntos.

## **RESUMEN**

Conocer los recorridos y el área de actividad del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) nos permite sembrar las bases para entender del comportamiento de esta especie, y crea bases para trabajos referentes a migraciones, uso de zonas por estaciones del año, evaluación de hábitat, y estudios de genética, entre otros. Con la primera obtención de datos de geoposicionamiento para borrego cimarrón en Baja California, y el empleo de las diversas técnicas de telemetría, se obtuvieron las áreas de actividad y los recorridos de 10 borregos cimarrones, cinco machos y cinco hembras con collares de GPS Satelital en la zona Norte de Sierra Juárez de Diciembre del 2013 a Mayo del 2014. Mientras que las hembras tuvieron recorrido promedio diario de 1.24 km y un área de actividad de 6.78 km<sup>2</sup>, los machos tuvieron recorrido promedio de 1.52 km y área de actividad de 26.396 km<sup>2</sup>, lo que determina que los machos se desplazan y tienen más área de actividad que las hembras en la zona norte de Sierra Juárez. Este trabajo es el primero en México para borrego cimarrón utilizando este sistema de telemetría satelital presentando un gran apoyo para la conservación y el buen manejo de la especie.

Aprobado por

Jorge Alaniz García; Director de tesis

## **ABSTRACT**

To know the routes and home ranges of bighorn sheep (*Ovis canadensis*) allows us to lay the foundations for understanding the behavior of this species, and creates a basis for works related to migration, the use of stations areas, habitat assessment, and gene studies, among others. With the first geo-data collection for bighorn sheep in Baja California, and the use of various techniques of telemetry, home range areas and routes for 10 bighorn sheep, five males and five females with Satellite GPS collars in the north of Sierra Juárez from December 2013 to May 2014 were obtained. While ewes averaged 1.24 km for daily route and a home range of 6.78 km<sup>2</sup>, rams had an average of 1.52 km for daily route and a home range area of 26.396 km<sup>2</sup>, which determines that males move more and cover more home range area than females in the north zone of Sierra Juarez. This work is a first, so the continuity of the project is important to complete the work of telemetry and GPS bighorn sheep and help the conservation and good management of the species.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ANTECEDENTES.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.- Concepto de rango casero o área de actividad.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Tipos de análisis de área de actividad.....</b>	<b>10</b>
<b>2.3 Principios de telemetría.....</b>	<b>12</b>
<b>2.4 Uso de telemetría.....</b>	<b>16</b>
<b>2.5 Marcación y telemetría en borrego cimarrón.....</b>	<b>18</b>
<b>3. JUSTIFICACION.....</b>	<b>23</b>
<b>4. OBJETIVO.....</b>	<b>23</b>
<b>4.1. General.....</b>	<b>23</b>
<b>4.2 Particular.....</b>	<b>23</b>
<b>5. HIPOTESIS.....</b>	<b>24</b>
<b>6. METODOLOGIA.....</b>	<b>25</b>
<b>6.1 Área de Estudio.....</b>	<b>25</b>
<b>6.2 Marcación de individuos y obtención de datos.....</b>	<b>27</b>
<b>6.3 Manejo de información.....</b>	<b>28</b>
<b>7. RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
<b>7.1 Datos recolectados.....</b>	<b>29</b>
<b>7.2 Posicionamiento general.....</b>	<b>30</b>
<b>7.3 Rutas Recorridas por los borregos cimarrones .....</b>	<b>31</b>
<b>7.4 Áreas de Actividad por los borregos cimarrones .....</b>	<b>35</b>

<b>8. DISCUSION.....</b>	<b>40</b>
<b>9. CONCLUSIONES.....</b>	<b>53</b>
<b>10. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>54</b>
<b>11. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>55</b>

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Fig.1.-</b> Distribución histórica de las subespecies de <i>Ovis canadensis</i> . Mapa de SEMARNAT, 2000. La subespecie <i>O.c.audoboni</i> se considera extinta. ....	2
<b>Fig. 2.-</b> División de las clases de borregos cimarrones machos, hembras y crías. Tomado de Geist, 1971. ....	4
<b>Fig. 3.-</b> Polígono que muestra el área de estudio de este trabajo, en Sierra Juárez, Baja California.....	26
<b>Fig. 4.-</b> Distancias y rutas recorridas por día por las cinco borregas cimarronas hembra marcada con collares GPS, durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera 2014 en el norte de Sierra Juárez, Baja California.....	32
<b>Fig. 5.-</b> Distancias y rutas recorridas por día por los cinco borregos cimarrones macho marcados con collares GPS, durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera 2014 en el norte de Sierra Juárez, Baja California. El borrego SJ9 se incluye solo para observación.....	33
<b>Fig. 6.-</b> Media (ES) de los recorridos de ruta diarios utilizados por los borregos cimarrones	

marcados con collares GPS por sexo, durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera 2014 en el norte de Sierra Juárez, Baja California.....34

**Fig. 7.-** Media de las áreas de actividad en kernel al 95% utilizada por las cinco borregas cimarronas hembra marcadas con collares GPS, durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera 2014 en el norte de Sierra Juárez, Baja California.....36

**Fig. 8.-** Media de las áreas de actividad en kernel 95% por los cinco borregos cimarrones macho marcados con collares GPS, durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera 2014 en el norte de Sierra Juárez, Baja California. El borrego SJ9 se incluye solo para observación.....37

**Fig. 9.-** Media (ES) de las áreas de actividad en kernel al 95% por los borregos cimarrones marcados con collares GPS por sexo, durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera 2014 en el norte de Sierra Juárez, Baja California.....38

**Fig. 10.-** Cluster con las agrupaciones de los individuos de borregos cimarrones de este estudio. Los machos formaron dos grupos; los que más movimientos y área requirieron fueron los SJ6 y SJ7, mientras que las hembras formaron un grupo, con las SJ2 y SJ3 las que contaron con más relación entre ellas. Los desplazamientos de la SJ1 fueron más relacionados a los machos SJ8 y SJ10 que al resto de las hembras.....39

**Fig. 11.-** Borrego cimarrón marcado como SJ9 en su área de actividad en Sierra Juárez, Baja California.....46

**Fig. 12.-** Fotografía que muestra el hábitat en la zona Norte de Sierra Juárez, Baja California, durante el invierno del 2014, bajo condiciones atípicas de calor y sequia para la época.....49

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.-</b> Numero de datos que se obtuvieron de geo localización de GPS, de 10 borregos cimarrones (5 hembras y 5 machos) en Sierra Juárez, Baja California.....	29
<b>Tabla 2.-</b> Distancias y rutas recorridas por día por las borregos cimarrones hembra marcadas con collares GPS durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera del 2014, en el norte de Sierra Juárez, Baja California.....	31
<b>Tabla 3.-</b> Distancias y rutas recorridas por día por los cinco borregos cimarrones macho marcadas con collares GPS durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera del 2014, en el norte de Sierra Juárez, Baja California.....	33
<b>Tabla 4.-</b> Media de las rutas recorridas por día por los borregos cimarrones marcados con collares GPS por sexo, durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera del 2014, en el norte de Sierra Juárez, Baja California.....	34
<b>Tabla 5.-</b> Medias de las áreas de actividad utilizados por las borregos cimarrones hembra marcadas con collares GPS durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera del 2014, en el norte de Sierra Juárez, Baja California.....	35
<b>Tabla 6.-</b> Medias de las áreas de actividad utilizados por los borregos cimarrones macho marcadas con collares GPS durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera del 2014, en el norte de Sierra Juárez, Baja California. Debido a la falta de datos del SJ9, no se le incluye en los cálculos de media.....	37

**Tabla 7.-** Media de las áreas de actividad por los borregos cimarrones marcados con collares GPS por sexo, durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera del 2014, en el norte de Sierra Juárez, Baja California.....38

## 1.- INTRODUCCIÓN

El borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) es una especie de bóvido que habita en las partes ponientes tanto de Canadá y Estados Unidos, y en la zona norte de México, representando un gran peso emblemático en estos países. El carnero, como también se le llega a conocer a esta especie, cuenta con la siguiente clasificación taxonomía bajo el IUCN, 2015:

Reino-Animalia

Filum- Cordata

Clase- Mammalia

Orden- Cetartiodactylia

Familia- Bovidae

Género- *Ovis*

Especie- *Ovis canadensis* (Shaw, 1804)

En México, la distribución histórica del borrego cimarrón cubría los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Sonora, Baja California, y Baja California Sur (Figura. 1), en la actualidad se encuentra de manera natural en Baja California y Baja California Sur con las subespecies *O. c. cremnobates* y *O.c. weemsi*, y en Sonora con *O.c. mexicana*. (IUCN, 2015). Recientemente fue reintroducido en Chihuahua y Coahuila (Navarro et al., 2008).

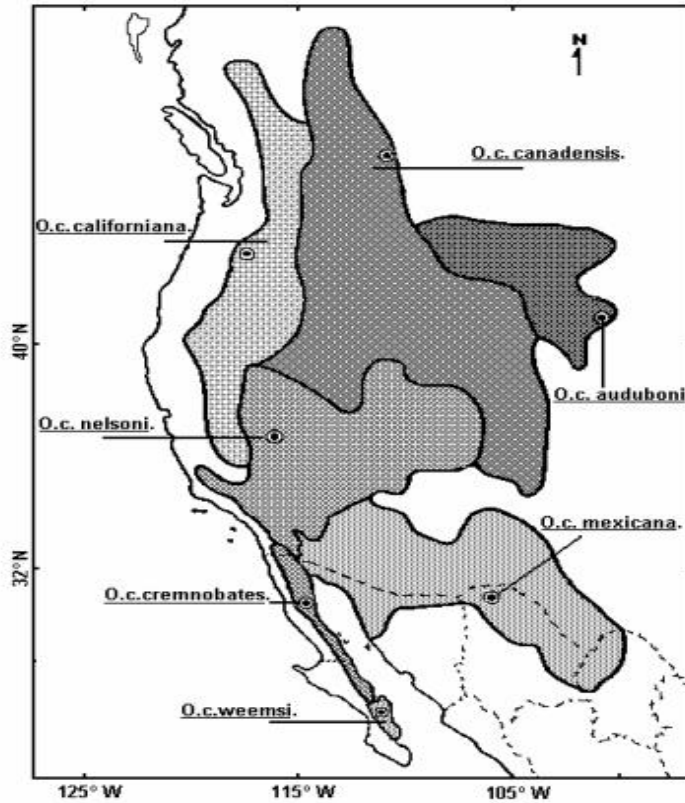


Fig.1.-Distribucion histórica de las subespecies de *Ovis canadensis*. Mapa de SEMARNAT, 2000. La subespecie *O.c.audoboni* se considera extinta.

Los ancestros del borrego cimarrón tuvieron orígenes en Eurasia en el Pleistoceno temprano, y hace 100k años, comenzó la gran distribución del genero *Ovis* a América a través del Estrecho de Bering, habiéndose encontrado restos fósiles en Alberta, Canadá, mientras que se desarrollaba la especie *O. canadensis*, encontrándose vestigios en placas del Pleistoceno tardío en las zonas de distribución en América del Norte (Shackleton, 1985).

El cimarrón presenta una estructura muscular compacta y fuerte, visión aguda, y la forma de sus pesuñas le permite trepar y correr por los acantilados. Su cornamenta consiste en un centro óseo con una cubierta permanente de queratina, mientras que su pelaje es de un color café claro por lo general. Esta especie presenta un muy marcado dimorfismo sexual; las hembras llegan a medir entre 1.25 y 1.5m de largo, y entre 45 y 57 kg de peso, teniendo el pelaje más claro, y pueden llegar a su madurez sexual al año de vida. Mientras que los machos llegan a medir entre 1.5 y 1.9 m de largo y pesar de 68 a 90 kg alcanzando la madurez sexual alrededor de los 8 años. La característica más destacada es la cornamenta. Los machos se clasifican por clases de acuerdo a su cornamenta que se enrosca alrededor de la oreja, llegando a pesar 20 kg cuando se completa la vuelta alrededor de los 8 años, donde se consideran de Clase IV (Figura 2), mientras que las hembras tienen cuernos más rectos, con una media curva en las puntas (Shackleton, 1985).

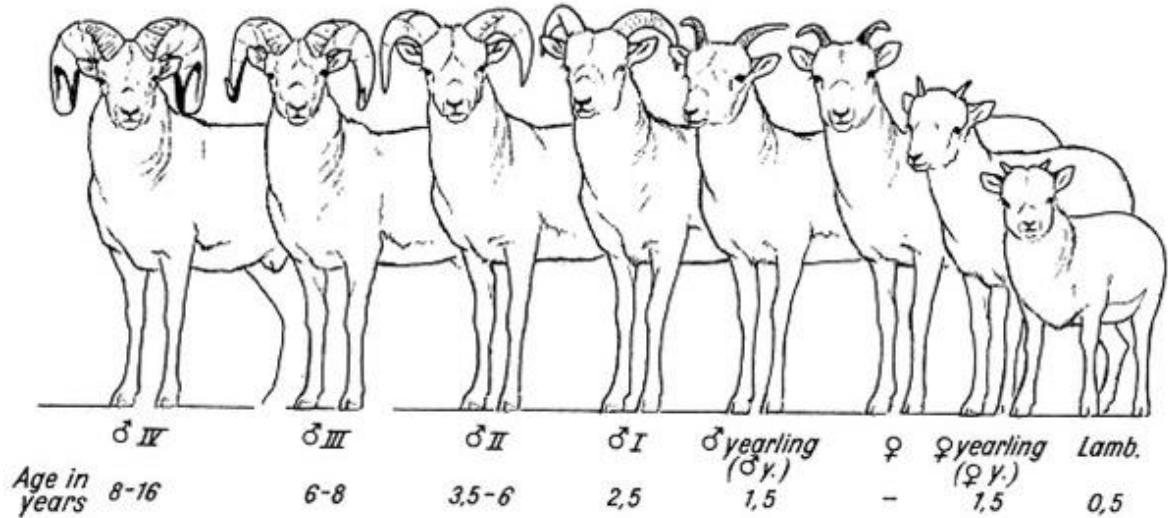


Fig. 2.- División de las clases de borregos cimarrones machos, hembras y crías. Tomado de Geist, 1971.

Los cimarrones son muy sociales y se les puede encontrar formando manadas durante todo el año, las cuales son de dos tipos; los grupos de cimarrones machos adultos, y los grupos conformados por individuos hembras, crías y machos sub-adultos de entre dos y tres años (Ruckstuhl, 1998). Aunque el propósito de estar en grupos es el mismo en los dos casos, cada grupo tiene diferentes necesidades; las hembras tienen responsabilidad en cuidar a las crías, por lo que prefieren andar en terrenos más difíciles para los depredadores, mientras que los machos, al ser más robustos y contar con una cornamenta más grande, se preocupan menos por los depredadores y no suelen andar en terrenos tan difíciles como las borregas. Las hembras suelen ocupar áreas menos extensas que los machos, y permanecen cerca de los cuerpos de agua, en especial en los meses de parto.

Los machos de entre dos y tres años se encuentran en una etapa de adaptación. A estas edades, su tamaño y peso es muy parecido al de sus matriarcas, por lo que se mantienen junto a ellas, pero al continuar con su desarrollo, sus necesidades cambian en comparación con las hembras, por lo que empiezan a juntarse con los machos adultos, incluso rotando estadias entre los dos tipos de grupos. Es después de los tres años cuando los borregos machos prefieren la compañía de otros machos adultos, de tamaño y peso parecido a ellos, siendo capaz de ampliar su área activa respecto al grupo maternal (Ruckstuhl, 1998).

El borrego cimarrón se encuentra en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, categorizado dentro de “Protección Especial” (Pr), además de encontrarse en el Apéndice II del CITES, en donde se consideran especies que no están en peligro inmediato, pero pueden encontrarse en esas condiciones si no se tiene un mejor control sobre ellas (Gobierno del Estado de Baja California, 2012), mientras que la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales, IUCN por sus siglas en inglés, lo mantiene como poco preocupante o “Least Concern” (IUCN, 2015).

El borrego cimarrón es una especie con un alto valor cinegético, y es un trofeo muy codiciado por los gremios y grupos de cazadores. Mientras en Canadá y Estados Unidos, la caza se encuentra reglamentada para las subespecies, con regulaciones, permisos especiales, censos y otras acciones de conservación, en México estos manejos necesitan mejoras (IUCN 2015).

Debido a las dificultades de control de la cacería furtiva, el manejo del hábitat, y estudio de la especie en México, las poblaciones de borrego cimarrón se han encontrado en declive, por lo que se han tratado de implementar programas para protección y la recuperación de las mismas. Una de las primeras acciones fueron vedas impuestas en 1917 por el Gobernador de Baja California Eliseo Cantú, seguido por una veda nacional impuesta en 1922 por el Presidente General Álvaro Obregón Salido, la cual duro 10 años, pero se extendió durante otros 10 años por el Presidente. Emilio Portes Gil. En 1944 se declaró veda permanente por el Presidente. Manuel Avila Camacho, pero el 7 de diciembre de 1963 se abrió una temporada experimental en Baja California. Durante estos periodos, se empezaron a realizar estudios sobre el *Ovis canadensis cremnobates*. Hasta los años 80, en donde los estudios marcaban un aumento de enfermedades y una tasa de reclutamiento baja, se redujeron los permisos anuales de 73 a 33 en el Estado (Gobierno del Estado de Baja California, 2012). En diciembre de 1991, el Presidente Carlos Salinas de Gortari declara una veda para la subespecie *O.c. cremnobates*.

En los años recientes en Baja California, se desarrolló la Estrategia Estatal para la Conservación y Manejo Sustentable del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*), con el fin de la conservación de esta especie en el estado, mediante la participación de todos los sectores y actores clave, incluida la Universidad Autónoma de Baja California y el Gobierno del Estado, entre otros, rumbo de la sustentabilidad de esta especie y el buen manejo de las poblaciones. A diferencia de los demás estados con presencia de cimarrón, en donde la cacería está regulada y permitida, como en Sonora y

Baja California Sur, ese no es el caso de Baja California, y las diversas UMAs (Unidades de Manejo de Vida Silvestre) se dedican principalmente al aprovechamiento no extractivo del borrego. En Baja California se localiza en las Sierras de Cucapá, Juárez, Las Tinajas, Las Pintas, San Pedro Mártir, San Felipe, Santa Isabel, Las Arrastras, Calamajué, La Asamblea, San Borja, Las Animas, Agua de Soda y La Sierra de San Juan (Gobierno del Estado de Baja California, 2012).

Con la primera obtención de datos de geoposicionamiento de borrego cimarrón en Baja California, y el empleo de las diversas técnicas de telemetría, se obtuvieron rangos caseros, áreas de actividad y recorridos de individuos marcados en la zona Norte de Sierra Juárez. Este tipo de estudios permite conocer de mejor manera a esta especie, al poder determinar sus necesidades, la calidad de su hábitat, y obtener datos para otro tipo de estudios como los genéticos y los de desarrollo humano. El presente trabajo cubrió los periodos de invierno de Diciembre 2013-Febrero 2014, y periodo de primavera de Marzo 2014 a Mayo 2014. El trabajo permitirá entender las zonas que los borregos identifican como su hogar, y sirve de apoyo a estudios de evaluación de hábitat y su relación con otras especies, entre otros.

## **2.- ANTECEDENTES**

### **2.1.- Concepto de rango casero o área de actividad**

El concepto de que un individuo animal restringe sus movimientos a una zona finita (Kie *et al.*, 2010) es muy conocido, y se ha observado en los estudios referentes al área de actividad; un animal no deambula sin rumbo, y se mantiene en una cierta región que cuenta con lo necesario para su subsistencia sin aventurarse demasiado. Burt (1943) se refirió al área de actividad o rango casero (denominado en inglés como “home range”) como “el área recorrida por un individuo en sus actividades normales de recolección de alimentos, apareamiento y cuidado de las crías. Salidas ocasionales fuera del área, tal vez con explicación natural, no deben de considerarse como parte del área de actividad”. Sin embargo, los mamíferos, como el borrego cimarrón, tienen patrones de movimientos muy diversos por razones de alimentación, depredación, comportamiento social y disturbios humanos (Osborn, 2004).

Para el borrego cimarrón, el área de actividad se encuentra en hábitats de montaña, mesetas o cañones con presencia de agua donde se pueden encontrar los pastizales de los cuales se alimenta, además de áreas escarpadas como barrancos y acumulaciones de roca que les permita el escapar de sus depredadores (Shackleton, 1985). Salvo los borregos que viven en zonas desérticas, los cimarrones migran entre las áreas de actividad estacionales (Geist, 1971).

Los factores para el análisis del rango casero incluyen distribución de agua, pendientes, disponibilidad de sal y minerales, aspecto, cobertura, productividad de los arbustos, nieve y calidad del follaje (Shannon *et al.*, 1975). Hasta cinco áreas diferentes por año por borrego se pueden llegar a utilizar, pero sola una en verano, en donde el borrego busca una mayor altitud, y otro en invierno cuando los cimarrones buscan altitudes más bajas para evitar las nieves de las montañas (Shackleton, 1985).

Últimamente, los borregos han sufrido una severa reducción y fragmentación en su distribución histórica, lo que ha llevado a que las poblaciones sean más pequeñas e insoladas, resultando en una menor capacidad de flujo genético y una gran pérdida de variación genética, lo que puede reducir el potencial adaptativo (Luikart *et al.*, 1996), por lo que estudiar su área de actividad y sus propiedades es primordial para su conservación.

Los borregos cimarrones cubren dentro de su área de actividad, terrenos muy difíciles para su estudio directo, como son las montañas escarpadas, o grandes desiertos.

Es por ello, que se buscan métodos para que el estudio de esta especie no sufra una repercusión mayor y/o lamentable debido a las condiciones extremas que se puedan presentar. El monitoreo de este y otros animales en su área natural es clave para su conservación y la de sus ecosistemas, y proporciona información de primera fuente acerca de las tasas actuales de pérdida de diversidad biológica (Jewell, 2013). Los métodos de telemetría, además, han evolucionado de manera de que interfieren lo menos posible en el

ciclo de vida de los individuos seleccionados para el estudio.

Este trabajo de determinación del área de actividad del borrego cimarrón en Sierra Juárez, Baja California se realizó por medio de geoposición satelital de los organismos, siendo el primero con este sistema en Mexico.

## **2.2 Tipo de análisis de área de actividad**

Para la determinación del área de actividad, se pueden utilizar varios métodos, esto debido a que no existe una estandarización como tal en el área de la vida silvestre (Gula *et al.*, 2013). Métodos como el polígono mínimo convexo, la distribución normal bivariada general y circular, valores de densidad nuclear, entre otros (Samuel *et al.*, 1985) han sido utilizados por los investigadores. En 1943, Graham menciona que la información básica no es comparable entre sí, y que para que la información básica tenga el máximo valor, debe de expresarse en términos comparables. A pesar de que esta declaración fue realizada hace más de 70 años, se puede observar en los diferentes estudios publicados hasta hoy la cantidad diversa de tipos de análisis de área de actividad, incluso de unidades de medida de la cual se obtiene la información básica, siendo el investigador el que elige que metodología es la necesaria para cumplir sus objetivos, al no existir una metodología universal (Rodgers, 2012).

Cualquier estimación se debe de tener en cuenta, que es simplemente un modelo limitado del animal en cuestión, una aproximación estadística del comportamiento del

animal. Es por ello que conocer al animal del cual se está estudiando su área de actividad y sus perspectivas nos puede proporcionar mejores resultados (Powell *et al.*, 2012), ya que ambos la recolección de datos, y el método de análisis de área activa pueden ocasionar diferencias en la forma y tamaño de dicho análisis (Burger, 1985).

El método de Polígono Mínimo Convexo, MCP por sus siglas en inglés, es utilizado para el cálculo del área de actividad de los animales, el cual se obtiene con el polígono más pequeño que encierre todas las relocalaciones del individuo. Este método es rápido y proporciona un aproximado del tamaño del área utilizada (Burger, 1985). Sin embargo, este método presenta ciertas desventajas, como el cambio drástico de tamaño dependiendo de la cantidad de datos obtenidos, subiendo al grado de agregar más datos, es por ello que el remover el 5% de los datos a los extremos de la figura es muy común. Además, el MCP solo representa el área total y no indica las áreas de uso intensivo por parte del individuo (Osborn, 2004).

Por lo general, los investigadores están interesados en el área que el animal pasa la mayor parte de su tiempo, pero también se le debe presentar atención a la estructura, determinada por el centro de actividad. La variabilidad que se observa cuando se examina el área usada por un animal se conoce como distribución de utilización (Osborn, 2004). El método más utilizado a partir del área de utilización es el “kernel”, el cual calcula con su función bivariada sobre cada localización, los valores promedios de cada uno de estos puntos creando el histograma (Calenge, 2011) identificando el centro de actividad de

manera no paramétrica (Worton, 1989). Con los datos de relocación del animal, se puede determinar el área de utilización, comúnmente representada en núcleo bajo el porcentaje determinado por el investigador. (Calenge, 2011)

### **2.3 Principios de telemetría**

La telemetría surgió como una herramienta para poder conocer la calidad de los ecosistemas y el comportamiento de los animales alrededor de la mitad del siglo XX. Estos métodos tienen como finalidad el logro de la ubicación del individuo marcado para ello y otros tipos de datos como movimiento, mortalidad y temperatura sin causar ningún tipo de interferencia (Campos, Telenax, 2011)

En los años 80, diferentes compañías surgieron con el fin de realizar mejores investigaciones con las nuevas tecnologías de telemetría. Lotek fue fundada en 1984 y desde entonces se encarga de estudios con peces y vida silvestre, desarrollando primicias en estas áreas de estudio (Pagina de Lotek). Una de sus compañía subsidiarias es Sirtrack, que fue la que proporciono los collares para este estudio, fundada en 1986 como una subsidiaria independiente del New Zealand Crown Research Institute, y dese entonces han realizado estudios en más de 70 países con más de 550 especies de animales (Sirtrack, 2016).

Las tecnologías de telemetría son variadas. Las más económicas radican en la colocación de etiquetas o escáners en la piel de los animales del tamaño de un grano de

arroz, aunque tiene corto alcance. La PTT (Platform Transmitter Terminal por sus siglas en inglés) permite conocer la ubicación del ejemplar mediante el empleo de bandas UHF a satélites utilizando el efecto Doppler, siendo la señal más ancha si el objeto está cada vez más alejado (Campos, Telemex, 2011).

La metodología de VHF (Very High Frequency, por sus siglas en inglés) se empezó a implementar a mediados de los años 60 (Kenward, 2001) en diversas especies de individuos utilizando etiquetas que emiten ondas de radio de alta frecuencia, las cuales pueden ser captadas con receptores ya sea móviles o fijos, y así estimar la localización de los animales en cuestión por medio de la triangulación (Rodgers, 2001). Esta tecnología permite un monitoreo remoto de los individuos marcados, y obtener información para los estudios de movimiento, espacio, selección de hábitat, e interacción intra e interespecificas (Zimmerman, 2013). A pesar de que la tecnología utilizada para este método no es económicamente cara, el rastro de VHF requiere una cantidad importante de tiempo y labor de los investigadores y los técnicos (Rodgers, 2001). Además, no presenta los datos con una gran exactitud cómo se espera y necesita en estos casos.

El sistema de posicionamiento global, o GPS, surgió en 1993 con el lanzamiento del satélite Navistar 24 , y cumple con tres componentes; las señales continuas de los satélites en órbita, controles en tierra que manejan los satélites, y los receptores en tierra que utilizan la información desde los satélites para estimar la posición en el globo (Kaplan & Hegarty, 2006). El sistema de GPS tuvo origen militar, pero pronto pudo ser utilizado para

uso comercial y para el público. Los sistemas GPS como los implementados en los collares permiten a los biólogos la recolección de datos bajo una agenda cuando los datos obtenidos por sistemas con VHF solamente son más difíciles de obtener, hasta imposible. El sistema de GPS permite a los investigadores obtener la muestra necesaria para poder determinar el hábitat de los animales en estudio, su rastreo en horas nocturnas o en periodos de clima muy fuerte, sin molestar a los animales y rescatando los datos de manera remota (Rumble *et al.*, 2001), aunque se debe de entender el ciclo de vida de la especie a estudiar para obtener las mejores conclusiones.

Después de muchas comparaciones, el sistema de seguimiento basado en NAVSTAR GPS resulto ser el más eficiente, al tener el potencial de recolectar información de gran calidad (con errores de menos de 10m) con gran precisión las 24 horas del día, bajo cualquier condición de clima, La información se trasfiere a un sistema de información geográfica (SIG) que permite el mapeo de los datos recaudados a una imagen satelital, lo que reduce ampliamente los errores humanos y el costo del estudio (Rodgers, 2001).

Los sistemas de GPS para telemetría consiste en la comunicación punto-a-punto con un enlace para la extracción de información (Rodgers & Anson, 1994), lo que permite una comunicación de dos vías y poder manejar las condiciones en que se encuentren los collares, como el estado de la batería, cambiar la frecuencia de recepción de los datos, entre otras opciones para la conveniencia del investigador. La computadora central permite guardar toda la información y vaciar la memoria de los sistemas en los animales,

además de poder cerrar el enlace (Rodgers, 2001). Además, los collares con sistemas de GPS presentan un sistema de VHF como soporte en la localización de los animales muestra.

El GPS con transferencia satelital es la mejor tecnología disponible para telemetría, ya que permite a los investigadores recibir los datos de localización en su oficina u hogar, y con una gran precisión. No es necesaria la presencia de algún investigador cerca de los individuos, el cual puede estar en cualquier localización del mundo, y aun así obtener la información por satélite mientras el collar sigue consiguiendo más datos (Campos, Telenax)

Con las posibilidades que se tienen con los sistemas de GPS, es necesario también remarcar las desventajas que presenta su utilización. En 1995, un receptor GPS de la marca Tribble costaba entre USD 799 y USD 995, eso sin contar el accesorio de la antena que se vendía por separado (Forest Suppliers, Inc, 1995), y para el 2010, el costo de cada collar de GPS tenía un valor de entre USD 200-600 (Tomkiewicz *et al.*, 2010) aunque esto puede cambiar con el paso de las mejores tecnologías. Con esto se puede llegar a no tener la cantidad de muestras necesarias para determinar lo que se pretende de la especie en cuestión (Hebblewhite & Dalton, 2010). Se debe de tener en cuenta que para tener los mejores resultados, se debe de conocer las condiciones y el ciclo de vida de las especies a estudiar, en este caso, el borrego cimarrón, y esto solo se puede obtener mediante el trabajo de campo, que puede implicar la observación directa, el rastreo por VHF, o el empleo de

cámaras de foto trampeo, entre otros, que permite el mejor complemento para el estudio.

#### **2.4 Uso de telemetría**

Desde la determinación de utilizar la telemetría, se han podido estudiar de mejor manera diversos tipos de fauna. La NASA empezó a utilizar estos métodos para la migración de aves rapaces como águilas o cuervos, utilizando transmisores RAMS en forma de anillos en los sus patas o como mochilas en sus espaldas, que utilizan diferentes frecuencias para VHF, ya habiendo utilizado estas tecnologías en animales más robustos como osos negro y gris, además del borrego cimarrón, pero con la desventaja de que eran estudios muy caros (Craighead, 1976).

Sin embargo, los estudios con sistemas de GPS también ofrecen un gran número de ventajas y beneficios para la ecología. En el Parque Nacional Suizo, se realizó una comparación entre los método de antenas de VHF y collares de GPS en ungulados. El error promedio de la telemetría de VHF resulto ser de 342.9 m, mientras que con los collares se obtuvo un error no diferencial de 78.8m (Haller *et al.*, 2001). Se ha efectuado modelación de hábitat, como la identificación de corredores del elefante africano (*Loxodonta africana*) en un mosaico con mayor presencia humana, lo que permite una mejor programación para refugios, prevenir la fragmentación del hábitat mediante incentivos, y la aplicación de medidas de recuperación donde la fragmentación está presente(Graham *et al.*, 2009). Los estudios referentes a migración también se han estado basando en sistemas de telemetría satelital, como el estudio de James *et al.* (2005),

referente a tortugas marinas de la especie *Dermochelys coriacea*, las cuales permitieron seguir su ciclo migratorio, lo que anteriormente resultaba muy difícil por el área de actividad en donde se encuentran, o en el caso del Ñu (*Connochaetes taurinus*), en el cual se determinó que durante su movimiento anual de migración en Tanzania y Kenia, dentro de los 25 000 kilómetros cuadrados del Serengetti, pasa el 90% del desplazamiento dentro de zonas protegidas (Thirgood *et al.*, 2004). Para efectos de conservación, la iniciativa Yellowstone-Yukón fue inspirada en un lobo con un collar Argos en 1993 que viajó 100,000 kilómetros cuadrados entre las Rocosas Canadienses en Alberta, British Columbia, Montana, Idaho y Washington (Chester, 2006).

En Baja California, uno de los programas más conocidos es aquel de la reintroducción del Cóndor de California (*Gymnogyps californianus*) en la Sierra San Pedro Mártir, en donde individuos criados en cautiverio son cuidados y reinstalados en el área antes mencionada, cada uno equipado con un sistema de radio telemetría y satelital con transmisores de GPS, que provee datos diarios de los movimientos que realizan los cóndores (Wallace, 2011) lo que permite conocer cuáles son exactamente las zonas que habita para conocerlas mejor y ejercer las mejores precauciones para sus cuidados.

Los sistemas de GPS satelital, se han empezado a emplear para el manejo de ganado extensivo y el área que pueden utilizar durante el pastoreo como lo determinaron Barbari y asociados (2006) para el ganado en el Animal Research Center en la Universidad de Kentucky. Anderson (2001) desarrolló un sistema de “cerca virtual” que mantiene al

ganado dentro de un área delimitada gracias al sistema satelital GPS en los collares de las cabezas de ganado y en el perímetro del área marcada.

## **2.5. Marcación y telemetría en borrego cimarrón**

Los investigadores marcaban borregos cimarrones con hierro usando números consecutivos en un lado en medio del cuerno, además de etiquetas plásticas o aretes de ganado (Clair-Aldous, 1957). Koplím (1960) atraía borregos a cuerpos de agua, para capturarlos y marcarlos radioactivamente, prefiriendo los rayos gamma por su rango y sus características para penetrar objetos sólidos. El potencial de los métodos de telemetría para el comportamiento y fisiología animal se empezaron a explorar en los 1960's, utilizando rastreo por radio en borregos cimarrones (Knudsen, 1962).

En Arizona occidental, Stevens (1979), colocó collares de radio telemetría en noviembre de 1977 a 20 cimarrones, pero debido a las fallas en el 70% de los collares en machos, atribuidos por cierto a conductas de los mismos, se recapturaron ejemplares en diciembre de 1978 para un total de 38 collares. La información se recolectó en vuelos de reconocimiento cada cinco días. Con la recolecta de 1100 posiciones, el estudio indicó que los machos presentaban más movilidad, los movimientos en general estaban restringidos a los cuerpos de agua en verano, y las hembras no preñadas tenían un índice de movimiento mayor que las hembras en cinta.

Longshore (1995) determino el área de actividad de cimarrones en las Black Mountains en California, Estados Unidos, utilizando el método de Polígono Mínimo Convexo. Deforgr en 1997 estudio la ecología del borrego cimarrón peninsular en las montañas de San Jacinto en California, E.U.A., a los cuales se les calculo el área de actividad con kernels. En 2007, Jokineer estudio el area de supervivencia y demografía del borrego cimarrón en la región de Yarrow-Castle en Alberta, Canada, teniendo en cuenta el área de actividad medido en kernel. Schroeder y asociados (2010) estudiaron la segregación sexual del borrego cimarrón en la Sierra Nevada, E.U.A.

Dibb (2006) determino el área de actividad en Radium Hot Springs, British Columbia de borregos cimarrones tanto machos y hembras utilizando tanto polígonos mínimos convexos (MCP) como kernel de distribución de utilización (UD) al 90%. Para las hembras el UD promedio fue mayor ( $39.4 \text{ km}^2$ ) que el de los machos ( $32.67 \text{ km}^2$ ), sin embargo, sus áreas de actividad con MCP le dio el digito mayor a los machos,  $146.9 \text{ km}^2$ , que al de las hembras que fue  $130.9 \text{ km}^2$ . La explicación de Dibb fue que el MCP engloba todos los puntos, y el polígono cubre las rutas de migración de los machos.

En las Montañas de San Jacinto, en la Cordillera Peninsular en California la determinación del kernel determino que los borregos macho ocupan más área de actividad, con  $25.47 \text{ km}^2$ , mientras que las hembras necesitaron como media  $20.05 \text{ km}^2$ , pero igualmente los polígonos fueron significativamente más grande para los machos que para las hembras (DeForge *et al.*, 1997). Longshore (1995) registró en las Black Mountains de

Nevada, en Estados Unidos, que los machos también contaban con resultados de polígonos mínimos convexos, significativamente más grande que las hembras;  $18.8 \pm 2.3 \text{ km}^2$  v  $9.3 \pm 0.98 \text{ km}^2$ , ( $p=0.003$ ).

Los estudios con telemetría también son de gran valor para determinar cómo afecta la calidad de vida del borrego cimarrón los factores externos como el agua, impacto humano, o la depredación. Esta última es efectuada principalmente por el puma o león de montaña (*Puma concolor*). El borrego cimarrón comparte sus áreas de actividad con aquellos del puma, sin embargo las poblaciones de bovinos no son fuertemente afectados por la depredación de los felinos (Pelletier *et al.*, 2006). Ross *et al.* (1997) determinó que el puma desarrolla la habilidad de cazar a los ungulados, al estudiar su relación de comportamiento en Alberta, Canadá, en donde la mayoría de los pumas marcados no cazaban de manera importante a los borregos, a excepción de una hembra con collar en el último invierno de estudio, quien limitó su área de actividad a aquel de una manada de borregos matando al 39% de la población total y 26% de las crías. Villepique *et al.* (2015) determinó que en el invierno de la Sierra Nevada en California, el cimarrón y el león de montaña compartían el hábitat de la baja montaña, al igual que el venado bura (*Odocoileus hemionus*) el cual es la presa predilecta del puma en estas áreas, al ser más activo el área de actividad del cimarrón que se traslapaba con la del venado. Sin la presencia de otras presas potenciales, el puma podría afectar en gran manera a las poblaciones de cimarrones al desarrollar una especialización hacia estos últimos, y aunque es bien sabido de la relación depredador-presa entre estas dos especies, no se podría determinar la

especialización del puma en Sierra Juárez sin los estudios correspondientes.

El clima del hábitat del borrego cimarrón influye para los desplazamientos y áreas activas más largos o cortos, y el uso de la alta o baja montaña, teniendo en cuenta que el cimarrón utiliza, en invierno, las faldas de las cordilleras, evitando los picos de las montañas por la acumulación de nieve. Poole (2013) vio que borregos en Elk Valley en British Columbia, Canadá, tuvieron áreas activas mayores en el invierno del 2009-2010 (9.5 km<sup>2</sup>) que en el invierno 2010-2011 (3.5 km<sup>2</sup>). Durante el primer invierno del estudio, no fue tanto en esta zona como sí ocurrió en el segundo invierno en donde se reportaron muy fuertes nevadas.

El disturbio causado por la actividad humana tiene efecto sobre el desplazamiento del borrego cimarrón. Courtemanch (2014) en Wyoming, Estados Unidos, determinó el área de actividad de los borregos cimarrones en el noroeste de dicho estado, comparando aquellos individuos que frecuentaban áreas recreacionales a aquellos que no lo hacían. Los cimarrones que enfocaron sus áreas activas en zonas alejadas o con poco impacto humano cubrían menos terreno y realizaban recorridos más cortos que aquellos borregos que se encontraban en áreas con alto impacto recreacional por parte de las personas. Generalmente, los cimarrones evitan el contacto humano, y suelen alejarse de las personas evitando una posible amenaza, sin embargo, si el borrego está en zonas de impacto humano, llega a acostumbrarse a la presencia de las personas, incluso empieza a utilizar las condiciones que les proporciona la urbanidad, como agua y alimento, aunque este

tenga efectos adversos en las poblaciones de cimarrón, tales como aumentos en el parasitismo o en la depredación por el no uso del terreno de escape (Rubin *et al.* 2002).

Gagnon *et al.* (2011) evaluó la mortalidad de borregos de las Rocosas en los alrededores de la autopista US 191 en Estados Unidos, donde se determinó el cruce de estos individuos en esta carretera, entre los MP 165 a 173, con un registro de 146 individuos muertos por colisión con automóviles entre agosto de 2001 y mayo del 2011 en este tramo de 13 kilómetros. En Diciembre 2007, se estudió el patrón de movimiento del cimarrón con 28 individuos con collares GPS en las Montañas Muddy, 16 machos y 12 hembras, determinando que las distancias de movimiento es afectada por sexo, temporada, y reflejo de la iluminación lunar, siendo las hembras las que contaban con movimientos de corta distancia, mientras los machos tenían movimiento más largos (Longshore *et al.*, 2009). Kopec (1982, en Demarchi, 2004) determinó que las hembras tenían áreas de 541 hectáreas comparada con las 798 ha de los machos. Mientras que las primeras tuvieron su área más pequeña en la época de cria (47 htelea) y mayor en otoño, con 273, mientras que los machos presentaron áreas de 21 ha en invierno como la menos y 305 ha en verano como la mayor.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

Debido a que no se cuentan con la información de geoposicionamiento del borrego cimarrón en Baja California, la obtención y uso de esta información es importante para los estudios sobre esta especie, como puede ser en este estudio de área de actividad, así como en otros campos como evaluación de hábitat, biología molecular, entre otros.

### **4. OBJETIVO**

#### **4.1 General**

En organismos selectos del borrego cimarrón de Baja California marcados, se busca analizar la información del desplazamiento diario y del área de actividad de 10 organismos en la zona norte de Sierra Juárez, mediante el uso de collares con transmisores de geoposicionamiento satelital, entre los periodos de invierno 2013-2014 y primavera 2014.

#### **4.2 Particular**

Determinar las zonas en que los borregos cimarrones se encuentran y desarrollan sus actividades diarias en la zona norte de Sierra Juárez, Baja California.

Obtención del área de actividad de 10 organismos de borrego cimarrones, cinco machos y cinco hembras, para obtener un comparativo entre géneros en la zona norte de Sierra Juárez, Baja California.

## **5. HIPÓTESIS**

Con base en los antecedentes se espera que el área de actividad de los borregos cimarrones en la zona de estudio en Baja California, sea diferente entre sexos de los individuos marcados, esperando que los borregos cimarrones machos se desplacen en mayores distancias y cuenten con áreas de actividad más grandes que los borregos cimarrones hembras.

## **6. METODOLOGIA**

### **6.1 Área de estudio**

La Sierra Juárez se encuentra dentro del rango de 31° 19' 12" a 32° 35' 24" Latitud N y 115°24' 00" a 116° 19' 12" dentro de la entidad federativa mexicana de Baja California, cubriendo partes de los municipios de Mexicali, Ensenada y Tecate.(Figura 3). Cubre una superficie de 4,568 km<sup>2</sup>. El límite hacia el rumbo este es abrupta en la zona de la Laguna Salada, , mientras que en su lado oeste, las pendientes son más suaves. Su máxima altura es de 1,900 msnm en la mesa del Roble. El clima de Sierra Juárez es de templado a muy árido, con temperaturas media de entre 12°C y 18° C siendo el mínimo común el de -3°C y el de máxima de 22°C. Cuenta con suelo de tipos regisol eutricto en un 53% y de leptosol lítico en un 47%, mientras que los tipos de vegetación que se pueden encontrar como cobertura son de chaparral en un 56%, matorral desértico microfilo en un 23%, y de bosque de pino en un 21%. (Arriaga *et al.*, 2000).

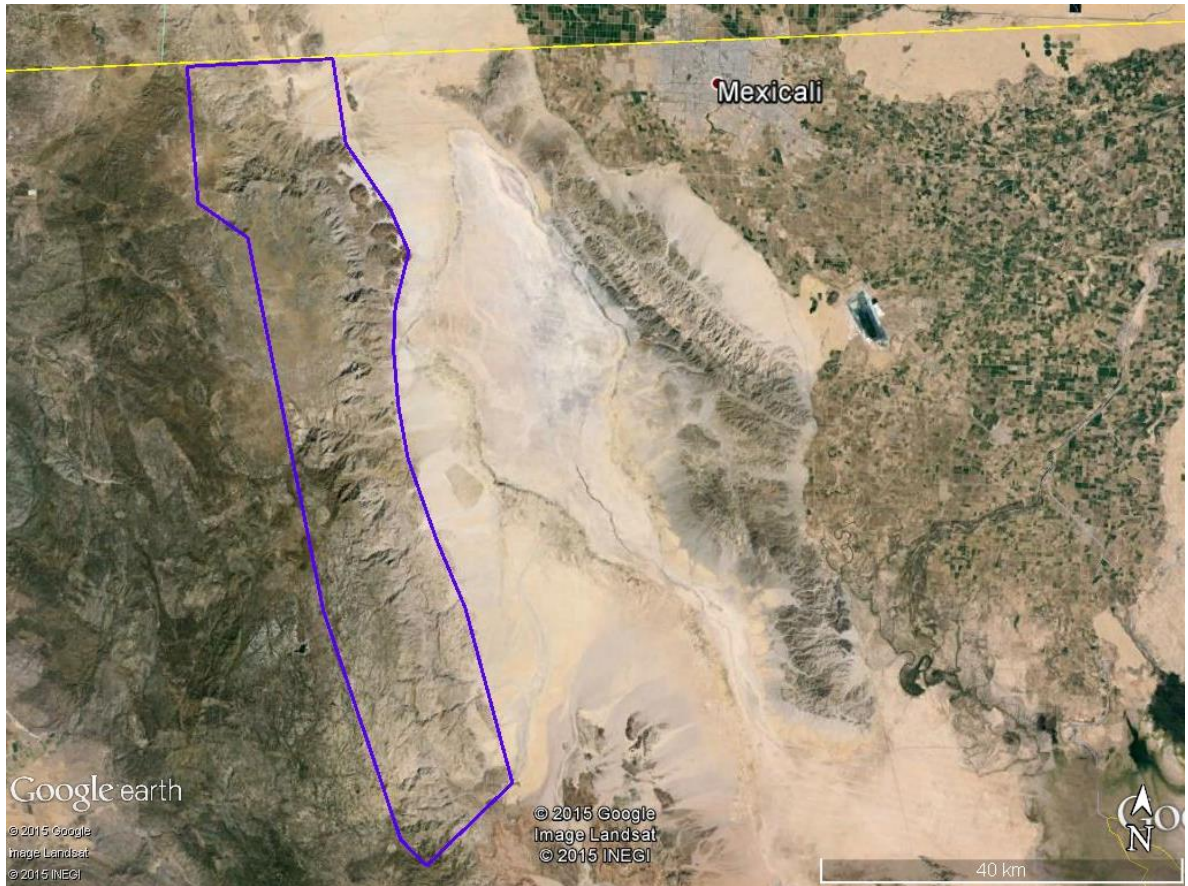


Fig. 3.- Polígono envolvente que muestra el área de estudio de este trabajo, en Sierra Juárez, Baja California.

Sierra Juárez es parte del denominado “Peninsular Range” en inglés, una compleja cordillera montañosa que se extiende a lo largo de 1,450 km desde las montañas de Santa Ana en California, hasta la Sierra de la Giganta en Baja California Sur, colindando al oeste con el Océano Pacífico a través de todo el rango y con el Desierto Sonorense y el Mar de Cortez al este (Summitpost 2011, Bordelon 2012). Dos grandes carreteras, la Interestatal 8 en E.U.A. y la Carretera Federal 2 en México, atraviesan la zona de Sierra Juárez y sus cercanías, además de que se encuentran rodeadas de zonas urbanas, con la presencia especial de parque eólicos a ambos lados de la frontera.

## **6.2 Mercado de individuos y obtención de datos**

Durante el año 2013, se realizaron observaciones y transectos en la zona norte de Sierra Juárez, para localizar áreas en las cuales se observó borrego cimarrón, así como identificación de andadores y ubicación y recolección de muestras de excretas. Las capturas y marcado de organismos se realizaron los días 31 de octubre y 1 de noviembre del 2013. Se realizaron con equipo aéreo, atrapando 15 borregos cimarrones, con apoyo de técnicos expertos en sobrevuelo y captura de fauna en helicóptero. En cada captura se emplearon redes de captura lanzadas por una pistola desde las puertas del helicóptero, y caen sobre el borrego cimarrón para restarle movilidad, posteriormente el técnico venda en los ojos de los animales y le ata las extremidades para tranquilizar al organismo. Para los análisis en cada organismo atrapado, se realiza extracción de sangre, revisión de parásitos, raspados de lengua, fosas nasales y otras zonas para estudios de salud, así como obtener datos referentes al estado de salud, nutrición y otra información complementaria. Todo esto realizado en el menor tiempo posible para evitar el estrés de individuo en estudio. Para el presente estudio se les colocaron aretes con el código de identificación en la oreja, con lo cual pueden ser identificados en caso de su observación en campo y conocer en que condición se encuentra, además se les colocaron collares GPS de geoposicionamiento, de la marca Sirtrack siendo el modelo G5C 375<sup>a</sup>, a 10 ejemplares, cinco hembras y cinco machos. Los collares con tecnología Iridio, permiten la obtención de los datos de manera remota sobre el tiempo y movimientos que emplea el borrego en cuestión bajo el intervalo establecido, de media hora entre datos para los borregos hembra, y de una hora para los borregos machos. Estos collares tienen duración de batería de

aproximadamente un año y medio en condiciones ideales. Además cuentan con un mecanismo que permite liberar el collar por control remoto o por baja batería, y tienen un sistema de apoyo de VHF que continua en funcionamiento hasta después de tres meses de que el individuo fue liberado del collar (Sirtrack, 2014).

### **6.3 Manejo de información**

La información proporcionada por los collares GPS en los individuos marcados se consultó de manera remota en formato de hoja de cálculo para el manejo correspondiente.

Para el cálculo del área de actividad, los datos se agruparon de acuerdo a cada uno los meses del estudio, el cual fue de Diciembre del 2013 a Mayo del 2014. Se utilizó el programa de estadística R, el cual permite la obtención de las áreas de actividad, ya sea del polígono mínimo convexo (MCP) por la densidad de utilización “kernel” (KUD), entre otros métodos. Para este estudio se calculó el área de actividad en KUD al 95% que nos indica el área de utilización de cada borrego. Los análisis de área de actividad se realizaron bajo este porcentaje. R nos permite extraer los resultados para su edición en programas de sistemas de información geográfica (SIG), en este caso, QGIS, exponiendo los datos en mapas e imágenes satelitales. R también nos permite la realización de un análisis de cluster para la agrupación de los individuos del estudio de acuerdo a sus movimientos y sus áreas de actividad.

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Datos Recolectados

Para este estudio, se obtuvieron 49,848 datos de geo localización, en las hembras cada media hora, en los machos cada hora. Como resultado, 32,959 coordenadas fueron para hembras, y 16,889, para machos (Tabla 1).

Numero de Datos Recolectados											
	SJ1	SJ2	SJ3	SJ4	SJ5	SJ6	SJ7	SJ8	SJ9	SJ10	TOTAL
Dic	1283	1314	1381	1171	1291	694	615	696	740	691	9876
Ene	1304	1113	1162	1177	1319	679	667	705	612	686	9424
Feb	1155	866	1106	1113	1194	538	596	616	NAN	645	7829
Mar	1309	1178	1197	1133	1122	622	667	684	NAN	644	8556
Abr	1267	1055	1098	1232	1136	637	605	635	NAN	624	8289
May	620	666	815	604	578	679	547	676	NAN	689	5874
<b>TOTAL</b>	6938	6192	6759	6430	6640	3849	3697	4012	1352	3979	49848
<b>T H/M</b>					32959					16889	

Tabla 1.- Total de datos recolectados de geo localización de GPS, de 10 borregos cimarrones (5 hembras y 5 machos), de diciembre 2013, mayo de 2014 en Sierra Juárez, Baja California.

El collar del borrego cimarrón macho SJ9 solo proporciono las coordenadas de geoposicionamiento para los meses de diciembre del 2013 y enero del 2014, y debido a la falta de información, se decidió no incluir estos datos de este individuo en las comparaciones y análisis.

## 7.2 Posicionamiento general

Durante el periodo de estudios, que cubre desde diciembre 2013 a mayo del 2014, los borregos se mantuvieron en dos grandes grupos de acuerdo al sexo; las hembras se mantuvieron en los cañones que dan desde Sierra Juárez, hasta el desierto de la Laguna Salada, pero sin llegar hasta al pie de las montañas o a sus cumbres. Aquella que se encontraba en los cañones más al norte fue la borrega SJ1, a 18 km al sur de la carretera Federal Mexico-2, mientras que las SJ2 y SJ3 mantuvieron 9.5 km sur de la primera, además de que contaban con zonas y áreas que se interponían entre ellas, lo que indica que pertenecían a un mismo grupo maternal. La SJ4 se mantuvo aproximadamente a 5 km más al suroeste que la manada de la SJ2 y SJ3, mientras que la SJ5 fue la que más al sur se encontraba, cerca de la latitudinal del Parque Nacional Constitución de 1857.

Mientras tanto, la gran mayoría de los machos del estudio se mantuvieron en los alrededores de la carretera federal. Los borregos SJ8 y SJ9 se mantuvieron al norte del camino, mientras que los SJ6 y SJ7 se mantuvieron al sur del mismo, manteniéndose en las cañadas , en La Rumorosa, en la cual el SJ6 empezó el estudio en la zona cerca a la borrega SJ1, pero se recluyó a los cañones al norte de su posición inicial después de eso. El SJ10 concentro su área de actividad más al sur, cercano a la altura latitudinal del Parque Constitución, pero encontrándose más al norte que la cimarrona SJ5.

### 7.3 Rutas Recorridas por los borregos cimarrones

En el periodo de invierno, los cimarrones hembra registraron un promedio de movilidad por día ( $X \pm ES$ ) de  $1.22 \pm 0.09$  km. La borrega con más actividad de movimiento fue la SJ1, que se desplazó en promedio  $1.55 \pm 0.06$  km durante esta estación, mientras que su opuesto fue la cimarrona SJ5, con  $0.92 \pm 0.12$  km. Durante la primavera, el promedio del movimiento y rutas de las hembras aumento a  $1.26 \pm 0.2$  km ( $p=0.805$  v Invierno, diferencia no significativa), y se observó que las borregas SJ2 y SJ3 tuvieron las marchas más grandes, de  $1.44 \pm 0.24$  y  $1.52 \pm 0.12$  km respectivamente, volviendo a ser la SJ5 la que menos actividad tuvo, con  $0.94 \pm 0.19$  km de ruta de desplazamiento (Tabla 2 y Figura 4).

Ruta Recorrida por Día por Hembras				
ID	Invierno		Primavera	
	Ruta (km)	ES	Ruta(km)	ES
SJ1	1.55	0.06	1.27	0.36
SJ2	1.46	0.07	1.44	0.24
SJ3	0.93	0.09	1.52	0.12
SJ4	1.22	0.08	1.12	0.10
SJ5	0.92	0.12	0.94	0.19
<b>MEDIA</b>	1.22	0.09	1.26	0.20

Tabla 2.- Distancias y rutas recorridas por día por las borregos cimarrones hembra marcadas con collares GPS durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera del 2014, en el norte de Sierra Juárez, Baja California.

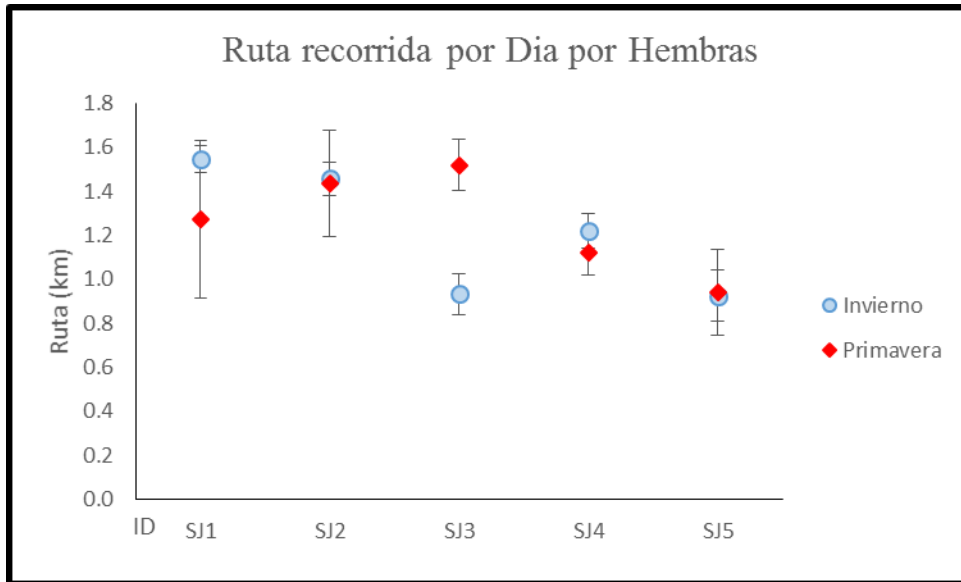


Fig. 4.- Distancias y rutas recorridas por día por las cinco borregas cimarronas hembra marcada con collares GPS, durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera 2014 en el norte de Sierra Juárez, Baja California.

Durante el invierno, las rutas al día que siguieron los borregos cimarrones macho fueron en promedio de  $1.83 \pm 0.31$  km, siendo mayor que la media del periodo primaveral, con  $1.21 \pm 0.09$  km ( $p=0.007$ , diferencia significativa), El borrego SJ7 el que más recorrió de diciembre a febrero teniendo una base de datos completa, con  $1.86 \pm 0.08$  km, siendo el SJ8 el borrego que menos recorrió con  $1.62 \pm 0.10$  km. El borrego que menos recorrió en el periodo primaveral fue el SJ10 con  $1.14 \pm 0.04$  km, mientras que otros tuvieron recorridos medios de más de 1.4 km diarios durante este periodo de tiempo. El borrego macho con más desplazamientos en primavera fue el SJ6 con  $1.75 \pm 0.08$  km (Tabla 3 y Figura 5).

Ruta Recorrida por Día por Machos				
ID	Invierno		Primavera	
	Ruta (km)	ES	Ruta(km)	ES
SJ6	1.68	0.18	1.75	0.08
SJ7	1.86	0.08	1.72	0.16
SJ8	1.62	0.10	1.46	0.15
SJ9	2.34	0.82	NAN	NAN
SJ10	1.66	0.40	1.14	0.04
<b>MEDIA</b>	1.83	0.31	1.21	0.09

Tabla 3 .- Distancias y rutas recorridas por día por los cinco borregos cimarrones macho marcadas con collares GPS durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera del 2014, en el norte de Sierra Juárez, Baja California.

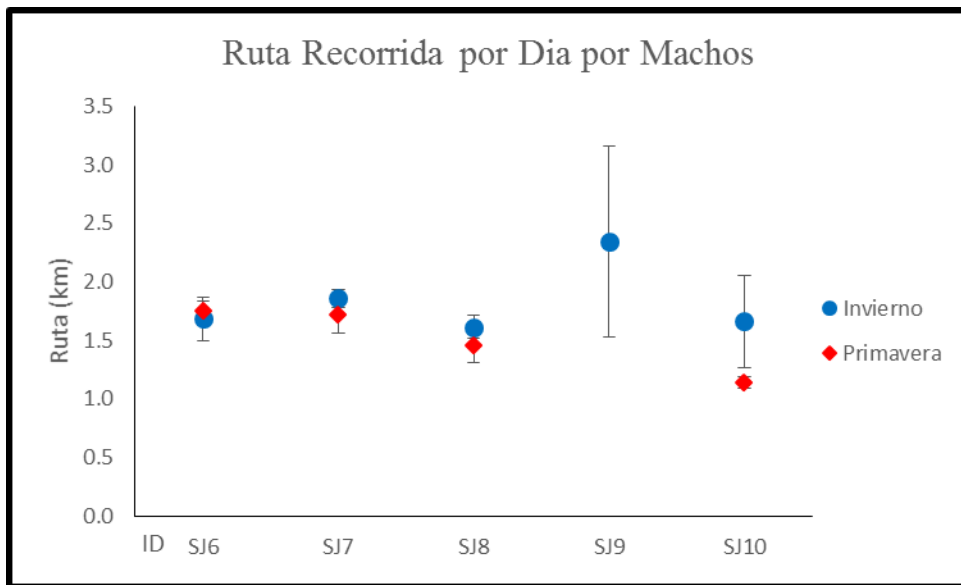


Fig. 5.- Distancias y rutas recorridas por día por los cinco borregos cimarrones macho marcados con collares GPS, durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera 2014 en el norte de Sierra Juárez, Baja California. El borrego SJ9 se incluye solo para observación.

Los recorridos por andadores y rutas fueron mayores en machos respecto a hembras de manera significativa ( $1.52 \pm 0.2$  km v  $1.24 \pm 0.14$  km respectivamente,  $p= 0.004$ ) tanto en los periodos de invierno como de primavera que cubre el estudio (Tabla 4 y Figura 6).

Ruta Recorrida por Día						
	Invierno		Primavera		MEDIA	ES
	Ruta (km)	ES	Ruta(km)	ES		
Hembras	1.22	0.09	1.26	0.20	1.24	0.14
Machos	1.83	0.31	1.21	0.09	1.52	0.20
<b>MEDIA</b>	1.52	0.20	1.24	0.14	1.38	0.17

Tabla 4.- Media de las rutas recorridas por día por los borregos cimarrones marcados con collares GPS por sexo, durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera del 2014, en el norte de Sierra Juárez, Baja California.

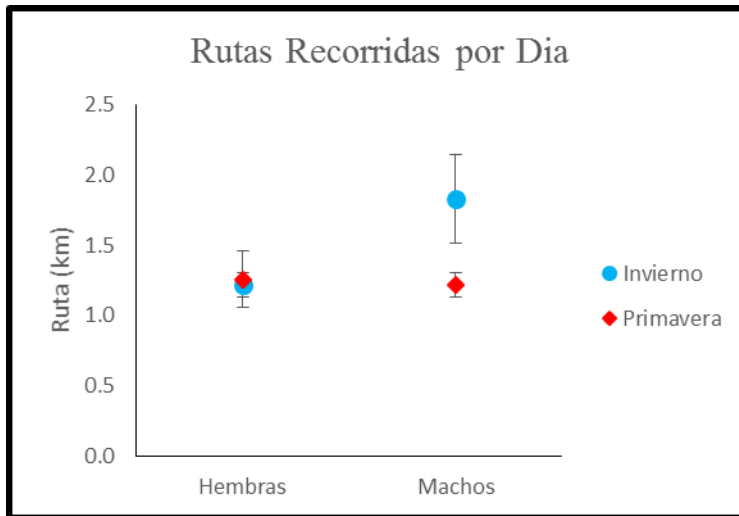


Fig. 6.- Media (ES) de los recorridos de ruta diarios utilizados por los borregos cimarrones marcados con collares GPS por sexo, durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera 2014 en el norte de Sierra Juárez, Baja California.

#### 7.4 Áreas de Actividad por los borregos cimarrones

Para el área de actividad en kernel al 95%, el individuo hembra que más área requirió durante la estación invernal, fue la SJ1, con  $15.75 \pm 2.81 \text{ km}^2$ , muy superior a la media de  $7.48 \pm 2.38 \text{ km}^2$ , ya que las demás cimarronas no pasaron de los  $7 \text{ km}^2$  de área de kernel en este periodo. El kernel en 95% en la etapa primaveral demostró que el área de actividad disminuyó de acuerdo al invierno a  $6.09 \pm 2.26 \text{ km}^2$  de manera significativa ( $p=0.009$ ), siendo igualmente las borregas SJ2 y SJ3 las que tuvieron el área mayor respectivamente a sus compañeras (Tabla 5 y Figura 7).

Áreas de Actividad en Kernel al 95 %				
ID	Invierno		Primavera	
	K 95% (km <sup>2</sup> )	ES	K 95% (km <sup>2</sup> )	ES
SJ1	15.75	2.81	5.08	2.22
SJ2	4.74	2.44	9.61	2.72
SJ3	4.88	2.49	7.02	2.98
SJ4	5.19	0.61	5.69	1.48
SJ5	6.87	3.54	3.03	1.87
<b>MEDIA</b>	7.48	2.38	6.09	2.26

Tabla 5.- Medias de las áreas de actividad utilizados por las borregos cimarrones hembra marcadas con collares GPS durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera del 2014, en el norte de Sierra Juárez, Baja California.

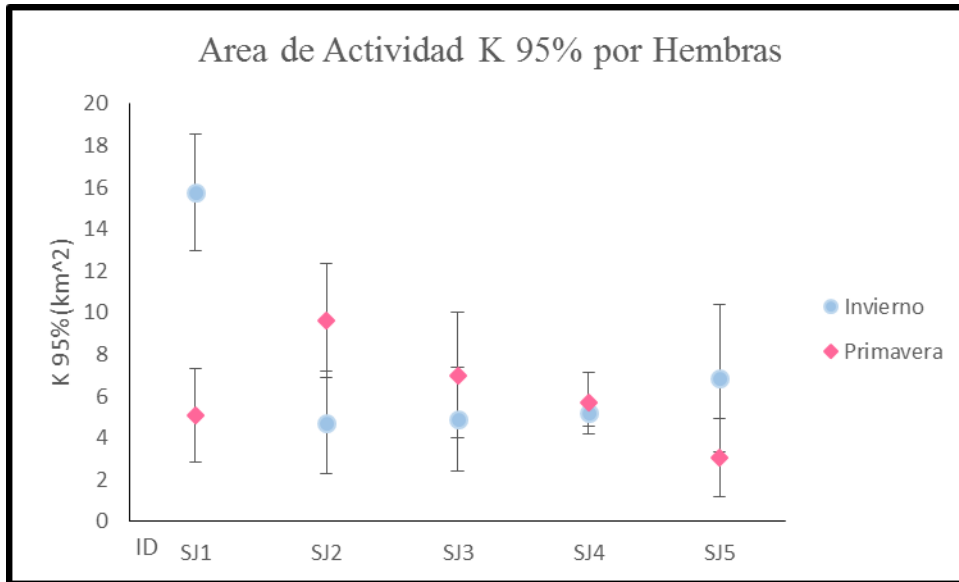


Fig.7.- Media de las áreas de actividad en kernel al 95% utilizada por las cinco borregas cimarronas hembra marcadas con collares GPS, durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera 2014 en el norte de Sierra Juárez, Baja California.

El área activa del SJ8 fue la menor en invierno, con  $9.83 \pm 0.5 \text{ km}^2$ , mientras que la mayor área fue cubierta por el SJ7 con  $53.64 \pm 24.11 \text{ km}^2$ . El borrego macho SJ6 obtuvo la más grande media primaveral de  $27.66 \pm 5.72 \text{ km}^2$ , aproximadamente  $5 \text{ km}^2$  más que el borrego SJ7. Aunque entre periodos no se encuentran diferencias significativas ( $p=0.366$ ), el SJ10 se manifestó como el de menor área de actividad en primavera, que fue de  $8.39 \pm 2.56 \text{ km}^2$ . El área de actividad, con media de  $33.92 \pm 13.47 \text{ km}^2$ , tiene un muy marcado declive del mes de diciembre a febrero, como lo indica la Tabla 6 y Figura 8.

Áreas de Actividad en Kernel al 95 %				
ID	Invierno		Primavera	
	K 95% (km <sup>2</sup> )	ES	K 95% (km <sup>2</sup> )	ES
SJ6	46.09	23.27	27.67	5.72
SJ7	53.64	24.11	22.96	16.46
SJ8	9.83	0.50	16.48	5.27
SJ9	51.51	25.62	NAN	NAN
SJ10	26.10	11.51	8.40	2.57
<b>MEDIA</b>	33.92	13.47	18.88	6.01

Tabla 6 .- Medias de las áreas de actividad utilizados por los borregos cimarrones macho marcadas con collares GPS durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera del 2014, en el norte de Sierra Juárez, Baja California. Debido a la falta de datos del SJ9, no se le incluye en los cálculos de media.

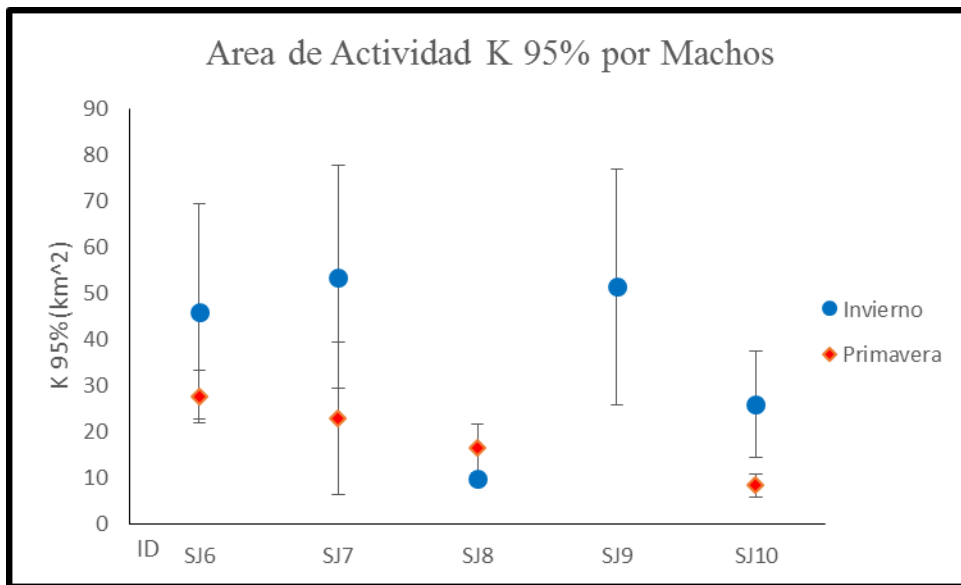


Fig. 8.- Media de las áreas de actividad en kernel 95% por los cinco borregos cimarrones macho marcados con collares GPS, durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera 2014 en el norte de Sierra Juárez, Baja California. El borrego SJ9 se incluye solo para observación.

Los rangos caseros también cubrieron significativamente más área con los machos ( $26.40 \pm 7.4\text{km}$ ) que con las hembras ( $6.79 \pm 0.78 \text{ km}$ ,  $p=0.025$ ) en promedio en el periodo de diciembre del 2013 a mayo del 2014 (Tabla 7 y Figura 9).

Áreas de Actividad en Kernel al 95 %					
	Invierno		Primavera		MEDIA
	K 95% (km <sup>2</sup> )	ES	K 95% (km <sup>2</sup> )	ES	
Hembras	7.48	2.10	6.09	1.09	6.79
Machos	33.92	9.91	18.88	4.18	26.40
MEDIA	20.70		12.48		16.59

Tabla 7.- Media de las áreas de actividad por los borregos cimarrones marcados con collares GPS por sexo, durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera del 2014, en el norte de Sierra Juárez, Baja California.

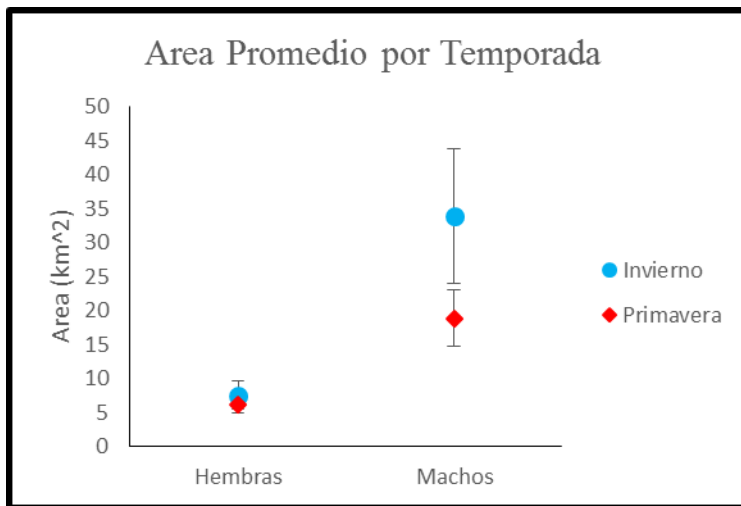


Fig.9.- Media (ES) de las áreas de actividad en kernel al 95% por los borregos cimarrones marcados con collares GPS por sexo, durante los periodos de invierno 2013-2014 y primavera 2014 en el norte de Sierra Juárez, Baja California.

Con la información recaudada, se realizó un dendograma de clúster para la agrupación de los individuos respecto a su promedio de recorrido y áreas de actividad (Fig. 10)

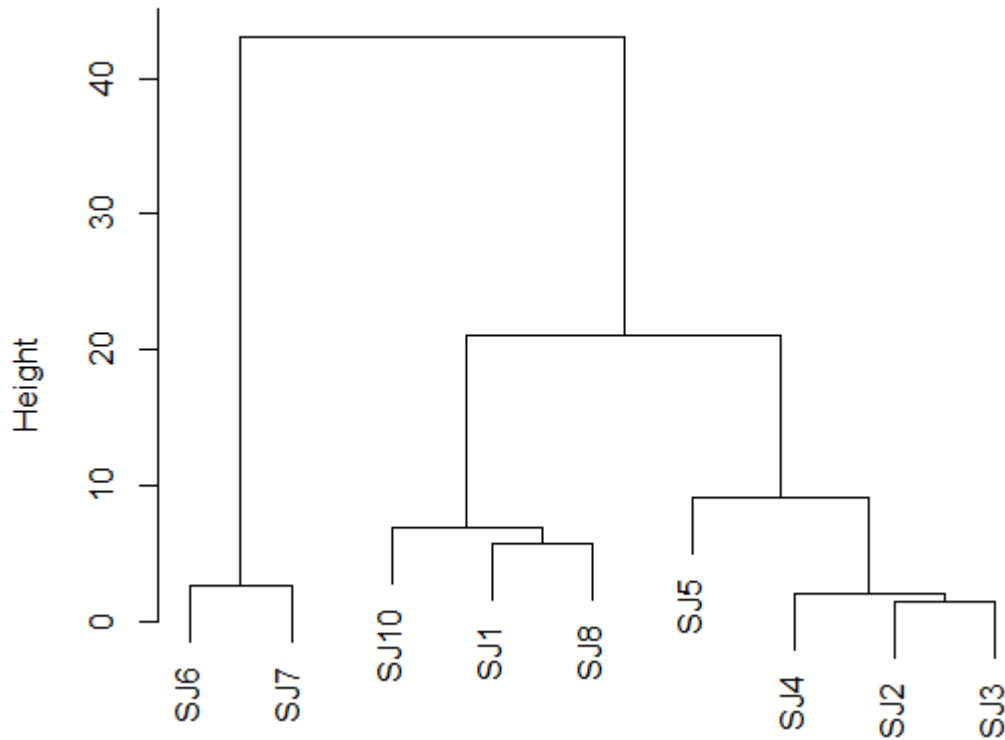


Fig.10.- Cluster con las agrupaciones de los individuos de borregos cimarrones de este estudio. Los machos formaron dos grupos; los que más movimientos y área requirieron fueron los SJ6 y SJ7, mientras que las hembras formaron un grupo, con las SJ2 y SJ3 las que contaron con más relación entre ellas. Los desplazamientos de la SJ1 fueron más relacionados a los machos SJ8 y SJ10 que al resto de las hembras.

## 8. DISCUSIÓN

Se han hecho trabajos con los borregos cimarrones y otros bovinos en diferentes lugares, por lo que las comparaciones se realizaron con estos estudios, algunos hechos en zonas cercanas como Nevada, Arizona y California, esta última en donde se origina la Cordillera Peninsular, de la cual es parte Sierra Juárez.

Los cimarrones hembras, por lo general, contaron con un área de actividad menor que los machos, con respecto a lo encontrado por Geist(1971), Festa-Bianchet (1986) y Demarchi (2004), pueden presentar hasta cuatro áreas de actividad: invierno, primavera, crianza y verano. Con la información de los collares GPS en los individuos marcados, se determinó que las hembras frecuentaron en ambas estaciones el área de actividad localizadas en los cañones de la cordillera que conforman el norte de Sierra Juárez y que tienen salida al este en dirección de la Laguna Salada. Durante estas temporadas de invierno y primavera, se observó que los borregos cimarrones hembra no realizaron desplazamientos muy alejados de sus zonas de gestación en invierno, y en primavera se movieron más en relación a su área de actividad en invierno, basados en las imágenes satelitales, pero manteniéndose en zonas “seguras”, como lo pueden ser los riscos y pendientes escarpadas, para el cuidado de las crías y los recién nacidos, sacrificando la abundancia de alimentación como lo menciona Ruckstahl 1998 en su trabajo en el suroeste de Alberta. En Montana, Semmens (1996) y Demarchi (2004) calcularon el área de actividad de los grupos de hembras con radio-telemetría en tres subpoblaciones, variando de 6.4 a 32.9 km<sup>2</sup>. Leslie (1977) y Longshore (1995) observaron que las cimarronas

concentran sus áreas hogareñas en manantiales y otras fuentes perenes de agua cercanas para evitar los largos recorridos y la exposición a los depredadores. Es por estos detalles que ir a buscar a estas hembras marcadas para su observación directa en el campo es complicado.

La SJ1 fue el individuo hembra que más al norte de la cordillera se encontró. Este individuo tuvo un desplazamiento invernal más largo que el resto de sus compañeras, ya que durante el invierno, estuvo realizando movimientos entre dos cañones de la cordillera que da la cara hacia el desierto, pero no llegó a bajar del todo. Enfocó su área de actividad en el cañón más al norte en el mes de abril, y no se desplazó hacia el cañón sur, lo que indica que el cañón norte de su zona invernal contaba con mejores condiciones para el cuidado de su cría, pero no podía cubrir sus necesidades durante el periodo de gestación, por lo cual se estuvo moviendo entre los dos cañones. El borrego hembra SJ1 fue la hembra que más área de actividad total cubrió en respecto a las demás cimarrones hembra, esto se refleja en el análisis de cluster, agrupándola con los machos SJ8 y SJ10, por sus desplazamientos y áreas utilizadas. Posiblemente este territorio no encuentra las cualidades necesarias en un área menor como puede ser en el caso de sus compañeras; un análisis de hábitat específico en la zona lo determinaría con seguridad.

La SJ2 en ambas estaciones, se mantuvo en la cordillera, pero si logró encontrarse un poco hacia la Laguna, aunque no bajo hasta la zona de desierto. La cimarrona ocupó un área que concentro siete cañones, ocupando un área más larga de norte-sur en el periodo

invernal, y quedándose en áreas más elevadas y escapadas en primavera. Con los resultados de densidad de utilización en kernel, se puede observar que la hembra SJ3 utilizó la misma área activa que su compañera SJ2. Tanto los polígonos de invierno y verano de la hembra SJ3 y de la SJ2 se concentran tanto en la profundidad de los cañones como en la zona a media cordillera que utilizaron en invierno, teniendo muy pequeña variación entre sí, aunque la primera utilizó un promedio por mes de área menor que su compañera. Debido a que ambas de estas cimarronas utilizaron áreas de actividad que se contraponen, por lo que ambas hembras pueden pertenecer al mismo grupo social, pudiendo incluso tener alguna relación de parentesco familiar.

La densidad de utilización que se pudo obtener para la SJ4 indican que se enfocó en la zona norte del Cañón de El Taho, contando con un oasis a lo largo de este hasta llegar a su desembocadura en el desierto de la Salada, los cuales son un factor principal para el manejo del área de actividad del borrego cimarrón. El promedio de utilización de esta hembra fue solo superior al presentado por la SJ5, que fue la que más al sur concentró sus áreas de actividad, además de encontrarse más dentro de la cordillera, sin tener una salida clara hacia el desierto de la salada, como es el caso de las otras 4 compañeras. También es el individuo que menos área de actividad registro, y las imágenes satelitales demuestran que esta zona es de muy difícil acceso. Con presencia de agua, esta zona concentró las necesidades básicas de esta cimarrona en un área más pequeña, a diferencia de las otras, que necesitaron de áreas activas más grandes para poder cumplir con sus necesidades.

Se ha reportado que los borregos machos pueden presentar entre dos a seis áreas de actividad durante el año, los que se podrían clasificar como áreas pre-reproductivas, reproductivas, medio invierno, invierno-primavera, y verano (Geist, 1971). De los machos a los cuales se les colocó collares, cuatro concentraron sus áreas activas alrededor de la Carretera Federal Mexico-2, el SJ8 y el SJ9 al norte, y el SJ6 y SJ7 al sur. Mientras que las borregas se mantuvieron en sus áreas activas temporales en invierno y primavera, los machos tuvieron áreas más grandes y movimientos más largos, y no siempre se enfocaron en estar en zonas de máxima protección, como lo pueden ser las hembras, debido a que sus necesidades de alimentación hacen que busquen en lugares con mayor abundancia pero de menor calidad. El último borrego, el SJ10, tuvo su área activa en la cordillera cerca del Parque Nacional Constitución de 1857, utilizando áreas más parecidas a las que su compañera de estudio utilizaron durante el periodo del estudio, sobre todo, la SJ5.

El macho SJ6 presentó un área de actividad muy amplia. En invierno se encontró en las cordilleras cercanas a las que utilizaba la SJ1. Terminando la temporada de reproducción, empezó su desplazamiento hacia el norte, a los cañones que nacen en la cercanía del poblado de La Rumorosa. Sin embargo, este borrego enfocó su área primaveral en las cercanías del viejo camino nacional de La Rumorosa y otros cañones cercanos dentro de su área activa para sus desplazamientos en busca de alimento y bebida, pero no terminó de bajar al desierto de la Salada. Se observó que el SJ7 empezó el periodo de estudio en la cordillera hacia el desierto, pero su densidad de utilización fue extremadamente amplia, llegando incluso al borde del poblado de La Rumorosa y la

carretera Federal No.2, contando dentro de el al viejo camino nacional. Esta gran distribución se puede justificar por falta de alimento con la que conto el borrego SJ7 en esta época invernal, comportamiento compartido con el SJ6, y contaron con áreas en común, aunque en primavera, en donde el SJ7 enfoco su área de actividad en el cerro de la calera cerca de La Rumorosa, y en los valles que se encuentran en la cara sur de los cañones cercanos, teniendo el SJ6 un área más extenso en esta estación anual. Los borregos SJ6 y SJ7 fueron los borregos con datos regulares que registraron un desplazamiento entre área de reproducción y área invernal durante el transcurso del estudio, al desplazarse desde los cañones de la cordillera, hacia los valles que se encuentran a mayor altitud.

El borrego SJ8 se encontró al norte de la carretera Federal México 2, frecuentando los valles que se formaban entre las montañas. A través de los seis meses que engloba el periodo de este trabajo, no se observaron grandes desplazamientos de este borrego. La observación más interesante que se pudo observar referente a este borrego fue de que parte de su área activa se encontró en Estados Unidos; debido a que en esta zona no existe una barrera fronteriza física, el borrego no ha encontrado aún un impedimento de contar con un área de actividad binacional, lo que es base para muchas preguntas que podrían dar lugar a distintos estudios y proyectos. Es necesario destacar que se edificó un parque eólico en las cercanías del área de actividad ocupada por este borrego, lo que pudo tener un efecto negativo en la ocupación de área y hábitat de este individuo

El SJ9 (Figura 11) presenta un caso muy particular. Solo se pudieron obtener datos de los tres primeros meses en los cuales el proyecto se llevó a cabo. Referente a este estudio, en diciembre presento un área de 77.12 km<sup>2</sup> de área activa. Este borrego se desplazaba en zonas cercanas al SJ8, pero sus áreas no coincidían del todo, además de que se desplazó por un buen periodo de tiempo hacia las montañas de la cordillera en Estados Unidos al sur de la carretera Interestatal 8 y el poblado de Ocotillo. En estas montañas se pueden observar una gran cantidad de andadores que pueden ser utilizados por el borrego. En enero se desplazó a los valles y las montañas al norte de la carretera México 2 necesitando un área de densidad de 25.89 km<sup>2</sup>, manteniéndose en esa área, hasta el momento en que la información del collar de este animal ceso de ser recibida a la base de datos.



Fig. 11.- Borrego cimarrón marcado como SJ9 en su área de actividad en Sierra Juárez, Baja California.

El borrego SJ10 fue el único macho con collar de sistema de geo localización que no se encontró en las cercanías del poblado de La Rumorosa o la carretera Federal México 2, sino que concentro su área de actividad en las cordilleras cercanas al Parque Nacional Constitución de 1857, teniendo un hábitat más parecido a aquel que frecuentaron las hembras marcadas para este mismo trabajo, en especial la SJ5, que se encontraba en áreas cercanas a él. El borrego SJ10 frecuento elevaciones más grandes en áreas menores en primavera, mientras que en invierno se mantuvo en los cañones que dan hacia el desierto

que cubre la Laguna Salada.

Con los datos obtenidos para este estudio, se demostró que los borregos cimarrones son una especie que vive en grupos gregarios separados por el sexo, siendo la época de reproducción los meses de otoño, lo que explica el desplazamiento de los borregos SJ6 y SJ7 al principio del invierno a su respectiva área estacional respecto a la utilizada más frecuentemente por las hembras en la época de apareamiento. Los machos en la zona norte de Sierra Juárez, se desplazaron más kilómetros por mes que las hembras. Considerando que las áreas de los machos cuentan con mayor biomasa de vegetación, o con menor perfil de escape que las hembras que frecuentan los grandes grupos y los terrenos de escape, ocasiona que los primeros cuenten con áreas de actividad más grande. Bates *et al.* (1976) en Canyonland N.P., Leslie (1977) en las River Mountains en Nevada, Jense y colaboradores (1979) en Utah, Longshore (1995) en las Black Mountains de Nevada, De Forge y colaboradores (1997) en las Montañas de San Jacinto en la Cordillera Peninsular en California, De Cesare (2002) en el oeste de Montana, también determinaron que los cimarrones machos tuvieron desplazamientos y áreas de actividad más grande que el de sus compañeras en las áreas estudiadas.

La falta de estandarización en la exposición de los resultados de área de actividad permite desarrollar análisis para representar sus datos, sin embargo la obtención del área de actividad con dos o más métodos diferentes nos permite tener una mejor perspectiva y mayor calidad de comparación con los estudios realizados con anterioridad.

Es importante mencionar que los factores externos determinan las áreas de actividad del borrego cimarrón. El agua es un factor principal para el borrego cimarrón en cuanto al área de actividad se refiere. La presencia del líquido vital permite al cimarrón la supervivencia en los hábitats inhóspitos que frecuenta. Sin embargo, son las hembras las que se pueden encontrar más cerca de los agujajes, como se ha demostrado en la River Mountains en Nevada, E.U.A., en donde las hembras habitaban en la mitad este de estas montañas, en donde se concentran las fuentes de agua (Leslie, 1977). Ebbert y colaboradores (1993) también determinaron que los machos cimarrones en Black Canyon, Nevada se distanciaban más del agua en 7 de las 8 estaciones que cubrió su estudio de 1991 a 1992 que las hembras, con la distancia media en verano, de 1.6-2.6 km y 1-1.7 km, respectivamente. Teniendo en cuenta que las hembras de nuestro estudio frecuentaban la presencia de cañones y no realizaban desplazamientos muy largos, es muy factible el pensamiento de que estos cañones tienen agujajes perenes, como lo son el Cañón del Tahoe y el Cañón de Guadalupe de donde baja el agua que proviene de las alturas de Sierra Juárez.

Normalmente, en la región de La Rumorosa y el resto de Sierra Juárez, un factor característico es el que es una zona con nevadas invernales, pero durante el invierno 2013-2014, que es el que cubre este estudio, no se presentaron como en años anteriores. Desde el inicio del año 2014, en enero, empezó una época de sequía desde moderada hasta severa, que siguió hasta finales del mes de abril, según reporto la Comisión Nacional del Agua y el Servicio Meteorológico Nacional en su reporte del 2014. Debido a que este estudio cuenta con los primeros datos de borregos cimarrones marcados en Sierra Juárez, la base

de este estudio es el invierno y primavera del 2014, atípico debido a la sequía que se presentó, en la zona de estudio, por lo que para determinar las áreas de actividad en condiciones normales, se tendrá que esperar a contar con datos de los borregos que representen al invierno con estas características. (Figura 12)



Fig. 12.-Fotografía que muestra el hábitat en la zona Norte de Sierra Juárez, Baja California, durante el invierno, del 2014, bajo condiciones atípicas de calor y sequia para la época.

Las carreteras representan una división de los territorios y las áreas de actividad de los animales, al causar destrucción y fragmentación del hábitat que puede derivar en el decline de las poblaciones si el hábitat de alta calidad se pierde o si el camino hacia este ha sido

cortado (Ebert, 1993). No todos los animales pueden pasar los caminos creados para la comunicación de las poblaciones humanas, ya que suelen contar con barreras como puentes y contenciones, siendo casos muy especiales aquellos caminos que cuenten con pasajes para vida silvestre. Ebert (1993) registro en la autopista 93 en Arizona 23 muertes en un periodo de 27, y en la autopista 191, se registraron 146 colisiones sobre borregos cimarrones entre el agosto del 2001 y mayo del 2011 (Gagnon, 2011). Epps (2005) estudio la diversidad genética de 27 poblaciones de borrego cimarrón del desierto (*Ovis canadensis nelsoni*) con isolacion antropogenica en el Estado de California, en donde las poblaciones sufrieron un descenso de la diversidad en un 15% por 40 años de isolacion a causa de caminos, canales y áreas desarrolladas. El borrego macho SJ7 fue el que más se aproximó a la carretera Federal Mex-2, recorriendo el largo del tramo Rumorosa-Mexicali, pero nunca llevo a cruzar la carretera del todo. Ninguno de los otros tres borregos machos cercanos a la carretera se acercó demasiado en este tiempo a las carreteras, no utilizando esas áreas durante los periodos de invierno y primavera, quedándose en estas zonas durante estos periodos de reproducción, teniendo como limitante las hembras que se encuentren en un lado u otro de ambas carreteras.

También se pueden intensificar posibles temas, como la colocación del muro fronterizo en la zona de La Rumorosa-Jacumba. Al no contar con tal estructura, los borregos SJ8 y SJ9 han podido utilizar más área para área de actividad, pasando de un lado al otro de la línea fronteriza, contando como los limites antropogenicos las carreteras Mex-2, Interstate-8, además del nuevo parque eólico construido en La Rumorosa, muy cercano al

área en que desarrollaban sus áreas de actividad. Otro factor en esta zona es el acueducto de la Comisión Estatal de Agua (CEA) Rio Colorado-Tijuana, cuyas instalaciones, tuberías de comunicación y actividad de los empleados, dividen aún más la zona norte de la carretera Mex-2 en La Rumorosa, impidiendo el libre uso de esta área por parte de la fauna local y el borrego cimarrón. Los parques eólicos presentados en La Rumorosa y Sierra Juárez provocan zonas de gran impacto antropogenico provocado por las explosiones utilizadas para colocar cada una de las torres eólicas, y los caminos que se construyen para llegar a cada torre divide en fuertemente al hábitat del borrego cimarrón.

El proyecto de “Energía Sierra Juárez” genera energía a través del poder del viento de esta región, aprovechando al máximo este recurso, colocando las torres eólicas en forma de parches, además de la colocación de turbinas y demás infraestructura necesaria, y la colocación de carreteras para el desplazamiento de los materiales. Los impactos ambientales para este proyecto de energía eólica fueron presentados en una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA). El proyecto eólico y la MIA fueron aceptados, pero sin un buen proceso de manejo, estos parques, destinados a ser ubicados por todo Sierra Juárez, provocara daños irreversibles a la fauna local en peligro, como lo menciona Haro 2015.

Con la tecnología de GPS en los animales, se determinaron los corredores que el borrego utiliza cercanos a los caminos y otras barreras antropogenicas, y poder auxiliar a la fauna silvestre de acuerdo a sus necesidades, con puentes o pasos para ellos.

En este estudio a seis meses se logró obtener resultados respecto al área de actividad con alto valor para la conservación del *Ovis canadensis* en Baja California, dándonos información del terreno que puede cubrir un individuo en la zona norte de Sierra Juárez de Baja California, bajo las circunstancias a las que este está expuesto. El conocimiento del área de actividad nos permite conocer y realizar estudios más profundos respecto a la vida del borrego cimarrón en Sierra Juárez, como trabajos de determinación de alimentación o evaluación del hábitat, u observar la relación con otras especies en la misma zona. Pero la continuidad de estos estudios es importante para poder tener un mejor entendimiento de las actividades y el área que puede cubrir el cimarrón, teniendo en cuenta, que las condiciones del hábitat han variado en Sierra Juárez.

## **9. CONCLUSIONES**

El sistema de transmisores con tecnología GPS es un buen sistema para detectar y analizar los desplazamientos del borrego cimarrón en la zona norte de Sierra Juárez en Baja California.

Los borregos cimarrones machos presentaron desplazamientos más grandes que los borregas cimarrones hembras.

Los machos utilizaron un área de actividad más grande que las hembras, las cuales se desplazaron en áreas más escarpadas.

Los recorridos y las áreas de actividad sufrieron en general un declive del periodo invernal al periodo primaveral en ambos sexos de borrego cimarrón.

Las borregas SJ2 y SJ3 presentaron recorridos y áreas de actividad semejantes en ambas temporadas, por lo que se determinó que forman parte del mismo grupo social.

## **10. RECOMENDACIONES**

Continuar los trabajos basados en el geoposicionamiento de borregos cimarrones en Baja California.

Obtención de datos de geoposicionamiento en borrego cimarrón de otras zonas del Estado de Baja California.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Albanil, A., Pascual, R., López, M., Quiroz, C. & Sánchez, O. (2014). Reporte del clima en México: Reporte Anual 2014. Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional. CONAGUA.
- Anderson, D.M. 2001. Virtual Fencing-A prescription range animal management tool for the 21st Century. *Proceeding of the Conference on Tracking Animal with GPS*. Aberdeen, 12-13 March 2001. Macaulay Land Research Institute.
- Arriaga, L., Espinoza, J., Aguilar, C., Martinez, E., Gómez, L. & Loa, E. 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad.
- Barbary, M., Conti, L., Koostra, B.K., Masi, G., Guerri, F.S. & Workman, S.R. 2006. The use of Global Positioning and Geographical Information Systems in the management of Extensive Cattle Grazing. University of Kentucky, E.U.A. *Biosystems Engineering*, 95 (2), 271-280.
- Bates, J.W., Pederson, J.C. & Amstrup, S.C. 1976. Bighorn Sheep Range, Population Trend and Movement. *Desert Bighorn Council Transactions*, 20, 11-12
- Bordelon, M. 2012. *Geologic Overview of Southern Mountain Ranges*. Irvine Valley College. <https://olliuci.files.wordpress.com/2012/03/uci-talk-geology-of-socal-mountains-3-19-12.pdf>
- Burt, W. H. 1943. Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *Journal of Mammalogy*, 24, 346–352.
- Burger, W.P. 1985. Analyzing home range data from desert Bighorn Sheep, a comparison of methods. *Desert Bighorn Council Transactions*, 29, 15-19.
- Calenge, C. 2015. Home Range Estimation in R: the adehabitatHR Package. Office national de la classe et de la faune sauvage Saint Benoist. Francia. <https://cran.r-project.org/web/packages/adehabitatHR/vignettes/adehabitatHR.pdf>.
- Campos, A. 2011. Telenax, <http://www.telenax.com/es/>
- Chester C. C. 2006. Landscape vision and the Yellowstone to Yukon Conservation Initiative. *Conservation across borders: biodiversity in an interdependent world* (ed. Chester C. C., editor.), Washington, DC: Island Press, 134–157.
- Clair-Aldous, M. 1957. Status of the Desert Game Range. *Desert Bighorn Council Transactions*, 1, 35-37.

- Courtemanch, A.B. 2014. *Seasonal Habitat Selection and Impacts of Backcountry Recreation on a formerly Migratory Bighorn Sheep Population in Northwest Wyoming, USA*. Tesis de Maestria en Ciencias, University of Wyoming.
- Craighead, F. 1978. *Assessment of Needs for Satellite Tracking of Birds and Suggestions for Expediting a Program*. Final Report March 1976-February 1978. N.A.S.A. Grant Number NSG-2157. 73 p.
- DeCesare, N.J. 2002. Movement and Resource Selection of reconozing Bighorn Sheep in Western Montana. *Wildlife Biology M.S.* December, 70 pp.
- DeForge, J.R., Ostermann, S.D., Willmott, C.W., Brennan, K.B. & Torres, S. G. 1997. The ecology of Peninsular Bighorn Sheep in the San Jacinto Mountains, California. *Desert Bighorn Council Transactions*, 41, 8-25.
- Demarcki, R.A. 2004. Bighorn Sheep, *Ovis Canadensis*. Accounts and Measures of Managing Identified Wildlife-Accounts V. [http://www.env.gov.bc.ca/wld/frpa/iwms/documents/Mammals/m\\_bighornsheep.pdf](http://www.env.gov.bc.ca/wld/frpa/iwms/documents/Mammals/m_bighornsheep.pdf)
- Dibb, A. 2006. Seasonal habitat Use and Movement Corridor Selection of Rocky Mountain Bighorn Sheep (*Ovis Canadensis*) near Radium Hot Springs, British Columbia. 2002-2004 Progress Report, Parks Canada Agency, Lake Louise, Yoho and Kootenay Field Unit. Radium Hot Springs, B.C. Canada.
- Douglas, C.L. 1978. Radio-Telemetric studios of movements in Deseert Bighorn Sheep, Joshua Tree National Park. *Desert Bighorn Council Transactions*, 22, 21-22.
- Ebert, D.W. & Douglas, C.L. 1993. Desert Bighorn Movements and Habitat Use in Relation to the Proposed Black Canyon Bridge Proyect: Nevada: Final Report. *Cooperative National Park Resources Studies Unit*. E.U.A. University of Nevada.
- Epps, C.W., Palsboll, P.J., Wehausem, J.D., Roderick, G.K., Ramey II, R.R. & McCullough, D.R. 2005. Highways block gene flow and cause a rapid decline in genetic diversity of desert bighorn sheep. *Ecology Letters*, 8, 1029-1038
- Festa-Bianchet, M. 2008. *Ovis canadensis*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>.
- Forestry Suppliers Inc. 1995. Forestry, Agriculture and Environmental Catalog. 46, 276

- Gagnon, J., Sprange, S., Boe, S., Langley, R., Najar, H.S. & Schweinsberg, R. 2011. Evaluation of Rocky Mountain bighorn sheep movements along US Highway 191 and Morenci Mine in Arizona. *Desert Bighorn Council Transactions*, 51, 17-31
- Geist, V. 1971. Mountain Sheep: a Study in Behavior and Evolution. Chicago. Chicago University Press.
- Gobierno del Estado de Baja California. 2012. Estrategia Estatal para la Conservación y Manejo Sustentable del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) en Baja California. Mexico.
- Graham, M. D., Douglas-Hamilton I., Adams W. M. & Lee P. C. 2009. The movement of African elephants in a human-dominated land-use mosaic. *Animal Conservation*, 12, 445–455.
- Graham, S.A. 1929. The need for standardized quantitative methods in forest biology. *Ecology*, 10, 245–250
- Gula, R. & Theuerkarf, J. 2013. The need for standardization in wildlife science: home range estimators as an example. *European Journal of Wildlife Research*, 59(5), 713-718.
- Haller, B., Filli, F. & Imfeld, S. 2001. Evaluation of GPS-Technology for tracking mountain ungulates: VHF-Transmitter or GPS collars? *Tracking Animals with GPS*, The Macaulay Land Use Research Institute, Aberdeen, 61-66.
- Haro, S. (2015, 19 de febrero). Reportaje: *Invaden con turbinas La Rumorosa*. Periódico Zeta. <http://zetatijuana.com/2015/02/19/invaden-con-turbinas-la-rumorosa/>
- Hebblewhite, M. & Haydon, D.T. 2010. Distinguishing technology from biology: a critical review of the use of GPS telemetry data in ecology. *Philosophical Transactions of the Royal Society, London B, Biological Sciences*, 365(1550), 2303–2312.
- Kaplan, E.D. & Hegarty, C.J. 2006. *Understanding GPS: principles and applications*. Boston, London, Artech House. 2a Edición.
- Knudsen, M.F. 1962. Devices for tracking Bighorn Sheep. *Desert Bighorn Council Transactions*, 6, 53-56.
- Koplim, J. 1960. Information on tagging on the Dessert Game Range. *Desert Bighorn Council Transactions*, 4, 49-52.

- Jense, G.K., Bates, J.W. & Ruberson, J.A. 1979. Utah Bighorn Sheep status report. *Desert Bighorn Council Transactions*, 23, 89-91.
- Jokiner, M., Dorge, D. & Jones, P. 2007. Bighorn Sheep Survival and Demography in the Yarrow-Castle region of Alberta, Canada. Technical Report, T-2007-003, produced by Alberta Conservation Association, Banff, Alberta, Canada.
- Kenward, R. 2001. *Historical and practical perspectives*. Academic Press, San Diego. Radio tracking and animal populations, 3-12.
- Kie, J., Matthiopoulos, J., Fieberg, J., Powell, R. A., Cagnacci, F., Mitchell, M.S., Gaillard, J. & Moorcroft, P., 2010. The home-range concept: are traditional estimators still relevant with modern telemetry technology? *Philosophical Transactions of the Royal Society, London B*, 365, 2221-2231.
- Leslie, D.M. 1977. Home group size and group integrity of the Desert Bighorn Sheep in the River Mountains, Nevada. *Desert Bighorn Council Transactions*, 21, 25-28.
- Longshore, K., Lowrey, C., Jeffress, M. & Thompson, D. 2009. Nocturnal movements of desert bighorn sheep in the Muddy Mountains, Nevada. *Desert Bighorn Council Transactions*, 50, 18-31
- Luikart, G. & Allendorf, F. 1996. Mitochondrial-DNA variation and genetic-population structure in Rocky Mountain Bighorn Sheep (*Ovis canadensis canadensis*). *Journal of Mammalogy*, 77(1), 109-123.
- Muñoz, R. 1981. Movements and Mortalities of Desert Bighorn Sheep in the San Andreas Mountains, New Mexico. *Desert Bighorn Council Transactions*, 25, 64-65.
- Navarro, M.C., Ambriz, D.A. 2008. El borrego cimarrón: Una especie amenazada por la ignorancia del hombre. *ContactoS*, 69, 16-22.
- Osborn, F.V. 2004. The concept of home range in relation to elephants in Africa. *Pachyderm*, 37, 37-44.
- Pelletier, F., Gendreau & Y., Feder, C. 2006. Behavioural reactions of bighorn sheep (*Ovis Canadensis*) to cougar (*Puma concolor*) attacks. *Mammalia*, 160-162
- Poole, K.G., Smyth, C.R., Teske, I., Podrasky, K., Serrouya, R., Sword, G. & Amos, L. 2013. Bighorn Sheep and Elk Valley Coal Mines. B.C. Mine Reclamation Symposium. doi:<http://dx.doi.org/10.14288/1.0042655>.

- Powell, R.A. & Mitchell, M.S., 2012. What is a home range? American Society of Mammalogists, *Journal of Mammalogy*, 93(4), 948-958.
- Proyecto Eolico “Energia Sierra Juarez”:  
<https://futurocostaensenada.wordpress.com/2010/09/22/proyecto-eolico-%E2%80%9Cenergia-sierra-juarez%E2%80%9D/>
- Rodgers, A., & P. Anson. 1994. Animal-borne GPS: tracking the habitat. *GPS World*, 5, 20-32.
- Rodgers, A. 2001. *Tracking animals with GPS: The first 10 years. Tracking Animals with GPS*. Aberdeen, 12-13 March 2001. Macaulay Land Research Institute, 1-10
- Rodgers, A. 2001. *Recent telemetry technology*. Academic Press, San Diego. Radio tracking and animal populations, 79-121.
- Ross, P.I., Jalkotzy, M.G. & Festa-Bianchet, M. 1997. Cougar predation on bighorn sheep in southwestern Alberta during winter. *Canadian Journal of Zoology*, 74, 771-775
- Rubin, E.S., Boyce, W. M., Stermer, C.J. & Torres, S.G. 2002. Bighorn sheep habitat use and selection near an urban environment. *Biological Conservation*, 104, 251–263
- Ruckstuhl, K. 1998. Foraging behavior and sexual segregation in bighorn sheep. *Animal Behavior* 56, 99-106
- San Diego Global. 2002. Desert Bighorn Sheep, *Ovis canadensis*.  
[http://library.sandiegozoo.org/factsheets/bighorn\\_sheep/bighorn.htm](http://library.sandiegozoo.org/factsheets/bighorn_sheep/bighorn.htm)
- Schroeder, C.A., Bowyer, R.T., Bleich, V.C. & Stephenson, T.R. 2010. Sexual Segregation in Sierra Nevada Bighorn Sheep, *Ovis Canadensis sierra*, Ramifications for Conservation. *Arctic, Antartic, and Alpine Research*, 42, 476-489.
- SEMARNAT, 2000, Proyecto para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis*) en México. Instituto Nacional de Ecología. Dirección General de Vida Silvestre.
- 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. Diario Oficial. Segunda Sección.

- Shackleton, D. 1985. *Ovis Canadensis*. *The American Society of Mammalogists. Mammalian species*, 230, 1-9.
- Shannon, N. H., R. J. Hudlon., V C. Brink. & W. D. Kitts. 1975. Determinants of spatial distribution of Rocky Mountain bighorn sheep. *Journal of Wildlife Management*, 39, 387-401
- Sirtrack, 2016. <http://www.sirtrack.co.nz/index.php/terrestrialmain/gps/collar>
- Stevens, D.W. 1979. Capture and Radio telemetry of Desert Bighorn Sheep in Western Arizona. *Cal-Neva Wildlife Transactions*, 11-18.
- Summitpost. 2011. Peninsular Ranges. <http://www.summitpost.org/peninsular-ranges/176863>
- Tomkiewicz S. M., Fuller M. R., Kie J. G. & Bates K. K. 2010. Global positioning system and associated technologies in animal behavior and ecological research. *Philosophical Transactions of the Royal Society, London B*, 365, 2163–2176
- Villepique, J.T., Pierce, B.M., Bleich, V.C., Andric, A. & Bowyer, R.T. 2015. Resource selection by an Endangered Ungulate: A Test of Predator-Induced Range Abandonment. *Advances in Ecology*, 15, 19.
- Wallace, M. 2001. Reintroducción y establecimiento del Cóndor de California, *Gymnopsis californiana*, en la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California. The Zoological Society of San Diego. Informe final SNIB-CONABIO, Proyecto No. DQ017, Mexico D.F.
- Witham, J.M. & Smith, E.L. 1979. Desert Bighorn Movements in a southwestern Arizona Mountain Complex. *Desert Bighorn Council Transactions*, 23, 20-24.
- Worton, B. J. 1989. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. *Ecology* 70, 164–168.
- Zimmermann, B. 2013. How does animal monitoring with GPS tags contribute to ecology and conservation? UTMARK, Number 2b. [http://www.utmark.org/utgivelser/pub/20132b/fagfelle/Zimmermann\\_Utmark\\_2013-2b.html](http://www.utmark.org/utgivelser/pub/20132b/fagfelle/Zimmermann_Utmark_2013-2b.html)