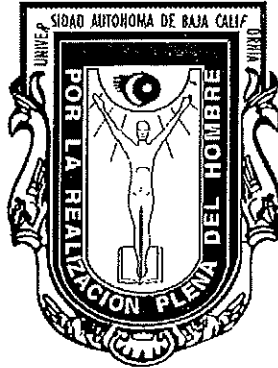


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**



Variación morfométrica de cráneos de borrego cimarrón  
*Ovis canadensis cremnobates* Elliot, 1903 y *Ovis canadensis weemsi*  
Goldman, 1937.

**TESIS PROFESIONAL**

Que para obtener el Título de:

**BIÓLOGO**

Presenta:

**EVA HAYDEÉ SALMÓN PERALTA**

ENSENADA, B. C.

AGOSTO 1999

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS

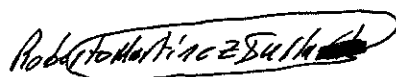
Variación morfométrica de cráneos de borrego cimarrón *Ovis canadensis*  
*cremnobates* Elliot, 1903 y *Ovis canadensis weemsi* Goldman, 1937.

TESIS PROFESIONAL

Que presenta

EVA HAYDEÉ SALMÓN PERALTA

Aprobado por:



---

DR. ROBERTO MARTÍNEZ GALLARDO  
Presidente del Jurado



---

M. C. JORGE ALANÍZ GARCÍA  
Secretario



---

DR. GORGONIO RUÍZ CAMPOS  
1er. Vocal

*A mis Padres*

*A Areli, Araceli y Diana*

*A mi nana*

*A Ricardo*

*A todas las personas que creyeron en mí*

## **Agradecimientos**

Agradezco al Dr. Roberto Martínez Gallardo todo el apoyo que me brindó para la elaboración de esta tesis; así como su paciencia, confianza y amistad demostrada a lo largo del trabajo.

A los sinodales Dr. Gorgonio Ruiz Campos, M. C. Jorge Alaniz García, Biol. Marcelo Rodríguez Meraz y M. C. José de Jesús Lara Tejeda, por la revisión y sugerencias hechas al presente documento.

Al Dr. Fernando Cervantes Reza por permitirme el acceso a la Colección Mastozoológica del Instituto de Biología de la UNAM.

A Antonio Magaña por haberme facilitado los ejemplares depositados en la Colección Mastozoológica de la Reserva de la Biosfera "El Vizcaino".

A las personas que amablemente me abrieron las puertas de sus casas, para permitirme el acceso a los cráneos de borrego cimarrón.

Al Biol. Elías Torres Balcazar, quien a través del Departamento de Bienestar Estudiantil de la UABC, financió parte de la estancia realizada en la Ciudad de México.

A la Facultad de Ciencias de la UABC por haber apoyado las salidas de campo en busca de cráneos de borrego cimarrón.

A CONABIO por el apoyo otorgado al presente trabajo, mediante el convenio FB529/L159/97 para la realización del proyecto "Estado de conservación, dinámica poblacional y reproductiva del borrego cimarrón

(*Ovis canadensis cremnobates*) en la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México”.

A la Dirección General de Investigación y Posgrado por el apoyo económico brindado al proyecto “Modelación matemática como una herramienta para la conservación y manejo de la vida silvestre, caso particular: borrego cimarrón” (Programa 169-328), dirigido por el M. C. José de Jesús Lara Tejeda, a través del cual se me brindó una beca para la realización de la tesis.

A CONACYT por apoyar este trabajo, mediante el convenio I29856-B para la realización del proyecto “Estado de conservación, dinámica poblacional y reproductiva del borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) en la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México”.

A Isidro Flores Ferrero por su ayuda durante la toma de las fotografías de los cráneos de borrego cimarrón.

A mi familia por apoyarme y cuidarme siempre.

A Ricardo por ser tan buen amigo, novio, compañero y maestro.

A la Dra. Nahara Ayala Sánchez por creer en mí y otorgarme siempre su apoyo.

A Dario y Samantha por haber viajado conmigo más de 2000 km. de contratiempos, calor y aventuras.

A Abel, Edith, Erika, Isabel, Isadora, Ismenia, Javier, Liliana, Magui, Mariana y Sonia por ser tan buenos amigos.

## Resumen

Se compararon 5 medidas craneales de 70 ejemplares machos de borrego cimarrón (*Ovis canadensis*), con el objetivo de determinar si existen diferencias morfométricas craneales entre las subespecies *Ovis canadensis cremnobates* y *Ovis canadensis weemsi* en la península de Baja California, así como determinar la variación local en cada una de ellas. El Análisis de Funciones Discriminantes indica que existen diferencias significativas entre las subespecies pero no dentro de las subespecies. El ancho de la cicatriz del paladar (ACP), es el único carácter morfométrico craneal que explica las diferencias encontradas entre las subespecies, por lo que se considera un carácter robusto para la identificación de las subespecies. El límite de distribución geográfica en función de los registros obtenidos, es para *O. c. cremnobates* desde San Matías, Baja California hasta Las Vírgenes, Baja California Sur, mientras que para *O. c. weemsi* va desde San Matías, Baja California hasta Sierra El Mechudo, Baja California Sur.

## Abstract

Five cranial measurements from 70 male specimens of desert bighorn sheep were compared by using Discriminant Function Analysis. The purpose of this study is to determinate if cranial morphometrics differences exist between the subspecies *Ovis canadensis cremnobates* and *Ovis canadensis weemsi* in the peninsula of Baja California, as well as determinate geographic variation within each one of them. The Discriminant Function Analysis showed significant differences between both subspecies. None of the cranial measurements were significantly different between specimens of each subspecies. The width of the palate scar (ACP), it's the only character that explains the differences between subspecies and is considered a robust character for the identification of the subspecies. The limit of geographical distribution in function of the data set, for *O. c. cremnobates* goes from San Matias, Baja California to Las Virgenes, Baja California Sur, while *O. c. weemsi* goes from San Matias, Baja California to Sierra El Mechudo, Baja California Sur.

## Contenido

<b>Indice de Figuras .....</b>	<b>VIII</b>
<b>Indice de Tablas .....</b>	<b>IX</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>3</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>8</b>
<b>Hipótesis .....</b>	<b>9</b>
<b>Metodología.....</b>	<b>10</b>
<i>Comparación morfométrica entre las subespecies Ovis canadensis cremnobates y Ovis canadensis weemsi .....</i>	<i>14</i>
<i>Comparación morfométrica de Ovis canadensis cremnobates en la Península de Baja California.....</i>	<i>15</i>
<i>Comparación morfométrica de Ovis canadensis weemsi en la Península de Baja California.....</i>	<i>15</i>
<b>Resultados.....</b>	<b>18</b>
<i>Estadística descriptiva para O. c. cremnobates y O. c. weemsi.....</i>	<i>18</i>
<i>Estadística descriptiva para O. c. cremnobates.....</i>	<i>19</i>
<i>Estadística descriptiva para O. c. weemsi .....</i>	<i>21</i>
<i>Comparación morfométrica entre las subespecies Ovis canadensis cremnobates y Ovis canadensis weemsi .....</i>	<i>22</i>
<i>Comparación morfométrica de Ovis canadensis cremnobates entre localidades de la Península de Baja California .....</i>	<i>24</i>
<i>Comparación morfométrica de Ovis canadensis weemsi entre localidades de la Península de Baja California.....</i>	<i>26</i>
<b>Discusiones .....</b>	<b>27</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>35</b>
<b>Literatura citada.....</b>	<b>36</b>

## Indice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Vista dorsal del cráneo de <i>Ovis canadensis</i> , en la cual se muestran las medidas tomadas a cada ejemplar (Modificado de Hall, 1981).....	11
<b>Figura 2.</b> Localidades de colecta de los cráneos de borrego cimarrón utilizados en el presente trabajo.....	13
<b>Figura 3.</b> Zonificación del área de estudio para <i>Ovis canadensis cremnobates</i> . ...	16
<b>Figura 4.</b> Zonificación del área de estudio para <i>Ovis canadensis weemsi</i> .....	17
<b>Figura 5.</b> Valor promedio y valores mínimos y máximos de las medidas craneales para cada subespecie. ....	19
<b>Figura 6.</b> Valor promedio y valores mínimos y máximos de las medidas craneales de <i>O. c. cremnobates</i> para cada localidad. ....	20
<b>Figura 7.</b> Valor promedio y valores mínimos y máximos de las medidas craneales de <i>O. c. weemsi</i> para cada localidad.....	22
<b>Figura 8.</b> La gráfica representa las dos variables canónicas. Primer variable canónica (VC1) Segunda variable canónica (VC2). A= Sierra San Pedro Mártir, Arroyo Grande, Matomí, San Matías y El Rosario, Baja California. B= San Luis Gonzaga, Puertecitos, Sierra La Asamblea y Bahía de Los Angeles, Baja California. C= San Gregorio, Santa Rosalía y Loreto, Baja California Sur. ....	25
<b>Figura 9.</b> Distribución propuesta para <i>Ovis canadensis cremnobates</i> . ....	33
<b>Figura 10.</b> Distribución propuesta para <i>Ovis canadensis weemsi</i> . ....	34

## Indice de Tablas

<b>Tabla I.</b> Media (M), desviación estándar (D. E.) y valor mínimo y máximo (Min-Max) de los 52 ejemplares de <i>Ovis canadensis cremnobates</i> .....	18
<b>Tabla II.</b> Media (M), desviación estándar (D. E.) y valor mínimo y máximo (Min-Max) de los 18 ejemplares de <i>Ovis canadensis weemsi</i> . ....	18
<b>Tabla III.</b> Media (M), desviación estándar (D. E.) y valor mínimo y máximo (Min-Max) de los 19 ejemplares de <i>Ovis canadensis cremnobates</i> de la localidad A. ....	19
<b>Tabla IV.</b> Media (M), desviación estándar (D. E.) y valor mínimo y máximo (Min-Max) de los 11 ejemplares de <i>Ovis canadensis cremnobates</i> de la localidad B. ....	20
<b>Tabla V.</b> Media (M), desviación estándar (D. E.) y valor mínimo y máximo (Min-Max) de los 22 ejemplares de <i>Ovis canadensis cremnobates</i> de la localidad C. ....	20
<b>Tabla VI.</b> Media (M), desviación estándar (D. E.) y valor mínimo y máximo (Min-Max) de los 8 ejemplares de <i>Ovis canadensis weemsi</i> del norte de la Península de Baja California.....	21
<b>Tabla VII.</b> Media (M), desviación estándar (D. E.) y valor mínimo y máximo (Min-Max) de los 10 ejemplares de <i>Ovis canadensis weemsi</i> del sur de la Península de Baja California.....	21
<b>Tabla VIII.</b> Distancia de Mahalanobis y valor p asociado a la distancia entre los centroides de cada subespecie. Los valores por encima de la diagonal se refieren al valor p y los valores por debajo de la diagonal a la distancia de Mahalanobis. ....	23
<b>Tabla IX.</b> Importancia de los caracteres en el análisis de funciones discriminantes en las subespecies de borrego cimarrón peninsular. Coeficientes estandarizados de la función discriminante. ....	23
<b>Tabla X.</b> Distancia de Mahalanobis y valor p asociado a la distancia entre los centroides de cada localidad. Los valores por encima de la diagonal se refieren al valor p y los valores por debajo de la diagonal a la Distancia de Mahalanobis. ....	24

- Tabla XI.** Importancia de los caracteres en el análisis de funciones discriminantes de *Ovis canadensis cremnobates*. Coeficientes estandarizados de la función discriminante. .... 25
- Tabla XII.** Distancia de Mahalanobis y valor p asociado a la distancia entre los centroides de cada localidad. Los valores por encima de la diagonal se refieren al valor p y los valores por debajo de la diagonal a la Distancia de Mahalanobis. .... 26
- Tabla XIII.** Importancia de los caracteres en el análisis de funciones discriminantes de *Ovis canadensis weemsi*. Coeficientes estandarizados de la función discriminante. .... 26

## Introducción

El borrego cimarrón es un mamífero neártico perteneciente a la Familia Bovidae y Orden Artiodactyla. En el continente Americano la familia Bovidae comprende a cuatro géneros: *Bison* (bisonte), *Oreamnos* (cabra de montaña), *Ovibos* (buey almizclero) y *Ovis* (borrego). La característica distintiva de esta familia, es la presencia de un par de cuernos permanentes no ramificados en ambos sexos (Orr, 1978; Hall, 1981).

Existen dos especies del género *Ovis* en Norteamérica, *Ovis dalli* y *Ovis canadensis*. De *Ovis dalli* se conocen tres subespecies y de *Ovis canadensis* siete, de las cuales *O. c. auduboni* es la única extinta. En México se encuentran tres subespecies, *O. c. mexicana* anteriormente distribuida desde Arizona, Nuevo México y Texas en los Estados Unidos de Norteamérica hasta Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Sonora en México; actualmente se distribuye en Arizona, Nuevo México, Texas y en una pequeña porción del Estado de Sonora (Hall, 1981; Sandoval, 1985). Las otras dos subespecies de borrego cimarrón del desierto se encuentran en la Península de Baja California y son conocidas como borrego cimarrón peninsular, *O. c. weemsi* se distribuye en Baja California Sur, hasta la Sierra de San Borja en Baja California. La subespecie *O. c. cremnobates* habita desde el sur de California y norte de Baja California, siendo desconocido el límite de distribución sureño de la subespecie (Cowan, 1940; Clark, 1964).

Sin embargo, se presume que estas dos subespecies podrían estar coexistiendo en la parte media de la península (Clark, 1964).

A pesar de la importancia económica del borrego cimarrón en el país y del rápido decremento poblacional (Sandoval, 1985), no existe información precisa sobre el estatus taxonómico (Shakleton, 1985; Davenport, 1998) y de distribución de las subespecies (Wehausen y Ramey, 1993). Esta información de suma importancia en el manejo y conservación de especies, puede ser obtenida a través de la utilización de técnicas morfométricas. Por tanto, la finalidad del presente trabajo es determinar si existen diferencias morfométricas craneales significativas entre las subespecies *Ovis canadensis cremnobates* y *Ovis canadensis weemsi* en la península de Baja California, así como determinar si existen diferencias morfométricas craneales entre ejemplares de cada subespecie por localidad.

El presente estudio, pretende hacer uso de la información generada para precisar los límites de distribución geográfica en ambas subespecies y definir características diagnósticas confiables para la identificación de las subespecies.

## **Antecedentes**

*Ovis canadensis* es la especie más grande de borrego salvaje en Norteamérica. Su característica distintiva la constituyen los cuernos que aparecen a los lados del rostro, creciendo curvos y hacia el frente. El color del pelaje basal varía de pardo rojizo a oscuro. Las ancas, la parte posterior de las patas, alrededor del hocico y ocasionalmente el vientre son blanquecinos. La cola es corta (7-13 cm) y de color pardo oscuro a negro (Hall, 1981; Shackleton, 1985).

Existe un marcado dimorfismo sexual secundario en la especie, siendo los cuernos y el tamaño corporal mayor en los machos que en las hembras. Los cuernos de un macho adulto pueden medir hasta 127 cm de longitud; en cambio los de la hembra no pasan de 38 cm. En promedio, el cuerpo de los machos adultos suele llegar a medir hasta 1.95 m y alcanzar una altura a la cruz de 1.01 m; las hembras en cambio son de menor tamaño, con una longitud total de hasta 1.88 m (Cowan, 1940; Thomas, 1965).

La variación producida por la edad en el borrego cimarrón, es manifestada por el color del pelaje y en el incremento gradual de las proporciones corporales, tanto en altura como en peso. Con base en el tamaño de los cuernos y la anchura mastoidea de los especímenes, diversos estudios demuestran que las proporciones de estos caracteres aumentan con la edad del borrego (Cowan, 1940; Thomas, 1965).

La descripción de las subespecies de *Ovis canadensis*, fue hecha a principios del siglo pasado, y basada en su distribución geográfica, color y largo del pelaje, tamaño de los cuernos, dimensiones del cuerpo y algunas medidas craneales (Cowan, 1940; Buechner, 1960; Shackleton, 1985). Sin embargo, la nomenclatura taxonómica del borrego cimarrón de Norteamérica, que ha sido utilizada por más de medio siglo (Monson, 1980; Hall, 1981), fue propuesta por Cowan (1940). Cowan (1940) reconoció para *Ovis canadensis* siete subespecies: *auduboni*, *californiana*, *canadensis*, *cremnobates*, *mexicana*, *nelsoni* y *weemsi*.

Cowan (1940) afirmó que existen diferencias significativas en ciertas medidas craneales entre las subespecies *cremnobates* y *weemsi*, siendo los promedios del ancho del paladar y la longitud de los dientes posteriores significativamente mayores en *O. c. cremnobates*.

Domínguez (1976), examinó ejemplares de *O. c. cremnobates* y *O. c. weemsi*, de las localidades de Arroyo Grande, Matomí, Sierra San Juan, Sierra La Asamblea, Volcán Las Tres Vírgenes y Sierra La Giganta. Al comparar las medidas de los ejemplares de las diferentes localidades, concluyó que no existen diferencias entre éstas y que el número de muestras fue insuficiente para determinar el estatus taxonómico de las subespecies en la península de Baja California.

Dentro de las subespecies del desierto, *O. c. nelsoni* es la más estudiada a nivel morfométrico. Bradley y Baker (1967), encontraron diferencias notables en la anchura mastoidea, entre las poblaciones del Valle

de la Muerte, California y el Desierto Nacional de la Vida Salvaje, Nevada así como entre el Valle de la Muerte y el sur de Arizona. Estos autores también compararon a *O. c. nelsoni* con las subespecies alopátricas *californiana*, *canadensis*, *cremnobates* y *mexicana* y encontraron diferencias significativas entre *O. c. nelsoni* y las demás subespecies. También mencionan que *O. c. nelsoni* presentó una divergencia mayor con *O. c. cremnobates* que con el resto de las subespecies estudiadas (Bradley y Baker, 1967).

Wehausen y Ramey (1993), reevalúan la taxonomía de las subespecies de borrego cimarrón del desierto, utilizando ejemplares de *O. c. californiana*, *O. c. cremnobates*, *O. c. mexicana*, *O. c. nelsoni* y *O. c. weemsi*, así como los datos originales de Cowan (1940). Sus resultados no soportan la taxonomía previamente propuesta por Cowan (1940) y encuentran diferencias significativas dentro de las poblaciones de *O. c. nelsoni*, así como diferencias sustanciales entre las poblaciones de la Sierra Nevada y otras regiones, incluyendo la Gran Cuenca adyacente a ella. Por tanto sinonimizan a las subespecies *californiana*, *cremnobates*, *mexicana* y *weemsi* con la subespecie *nelsoni* y sugieren que *O. c. nelsoni* es un taxón politípico con variación regional a nivel morfológico y genético (Wehausen y Ramey, 1993).

La variación dentro y entre las subespecies de *Ovis canadensis* ha sido estudiada a través del tiempo y a diferentes niveles de conocimiento, debido a que el estudio de la variación ha estado basado, en el desarrollo tecnológico y científico (Santos y Hortelano, 1997). Como se mencionó

anteriormente, los primeros estudios sobre variación en *Ovis canadensis* fueron las descripciones de las subespecies a nivel fenotípico y morfológico, considerando las diferencias entre el color del pelaje, proporciones corporales y tamaño y forma de los cuernos. Posteriormente se realizaron estudios a nivel morfométrico, en los cuales se describía, analizaba e interpretaba cuantitativamente la variación de las medidas craneales (Cowan, 1940; Bradley y Baker, 1967; Domínguez, 1976; Wehausen y Ramey, 1993). La variación genética del borrego cimarrón, ha sido estudiada a nivel bioquímico utilizando la técnica de electroforesis de proteínas (Fitzsimmons et. al, 1995) y a nivel molecular analizando la variación de marcadores como los Fragmentos Polimórficos de Restricción (Ramey, 1995), ADN mitocondrial (Luikart y Allendorf 1996), microsatélites y el complejo mayor de histocompatibilidad (Boyce et. al, 1997).

Es importante resaltar que la mayoría de los estudios realizados con la especie *Ovis canadensis* han sido enfocados a su ecología y que son pocos los trabajos relacionados con la variación dentro y entre las subespecies, a pesar de que es esencial el conocimiento de la taxonomía de las subespecies para estudios de distribución, manejo y biogeografía. Actualmente, existe una gran confusión con respecto a la taxonomía de *Ovis canadensis* (Shackleton, 1985, Davenport, 1998), debido a que los estudios sobre la variación del borrego cimarrón, cuestionan la validez de las subespecies y revelan que es de suma importancia una revisión taxonómica para las subespecies de *Ovis canadensis*.

Por tal motivo, el presente estudio pretende aplicar técnicas morfométricas en el análisis de la variación inter e intrasubespecífica del borrego cimarrón peninsular, que permitan conocer con precisión sus límites de distribución, y de esta manera enfocar esfuerzos de conservación y manejo.

## **Objetivos**

Determinar si existen diferencias morfométricas craneales significativas entre las subespecies *Ovis canadensis cremnobates* y *Ovis canadensis weemsi* en la península de Baja California, así como la variación dentro de cada una de ellas.

Precisar los límites de distribución geográfica de las dos subespecies peninsulares.

## Hipótesis

Ho: No existen diferencias morfométricas significativas entre los cráneos de *Ovis canadensis cremnobates* y *Ovis canadensis weemsi*.

Ha: Existen diferencias morfométricas significativas entre los cráneos de *Ovis canadensis cremnobates* y *Ovis canadensis weemsi*.

Ho: No existen diferencias morfométricas significativas entre los cráneos de *Ovis canadensis cremnobates*.

Ha: Existen diferencias morfométricas significativas entre los cráneos de *Ovis canadensis cremnobates*, como una expresión de variación geográfica regional.

Ho: No existen diferencias morfométricas significativas entre los cráneos de *Ovis canadensis weemsi*.

Ha: Existen diferencias morfométricas significativas entre los cráneos de *Ovis canadensis weemsi*, como una expresión de variación geográfica regional.

## Metodología

Se examinaron 70 cráneos de ejemplares machos de borrego cimarrón peninsular. Estos ejemplares se encuentran depositados en las colecciones mastozoológicas del Instituto de Biología de la UNAM y de la Reserva de la Biósfera "El Vizcaíno", así como en depositarios particulares. Los ejemplares considerados, tienen la información más importante para la realización del presente trabajo como lo es la localidad y fecha de recolecta.

Las medidas craneales (Figura 1) utilizadas en este trabajo son:

1.- Ancho del cóndilo exoccipital (ACE)

Amplitud de la parte exterior del cóndilo exoccipital.

2.- Ancho de la cicatriz del paladar (ACP)

Amplitud de la parte más delgada de la cicatriz del paladar.

3.- Ancho del maxilar (AM)

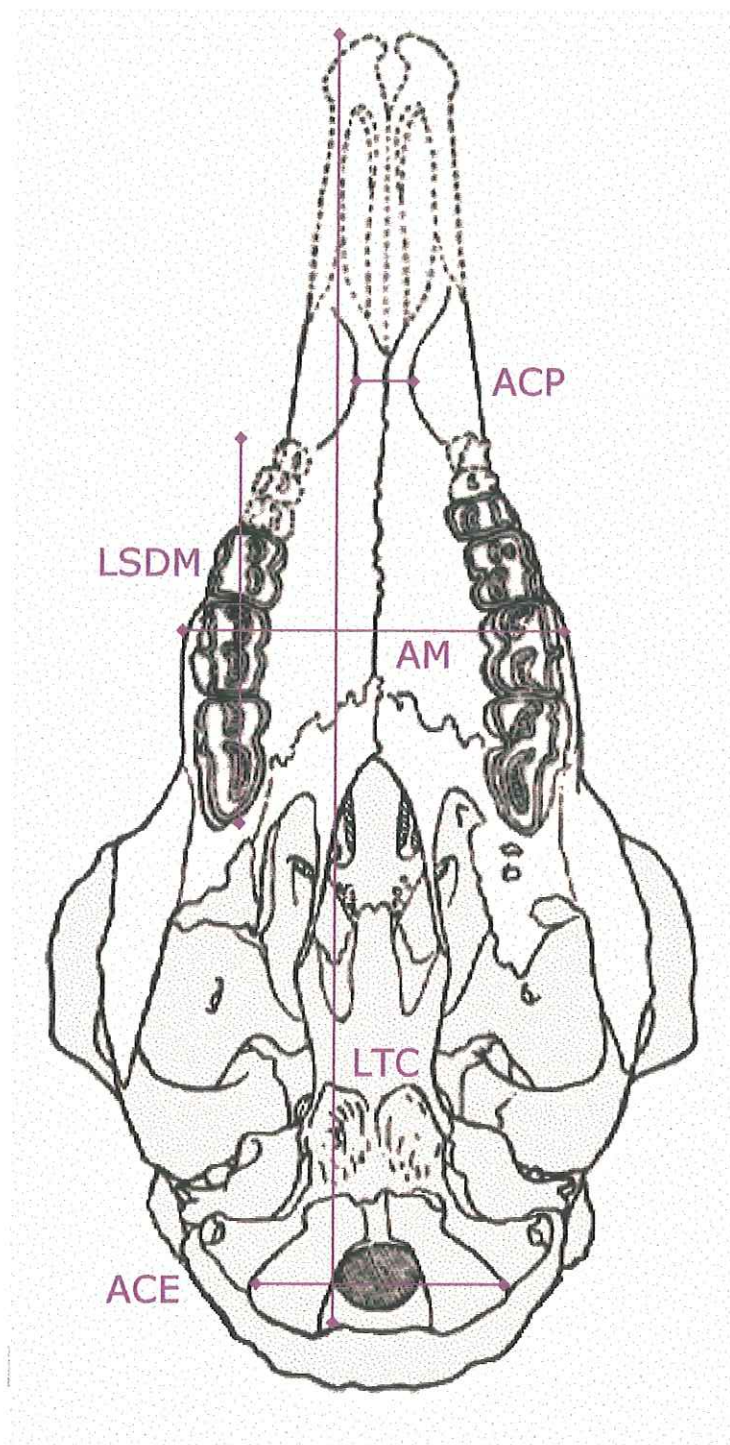
Distancia tomada entre las protuberancias maxilares del cráneo.

4.- Longitud de la serie de dientes del maxilar (LSDM)

Tomada desde el borde más anterior del alvéolo del PM1 hasta el borde más posterior del alvéolo M3.

5.- Longitud total del cráneo (LTC)

Tomada desde la parte más anterior de los huesos premaxilares hasta la parte más posterior de la placa supraoccipital.



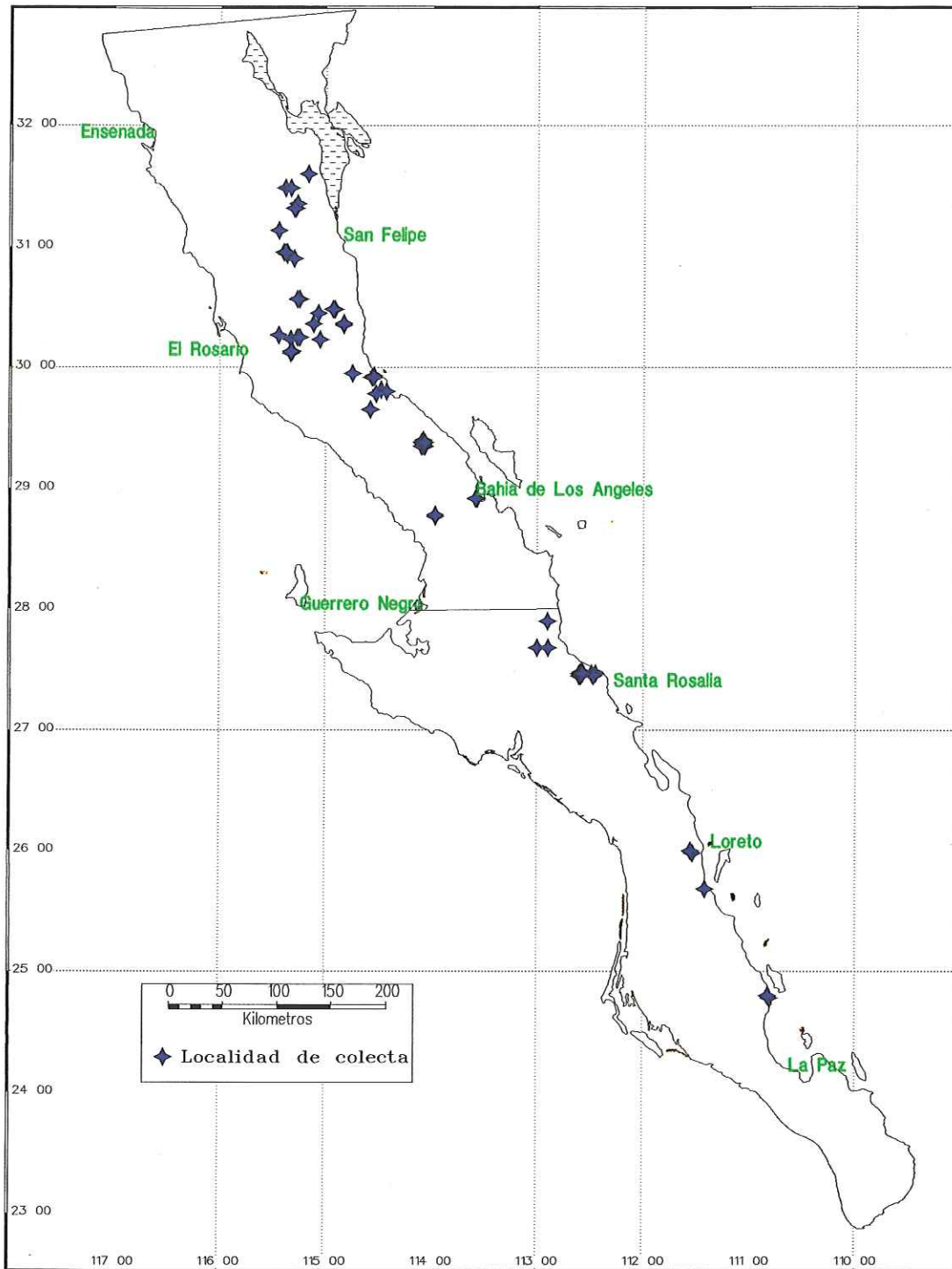
**Figura 1.** Vista dorsal del cráneo de *Ovis canadensis*, en la cual se muestran las medidas tomadas a cada ejemplar (Modificado de Hall, 1981).

Las medidas se tomaron con un vernier a un nivel de precisión de 0.01 mm, con excepción de la longitud total del cráneo que se tomó con un nivel de precisión de 1 mm.

Los datos se procesaron con estadística descriptiva y multivariada, esta última constó únicamente de Análisis de Funciones Discriminantes. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico STATISTICA v4.5, 1993.

En los estudios morfométricos, la estadística multivariada es utilizada para analizar dos o más variables (medidas craneales) simultáneamente, debido a que cada ejemplar está caracterizado por una serie de variables. El Análisis de Funciones Discriminantes es un método de clasificación que determina aquellas variables independientes (medidas craneales) que están discriminando a las variables de agrupamiento (subespecies), así como también asigna a los ejemplares en alguna variable de agrupamiento, basándose en el grado de similitud de las variables independientes.

Para la elaboración de mapas se utilizó el programa CAMRIS v3.55, 1993. Las coordenadas geográficas de las localidades de recolecta de los cráneos de borrego cimarrón utilizados en este trabajo, se obtuvieron de mapas topográficos (escala 1:50,000) (Baja Explorer: Topographic Atlas Directory, 1991 y Baja Publishers Inc., 1996) de la península de Baja California (Figura 2). Cuando no se encontraba una localidad menor, se tomó en cuenta la localidad mayor (ejemplo para El Avión, La Asamblea, se consideró como La Asamblea).



**Figura 2.** Localidades de colecta de los cráneos de borrego cimarrón utilizados en el presente trabajo.

Comparación morfométrica entre las subespecies *Ovis canadensis cremnobates* y *Ovis canadensis weemsi*

Se realizó un Análisis de Funciones Discriminantes, para rectificar la correcta clasificación taxonómica de los ejemplares y para detectar aquellas variables diagnósticas para distinguir subespecies.

En este análisis se consideraron tres grupos:

OCC *Ovis canadensis cremnobates*: 36 ejemplares

OCW *Ovis canadensis weemsi*: 11 ejemplares

IC Incorrectamente Clasificados: 23 ejemplares

Estos grupos fueron asignados de acuerdo a una concordancia entre la localidad de recolecta, la subespecie asignada y el ancho de la cicatriz del paladar del ejemplar. Los grupos OCC y OCW cumplieron con los tres criterios antes mencionados, mientras que el grupo IC no cumplió con alguno de éstos.

Las distribuciones de las subespecies, están basadas en el decreto de veda de Diciembre de 1990, el cual considera a *O. c. cremnobates* con distribución en el Estado de Baja California y *O. c. weemsi* en el Estado de Baja California Sur.

A diferencia de otros estudios, el ancho de la cicatriz del paladar se tomó en cuenta, debido a la notoria diferenciación observada entre los cráneos de las subespecies.

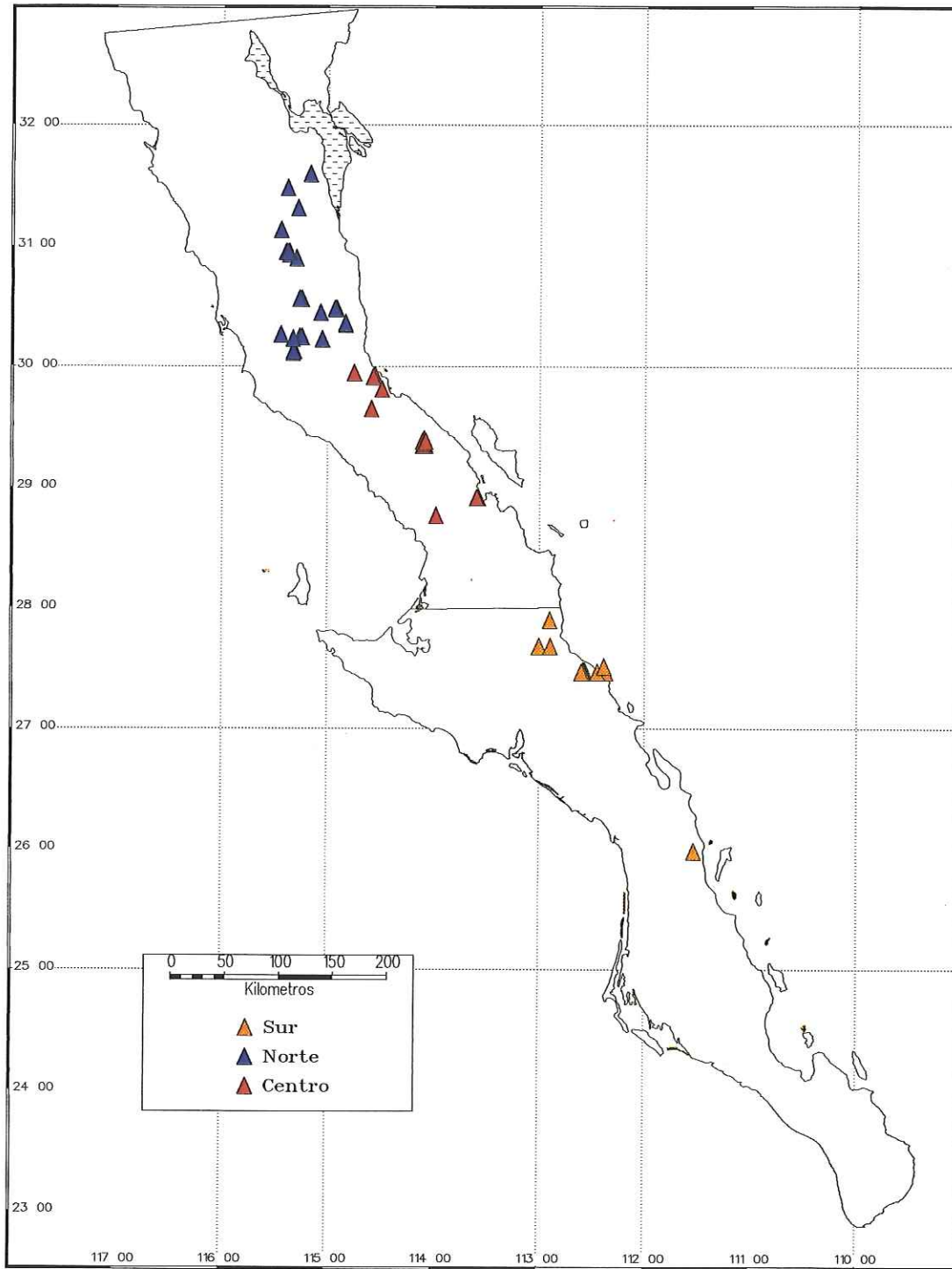
### Comparación morfométrica de *Ovis canadensis cremnobates* en la Península de Baja California

El Análisis de Funciones Discriminantes se realizó para conocer si existen diferencias morfométricas craneales entre las localidades y de esta manera evidenciar la variación dentro de la subespecie *Ovis canadensis cremnobates*. Las localidades y el número de individuos (n) por localidad (Figura 3) son como sigue:

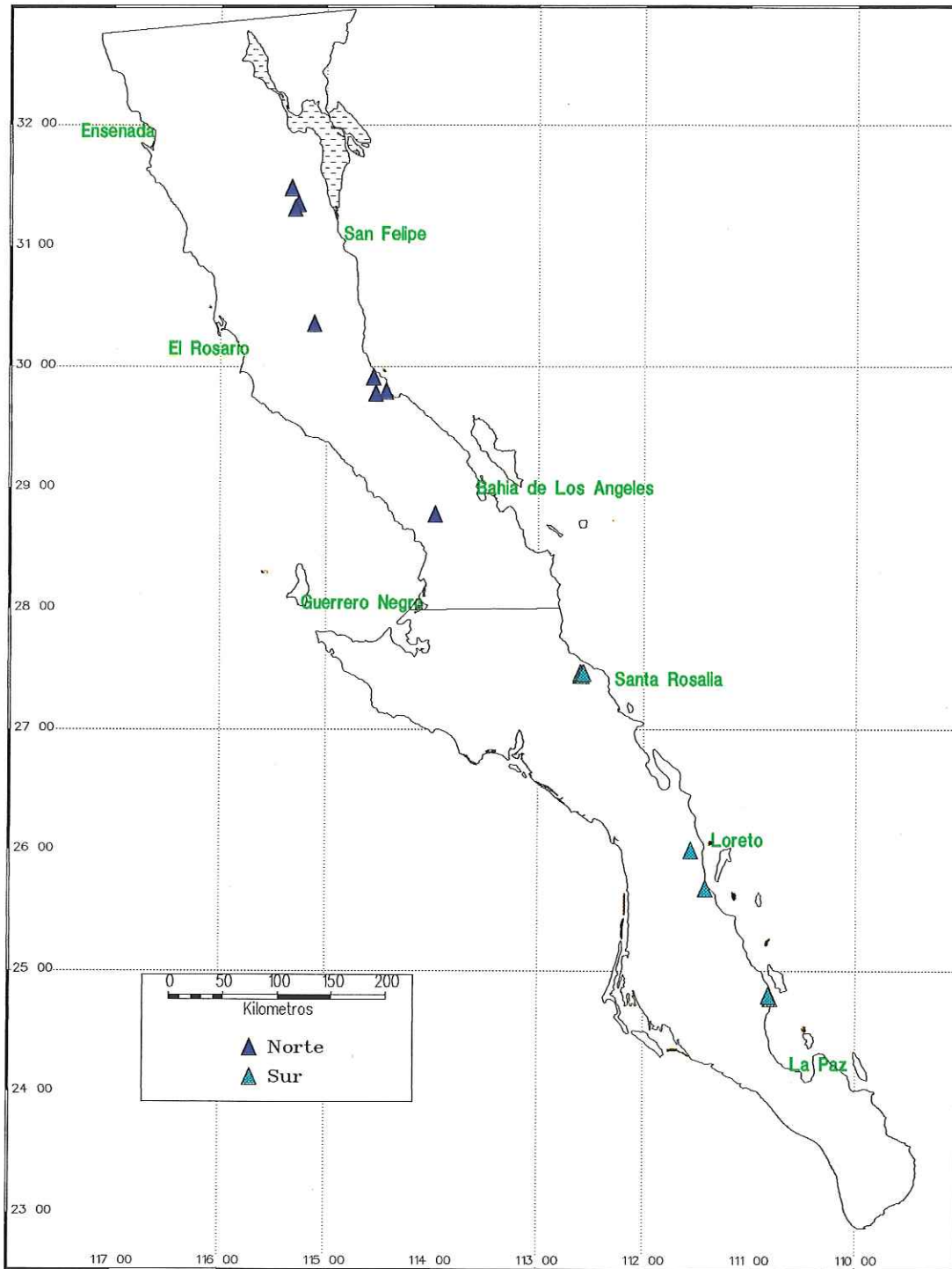
- A. Sierra San Pedro Mártir, Arroyo Grande, Matomí, San Matías y El Rosario, Baja California (n = 25).
- B. San Luis Gonzaga, Puertecitos, Sierra La Asamblea y Bahía de Los Angeles, Baja California (n = 16).
- C. San Gregorio, Santa Rosalía y Loreto, Baja California Sur (n = 11).

### Comparación morfométrica de *Ovis canadensis weemsi* en la Península de Baja California

Se realizó un Análisis de Funciones Discriminantes, para conocer si existen diferencias entre los cráneos de la subespecie *Ovis canadensis weemsi*. Las localidades norteñas (n = 8) y sureñas (n = 10) son ilustradas en la figura 4.



**Figura 3.** Zonificación del área de estudio para *Ovis canadensis cremnobates*.



**Figura 4.** Zonificación del área de estudio para *Ovis canadensis weemsi*.

## Resultados

### Estadística descriptiva para *O. c. cremnobates* y *O. c. weemsi*

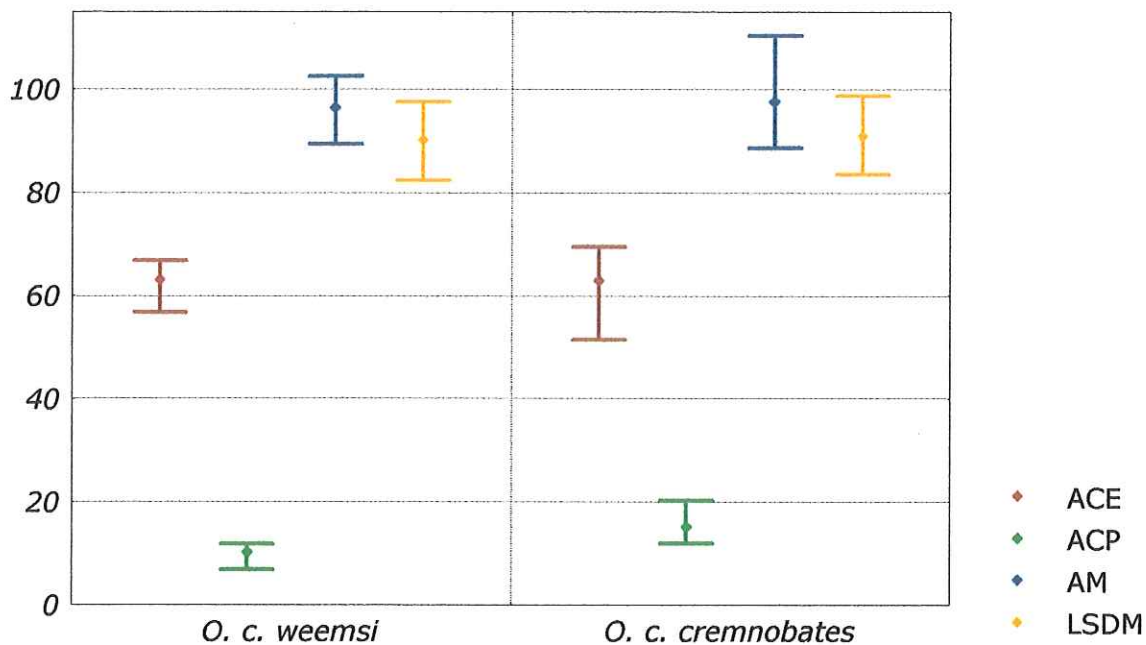
Se puede observar que los valores del ancho del cóndilo exoccipital (ACE), el ancho del maxilar (AM), la longitud de la serie de dientes del maxilar (LSDM) y la longitud total del cráneo (LTC) son similares entre las subespecies, mientras que los valores para el ancho de la cicatriz del paladar (ACP), presentan una evidente variación (Tabla I y II), diferenciando de esta manera en dos grupos a las subespecies *cremnobates* y *weemsi* (Figura 5).

**Tabla I.** Media (M), desviación estándar (D. E.) y valor mínimo y máximo (Min-Max) de los 52 ejemplares de *Ovis canadensis cremnobates*.

<b>M. Craneales</b>	<b>M</b>	<b>D. E.</b>	<b>Min-Max</b>
<b>ACE</b>	62.86	3.352	51.46-69.42
<b>ACP</b>	14.99	2.137	11.88-20.24
<b>AM</b>	97.57	4.394	88.59-110.35
<b>LSDM</b>	90.89	3.123	83.57-98.80
<b>LTC</b>	290.90	8.042	277.00-312.00

**Tabla II.** Media (M), desviación estándar (D. E.) y valor mínimo y máximo (Min-Max) de los 18 ejemplares de *Ovis canadensis weemsi*.

<b>M. Craneales</b>	<b>M</b>	<b>D. E.</b>	<b>Min-Max</b>
<b>ACE</b>	62.94	2.841	56.70-66.79
<b>ACP</b>	10.23	1.478	6.80-11.81
<b>AM</b>	96.34	3.914	89.34-102.53
<b>LSDM</b>	90.07	3.510	82.35-97.50
<b>LTC</b>	290.83	10.489	275.00-318.00



**Figura 5.** Valor promedio y valores mínimos y máximos de las medidas craneales para cada subespecie.

#### Estadística descriptiva para *O. c. cremnobates*

Se observa que los valores promedios, mínimos y máximos de las cinco medidas craneales (Tabla III, IV y V) de las diferentes localidades de estudio para *O. c. cremnobates* son muy similares entre si (Figura 6).

**Tabla III.** Media (M), desviación estándar (D. E.) y valor mínimo y máximo (Min-Max) de los 19 ejemplares de *Ovis canadensis cremnobates* de la localidad A.

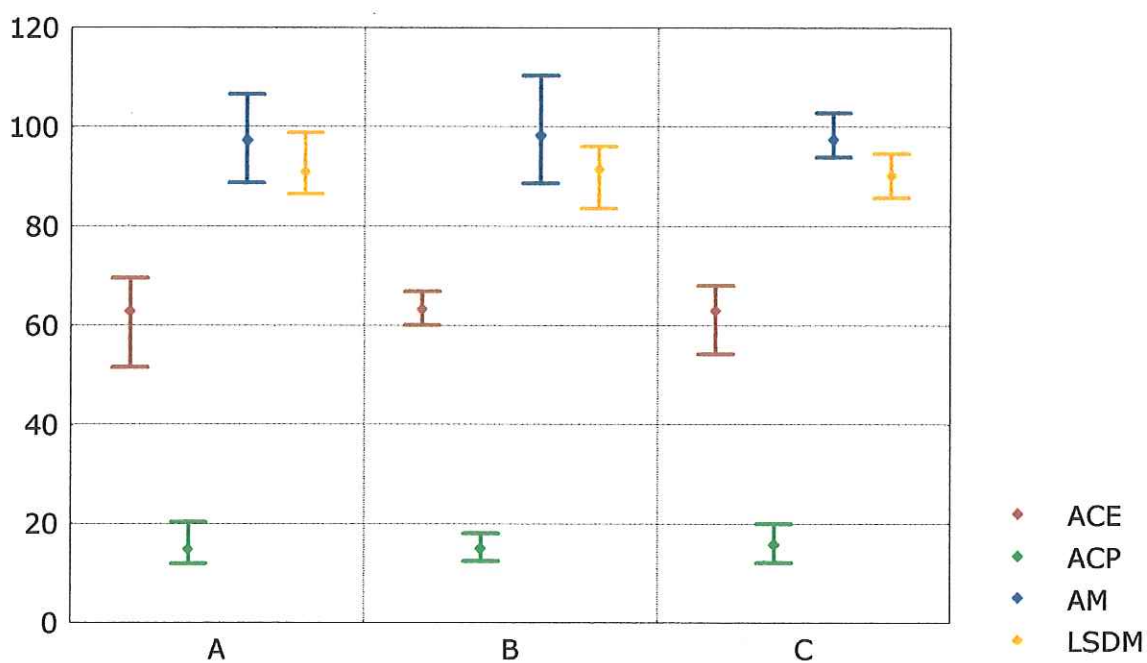
M. Craneales	M	D. E.	Min-Max
<b>ACE</b>	63.18	2.214	59.94-66.75
<b>ACP</b>	14.84	2.066	12.44-18.02
<b>AM</b>	98.23	4.883	88.59-110.35
<b>LSDM</b>	91.37	3.138	83.57-95.96
<b>LTC</b>	289.87	8.389	279.00-311.00

**Tabla IV.** Media (M), desviación estándar (D. E.) y valor mínimo y máximo (Min-Max) de los 11 ejemplares de *Ovis canadensis cremnobates* de la localidad B.

M. Craneales	M	D. E.	Min-Max
ACE	62.85	3.899	54.19-67.87
ACP	15.62	2.578	12.14-19.98
AM	97.29	3.032	93.48-102.80
LSDM	90.11	3.029	85.70-94.59
LTC	291.00	7.861	277.00-303.00

**Tabla V.** Media (M), desviación estándar (D. E.) y valor mínimo y máximo (Min-Max) de los 22 ejemplares de *Ovis canadensis cremnobates* de la localidad C.

M. Craneales	M	D. E.	Min-Max
ACE	62.66	3.791	51.46-69.42
ACP	14.81	2.008	11.88-20.24
AM	97.27	4.677	88.70-106.52
LSDM	90.93	3.210	86.43-98.80
LTC	291.52	8.160	278.00-312.00



**Figura 6.** Valor promedio y valores mínimos y máximos de las medidas craneales de *O. c. cremnobates* para cada localidad.

Estadística descriptiva para *O. c. weemsi*

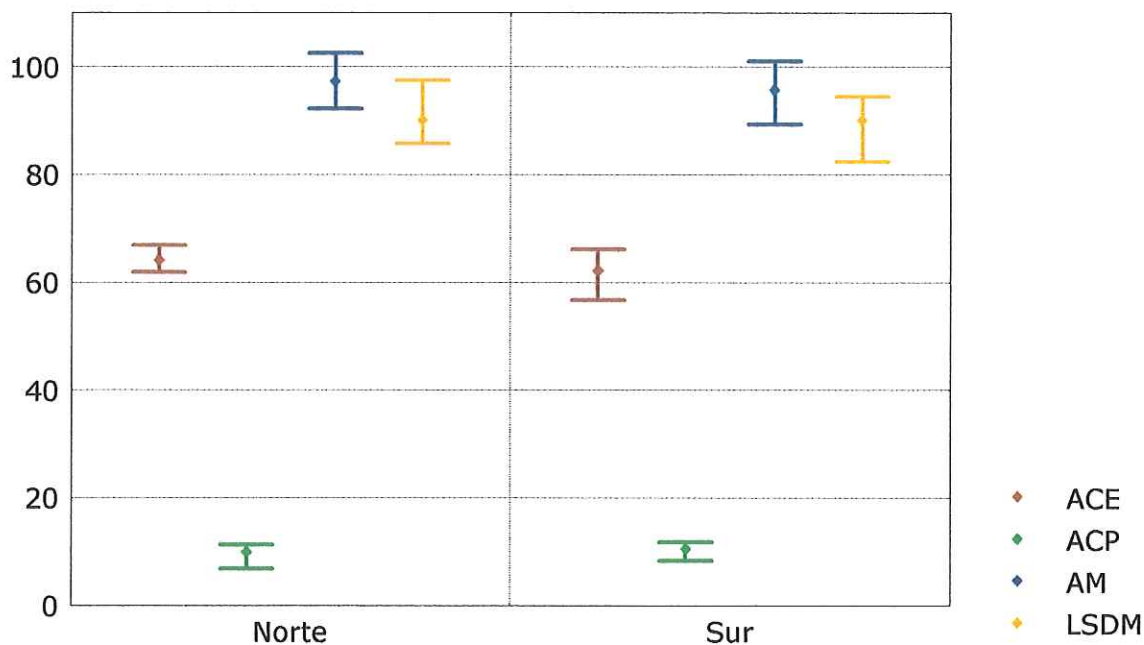
Existe una gran similitud entre el promedio y los valores mínimos y máximos de las medidas craneales de la subespecie *O. c. weemsi* por cada localidad (Figura 7).

**Tabla VI.** Media (M), desviación estándar (D. E.) y valor mínimo y máximo (Min-Max) de los 8 ejemplares de *Ovis canadensis weemsi* del norte de la Península de Baja California.

<b>M. Craneales</b>	<b>M</b>	<b>D. E.</b>	<b>Min-Max</b>
<b>ACE</b>	63.97	2.092	61.90-66.79
<b>ACP</b>	9.92	1.811	6.80-11.31
<b>AM</b>	97.20	4.126	92.23-102.53
<b>LSDM</b>	90.12	3.668	85.71-97.5
<b>LTC</b>	292.50	7.289	285.00-305.00

**Tabla VII.** Media (M), desviación estándar (D. E.) y valor mínimo y máximo (Min-Max) de los 10 ejemplares de *Ovis canadensis weemsi* del sur de la Península de Baja California.

<b>M. Craneales</b>	<b>M</b>	<b>D. E.</b>	<b>Min-Max</b>
<b>ACE</b>	62.11	3.186	56.70-66.14
<b>ACP</b>	10.47	1.197	8.30-11.81
<b>AM</b>	95.65	3.810	89.34-101.02
<b>LSDM</b>	90.03	3.577	82.35-94.49
<b>LTC</b>	289.50	12.730	275.00-318.00



**Figura 7.** Valor promedio y valores mínimos y máximos de las medidas craneales de *O. c. weemsi* para cada localidad.

Comparación morfométrica entre las subespecies *Ovis canadensis cremnobates* y *Ovis canadensis weemsi*

Al realizar el análisis de funciones discriminantes se encontró que el total de ejemplares pertenecientes a los grupos OCC y OCW, fueron correctamente identificados; otros 15 ejemplares correspondientes al grupo IC, fueron considerados por el análisis como *O. c. cremnobates* (OCC); y finalmente 8 ejemplares, como *O. c. weemsi* (OCW).

El análisis mostró que existen diferencias significativas entre las dos subespecies (LAMDA-WILKS= 0.48454; F Aprox.=14.893; g. l.= 3, 42; p= < 0.0000) (Tabla VIII).

**Tabla VIII.** Distancia de Mahalanobis y valor p asociado a la distancia entre los centroides de cada subespecie. Los valores por encima de la diagonal se refieren al valor p y los valores por debajo de la diagonal a la distancia de Mahalanobis.

<b>Subespecie</b>	<b><i>O. c. cremnobates</i></b>	<b><i>O. c. weemsi</i></b>
<b><i>O. c. cremnobates</i></b>	----	0.000002
<b><i>O. c. weemsi</i></b>	6.252807	----

Al realizar el análisis se calculó una variable canónica (VC) en la cual se concentra el 100 % de la variación total. Para esta variable, el carácter más discriminante entre subespecies fue el ancho de la cicatriz del paladar (ACP), y enseguida los caracteres que contribuyeron en proporciones similares son el ancho del cóndilo exoccipital (ACE) y el ancho del maxilar (AM) (Tabla IX).

**Tabla IX.** Importancia de los caracteres en el análisis de funciones discriminantes en las subespecies de borrego cimarrón peninsular. Coeficientes estandarizados de la función discriminante.

<b>Caracter</b>	<b>VC</b>
<b>ACE</b>	0.25361
<b>ACP</b>	-1.02339 ★
<b>AM</b>	-0.14078

★ Caracter con mayor contribución a la función discriminante.

Comparación morfométrica de *Ovis canadensis cremnobates* entre localidades de la Península de Baja California

No se encontraron diferencias significativas en los cráneos de *O. c. cremnobates* (LAMBDA-WILKS= 0.91213; F Aprox.= 0.42352; G. L.= 10, 90;  $p = < 0.9318$ ) (Tabla X).

**Tabla X.** Distancia de Mahalanobis y valor p asociado a la distancia entre los centroides de cada localidad. Los valores por encima de la diagonal se refieren al valor p y los valores por debajo de la diagonal a la Distancia de Mahalanobis.

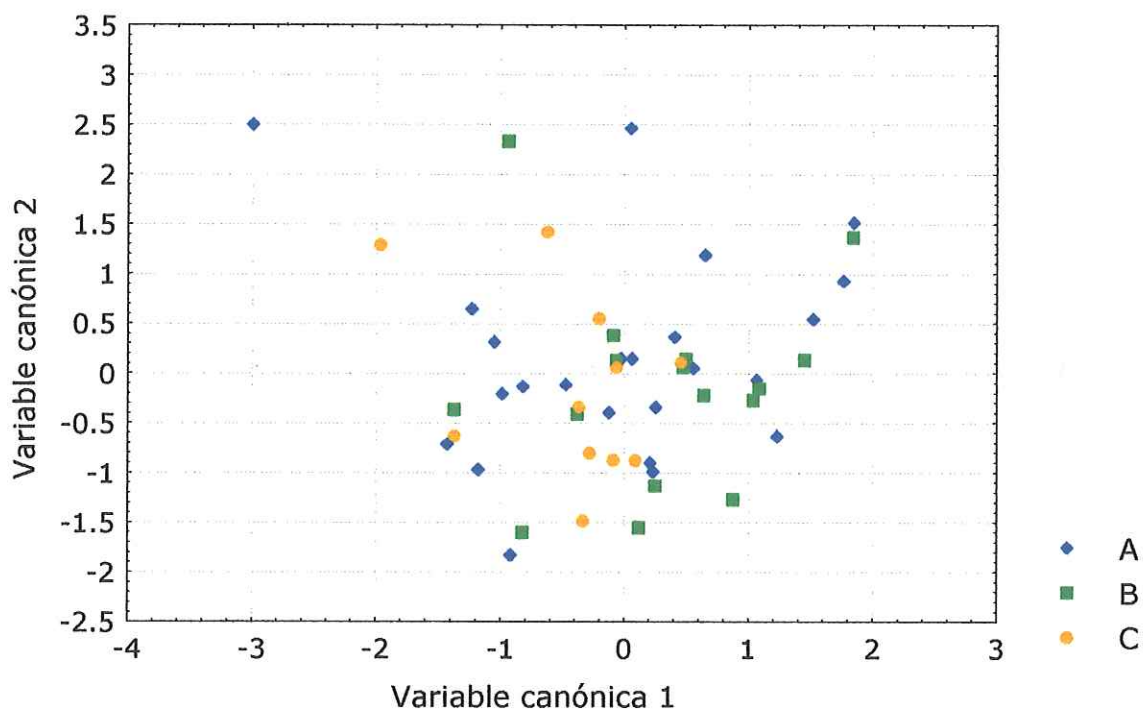
Localidad	A	B	C
A	----	0.897763	0.851660
B	0.189313	----	0.695410
C	0.302402	0.550140	----

Se calcularon dos variables canónicas (VC1-VC2), la primera (VC1) explicó alrededor del 73 % de la variación total. Para VC1, la longitud de la serie de dientes del maxilar (LSDM) y el ancho de la cicatriz del paladar (ACP) fueron los caracteres más importantes. Para la segunda variable (VC2) los caracteres con mayor peso fueron la longitud total del cráneo (LTC) y el ancho del cóndilo exoccipital (ACE) (Tabla XI).

**Tabla XI.** Importancia de los caracteres en el análisis de funciones discriminantes de *Ovis canadensis cremnobates*. Coeficientes estandarizados de la función discriminante.

Caracter	VC1	VC2
ACE	0.140284	-0.551002
ACP	-0.729096	-0.432761
AM	0.299531	-0.431613
LSDM	0.785770	0.217107
LTC	-0.546966	0.797080

La gráfica de las dos primeras variables canónicas, muestra que existe un evidente traslape entre las localidades (Figura 5).



**Figura 8.** La gráfica representa las dos variables canónicas. Primer variable canónica (VC1) Segunda variable canónica (VC2). A= Sierra San Pedro Mártir, Arroyo Grande, Matomí, San Matías y El Rosario, Baja California. B= San Luis Gonzaga, Puertecitos, Sierra La Asamblea y Bahía de Los Angeles, Baja California. C= San Gregorio, Santa Rosalía y Loreto, Baja California Sur.

Comparación morfométrica de *Ovis canadensis weemsi* entre localidades de la Península de Baja California

No se encontraron diferencias significativas en los cráneos de *O. c. weemsi* (LAMDA-WILKS= 0.81080; F Aprox.= 1.7501; G. L.= 2, 15;  $p = < 0.2074$ ) (Tabla XII).

**Tabla XII.** Distancia de Mahalanobis y valor p asociado a la distancia entre los centroides de cada localidad. Los valores por encima de la diagonal se refieren al valor p y los valores por debajo de la diagonal a la Distancia de Mahalanobis.

Localidad	1	2
1	----	0.208402
2	0.945062	----

Se calculó una variable canónica (VC1), la cual explicó el 100 % de la variación total. Para esta variable (VC1), el ancho del cóndilo exoccipital (ACE) y el ancho de la cicatriz del paladar (ACP) fueron los caracteres más importantes. (Tabla XIII).

**Tabla XIII.** Importancia de los caracteres en el análisis de funciones discriminantes de *Ovis canadensis weemsi*. Coeficientes estandarizados de la función discriminante.

Caracter	VC1
<b>ACE</b>	0.973865
<b>ACP</b>	-0.723449

## Discusión

Este trabajo se realizó con ejemplares depositados en las colecciones mastozoológicas del Instituto de Biología de la UNAM y de la Reserva de la Biósfera "El Vizcaíno", así como en depositarios particulares, por lo que el tamaño de muestra fue limitado para cada subespecie y/o localidad.

El tamaño de muestra más grande ( $n = 52$ ), lo presentó *Ovis canadensis cremnobates*, debido a que el 70 % de los permisos de cacería de las temporadas 1964 a 1990, fueron otorgados al Estado de Baja California (Pérez-Gil et. al, 1991), y además de que algunos de los ejemplares de las temporadas 1974 a 1980 fueron depositados en colecciones mastozoológicas. Esto se ve reflejado en los trabajos sobre morfometría de borrego cimarrón del desierto (Cowan, 1940; y Wehausen y Ramey, 1993), donde la subespecie *cremnobates* presenta el tamaño de muestra más grande.

En los trabajos sobre morfometría, los ejemplares de estudio se separan por categorías de edad, siendo la categoría de edad adulta, la utilizada en el análisis morfométrico comparativo. Lo anterior se fundamenta en que los individuos en esta etapa están completamente desarrollados y por ende disminuye la variabilidad ontogénica (Vargas, 1992). En este trabajo, se utilizaron ejemplares adultos principalmente.

Únicamente se trabajó con ejemplares machos adultos, ya que el tamaño de hembras es sumamente bajo, esto se debe a que los ejemplares

de borrego cimarrón depositados en las colecciones mastozoológicas son machos obtenidos como trofeos de caza.

Las medidas craneales en este trabajo no son las medidas comúnmente utilizadas en los trabajos sobre morfometría de borrego cimarrón (Cowan, 1940; Bradley y Baker, 1967; Domínguez, 1976 y Wehausen y Ramey, 1993), sino mas bien el resultado de la revisión de 102 ejemplares depositados en la Colección Nacional de Mastozoología del IB-UNAM, es decir, se eligieron los caracteres craneales que se podían medir en la mayoría de los ejemplares, debido a que algunos registros eran solo mandíbulas o cráneos incompletos. Cabe mencionar que el único caracter que presentó diferencias morfométricas aparentes fue el Ancho de la Cicatriz del Paladar (ACP) y que este caracter no había sido previamente considerado por los autores arriba señalados.

En el análisis de funciones discriminantes, los grupos OCC y OCW, conformados por las subespecies *O. c. cremnobates* y *O. c. weemsi*, estuvieron correctamente asignados. De los 23 ejemplares Incorrectamente Clasificados (IC), una vez realizado el análisis, 15 ejemplares fueron asignados al grupo OCC y 8 ejemplares al grupo OCW. El análisis permitió definir la asignación de cada uno de los ejemplares Incorrectamente Clasificados (IC) en cualquiera de las dos subespecies (OCC u OCW) consideradas en el presente estudio, obteniéndose de esta manera una asignación correcta.

El único carácter, de los cinco aquí considerados, que explicó las diferencias encontradas entre las subespecies, fue el ancho de la cicatriz del paladar (ACP), el cual es significativamente mayor en *O. c. cremnobates*, por lo que se considera como un carácter robusto para la identificación de las subespecies.

Estos resultados son similares a los de Cowan (1940), donde se reporta por primera vez la variación morfométrica craneal entre las subespecies *cremnobates* y *weemsi*, afirmando que el promedio del ancho del paladar y la longitud de los dientes posteriores son significativamente mayores en *weemsi*, a pesar de que los datos de sus tablas muestran lo contrario.

En el año de 1993, Wehausen y Ramey, mencionan que los resultados de Cowan (1940) no son válidos, debido a que utilizó ejemplares de diferentes edades y a que el tamaño de muestra que empleó para cada subespecie fue muy bajo (*O. c. cremnobates* = 7; *O. c. weemsi* = 3). Sin embargo, la conclusión a la cual llegaron Wehausen y Ramey (1993), quienes sinonimizaron a las subespecies *californiana*, *cremnobates*, *mexicana* y *weemsi* con *nelsoni*, no me parece del todo válida, ya que ellos trabajan con un tamaño de muestra de 57 ejemplares para *cremnobates* y 5 para *weemsi*, teniendo para esta última subespecie un tamaño de muestra similar al utilizado por Cowan (1940), por lo que los resultados de su trabajo pudieron haber sido afectados por la diferencia en los tamaños de muestra entre las subespecies.

En el presente trabajo, el tamaño de muestra para *O. c. cremnobates* es de 52 ejemplares y para *O. c. weemsi* de 18, siendo el primer trabajo sobre morfometría de borrego cimarrón que presenta el tamaño de muestra más grande para la subespecie *weemsi*. Los resultados de este trabajo son confiables, debido a que las diferencias entre los tamaños de muestra fueron menores.

Los resultados de Domínguez (1976), muestran que no existen diferencias entre las localidades de Arroyo Grande, Matomí, Sierra San Juan, Sierra La Asamblea, Volcán Las Tres Vírgenes y Sierra La Giganta. Concluyendo que no hay diferencias entre las subespecies, y que el material de estudio es insuficiente para determinar el estatus taxonómico de las subespecies en Baja California. Esto se debe a que Domínguez, no encontró diferencias morfométricas en los cráneos e ignoró que en la parte media de la península de Baja California, probablemente concurren las dos subespecies.

Con respecto a la variación dentro de las subespecies, no se encontraron diferencias morfométricas craneales significativas entre las localidades de estudio de *O. c. cremnobates* y *O. c. weemsi* respectivamente, lo cual nos corrobora que los resultados de los análisis son correctos y que el ancho de la cicatriz del paladar (ACP) es un carácter confiable y robusto para identificar subespecies.

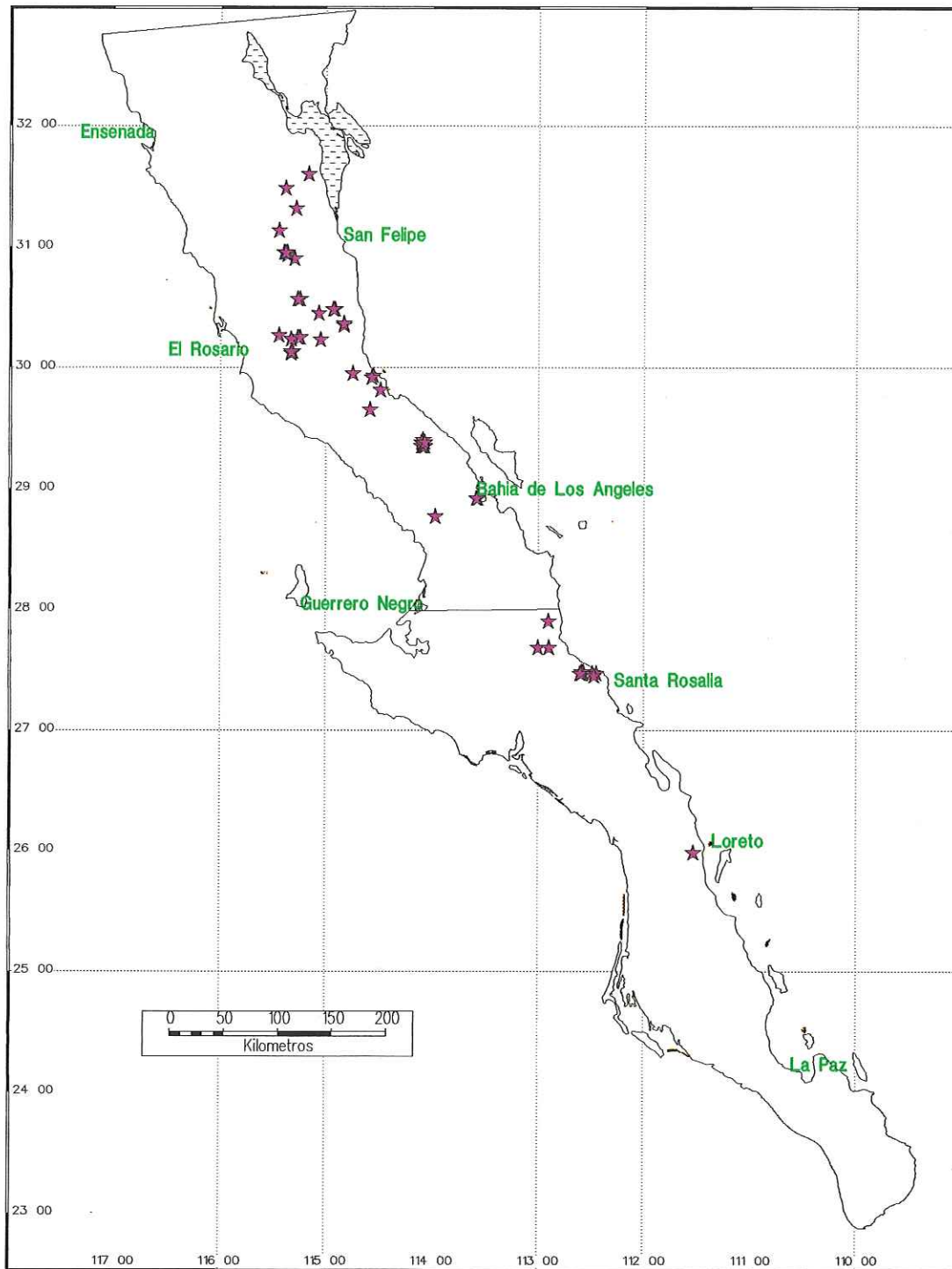
Una vez asignados correctamente los ejemplares, se precisaron los límites de distribución geográfica para cada subespecie, en función de los

registros obtenidos, *Ovis canadensis cremnobates* se distribuye desde San Matías, Baja California hasta Las Vírgenes, Baja California Sur (Figura 6). *Ovis canadensis weemsi* se distribuye desde San Matías, Baja California hasta Sierra El Mechudo, Baja California Sur (Figura 7). Es importante mencionar que se encontró un ejemplar de *O. c. cremnobates* en Loreto, Baja California Sur.

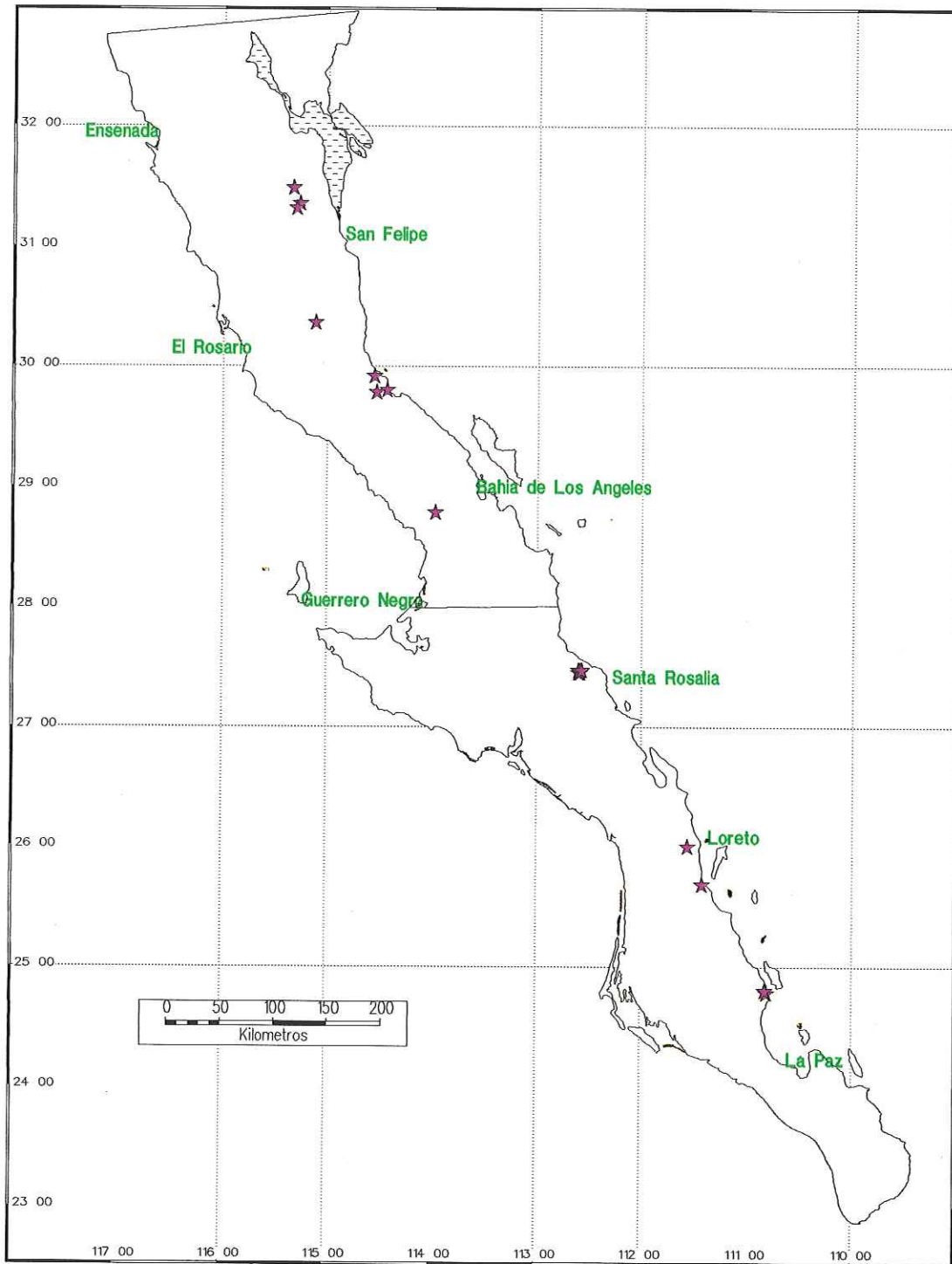
Lo anterior sugiere que las poblaciones tanto de *O. c. cremnobates* como de *O. c. weemsi* se encuentran probablemente en un proceso de dispersión, una de norte a sur y la otra de sur a norte, respectivamente, por lo que la zona comprendida entre la Bahía de San Luis Gonzaga, Baja California y Santa Rosalía, Baja California Sur, podría considerarse como una zona de confluencia para las dos subespecies. Lo que resulta en una área de vital importancia para el estudio de la especie, ya que aquí ambas subespecies, se supone que se encuentran sometidas a las mismas presiones de selección y por ende podrían llegar a establecer intergrados. Debido a lo anterior, es de suma importancia la correcta identificación de los ejemplares cobrados durante las cacerías.

En el Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural (1997-2000), se contempla la creación de Santuarios para borrego cimarrón en los Estados de Baja California Sur y Sonora. De acuerdo a los resultados de este trabajo, considero que el santuario debe ser establecido desde el área de Bahía de los Angeles hasta la Reserva de la Biósfera El Vizcaíno, debido a que en esta área se

encuentran presentes ambas subespecies y se podrían llegar a establecer intergrados.



**Figura 9.** Distribución propuesta para *Ovis canadensis cremnobates*.



**Figura 10.** Distribución propuesta para *Ovis canadensis weemsi*.

## Conclusiones

❶ Existen diferencias morfométricas craneales significativas entre las subespecies *Ovis canadensis cremnobates* y *Ovis canadensis weemsi*.

❷ El carácter morfométrico craneal más importante para la determinación entre las subespecies *Ovis canadensis cremnobates* y *Ovis canadensis weemsi* es el Ancho de la Cicatriz del Paladar (ACP), presentando un mayor tamaño en la primera.

❸ No existen diferencias morfométricas craneales entre los ejemplares de cada subespecie.

❹ El área de distribución actual de *Ovis canadensis cremnobates* se amplía hacia el sur hasta Las Vírgenes, Baja California Sur, mientras que la de *Ovis canadensis weemsi* tan al norte como al valle de San Matías, Baja California.

## Literatura citada

Baja Almanac Publishers, Inc. 1996. Mexico's Land of Dreams. Baja California Almanac: Detailed topographic Maps. Estados Unidos de Norteamérica.

Baja Almanac Publishers, Inc. 1996. Mexico's Land of Dreams. Baja California Sur Almanac: Detailed topographic Maps. Estados Unidos de Norteamérica.

Baja Explorer: Topographic Atlas Directory. 1991. Estados Unidos de Norteamérica.

Boyce, W., P. Hedrick, N. Muggli-Cockett, S. Kalinowski, M. Penedo, y R. Ramey II. 1997. Genetic Variation of Major Histocompatibility Complex and Microsatellite Loci: A Comparison in Bighorn Sheep. *Genetics*, 145: 421-433.

Boyce, W., R. Ramey II, T. Rodwell, E. Rubin y R. Singer. 1997. Population Subdivision Among Desert Bighorn Sheep (*Ovis canadensis*) Ewes Revealed by Mitochondrial DNA Analysis. *Molecular Ecology*, 8: 99-106.

Bradley, W. G. y L. R. Baker. 1967. Range of Variation in Nelson Bighorn Sheep from the Desert Game Range and its Taxonomic Significance. *Desert Bighorn Council Transactions*, 11: 114-140.

Buechner, H. K. 1960. The Bighorn Sheep in the United States: its Past, Present and Future. *Wildlife Monographs*, 4.

Clark, J. L. 1964. The Great Arc of the Wild Sheep. University of Oklahoma Press. Oklahoma. p. 215-218.

Cowan, I, Mc T. 1940. Distribution and Variation in the Native Sheep of North America. The American Midland Naturalist, 24 (3): 505-580.

Davenport, A. 1998. Endangered and Threatened Wildlife and Plants; Endangered Status for the Peninsular Ranges Population Segment of the Desert Bighorn Sheep in Southern California. Fish and Wildlife Service, Department of Interior. Página electrónica  
<http://frwebgate1.access.gpo.gov/cgi-bin/waisgate.cgi?WAISdocID=4016518785+0+0+0&WAIAction=retrieve>

Domínguez, P. 1976. Skull measurements of Male Desert Bighorns from Baja California, Mexico. Desert Bighorn Council Transactions, 20: 27-29.

Ecological Consulting, Inc. 1993. CAMRIS: Sistema de Mapeo e Inventario de Recursos. Portland. 275 pp.

Fitzsimmons, N., S. Buskirk y M. Smith. 1995. Population History, Genetic Variability, and Horn Growth in Bighorn Sheep. Conservation Biology, 9(2): 314-323.

Hall, R. 1981. The mammals of North America. 2da Ed. Wiley and Sons. Nueva York. 2:1, p. 1078-1137.

Luikart, G. y F. Allendorf. 1996. Mitochondrial-DNA Variation and Genetic-Population Structure in Rocky Mountain Bighorn Sheep (*Ovis canadensis canadensis*). Journal of Mammalogy, 77(1): 109-123.

Mellink B., E. 1993. The President Spoke. Counting Sheep: En: Twenty Ways of Seeing Desert Bighorn. The University of Arizona Press. Tucson. p. 201-220.

Monson, G y L. Sumner. 1980. The Desert Bighorn: its life History, Ecology and Management. The University and Arizona Press. Tucson. p. 4-5.

Orr, R. T. 1978. Biología de los vertebrados. 3ra Ed. Nueva Editorial Interamericana, S.A. de C. V. México. p. 192-278.

Pérez-Gil, R., F. Jaramillo, A. Ma. Muñiz y M. Torres. 1991. Importancia Económica de los Vertebrados Silvestres de México. Co-Edición de PG7 Consultores y CONABIO. México. p. 51-57.

Pimentel, R. 1979. Morphometrics: The Multivariate Analysis of Biological Data. Kendall/Hunt Publishing Company. Dubuque, Iowa. 1, 7, p. 187-230.

Sandoval, A. W. 1985. Status of Bighorn Sheep in the Republic of Mexico. En: Wild Sheep: Distribution, Abundance, Management and Conservation of the Wild Sheep of the World and Closely Related Mountain Ungulates, M. Hoefs. ed. Yukon, Canada: Northern Wild Sheep and Goat Council. p. 86-94.

Santos M., J. A. y Y. Hortelano. 1997. La Variación en Mamíferos una Revisión de los Enfoques Metodológicos Actuales. Acta Zoológica Mexicana. 70: 13-34.

SEMARNAP. 1997. Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural 1997-2000. SEMARNAP. México. p. 116.

Shackleton, D. M. 1985. *Ovis canadensis*. Mammalian species, 230: 1-9.

STATSOFT. 1995. STATISTICA for Windows. 2da. Edición. STATSOFT. Tulsa. 3063-3106 pp.

Thomas T., J. J. 1965. Situación Actual del Borrego Cimarrón en la Vertiente del Pacífico. Universidad Autónoma de México. Escuela Nacional de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Tesis de Licenciatura. Medicina Veterinaria y Zootecnia. México, Distrito Federal.

Vargas C., J. 1992. Comparación Morfométrica entre el Conejo Zacatucho *Romerolagus diazi*, el Conejo Castellano *Silvilagus floridanus* y el Conejo del Desierto *Silvilagus audubonii* (Mammalia: Lagomorpha). Universidad Nacional Autónoma de México. Escuela Superior de Estudios Profesionales Iztacala. Tesis de licenciatura. Biología. Tlanepantla, Estado de México.

Wehausen, J y R. Ramey. 1993. A Morphometric Reevaluation of the Peninsular Bighorn Subspecies. Desert Bighorn Council Transactions, 37: 1-10.