



Artículo / Article

## Estructura poblacional de *Ovis canadensis weemsi* Goldman, 1937 en la isla El Carmen, Baja California Sur

### Population structure of *Ovis canadensis weemsi* Goldman, 1937 in the *El Carmen* Island, Southern *Baja California*

Raúl Román-Valdez<sup>1</sup>, Fernando González-Saldívar<sup>1</sup>, Cesar Cantú-Ayala<sup>1</sup>, Jorge Kawas-Garza<sup>2</sup>, José Uvalle-Sauceda<sup>1</sup>, José Marmolejo-Moncivais<sup>1</sup> y Eduardo Estrada Castellón<sup>1</sup>

#### Resumen

El borrego cimarrón del desierto (*Ovis canadensis*) es una especie con una distribución espacial restringida, debido a que requiere de características específicas de hábitat que le provean agua, alimento, cobertura y espacio; factores determinantes en la selección de sitios de distribución. *O. c. weemsi* tiene el estatus de especie Sujeta a Protección Especial y, actualmente, solo se ha registrado en algunas zonas de Sonora, Baja California y Baja California Sur. La Isla El Carmen, Baja California Sur, pertenece al Parque Marino Nacional Bahía de Loreto, por su ubicación geográfica, condiciones climáticas, escasez de agua, tipos de vegetación y topofomas es un sitio de enorme interés para realizar investigaciones en ecosistemas de zonas áridas. Se determinó la distribución del borrego cimarrón (*O. c. weemsi*) introducido en la Isla, mediante el método de conteo por franjas, modificado por Hayne; y el registro a través de avistamiento de ejemplares en los aguajes, para reforzar las observaciones de la estructura poblacional de la especie. Asimismo, se registraron la inclinación del terreno, época del año, distribución de aguajes y presencia de comederos para determinar su efecto en la estructura de la población. Se estimó una densidad de 4.96 borregos km<sup>-2</sup>, con un total de 1 151 observaciones. Se calcularon 616 individuos en una superficie de 12 428 ha con matorral desértico sarcocaula.

**Palabras clave:** Borrego cimarrón, conteo por franjas, densidad poblacional, estructura poblacional, método de Hayne, *Ovis canadensis weemsi* Goldman, 1937.

#### Abstract

In Southern *Baja California* the populations of desert bighorn sheep (*Ovis canadensis*) have diminished, mainly as a result of the fragmentation of their habitat and of furtive hunting. It is a species with a restricted spatial distribution because it requires its habitat to have certain specific characteristics so as to be provided with water, food, cover and space—all of which are determinants for the selection of distribution facts. *O. c. weemsi* has the status of Species "Subject to Special Protection", and currently only registered in some areas of *Sonora*, *Baja California* and *Baja California Sur*. The *El Carmen* island belongs to the *Parque Marino Nacional Bahía de Loreto* which, due to its geographic location, climatic conditions, water scarcity, types of vegetation and topography, is an extremely interesting site in which to carry out research in arid ecosystems. The distribution of the bighorn sheep introduced into the island was determined using the strip count method modified by Hayne and through records of specimen sightings at the drinking troughs, as a way of reinforcing the observations on the population structure of the species. Furthermore, the data on the land slope, time of the year, distribution of the drinking troughs and presence of feeding troughs were collected in order to determine their effect on the population structure. The results indicate a population density of 4.96 sheep km<sup>-2</sup>, with a total of 1 151 observations. The total number of individuals was estimated to be 616, on a surface of 12 428 ha with sarcocaulous desert shrubs.

**Key words:** Bighorn sheep, strip count, population density, population structure, Hayne's method, *Ovis canadensis weemsi* Goldman, 1937.

Fecha de recepción/Received date: 9 de diciembre de 2015; Fecha de aceptación/Accepted date: 30 de mayo de 2016.

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Forestales, UANL. México. Correo-e: fer1960\_08\_10@hotmail.com

<sup>2</sup> Facultad de Agronomía, UANL. México.

## Introducción

Las poblaciones del borrego cimarrón (*Ovis canadensis* Shaw, 1804) han disminuido globalmente, debido a la fragmentación del hábitat, la competencia por este con el ganado doméstico y por la transmisión de enfermedades propias de los últimos (Jiménez y Hernández, 2010). Otros factores importantes que las afectan son la cacería furtiva, la construcción de carreteras y caminos, minería y actividades recreacionales en su hábitat (Cossio, 1975; Araujo, 1976; Valverde, 1976; De Forge *et al.*, 1993).

En México, el borrego cimarrón se registró como desaparecido en las serranías áridas y escarpadas de casi toda la parte norte del país, incluso en los estados de Chihuahua, Nuevo León y Coahuila (Medina y Martínez, 1990). Actualmente, las tres subespecies que existen en el país se restringen a las siguientes entidades: *O. c. mexicana* Merriam, 1901 se distribuye en serranías de Sonora; *O. c. cremnobates* Elliot, 1904, en Baja California; y *O. c. weemsi* Goldman, 1937 en Baja California Sur (Menéndez 1985).

No obstante, que la subespecie *O. c. weemsi* tiene estatus de Sujeta a Protección Especial, de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat, 2010), es posible aprovecharla cinegéticamente bajo estrictas medidas de manejo.

En Baja California Sur, las poblaciones de borrego cimarrón se han reducido, principalmente, por la fragmentación de su hábitat y la cacería furtiva (Semarnap, 2000); a finales del siglo XX se localizaba solo en 40 % de su intervalo de distribución original (Jiménez *et al.*, 1996). En las últimas décadas, dado su gran valor cinegético, su número ha decrecido, únicamente hay remanentes en pequeñas áreas de Sonora, Baja California y Baja California Sur, y está extinta en Chihuahua, Coahuila y Nuevo León (Krausman *et al.*, 1999 en Espinosa *et al.*, 2006); pese a que se han realizado esfuerzos importantes para recuperar la, mediante reintroducciones.

La intervención de diversas organizaciones civiles y gubernamentales han contribuido a que en Baja California Sur existan poblaciones estables, susceptibles de un aprovechamiento cinegético racional y controlado (Semarnap, 2000), en donde se ha llegado a cotizar hasta en 300 mil dólares un solo permiso de cacería (García, 1998).

Los primeros censos aéreos de borregos cimarrón se hicieron en Sonora, fueron realizados en los años 1993 y 1994 (Lee y López, 1993; Lee y López 1994) con la finalidad de establecer una correcta tasa de aprovechamiento, o en su caso, definir una veda temporal para la recuperación poblacional, en ellas se consideró el número de borregos observados por hora de vuelo (Lee, 1997a; Lee, 1997b).

## Introduction

The populations of bighorn sheep (*Ovis canadensis* Shaw, 1804) have diminished globally as a result of the fragmentation of the habitat, the competition for the habitat against the domestic livestock, and the transmission of diseases by the latter (Jiménez and Hernández, 2010). Other important factors affecting them are furtive hunting, road construction, mining and recreational activities within their habitat (Cossio, 1975; Araujo, 1976; Valverde, 1976; De Forge *et al.*, 1993).

In Mexico, this species was registered as extinct in the steep, arid mountain ranges in most of northern Mexico, including the states of *Chihuahua*, *Nuevo León* and *Coahuila* (Medina and Martínez, 1990). The three subspecies existing in Mexico today are restricted to the following states: *O. c. mexicana* Merriam, 1901 is distributed in the mountain ranges of *Sonora*; *O. c. cremnobates* Elliot, 1904, in *Baja California*; and *O. c. weemsi* Goldman, 1937 in Southern *Baja California* (Menéndez, 1985).

Although this subspecies has a "Subject to Special Protection" status according to the norm NOM-059- SEMARNAT-2010 (Semarnat, 2010), its exploitation through hunting is allowed, under strict management measures.

In Southern *Baja California*, the bighorn sheep populations have diminished mainly as a consequence of the fragmentation of their habitat and of furtive hunting (Semarnap, 2000); in the late XX<sup>th</sup> Century, they were found in only 40 % of their original distribution range (Jiménez *et al.*, 1996). As a result of their high hunting value, they have diminished in recent decades, and only a few sheep remain in small areas of *Sonora*, *Baja California* and Southern *Baja California*; furthermore, the species is already extinct in *Chihuahua*, *Coahuila* and *Nuevo León* (Krausman *et al.*, 1999 in Espinosa *et al.*, 2006), despite significant efforts to recover it through reintroduction.

The intervention of various civil and governmental organizations has contributed to the existence of stable populations that are subject to rational, controlled exploitation through hunting in Southern *Baja California* (Semarnap, 2000), where the fee for a single hunting permit has been estimated in up to 300 thousand USD (García, 1998).

The first aerial censuses of bighorn sheep in *Sonora* were carried out in the years 1993 and 1994 (Lee y López, 1993; Lee y López 1994) in order to establish an appropriate exploitation rate or, if applicable, a temporary closed season for the recovery of the population; these censuses considered the number of sheep observed per hour of flight (Lee, 1997a; Lee, 1997b).

The specimens present in the *El Carmen* Island are native of the *Sierra El Mechudo* mountain range, in the same state, and are distributed mainly in the middle and northern parts of the island,

Los ejemplares presentes en la isla El Carmen son originarios de la sierra El Mechudo, del mismo estado, y se distribuyen, principalmente, en la parte media y septentrional de la Isla, donde se ubican las fuentes de agua permanentes. Como parte del Programa de Recuperación del Borrego Cimarrón del Desierto en el Estado de Baja California Sur, fueron introducidos, durante el invierno de los años 1995 (10 hembras y 2 machos) y 1996 (12 hembras y 2 machos) (Jiménez *et al.*, 1996, 1997; Jiménez y Hernández, 2010; Jiménez *et al.*, 2005). Solo a 20 de los 26 ejemplares liberados, se les colocaron collares de radiotelemetría (De Forge *et al.*, 1997).

La isla El Carmen, por sus características topográficas y climatológicas ofrece buenas condiciones para el establecimiento del borrego cimarrón; la ausencia de depredadores y la poca, o nula actividad humana ha evitado la cacería furtiva (Benavides *et al.*, 2001; sin embargo, la población residente recibe suplementación alimentaria para evitar que la vegetación xerófila de la isla sea sobreexplotada por los borregos que se quieren mantener en la isla.

Los objetivos de este estudio fueron conocer el tamaño poblacional actual, la cantidad de machos, hembras y crías que componen la población, su distribución y los factores que inciden en ella.

## Materiales y Métodos

### Localización

La isla El Carmen está situada en la región noroeste de México, dentro del Golfo de California, entre las coordenadas geográficas 25°48'28" y 26°03'34" de latitud norte y 111°03'28" y 111°13'43" de longitud oeste. Tiene una longitud aproximada de 27 km y una anchura de 9 km, en dirección noreste - suroeste (Inegi, 1978); la conforman una serie de mesetas y sierras de origen volcánico, que alcanzan hasta 479 metros sobre el nivel del mar (Benavides *et al.*, 2001). En la isla se registran tres tipos de vegetación: halófila, con 902.1 ha (5.9 %); matorral sarcocrasicaule, con 271.1 ha (1.79 %); matorral sarcocaulé, con 12 427.9 ha (82.3 %); y sin vegetación aparente 1 498.9 ha (10.01 %), correspondiente a la zona de la laguna de la salinera y playas. (Figura 1).

Se utilizó el método de conteo en franjas modificado por Hayne (1949), el cual consiste en caminar a lo largo de una línea determinada al azar, y por la accesibilidad del terreno, generalmente, por arroyos y cañadas; durante la caminata se estimaron las distancias de avistamiento promedio de borregos cimarrones, mediante triangulación, con estos valores se calculó el área de la franja cubierta por el observador con el apoyo de binoculares (*Nikon Monarch 10 x 56*), telescopios (*Buchnell Trophy 20 x 60 x 65*) y distanciómetro (*Nikon Laser Forestry Pro de 10 - 500 m*).

where the permanent sources of water are located. As part of the *Programa de Recuperación del Borrego Cimarrón del Desierto en el Estado de Baja California Sur* (Desert Bighorn Sheep Restoration Program in Southern Baja California), 10 females and 2 males were introduced in the winter of 1995, and 12 females and 2 males, in the winter of 1996 (Jiménez *et al.*, 1996, 1997; Jiménez and Hernández, 2010; Jiménez *et al.*, 2005). Radio telemetry tracking collars were placed on only 20 out of the 26 released specimens (De Forge *et al.*, 1997).

As a result of its topographic and climatological characteristics, the *El Carmen* Island offers good conditions for the establishment of the bighorn sheep, and the absence of predators and the scarce or non-existent human activity has made it possible to prevent furtive hunting (Benavides *et al.*, 2001). However, the resident population receives food supplementation in order to prevent overexploitation of the xerophile vegetation of the island by the population of sheep intended to be kept in the location.

The objectives of this study were to determine the current population size, the number of males, females and offspring that make up the population, its distribution and the factors that have a bearing on it.

## Materials and Methods

### Location

The *El Carmen* Island is located in northeastern Mexico, in the Gulf of California, between the geographic coordinates 25°48'28" and 26°03'34" N, and 111°03'28" and 111°13'43" W. It is approximately of 27 km long and 9 km wide from northeast to southwest (Inegi, 1978). It is formed by a series of mesetas and volcanic mountain ranges that rise up to 479 masl (Benavides *et al.*, 2001). The island includes three types of vegetation: halophile vegetation, with 902.1 ha (5.9 %); sarcocaulous shrubs, with 271.1 ha (1.79 %); sarcocaulous scrubs, with 12 427.9 ha (82.3%), and absence of apparent vegetation, with 1 498.9 ha (10.01 %), in the lagoon area and the salt mine and on the beaches (Figure 1).

The strip count method modified by Hayne (1949) —which consists of walking along a randomly determined line, according to the accessibility of the terrain, generally along creeks and gullies— was utilized. During this walk, the average distances between sightings of bighorn sheep were estimated by triangulation; the values thus obtained were used to calculate the surface area of the strip covered by the observer, with the aid of Nikon Monarch 10 x 56 binoculars, Buchnell Trophy 20 x 60 x 65 telescopes and a Nikon Laser Forestry Pro de 10 - 500 m range finder.



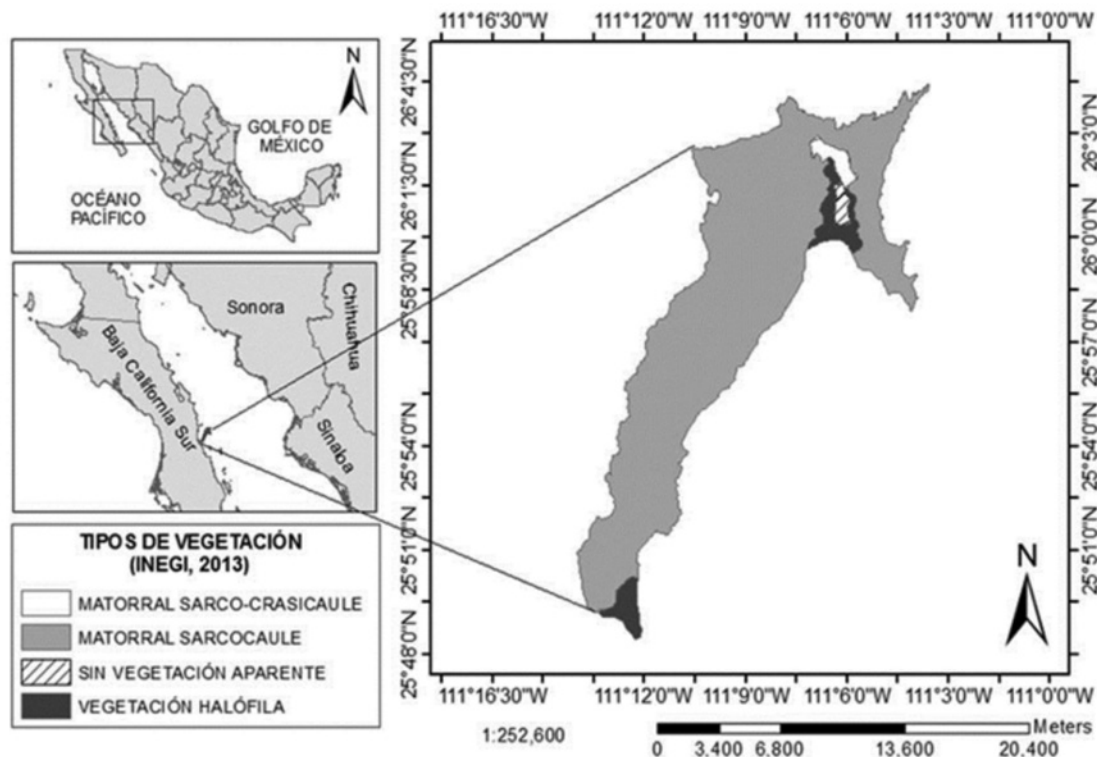


Figura 1. Localización del área de estudio en la isla El Carmen, Baja California Sur.  
 Figure 1. Location of the study area in the El Carmen Island, Southern Baja California.

Se establecieron nueve franjas, que fueron recorridas cinco veces del 2011 al 2014, con una longitud promedio de 3 844.29 metros y 347.45 metros de ancho; el número de repeticiones en cada transecto estuvo influenciado por las condiciones climatológicas, que complicó el acceso a algunos sitios de monitoreo, ya que la presencia de marea alta, dificultó la salida a determinados sitios. Por lo que la superficie media por transecto fue de 1 335 km<sup>2</sup> (133.5 ha).

La fórmula para aplicar el método de franjas modificado por Hayne (1949) es la siguiente:

$$D = \frac{1}{f} \sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{A_i}$$

Donde:

- D = Densidad de borregos por hectárea
- f = Número de transectos recorridos
- Z<sub>i</sub> = Número de borregos observados por franja
- A<sub>i</sub> = Área muestreada por cada transecto

Se consideró un total de 12 000 hectáreas como hábitat potencial para el borrego cimarrón y no la totalidad de la superficie de la isla (15 100 ha), debido a que aproximadamente

Nine 3 844.29 m long and 347.45 m wide strips were established, and they were scanned five times between 2011 and 2014. The number of repetitions in each transect was influenced by the climatological conditions, which made access to some of the monitoring sites difficult, as the presence of a high tide obstructed the way to certain sites. Thus, the average surface area per transect was 1 335 km<sup>2</sup> (133.5 ha).

The formula for the application of the strip-count method modified by Hayne (1949) is the following:

$$D = \frac{1}{f} \sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{A_i}$$

Where:

- D = Sheep density per hectare
- f = Number of scanned transects
- Z<sub>i</sub> = Number of sheep observed in each strip
- A<sub>i</sub> = Sampled surface area in each transect

A total of 12 000 ha were considered as the potential habitat for the bighorn sheep, rather than the total surface of the island (15 100 ha), because approximately 3 100 ha are covered by the salt mine and by dunes whose vegetation is of no use for the species (Zurita, 2012).

3 100 ha están cubiertas por la zona de la salinera y dunas sin vegetación aprovechable por la especie (Zurita, 2012).

Los muestreos se llevaron a cabo por un periodo de dos a cinco días, los sitios se ubicaron de tal manera que permitieron cubrir visualmente la mayor parte de las laderas en la sierra, desde los cuales se buscaron a los grupos o ejemplares de borrego cimarrón empleando binoculares (10 x 50 mm) o telescopio (15-45 x 60 mm). Una vez avistados, se procedió a registrar su localización, el número de ejemplares, las clases de edad y sexo. Los periodos de observación fueron entre las 5:00 y las 10:30 horas, para un total de cinco y media horas diarias, en promedio.

Samplings were carried out through a period of two to five days. The sites were located in such a way that they allowed visual coverage from most of the mountain sides in the sierra, from which the groups or specimens of bighorn sheep were sought with binoculars (10 x 50 mm) or a telescope (15 - 45 x 60 mm). Once the sheep were sighted, the number of specimens, their location, age groups and their sex were recorded. The observation times were between 5:00 am and 10:30 am, for a total average of five and a half hours a day.

The observed animals were classified as: class I, II, III and IV males (Figure 2), females, lambs, young males, young females, and unidentified. The classification criteria were age, body size and horns (Geist, 1968).

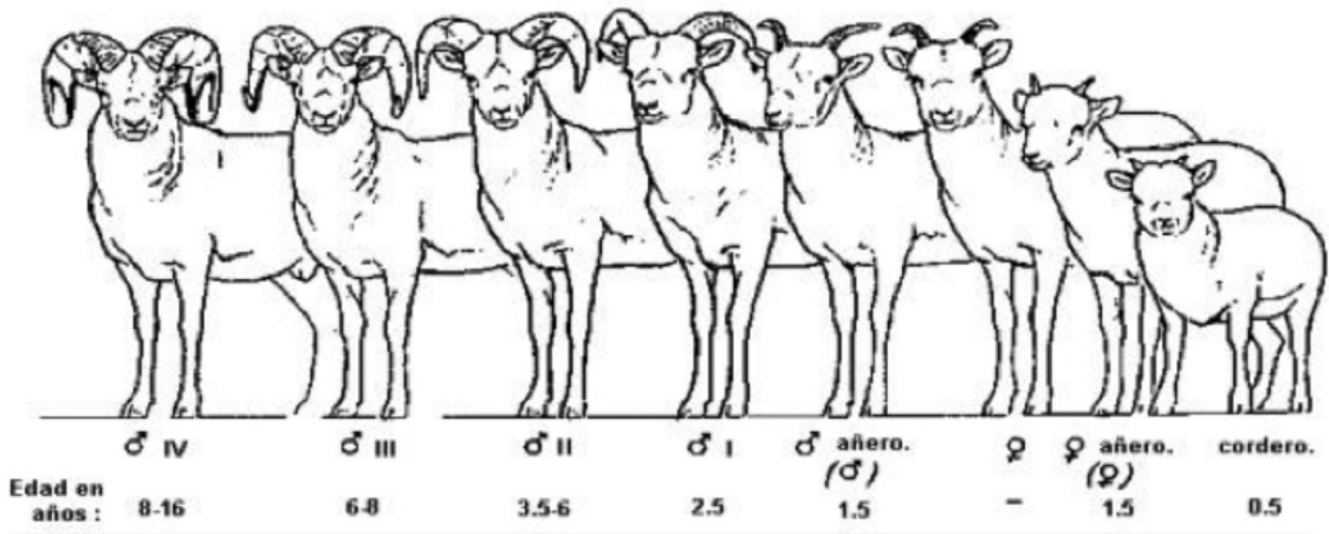


Figura 2. Sexo y clases de edad en el borrego cimarrón (*Ovis canadensis* Shaw, 1804), según Geist (1968).  
 Figure 2. Sex and age classes of bighorn sheep (*Ovis canadensis* Shaw, 1804) according to Geist (1968).

Los animales observados se clasificaron como: machos clase I, II, III, IV (Figura 2), hembras, corderos, macho juvenil, hembra juvenil y no identificados, los criterios para la clasificación fueron la edad, el tamaño del cuerpo y cuernos (Geist, 1968).

El análisis estadístico, se hizo con la prueba de *Mann-Whitney* para dos muestras independientes, ya que los datos no mostraron distribución normal. Las pruebas no-paramétricas se usan cuando no se tiene información sobre la composición de los datos poblacionales y falta el conocimiento sobre su distribución de probabilidad; además de, que no se cumplen las condiciones exigidas para la aplicación de las paramétricas. También, si las muestras son pequeñas y se desconoce la densidad de probabilidad. El programa empleado fue *Statistica* versión 7.1 (StatSoft, 2005).

The statistical analysis, the *Mann-Whitney* test was applied to two independent samples, since the data did not show normal distribution. Non-parametric tests are used when no information regarding the makeup of the population data or their probability distribution is available and the conditions required for the application of parametric tests are not met. It is also recommended when the samples are small and the probability density is unknown. The software utilized was *Statistica* version 7.1 (StatSoft, 2005).



## Resultados y Discusiones

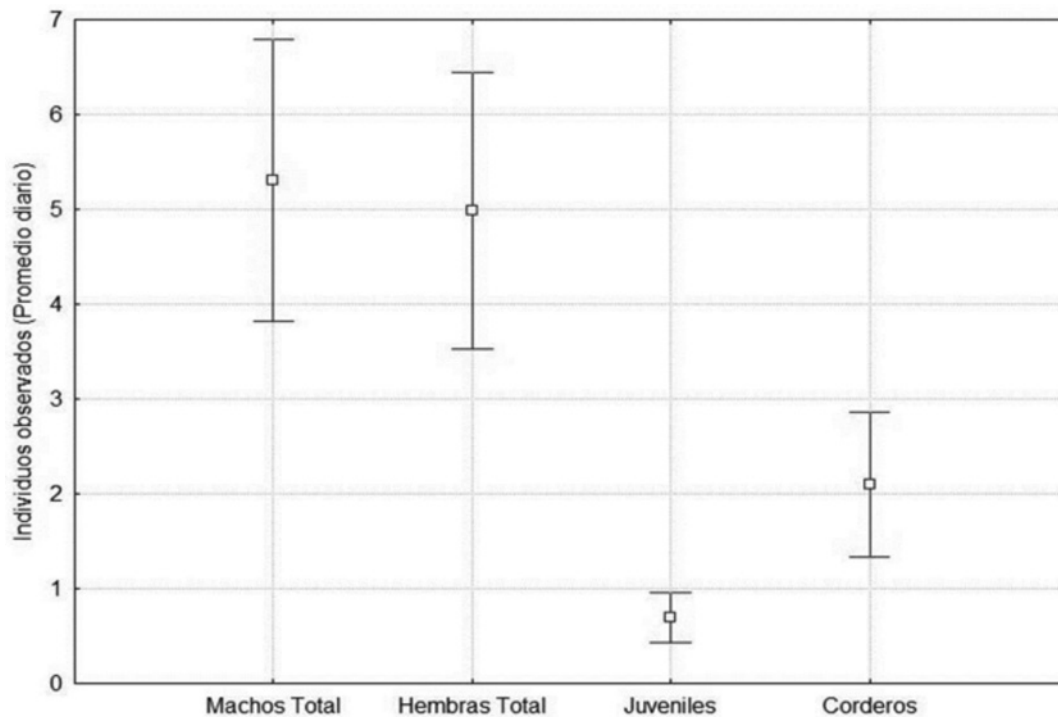
Se realizaron un total de 1 151 avistamientos de ejemplares de borrego cimarrón durante los 92 días de monitoreo comprendidos entre los años 2011 y 2014; es decir, un promedio de 12.51 por día. Correspondieron a 488 machos (87 clase IV, 191 clase III, 138 clase II, 28 clase I, 43 juveniles y 1 cordero); 459 hembras (430 hembras adultas, 28 juveniles y 1 cordero); y 195 individuos considerados juveniles y corderos, sin lograr identificar sexo; nueve individuos a los que por la distancia de avistamiento o condiciones del paisaje, no fue posible identificarles sexo y edad.

La distancia promedio de avistamiento fue de 347.45 m, con un mínimo de 193.5 m y un máximo de 427 m. La longitud promedio del transecto fue de 3 844.3 m, con un máximo de 9 100 m y un mínimo de 1 560 m; los cuales estuvieron determinados por la topografía del terreno. La superficie promedio de muestreo fue de 133.6 ha, con base en el ancho y largo del transecto. La densidad promedio fue de 4.9 borregos por kilómetro cuadrado, con un estimado total de 616 ejemplares para la isla. Se observó una marcada concentración en la parte media de la isla, en donde se ubican las únicas cuatro fuentes de agua dulce permanentes.

## Results and Discussion

A total of 1 151 bighorn sheep specimens—i.e. an average of 12.51 specimens per day—were sighted during the 92-day monitoring carried out between the years 2011 and 2014. These included 488 males (87 belonging to class IV, 191 to class III, 138 to class II, 28 to class I, 43 young males and 1 lamb); 459 females (430 adult females, 28 young females and 1 lamb); 195 individuals considered to be young sheep and lambs, whose sex was not identified, and nine individuals whose age and sex were not identified due to the sighting distance or the conditions of the landscape.

The average sighting distance was 347.45 m, with a minimum of 193.5 m and a maximum of 427 m. The average length of the transect was 3 844.3 m, with a maximum of 9 100 m and a minimum of 1 560 m; both measures were determined by the topography of the terrain. The average sampling surface area was 133.6 ha, based on the length and width of the transect. The average density was 4.9 sheep per square kilometer, with an estimated total of 616 specimens for the island. A marked concentration in the middle part of the island, where the only four permanent sources of fresh water are located, was observed.



Los valores indican la media y su desviación estándar.  
The values indicate the mean and its standard deviation.

Figura 3. Estructura poblacional de *Ovis canadensis weemsi* Goldman, 1937 registrada en los transectos de la isla El Carmen, Baja California Sur, México.

Figure 3. Population structure of *Ovis canadensis weemsi* Goldman, 1937, registered in the transects of the El Carmen Island in Southern Baja California, Mexico.

## Estructura poblacional

Se obtuvo una media de observación diaria de machos-hembras-juveniles-corderos de 5.3-5-0.65-2.1 (Figura 3), equivalente a una proporción de 41:38:5:16 (1.0:0.93:0.12:0.39). La relativa homogeneidad de la población de machos con respecto a las hembras puede resultar de que en la isla, a pesar de que se practica el aprovechamiento cinegético de los machos adultos, también se ha realizado la captura de hembras para programas de reintroducción en la zona peninsular (Jiménez y Hernández, 2010).

La ausencia de depredadores del borrego cimarrón en la isla, tales como el puma (*Puma concolor* Linnaeus, 1771) y el coyote (*Canis latrans* Say, 1823) explican, en parte, la proporción similar de machos y hembras, pero, posiblemente lo más importante es el manejo de la población que busca mantener equilibrada la población, circunstancia atípica para otras zonas de distribución de la especie, en las que se presentan proporciones hasta de tres hembras por cada macho (De Forge *et al.*, 1993).

En el presente estudio se documentan proporciones de casi 1:1 entre machos y hembras, por lo que es una población totalmente diferente a todas las registradas en la zona continental, y es una población exótica en la isla, con un control riguroso de sus animales, por medio de cacerías legales exclusivamente de machos que cumplen con los requisitos para ser aprovechados, y con extracción, en ciertos años, de una sección de hembras que son trasladadas a otros sitios para repoblaciones; todo ello mantiene la relación entre machos y hembras en la población de la isla. Por otro lado, se observa, claramente, una marcada concentración de los borregos en los cuatro sitios con fuente permanente de agua.

Respecto al método de muestreo utilizado (conteo en franjas modificado por Hayne, 1949), el número registrado de borregos cimarrones en la isla El Carmen está por debajo de la capacidad de carga estimada para toda la isla, la cual es de 1 033 ejemplares, con base en la evaluación de la materia seca disponible como forraje (Zurita, 2012). Dado que el agua es el factor limitante más importante para el borrego en la isla, este subutiliza buena parte de la vegetación disponible en la misma; es decir, la lejanía entre los cuerpos de agua hacen que los borregos no se dispersen de esos sitios, por lo que solo durante la época de lluvias, los animales se desplazan a otros lugares, lo que origina una subutilización de la capacidad forrajera, ya que únicamente el borrego cimarrón y una pequeña población de cabras ferales utilizan dicho recurso, el resto del año. Este es el principal problema que mantiene la población de la isla casi a la mitad de su capacidad de carga, que aumentaría, si se colocaran más aguajes tanto en la parte norte, como en el sur de la isla.

## Population structure

A daily observation mean of 5.3-5-0.65-2.1 (Figure 3), equivalent to a proportion of 41:38:5:16 (1.0:0.93:0.12:0.39), was estimated for males, females, young sheep and lambs. The relative homogeneity of the male population with regard to the females may be accounted for by the fact that, although exploitation of the adult males through hunting is practiced in the island, females have also been captured for reintroduction programs in the peninsular area (Jiménez and Hernández, 2010).

The absence of predators of the bighorn sheep in the island—such as cougars (*Puma concolor* Linnaeus, 1771) and coyotes (*Canis latrans* Say, 1823), partly explains the similar ratio of males to females; however, the main factor may be the management of the population that seeks to maintain a balance in this population—an atypical circumstance for other distribution areas of the species, where ratios of up to three females per male may be found (De Forge *et al.*, 1993).

Ratios of males to females of almost 1:1 are documented in this study. This population is therefore totally different from all those registered in the continental area and is exotic to the island, whose specimens are subjected to rigorous control, with legal hunting only of those males that meet the requirements for exploitation, and extraction, in certain years, of a section of females transferred to other sites for repopulation purposes, all of which maintains the ratio of males to females among the population of the island. On the other hand, a marked concentration of sheep in the four sites with permanent water sources is clearly observed.

In regard to the utilized method (strip-count method modified by Haynes, 1949), the recorded number of bighorn sheep in the El Carmen Island is below the load capacity estimated for the entire island, which is 1 033 specimens, based on the determined available forage dry matter (Zurita, 2012). Water is the main limiting factor for the sheep on the island; therefore this species underutilizes much of the vegetation available in it. Because the bodies of water in the island are separated by large distances, the sheep do not scatter away from them. Thus, the animals move to other locations only during the rainy season and therefore underutilize the capacity of the island to provide them with forage, as only the bighorn sheep and a small population of feral goats utilize this resource during the rest of the year. This is the main issue that keeps the population of the island at almost half its load capacity, which might increase if more drinking troughs were placed both in the north and the south of the island.



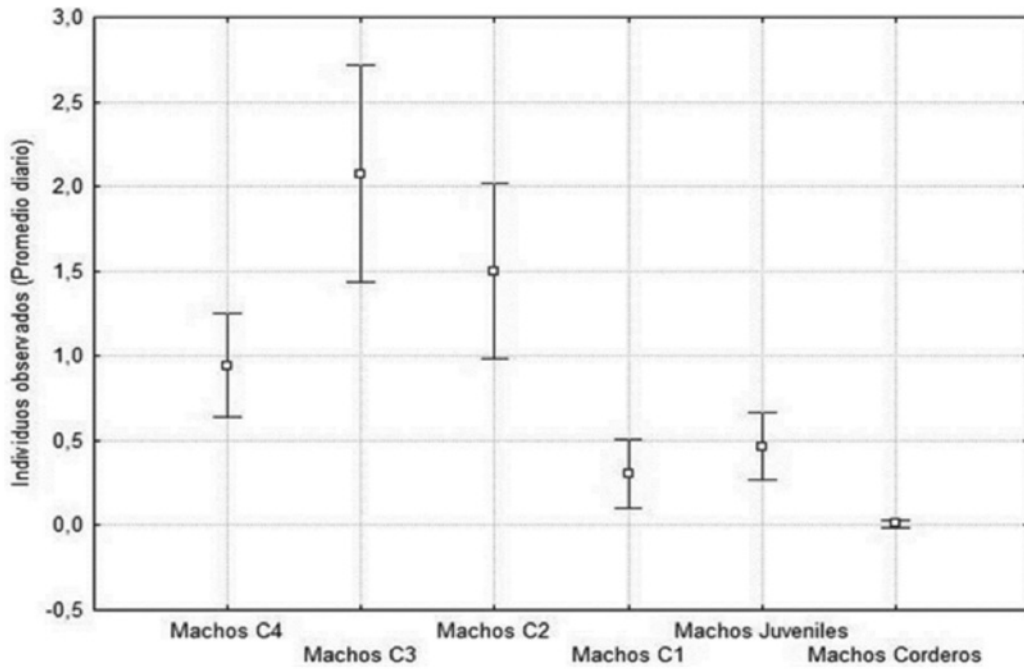


Figura 4. Estructura poblacional de los borregos cimarrones machos (*Ovis canadensis weemsi* Goldman, 1937) en sus distintas clases de edad, en la isla El Carmen, Baja California Sur, México.

Figure 4. Population structure of male bighorn sheep (*Ovis canadensis weemsi* Goldman, 1937), by age classes, in the *El Carmen* Island, Southern *Baja California*, Mexico.

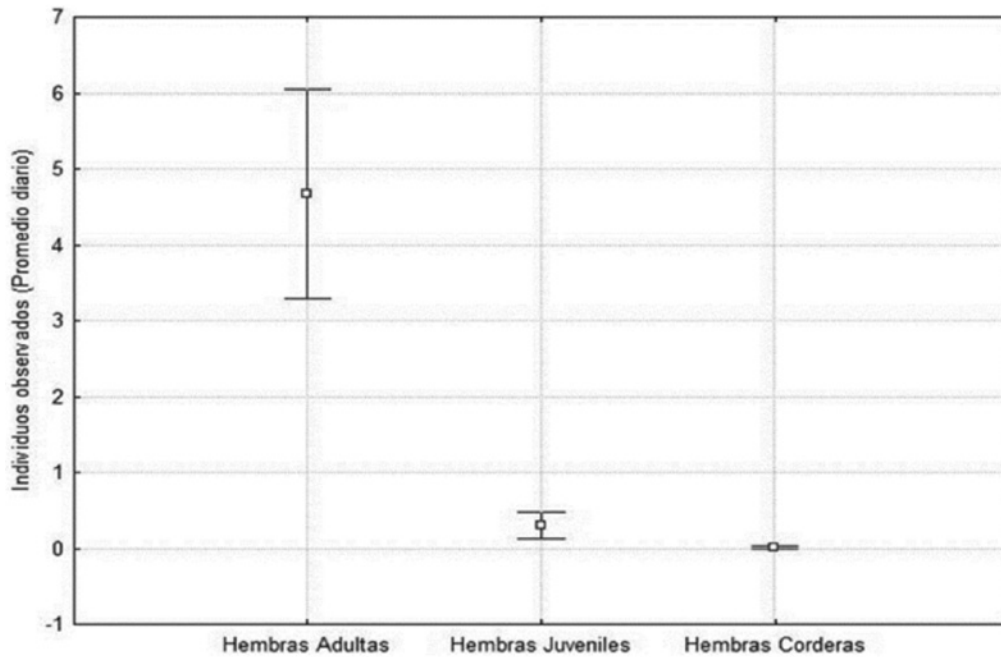


Figura 5. Estructura poblacional de los borregos cimarrones (*Ovis canadensis weemsi* Goldman, 1937) corderos hembras en sus distintas clases de edad, en la isla El Carmen, Baja California Sur, México.

Figure 5. Population structure of bighorn (*Ovis canadensis weemsi* Goldman, 1937) female lambs in their various age classes, in the *El Carmen* Island, Southern *Baja California*, Mexico.



Durante las observaciones se avistaron un total de 1 151 borregos cimarrones, de los cuales 51.53 % (488 ejemplares) fueron machos, de las siguientes clases de edad: 17.83 % clase IV, 39.14 % clase III, 28.28 % clase II y 5.74 % clase I, 8.81 % de machos juveniles y 0.20 % machos corderos (Figura 4).

De los 459 borregos hembras registrados en los muestreos, que representan 48.47 % de la población total, 93.68 % fueron ejemplares considerados parte de la población reproductivamente activa (hembras adultas) y el restante 6.32 %, aún no se integran como parte del reclutamiento de la población (6.10 % hembras juveniles y 0.22 % de corderos hembras) (Figura 5).

Lee y López (1993) indican una relación machos-hembras-corderos-juveniles de 56:100:32:7 (0.56:1.0:0.32:0.07), en un estudio con censo por medio de helicóptero en Sonora, México; López *et al.* (1995) documentan una proporción machos-hembras-corderos de 71:100:11 (0.71:1.0:0.11) en una población de *O. c. cremnobates* del norte de Baja California, mediante un muestreo de transectos en línea; ambos resultados difieren de los presentados por González *et al.* (2011), quienes consignan una proporción tres o cuatro veces mayor de hembras, respecto a los machos para *Ovis canadensis mexicana* en poblaciones del estado de Sonora. Los registros anteriores son diferentes a los obtenidos en la isla El Carmen, ya que corresponden a poblaciones silvestres del continente, sujetas a los procesos naturales de competencia, depredación y cacerías legales e ilegales, y la población del presente estudio está totalmente controlada de todos los procesos naturales y antropogénicos.

En una investigación en Baja California (De Forge *et al.*, 1993), se evaluó el intervalo norte de su territorio, a través de censo aéreo en helicóptero, desde la frontera internacional sur hasta la bahía de San Luis Gonzaga. Se observaron 116 grupos de borregos cimarrones: 603 ejemplares entre adultos y carneros, en un total de 68 horas de vuelo, con una tasa promedio de observación de 8.9 borregos por hora. La proporción de machos-hembras-crías-juveniles fue de 32:100:45:22. A partir de proporciones de observación de 40 - 60 %, se estimaron 780 a 1 170 individuos presentes en el área de aproximadamente 3 095 km<sup>2</sup>. En el conteo se incluyeron 97 borregos adultos (38 clase II, 26 clase III y 33 clase IV), 303 hembras adultas (2 ó más años de edad), 135 corderos, 33 machos viejos y 35 hembras viejas.

En un censo aéreo, (Lee y López, 1993), en el periodo noviembre a diciembre de 1992, se avistaron 155 grupos en 20.7 horas de vuelo, para un total de 528 individuos clasificados. La tasa de observación fue de 9.9 borregos por hora en los intervalos del norte y 37.3 en los intervalos del oeste y sur de Caborca. La proporción machos-hembras-crías-juveniles fue de 37:100:18:36, y la población calculada fluctuó desde 880 a 1 760, con proporciones de observación de 30 - 60 %.

A total of 1 151 bighorn sheep were sighted, 51.53 % of which (488 specimens) were males belonging to the following age classes: 17.83 % to class IV, 39.14 % to class III, 28.28 % to class II, and 5.74 % to class I; 8.81 % were young males, and 0.20 % were male lambs (Figure 4).

Of the 459 female sheep registered in the samplings, which amount to 48.47 % of the total population, 93.68 % were considered to be part of the reproductively active population (adult females), and the remaining 6.32 % (6.10 % young females and 0.22 % female lambs) are yet to be integrated as part of the population recruitment (Figure 5).

While Lee and López (1993) point out a males-females-lambs-young sheep ratio of 56:100:32:7 (0.56:1.0:0.32:0.07) in a study based on a census taken from a helicopter in Sonora, Mexico, López *et al.* (1995) report a males-females-lambs ratio of 71:100:11 (0.71:1.0:0.11) in a population of *O. c. cremnobates* of northern Baja California, estimated through line transects sampling. These results differ from those presented by González *et al.* (2011), who record a three or four times higher females-to-males ratio for *Ovis canadensis mexicana* in populations of the state of Sonora. Ratios recorded previously to these reports differ from those studied in the El Carmen Island, since they correspond to wild continental populations subjected to the natural processes of competition, predation, and legal or illegal hunting, whereas the population of the present study is totally controlled in regard to natural and anthropogenic processes.

In a research carried out in northern Baja California (De Forge *et al.*, 1993), the northern interval of Baja California was assessed through aerial census from a helicopter, from the southern international borderline to the San Luis Gonzaga bay. 116 groups of bighorn sheep were observed: 603 specimens—adults and rams—through a total of 68 hours of flight, with an average observation rate of 8.9 sheep per hour. The males-females-lambs-young sheep ratio was 32:100:45:22. Based on observation rates of 40-60 %, 780 to 1 170 individuals were estimated to be present on the surface area of approximately 3 095 km<sup>2</sup>. The count included 97 adult sheep (38 belonging to class II, 26 to class III and 33 to class IV), 303 adult females (aged 2 years or more), 135 lambs, 33 old males and 35 old females.

In the course of an aerial census (Lee and López, 1993) carried out between November and December, 1992, 155 groups were sighted within 20.7 hours of flight, adding up to a total of 528 classified individuals. The observation rate was 9.9 sheep per hour in the northern ranges, and 37.3 in the ranges located west and south of Caborca. The males-females-lambs-young sheep ratio was 37:100:18:36, and the estimated population ranged between 880 and 1 760, with observation rates of 30-60 %.

En el trabajo que aquí se documenta se realizaron 1 151 avistamientos entre individuos y grupos de individuos, de ellos 488 correspondieron a machos (87 clase IV, 191 clase III, 138 clase II, 28 clase I, 43 juveniles y 1 cordero); 459 hembras (430 hembras adultas, 28 juveniles y 1 cordero) y 195 ejemplares considerados dentro de la categoría de juveniles y corderos, sin lograr identificar sexo, así como nueve individuos a los que, por la distancia de avistamiento o condiciones del paisaje, no fue posible identificar su sexo y edad. La diferencia en los resultados responde a que los estudios de De Forge *et al.* (1993) y Lee y López (1993) se hicieron en un período corto de un año, y mediante conteos con helicóptero; mientras que la presente investigación se llevó a cabo del verano del 2011 al verano del 2014, a través de la observación directa de los animales en aguajes y comederos, las cuales fueron usadas para obtener las proporciones de machos, hembras, crías y juveniles.

La densidad promedio de borregos observados por transecto en la época invernal fue de 7.57, que resultó estadísticamente diferente ( $p < 0.05$ ) de los 5.24 individuos registrados por transecto en la época de verano. Otro aspecto a resaltar es el incremento en la tasa de natalidad en el periodo del verano de 2013, consecuencia de las abundantes precipitaciones registradas durante 2012, que no alcanzaron a reflejarse durante el invierno de ese mismo año, pero que se presentó

In the study documented herein, 1 151 specimens were sighted individually or in groups; of these, 488 were males (87 belonging to class IV, 191 to class III, 138 to class II, 28 to class I, 43 young males and 1 lamb); 459 females (430 adult females, 28 young females and 1 lamb); 195 individuals considered to be young sheep and lambs, whose sex was not identified, and nine individuals whose age and sex were not identified due to the sighting distance or the conditions of the landscape. The difference in the results is accounted for by the fact that the studies by De Forge *et al.* (1993) and Lee and López (1993) were carried out during a brief 1-year period and the counts were made from a helicopter; whereas the present research extended from the summer of 2011 to the summer of 2014 and was carried out through direct observation of the animals at drinking and feeding troughs, based on which the male-female-lamb-young sheep ratios were estimated.

The average density of sheep observed per transect during the winter was 7.57, a value that turned out to be statistically different ( $p < 0.05$ ) from the 5.24 individuals registered per transect during the summer. Another aspect worth highlighting is the increase in the birth rate during the summer of 2013 as a consequence of the abundant precipitations registered in 2012, which did not reflect in the winter of that year but resulted in a noticeable increase in births during the summer after this event and maintained a birth rate of over 50 % during the subsequent population monitoring periods (Figure 6).

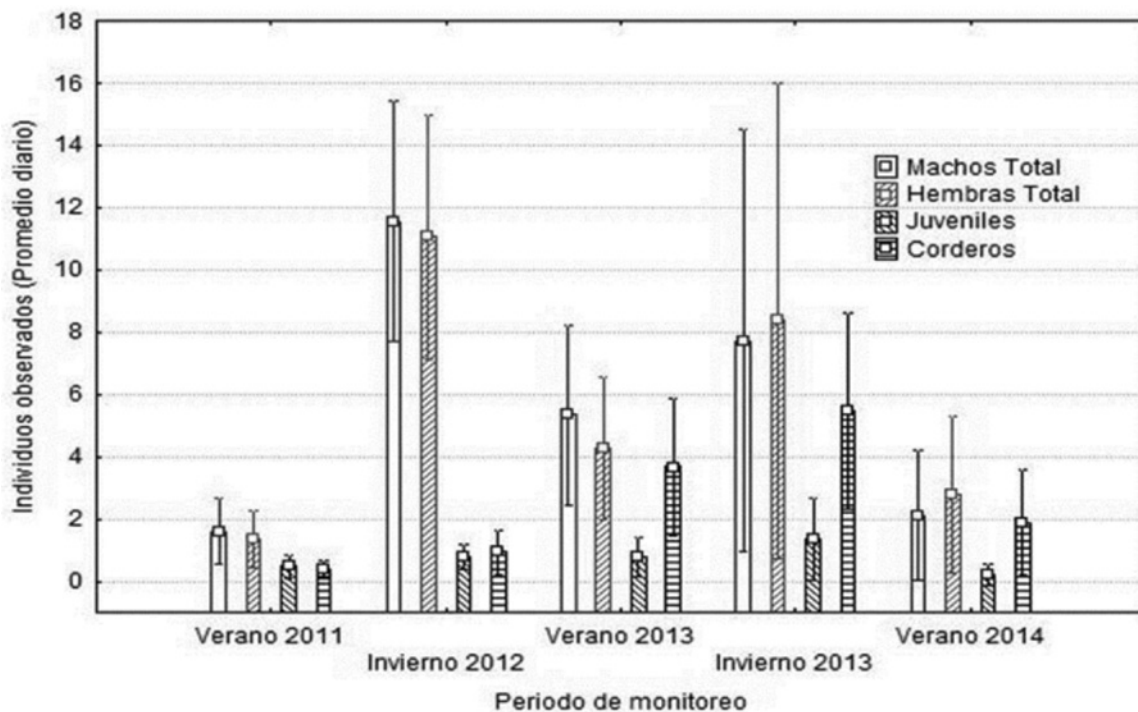


Figura 6. Estructura poblacional de los borregos cimarrones (*Ovis canadensis weemsi* Goldman, 1937) respecto a la relación machos-hembras-juveniles-crías por estación, en la isla El Carmen, Baja California Sur, México.  
 Figure 6. Population structure of bighorn sheep (*Ovis canadensis weemsi* Goldman, 1937) in relation to the males-females-lambs-young sheep ratios by season, in the *El Carmen* Island, Southern *Baja California*, Mexico.

un incremento notable en este rubro, en el verano posterior a este evento, y que mantuvo una tasa alta de natalidad, mayor a 50 %, durante los periodos de monitoreo poblacional subsecuentes (Figura 6).

Un aspecto a destacar, es la influencia de las precipitaciones pluviales sobre la natalidad y mortalidad de los animales de la isla, ya que en 2011 se tuvo una baja natalidad, con una alta mortalidad, por venir precedido de dos años con precipitaciones de 46 y 11 mm, respectivamente; muy por debajo del promedio de 185 mm que se registra en la región, lo cual repercutió en una producción baja de alimento y, por lo tanto, en una pobre capacidad de carga que incidió en los reproductores, de los cuales solo pocos se reprodujeron, mientras que para los años 2013 y 2014 aumentó la natalidad y disminuyó la mortalidad, por la abundancia de precipitaciones pluviales que alcanzaron 388 y 325 mm para los años de 2012 y 2013, respectivamente; con ello, la producción de alimento creció (Zurita, 2015). Y por lo tanto, hubo un incremento de la capacidad de carga en los años 2012 a 2014, los reproductores alcanzaron una condición física ideal para su reproducción. Además, en la isla no existen depredadores naturales como: el puma, el coyote y el jaguar (*Panthera onca* Linnaeus, 1758) que afecten las poblaciones naturales introducidas.

Un aspecto que destaca del presente estudio es la amplia gama de edades de la población, ya que se registraron animales de todas las edades durante, prácticamente, todo el año tanto en época de verano, como de invierno: neonatos, corderos, juveniles y adultos; lo anterior indica que no hay una estacionalidad marcada para el periodo reproductivo; influido principalmente por la suplementación alimentaria que reciben, pero además, por la ausencia de depredadores naturales. La suplementación alimentaria que se les proporciona en la isla, incide, asimismo, en la estacionalidad del periodo reproductivo que normalmente es afectado por la escasez de alimento durante la época crítica de estiaje, ya que, según datos de Álvarez y Medellín (2005), la temporada de celo ocurre en el otoño y parte del invierno, con nacimientos en la primavera.

No obstante que la especie tiene una temporada reproductiva muy amplia, desde julio hasta diciembre, en el caso concreto de la isla El Carmen, esto no es tan marcado, debido a que, prácticamente durante los 12 meses del año se observan ejemplares de todos los grupos de edad, sobre todo en los años con abundancia de precipitaciones pluviales, lo anterior se constató por las observaciones realizadas en verano e invierno y por comentarios de las personas que manejan la población.

La densidad promedio de borregos por transecto en la región central de la isla fue de 28.68, lo que resultó estadísticamente diferente ( $p < 0.05$ ) de los 8.51 individuos registrados, en promedio, por transecto en la zona norte y los 1.64

Notably, precipitations influence the birth and mortality rates of the animals of the island; birth rates decreased in the year 2011, preceded by two years with precipitations of only 46 and 11 mm, respectively—i.e. far below the average 185 mm usually registered for the region—, which resulted in a low production of forage and, therefore, a poor load capacity; this, in turn, affected the breeding specimens, only a few of which succeeded in reproducing. In contrast, birth rates increased and mortality rates decreased in the years 2013 and 2014 due to the abundant precipitations of the years 2012 and 2013, which reached the levels of 388 and 325 mm, respectively, also bringing about an increased production of forage (Zurita, 2015). Thus, there was an increased load capacity in the years 2012 and 2014, and the breeding specimens attained an ideal physical condition for reproducing. Furthermore, no natural predators—such as cougars, coyotes or jaguars (*Panthera onca* Linnaeus, 1758)—exist in the island to affect the natural populations introduced into it.

A prominent aspect of the present study is the broad range of ages within the population, as animals of all ages (newborns, lambs, young and adult sheep) were observed virtually during the whole year, in both the summer and the winter. This shows that there is no marked seasonality for the reproductive period, which is mainly influenced by the food supplementation that the sheep receive, as well as by the absence of natural predators. The food supplementation provided in the island also influences the seasonality of the reproductive period, which is usually affected by the shortage of forage during the critical low water period, as, according to data collected by Álvarez and Medellín (2005), the heat period occurs in the fall and part of the winter, with births in the spring.

Although the species has a very long reproductive season, from July to December, this is not so marked in the concrete case of the El Carmen Island, as specimens of all age groups may be observed virtually throughout the year, in particular in years with abundant precipitations; this was confirmed by the observations carried out in the summer and the winter, and by the comments of the people who manage the population throughout the year.

The average density of sheep per transect in the central region of the island was 28.68, a statistically different value ( $p < 0.05$ ) from the average of 8.51 individuals per transect registered in the northern area, and from the average of 1.64 individuals per transect observed in the southern area (Figure 7). There is a marked influence of the presence of watering troughs on the distribution of the specimens, particularly during the summer,



individuos promedio, observados en la parte sur (Figura 7). Hay una marcada influencia de los aguajes en la distribución de los ejemplares, sobre todo en la época de verano, ya que en invierno, como resultado de las precipitaciones de agosto y septiembre, el agua se acumula en sitios naturales (tinajas) y artificiales (represas y bordos de abrevadero), además del aporte de agua de la vegetación, aún verde durante el periodo invernal.

since, as a result of the precipitations of August and September, water accumulates in natural (basins) and artificial sites (dams and drinking troughs), in addition to the water contributed by the vegetation, which is still green in the winter.

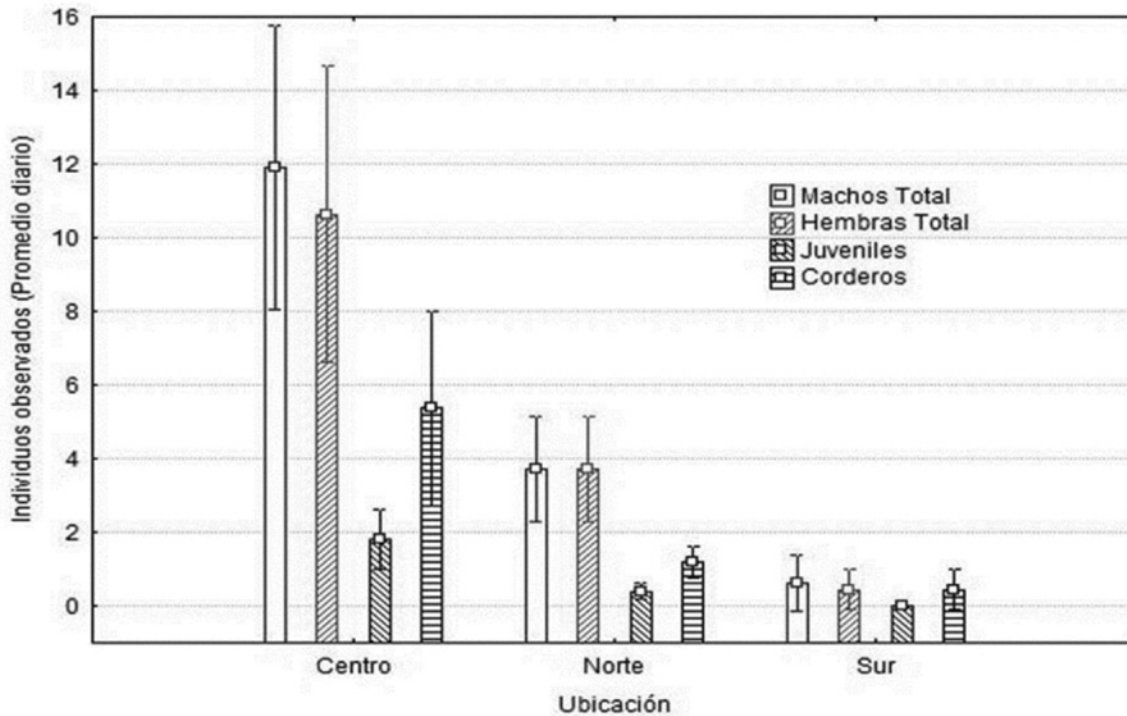


Figura 7. Número promedio de borregos cimarrones (*Ovis canadensis weemsi* Goldman, 1937) en sus etapas de desarrollo, en las distintas regiones de la isla El Carmen, Baja California Sur, México.  
 Figure 7. Average number of bighorn sheep (*Ovis canadensis weemsi* Goldman, 1937), by development stages, observed in the various regions of the El Carmen Island, Southern Baja California, Mexico.

En un estudio realizado en la sierra El Mechudo en Baja California Sur, se observaron machos adultos y subadultos a distancias mayores de los cuerpos de agua, los más distantes a 300 - 500 m, mientras que las hembras juveniles permanecen a una distancia menor, entre 200 - 300 m (Guerrero *et al.*, 2003).

In a study carried out in the sierra El Mechudo, in Southern Baja California, adult and subadult males were observed further away from the water bodies, at a distance of up to 300-500 m, while the young females remained closer, at a distance of 200-300 m (Guerrero, *et al.*, 2003).

El análisis de la estructura poblacional, a través de los cinco diferentes periodos de monitoreo (verano-11, invierno-12, verano e invierno-13 y verano 14) se tuvo un mayor número de avistamientos (1.45 veces más) de borregos en la época invernal, debido a que en comparación con la de verano, no les resultan tan estresantes, además de que las lluvias en la región se presentan, generalmente, a finales de verano y otoño (137 mm de los 156 mm que es la media), y favorecen la abundancia de alimento verde en la temporada invernal.

According to the analysis of the population structure carried out through the five different monitoring periods (summer of 2011, winter of 2012, summer and winter of 2013 and summer of 2014), a (1.45 times) larger number of sightings occurred in the winter, when the sheep do not find the rains so stressing as during the summer; besides, precipitations in this region occur generally at the end of the summer and in the fall (137 mm out of the mean 156 mm), favoring the abundance of green forage during the winter.

De acuerdo con las observaciones realizadas durante el conteo de los borregos cimarrones, 46 % de los registros se obtuvieron en topografías del terreno con pendientes mayores a 31 grados, a pesar de no contar con depredadores naturales el comportamiento del borrego cimarrón, de seleccionar hábitats con pendientes pronunciadas prevalece en la población de la isla El Carmen; este dato concuerda con un estudio de Guerrero *et al.* (2003), quien documenta que los ejemplares de borrego cimarrón de la sierra El Mechudo prefieren sitios con pendientes mayores a 80 % (40 grados), ya que les permite tener mayor terreno de escape para ponerse a salvo de depredadores, dicho comportamiento se observa sobre todo en el caso de los ejemplares machos, mientras que las hembras prefieren este tipo de condición solo cuando tienen crías.

## Conclusiones

La población de la isla El Carmen es más estable que las del continente, presentan proporciones más homogéneas entre machos y hembras, debido al control que se maneja en ella.

La distribución de la especie no es homogénea en toda la isla, existe una marcada concentración de borregos cimarrones en la parte centro y centro norte de la isla, lugar con las únicas fuentes permanentes de agua dulce.

Durante los años con buenas precipitaciones pluviales (2012 y 2013, con 388 y 325 mm respectivamente), se observó una distribución uniforme al interior de la isla, por tener fuentes de agua disponibles, tanto en tinajas como en las plantas, así como un incremento en las tasas de natalidad, reclutamiento y en la mejor condición corporal de los individuos.

Las condiciones controladas de la isla, tanto en agua y sobre todo en comida permiten que los períodos reproductivos se prolongen y se presenten crías durante más meses del año, en comparación con las poblaciones del continente.

En general, las mayores observaciones de los borregos cimarrones (46 %) se dieron en sitios con pendientes superiores a 31 grados, con preferencia por sitios con inclinación, principalmente para su protección contra el clima y depredadores, no obstante la ausencia de estos en la isla.

A pesar del éxito del programa de reintroducción de los borregos cimarrones en la isla El Carmen, que se refleja en el marcado incremento de su densidad poblacional, se estima que la isla está aún por debajo de su capacidad de carga, de acuerdo al potencial forrajero. Sin embargo, se deben evaluar los impactos que ocasionan estos organismos exóticos en la isla, fundamentalmente sobre la vegetación, dada la presencia de especies de cactáceas consideradas en riesgo de extinción. 🍌

According to the observations carried out during the count of bighorn sheep, 46 % of the sightings took place in topographies with slopes of over 31 degrees. Despite the absence of natural predators, the behavior of selecting habitats with steep slopes prevails among the bighorn sheep in the *El Carmen* Island. This agrees with a study by Guerrero *et al.*, (2003), according to whom the bighorn sheep specimens of the sierra *El Mechudo* prefer sites with slopes of over 40 degrees (80 %), which allow them a larger escape area in which to reach safety from potential predators; this reaction is observed particularly in males, whereas females prefer this type of condition only when they have a litter.

## Conclusions

The population of the *El Carmen* Island is more stable than those of the continent and has a more homogeneous males-to-females ratio due to the strict control applied there.

The distribution of the species is not homogeneous across the island: there is a marked concentration of bighorn sheep in the central and north central parts of the island, where the only permanent sources of fresh water are located.

During the years with abundant precipitations (2012 and 2013, with 388 and 325 mm, respectively), an even distribution, an increase in birth and recruitment rates, and a better physical condition of the individuals were observed in the island as a result of the availability of water sources both in the basins and from the plants.

The controlled conditions of the island in terms of both water and forage, allow longer reproduction periods and the presence of litters during more months per year, compared to the populations of the continent.

In general, the most numerous sightings of bighorn sheep (46 %) occurred in sites with slopes of over 31 degrees, mainly for protection from the weather and against potential predators, although these were absent.

Despite the success of the program for the reintroduction of bighorn sheep in *El Carmen* Island, reflected in the marked increase of their population density, the island is still below its load capacity, estimated according to its forage potential. However, the impact of these exotic organisms on the island, particularly on its vegetation, must be assessed, given the presence of certain Cactaceae that are considered to be endangered. 🍌



## Agradecimientos

En primer lugar, los autores agradecen al *Safari Club Internacional* y a la Organización Vida Silvestre, Asociación Civil (OVIS, A.C.) por su apoyo financiero en la realización de esta investigación, así como a la Subdirección de Posgrado de la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL, por el apoyo brindado en el desarrollo de este trabajo y por último a los trabajadores de la isla El Carmen por la ayuda recibida en la toma de datos de campo.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Contribución por autor

Raúl Román-Valdez: realizó parte del trabajo de campo, analizó datos, escritura del artículo; Fernando González-Saldívar: concepción de la idea, realización de parte del trabajo de campo, proporcionó herramientas de análisis y materiales y escritura del artículo; Cesar Cantú-Ayala: apoyo en el análisis de los datos, proporcionó herramientas de análisis y materiales y revisor del artículo; Jorge Kawas-Garza: apoyo en el análisis de los datos, proporcionó herramientas de análisis y materiales y revisor del artículo; José Uvalle-Sauceda: apoyo en el análisis de los datos y escritura y revisor del artículo; José Marmolejo-Moncivais: apoyo en el análisis de los datos, y revisor del artículo; Eduardo Estrada Castillón: apoyo en el análisis de los datos, y revisor del artículo.

## Referencias

- Álvarez R. J. y R. Medellín. 2005. *Ovis canadensis*. Vertebrados superiores exóticos en México: Diversidad, distribución y efectos potenciales. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-Conabio. Proyecto U020. México. D. F., México. 25 p.
- Araujo E., M. 1976. Development of the program for the protection of bighorn sheep in Baja California. Desert Bighorn Council Transactions 20:12-13.
- Benavides R., C. Hernández y S. Jiménez. 2001. Isla El Carmen: Una guía de flora y fauna. Organización para la Vida Silvestre, A. C. OVIS Ink Servicios Gráficos. México, D.F., México. 87 p.
- Cossio M., L. 1975. Report from Mexico. In: Trefethen, J. B. (ed.). The Wild Sheep in Modern North America. The Winchester Press. New York, NY, USA. pp. 72-74.
- De Forge, J. R., S. D. Osterman, D. E. Towell, P. E. Cyrog and E. M. Barrett. 1993. Helicopter survey of peninsular bighorn sheep in northern Baja California. 1993. Desert Bighorn Council Transactions 37:24-28.
- De Forge, J. R., S. Jimenez L., S. D. Ostermann, E. M. Barrett, R. Valdez and C. Hernandez. 1997. Translocation and population modeling of weems desert bighorn sheep in Baja California Sur, México. Desert Bighorn Council Trans 41:51-73.
- Espinosa T., A., A. V. Sandoval and A. J. Contreras B. 2006. Historical distribution of desert bighorn sheep (*Ovis canadensis mexicana*) in Coahuila, Mexico. The Southwestern Naturalist 51 (2): 282-288.
- García, D. 1998. Borrego cimarrón, conservación y aprovechamiento sustentable. Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sostenible (CESPEDES). Editado por Ediciones Vulcano S.A. de C.V. México, D.F., México. Revista 1(3):173-181.
- Geist, V. 1968. On the interrelation of external appearance, social behavior and social structure of mountain sheep. Zeit Tierpsychol 25:119-215.
- González S., F., L. A. Tarango A., C. Cantú A., J. Uvalle S., J. Marmolejo M. y C. A. Ríos S. 2011. Estudio poblacional y de distribución del borrego cimarrón (*Ovis canadensis mexicana*, Merriam, 1901) en Sonora. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 2(4):61-73.

## Acknowledgments

First and foremost, the authors wish to express their gratitude to the *Safari International Club* and to *Organización Vida Silvestre, Asociación Civil* (Wildlife Organization, OVIS, A.C.) for the financial support provided for this research, as well as to the *Subdirección de Posgrado de la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL* for its support toward the development of this research, and, finally, to the workers of the *El Carmen* Island, for their help during the collection of the field data.

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interests.

## Contributions by author

Raúl Román-Valdez: field work, data analysis, writing of the manuscript; Fernando González-Saldívar: original idea, field work, provision of tools for analysis and materials and writing of the manuscript; Cesar Cantú-Ayala: support in data analysis, provision of tools for analysis and materials and review of the manuscript; Jorge Kawas-Garza: support in data analysis, provision of tools for analysis and materials and review of the manuscript; José Uvalle-Sauceda: support in data analysis, writing and review of the manuscript; José Marmolejo-Moncivais: support in data analysis and review of the manuscript; Eduardo Estrada Castillón: support in data analysis and review of the manuscript.

*End of the English version*



- Guerrero C., I., I. Tovar Z. y S. Álvarez C. 2003. Factores que afectan la distribución espacial del borrego cimarrón (*Ovis canadensis weemsi*) en la Sierra del Mechudo, B. C. S., México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología 74 (1): 83-98.
- Hayne, D. W. 1949. An examination of the strip census method for estimating animal populations. The Journal of Wildlife Management. 13(2):145-157.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (Inegi). 1978. Carta de Uso de Suelo y Vegetación. Villa Constitución. Esc. 1:250 000. s/p.
- Jiménez L., S., C. Hernández C., J. R. De Forge and R. Valdez. 1996. Desert bighorn sheep (*Ovis canadensis weemsi*) Recovery Project in Baja California Sur, Mexico. Desert Bighorn Council Transactions 40: 8-12.
- Jiménez L., S., C. Hernández C., J. R. De Forge and R. Valdez. 1997. Update of the Conservation Plan for Weems Desert Bighorn on Carmen Island, Baja California Sur, Mexico. Desert Bighorn Council Transactions 41:44-50.
- Jiménez L. S., C. Hernández C. and E. Grajeda C. 2005. Mainland restocking with desert bighorn sheep from el Carmen Island, Baja California Sur, Mexico. Desert Bighorn Council Transactions 48:71.
- Jiménez, S. y C. Hernández. 2010. Programa de Conservación del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis weemsi*) en Baja California Sur, México. Galemys 22 (Número especial): 447- 468.
- Lee, R. and E. López S. 1993. Helicopter Survey of desert bighorn sheep in Sonora, Mexico. Desert Bighorn Council Transactions 37:29-32.
- Lee, R. and E. López S. 1994. A second helicopter survey of Sonora, México. Desert Bighorn Transactions 38:12-13.
- Lee, R. 1997a. Status of bighorn sheep in Mexico. Desert Bighorn Transactions 41:79-80.



- Lee, R. 1997b. Baja California Sur's bighorn sheep; Results of a survey conducted in cooperation with the National Institute of Ecology. FNAWS. Cody, WY, USA, pp. 65-78.
- López, G., G. Ruiz C. and M. Rodríguez M. 1995. Population density of desert bighorn in Northern Baja California, México (Cañadas Arroyo Grande and Jaquelin). Desert Bighorn Council Transaction 39: 42-49.
- Medina, G. y L. Martínez. 1990. Aspectos generales de la biología, ecología y aprovechamiento cinegético del borrego cimarrón *O. canadensis*. VIII Simposium Sobre Fauna Silvestre. UNAM. México, D.F., México. pp. 432-470.
- Menéndez E., A. 1985. Situación actual y administración del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) en México. In: Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (ed.). Memorias. Primer Simposium Internacional de Fauna Silvestre, The Wildlife Society de México. México, D.F., México. pp. 724-732.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap). 2000. Proyecto para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) en México. Instituto de Ecología. Dirección General de Vida Silvestre. México, D. F., Mexico. 91 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental. especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. México, D. F., México. 78 p.
- StatSoft. 2005. Statistica Ver. 7.1. StatSoft Inc. Tulsa, OK, USA. n/p.
- Valverde J., M. 1976. The bighorn sheep of the state of Sonora. Desert Bighorn Council Transactions 20: 25-26.
- Zurita J., C. 2012. Evaluación de la dieta y hábitat del borrego cimarrón (*Ovis canadensis weemsi*, Goldman, 1937) en la Isla El Carmen, Baja California Sur, México. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L., México. pp. 96.
- Zurita J., C. 2015. Análisis nutricional de la dieta del borrego cimarrón (*Ovis canadensis weemsi* Goldman, 1937) y el efecto de sus poblaciones sobre la vegetación de la isla El Carmen, Baja California Sur. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, N. L., México. pp. 122.





