

ESTUDIO POBLACIONAL Y DE DISTRIBUCIÓN DEL BORREGO CIMARRÓN (*Ovis canadensis mexicana*, Merriam, 1901) EN SONORA

POPULATION AND DISTRIBUTION STUDY OF BIGHORN SHEEP (*Ovis canadensis mexicana*, Merriam, 1901) IN SONORA STATE

Fernando González Saldívar¹, Luis A. Tarango Arámbula², César Cantú Ayala¹, José Uvalle Saucedo¹,
José Marmolejo Moncivais¹ y Carlos Antonio Ríos Saldaña¹

RESUMEN

Los censos aéreos constituyen una importante herramienta para el manejo de la fauna silvestre. En este trabajo se presenta el estado de conservación del borrego cimarrón de las zonas norte y sur del estado de Sonora. Se realizó un análisis demográfico, expresado en el número de ejemplares observados por hora de vuelo entre la zona norte y la zona sur del área de distribución de esta especie, en ubicadas al noroeste de la entidad; por último, se llevó a cabo un estudio comparativo de los censos efectuados en el lugar a través del tiempo, y se calcularon las tasas adecuadas de aprovechamiento para cada una de las zonas. Para ello se tomaron datos de los censos efectuados por el gobierno estatal, por la Universidad Estatal de Arizona, por el Comité Nacional para la Conservación del Borrego Cimarrón y por la Dirección General de Vida Silvestre de la SEMARNAT, basados en los lineamientos del Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006. Se utilizó la prueba de "t" para determinar diferencias entre las medias. El número de individuos detectados por hora mostró diferencia significativa respecto a las dos zonas muestreadas. El valor para la zona sur fue de 12.8 borregos por hora, mientras que en la zona norte se registraron 7.04 por hora. Con estos resultados la tasa de aprovechamiento recomendada es de 13 individuos para el área norte y de 17 borregos para la zona sur.

Palabras clave: Borrego cimarrón, distribución, estudio poblacional, *Ovis canadensis mexicana*, Sonora, tasa de aprovechamiento.

Fecha de recepción: 3 de mayo de 2010

Fecha de aceptación: 11 de marzo de 2011

ABSTRACT

Aerial surveys are an important tool for wildlife management. This paper presents the state of preservation of bighorn sheep populations in northern and southern areas of the State of Sonora. A demographic analysis was made, expressed in the number of individuals observed per hour of flight between the Northern and the Southern range of this species, located at the Northwest of the State; finally, a comparative study of the census carried out in the area over time and were determined the right rates of harvest for each zone. For this ending, data were taken from the census carried out by the Government of the State of Sonora and by Arizona State University, by the National Committee for the Conservation of Bighorn Sheep and the Department of Wildlife of SEMARNAT, based on the guidelines of the National Development Plan 2001-2006. Student's t test was used to determine mean differences. The number of individuals detected per hour showed a significant difference between the two sampled areas. The value for the South zone was 12.8 sheep per hour, while in the Northern was of 7.04 sheep per hour. With these results the recommended harvest rate was 13 sheep for the North area and 17 sheep for the south.

Key words: Bighorn sheep, distribution, population, *Ovis canadensis mexicana*, Sonora, harvest rate.

¹ Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Correo- e:fernando.gonzalezsd@uanledu.mx.

² Colegio de Posgraduados

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos remotos el borrego cimarrón ha sido para el hombre un animal totémico y emblemático, y como símbolo importante de las culturas del desierto mexicano, está representado en diversas esculturas, pinturas rupestres y obras artesanales (SEMARNAT, 2000). Sin embargo, desde hace cientos de años, el crecimiento de la población humana trajo consigo la colonización de nuevos territorios, lo que ha impactado el hábitat de este carnero.

La preocupación por la conservación de la naturaleza es un fenómeno nuevo en la sociedad mexicana, que afortunadamente se extiende cada día a sectores más amplios, ya que toda acción sobre el particular, requerirá de la participación y colaboración de toda la comunidad (Vázquez y Orozco, 1986). De otra manera es difícil pensar que el deterioro de los recursos naturales, tales como la fauna silvestre, pueda disminuir. Además, existe un enorme interés por el aprovechamiento cinegético de la especie, al grado que un permiso para su caza llega a cotizarse hasta en 300,000 dólares (García, 1998). Por esta razón, esa actividad podría generar recursos suficientes para financiar programas de conservación para el taxón y para otras especies.

Es importante que los programas de conservación y planes de manejo de la fauna silvestre, se fundamenten en sólidos principios que tengan en cuenta una visión holística e integradora, que garantice el mantenimiento del hábitat correcto. Como parte fundamental de un plan de manejo deben realizarse monitoreos (o censos) poblacionales, para el caso específico del borrego cimarrón, se recomienda utilizar el método desarrollado por el Arizona Game & Fish Department de los Estados Unidos (mediante censos aéreos), el cual permite llevar un seguimiento sistemático muy eficiente de las poblaciones silvestres (SEMARNAT, 2000). Esta técnica se ha ensayado en diferentes épocas del año y sus resultados, al contrastarlos con los de otros métodos, brindan estimaciones bastante precisas de la estructura y número poblacional. Es la técnica más eficiente disponible hasta ahora, ya que genera información de calidad en zonas muy extensas o bien de difícil acceso, como son las escarpadas pendientes en las que habita el borrego cimarrón. Dado que las diferencias topográficas dificultan el cálculo de la densidad (número de individuos por unidad de área), resulta más eficiente, en términos de comparación entre sitios, el cálculo del número de animales observados por unidad de esfuerzo de muestreo, en este caso, horas de vuelo (SEMARNAT, 2000).

Los primeros censos aéreos en Sonora los realizaron Lee y López en 1993 y 1994 (Lee, 1997a), a partir de ellos, los autores definen dos áreas, una norte y otra al sur. La norteña con menos densidad de borregos cimarrones que la parte sur. En el presente trabajo se analiza la situación que guarda

INTRODUCTION

Since ancient times, bighorn sheep has been a totem and emblematic animal and as an important symbol of the cultures of the Mexican desert, since it is present in several sculptures, cave paintings and handicrafts (SEMARNAT, 2000). However, hundreds of years ago, human population growth brought the colonization of new territories, a fact that has affected the habitat of this ram.

Concern for the conservation of nature is a new phenomenon in the Mexican society that, fortunately, extends every day to wider sectors, since every action in this sense will require the participation and cooperation of all the community (Vázquez and Orozco, 1986). Otherwise it is difficult to think that the deterioration of natural resources, such as wildlife, can decrease. In addition, there is a huge hunting interest for the species, so that a license for this purpose can cost US \$300,000.00 (García, 1998). So, this activity could produce enough resources to support conservation programs for this taxon and other species.

It is important that the conservation programs and management plans for wildlife are based upon solid principles that take into account a holistic and integrating approach that guarantees the right habitat preservation. As a basic part of the management, population monitoring or census must be done specifically for the bighorn sheep, it is advisable to use the method developed for the Arizona Game & Fish Department of the United States of America (through aerial census), which favors a very efficient tracking of wild populations (SEMARNAT, 2000). This technique has been tested in different seasons of the year and its results, when compared with other methods, afford estimation rather precise of the structure and population numbers; it is the most efficient system up to now since it produces high quality information of very broad zones or of difficult access as are the steep slopes where the bighorn sheep live. Since the topographic differences make it difficult to estimate density (number of individuals/area), it is more efficient, in terms of comparison among sites, to calculate the number of observed animals by sampling effort unit, in this case, flight hours (SEMARNAT, 2000).

The first aerial census in Sonora was made by Lee and López in 1993 and 1994 (Lee and López, 1996a, 1996b); based on it, the authors consider two areas, one at the North and the other at the South, having the Northern zone a lower bighorn sheep density than the Southern. In the present paper is analyzed the condition that this ram population keeps from the first quantifications up to now; thus, it was taken into account the number of sheep observed by flight hour, between the North and South zones where the species lives at the northeast of the State of Sonora. In addition, and as far as possible, it is suggested a right harvest rate, or the advisability of a

esta población de borregos cimarrones, desde los primeros muestreos de sus poblaciones hasta la actualidad, para ello se tomó en consideración el número de borregos observados por hora de vuelo, entre la zona norte y la zona sur de su el área donde vive la especie de interés, al noreste del estado de Sonora. Además, se intentó definir, en la medida de lo posible, una correcta tasa de aprovechamiento o la conveniencia de establecer una veda temporal para que la población del borrego cimarrón se recupere en términos demográficos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

Las coordenadas geográficas extremas de Sonora son: al norte 32° 29', al sur 26° 18' de latitud norte; al este 108° 25' y al oeste 115° 03' de longitud oeste (INEGI, 2000). Su territorio representa 9.2% de la superficie del país (INEGI, 2000), y colinda al norte con Estados Unidos de América; al este con Chihuahua; al sur con Sinaloa y el Golfo de California; al oeste con el Golfo de California y Baja California (Figura 1). La zona de distribución del borrego cimarrón se localiza al noroeste de la entidad, hacia los límites en la zona que colinda con el Golfo de California; comprende, principalmente seis municipios: Hermosillo, Pitiquito, Caborca, Puerto Peñasco, Plutarco Elías Calles y San Luis Río Colorado. Para este estudio, toda el área se dividió en norte y sur, de acuerdo a la cantidad de borregos registrada en la literatura, con Caborca como la frontera entre ambas zonas.

Para la toma de datos se utilizó un helicóptero Hughes 369D de cuatro plazas de la Compañía Utility Helicopters de El Cajón, California, Estados Unidos de América, al que se le removieron las puertas para tener mayor visibilidad. La aeronave se equipó con un sistema de posición global para determinar las localizaciones geográficas de las sierras. Cada una de ellas fue censada con tres observadores (invariablemente por un miembro del Comité de Borrego y uno de la Dirección General de Vida Silvestre) y el piloto, que en ocasiones fungía como cuarto observador. Los vuelos y censos se realizaron a una velocidad promedio de 60 km hr⁻¹ y la búsqueda de borregos se concentró en aquellas áreas con mayor rugosidad o de pendientes pronunciadas (hábitat del borrego). Cuando se detectaron, se maniobró hacia ellos para determinar la composición y clasificación de los mismos, y siempre se procuró que el tiempo para estas actividades fuera el mínimo necesario, con la finalidad de disminuir el grado de estrés entre los animales. Se clasificaron con base en la edad y el tamaño del cuerpo y cuernos; las categorías consideradas fueron: machos clase I, II, III y IV, hembras y corderos (Geist, 1968). Los machos clase IV incluyeron a los más grandes y viejos (Figura 2). Así mismo, se colectó información complementaria en cada una de las áreas censadas como: número de grupo, la hora de observación, altura sobre el nivel

temporary hunting-forbidden season to favor the demographic restoration of the populations of bighorn sheep.

MATERIALS AND METHODS

Study area

The extreme geographic coordinates of Sonora State are: 32° 29' North, to the South 26° 18' of North latitude; 108° 25' East and to the West, 115° 03' de West length (INEGI, 2000). Its territory stands for 9.2% of the country (INEGI, 2000) and limits with the United States of America to the North; with Chihuahua State to the East; with Sinaloa State and the Gulf of California to the South, and to the West with the Gulf of California and Baja California State (Figure 1). The bighorn sheep distribution zone is located at the Northeast of the State towards the limits of the zone that neighbors the Gulf of California; it includes, mainly, six municipalities: Hermosillo, Pitiquito, Caborca, Puerto Peñasco, Plutarco Elías Calles and San Luis Río Colorado. The whole area was divided into North and South, according to the number of rams reported by literature (Lee and López, 1996a, 1996b), for this study, being Caborca the border between both zones.

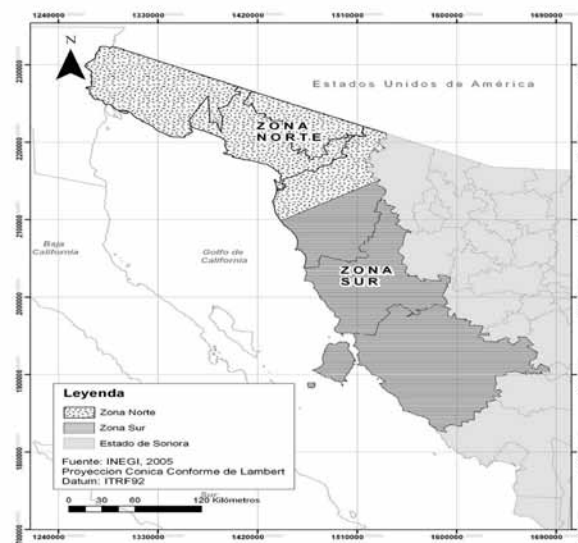


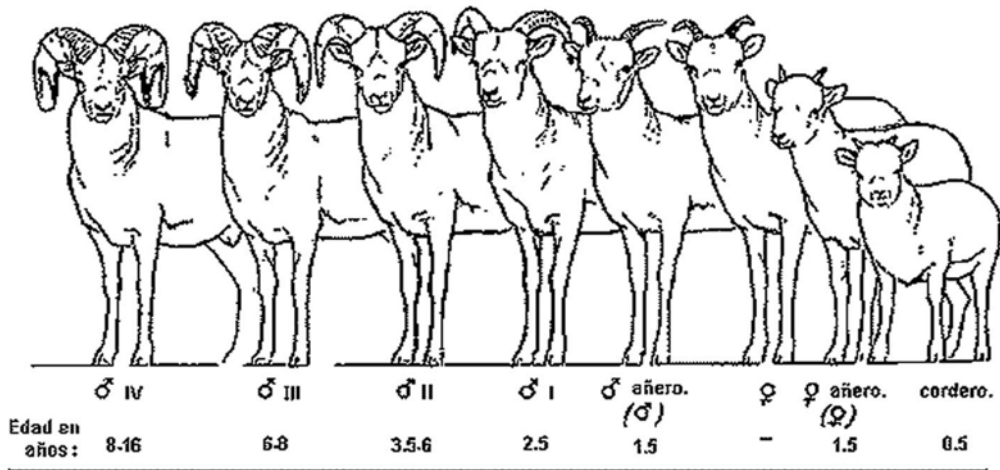
Figura 1. Ubicación del área de estudio con las zonas borregueras de Sonora.

Figure 1. Location of the study area in the ram zones of Sonora State.

For data taking a four-sit 369D Hughes helicopter of the Utility Helicopters Company from El s were removed in order to have a better view. The aircraft was equipped with a global position system (GPS) to determine the geographic locations of the ranges. A census was conducted in each of them by

del mar y las coordenadas de cada uno de los grupos y sierras. La clasificación y composición de los grupos siempre la hicieron al menos dos observadores.

three observers (always by a member of the Bighorn Sheep Committee and by one from the General Direction of Wildlife de Vida Silvestre) and the pilot, that sometimes acted as a fourth observer. The flights and census were made at an average



(Fuente: Proyecto para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable del Borrego Cimarrón en México, 2000).
(Source: Project for the Conservation, Management and Sustainable Harvest of Bighorn Sheep in Mexico, 2000).

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

Esta metodología fue utilizada por Jett, (1969), Remington y Welsh (1986), Miller *et al.* (1989) y por Lee *et al.* (1992). Se basa en la efectividad del conteo de individuos mediante recorridos aéreos en helicóptero, y se estima que los individuos cuantificados representan del 35 al 45% de la población en el área, en función de las características topográficas del terreno (SEMARNAT, 2000). En el presente monitoreo se modificó la técnica, ya que el tiempo de vuelo para todas las sierras seleccionadas y las rutas se aumentaron para la parte superior, media e inferior de cada estructura montañosa, de tal manera que los individuos observados en estos vuelos constituyen alrededor del 70% del total de la población existente en cada área. La técnica se ha ensayado en diferentes épocas del año y sus resultados se han contrastado con los obtenidos por otros métodos, sus estimaciones son bastante precisas en lo que se refiere a la estructura y número poblacional, lo que a su vez permite realizar cálculos sobre la “cosecha” anual de ejemplares machos adultos. A pesar de que esta técnica presenta algunos inconvenientes ya que afecta el comportamiento territorial de los animales, sobre todo cuando se realizan actividades de captura, sigue siendo el método disponible más eficiente hasta ahora (SEMARNAT, 2000).

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico SAS, mediante el cual se hizo la prueba de “t”. Para el comparativo entre los censos realizados en Sonora, a través del tiempo, se consideró el número de individuos por hora, motivo por el

speed of 60 km hr⁻¹ and search was concentrated in those areas with greater rugosity or with steep slopes (habitat of the ram). When they were found, maneuvers were made towards them to determine their composition and classification, and the least of time was dedicated to these activities in order not to stress the animals so much. They were classified according to age and size of the body and horns; the categories that were considered were the following: class I, II, III and IV males, females and lambs (Geist, 1968). IV class males included the eldest and the largest (Figure 2) Also, complementary information of each of the censused areas was gathered: number of the group, time of observation, height over sea level and the coordinates of each of the groups and ranges. The classification and composition of the groups were always made by two observers, at least.

This methodology was used by Jett (1969), Remington and Welsh (1986), Miller *et al.* (1989) and Lee *et al.* (1992). It is based on the effectiveness of individual counting by aerial surveys by helicopter, and it has been estimated that the counted individuals are 35 to 45% of the population in the area, depending of the land topographic characteristics (SEMARNAT, 2000). In the actual monitoring, the technique was adjusted, since the flight time for all the selected ranges and the routes were increased for the upper, middle and lower part of each mountain structure, in such a way that the observed individuals in these flights make up for almost the whole population that exists in each area. This technique has

cual se utilizaron solamente los datos de 1992 hasta 2002, que corresponden a censos aéreos. La interpretación de los resultados de dicho análisis se llevó a cabo con las igualdades de varianzas (Equality of Variances), en el que todas aquellas menores de 0.05 son desiguales y las mayores a 0.05 son iguales, y éste será el valor que se busque en la prueba de "t".

Las tasas de aprovechamiento se calcularon con dos diferentes estimadores, el primero usado por Lee y López (para la Dirección General de Vida Silvestre de la SEMARNAT), y el segundo es una modificación que se hace en el presente trabajo, del primero a partir de los porcentajes de áreas sobrevoladas, dichos estimadores se representan con las siguientes fórmulas:

Estimador utilizado por Lee *et al.* (1992), Lee y López (1993, 1994, 1997a); Lee y Mellink (1995) y Lee (1997b, 1998, 1999)

$$TA = \frac{[N.Ob (M3+M4)(2)]}{0.40} (0.107)$$

Estimador modificado

$$TA = \frac{[N.Ob (M3+M4)(1.3)]}{0.70} (0.107)$$

Donde:

- TA = Tasa de aprovechamiento.
 N.Ob (M3+M4) = Número observado de machos clase III y clase IV.
 2 = Factor de área. Se considera que el área sobrevolada es la mitad del área total de la sierra. 1.3 = Factor de área que considera 70% de área sobrevolada; en cada sierra se sobrevoló alrededor del 70% de cada sierra.
 0.40 = Factor de estimación. De acuerdo con la metodología desarrollada, los ejemplares observados equivalen al 40% de la población. Este es el número estimado de M3 y M4 en poblaciones para las sierras estudiadas. Para el estimador su valor es de 70%.
 0.107 = Factor de cosecha. Este se obtiene sobre el número estimado de los M3 y M4.

been tried in different times of the year, and its results have been compared with those obtained by other methods; its estimations are very precise in what refers to structure and population number, which, on the other hand, makes it possible to determine the annual harvest of adult males. In spite of the fact that this method has some disadvantages as it affects the territorial behavior of the animals, in particular when capture activities are carried out, it is still the most efficient method available nowadays (SEMARNAT, 2000).

For the statistic analysis the SAS program was used, through which the Student's t test was made. In order to compare the census in Sonora State through the years, the number of individuals per hour was taken into account, a reason why only the data from 1992 to 2002 were used, that belong to aerial census. Interpretation of results was made by equality of variances in which all beyond 0.05 are dissimilar and those over that number are equal, and this will be the value searched by the t test.

Harvest rates were determined by two different estimators; the first used by Lee and López (for the General Direction of Wildlife of SEMARNAT) and the second one is a modification that is made with this paper of the first one from the per cent of surveyed areas; the estimators are represented in the following formulae:

Use estimator by Lee *et al.* (1992), Lee and López (1993, 1994, 1997a); Lee and Mellink (1995) and Lee (1997b, 1998, 1999)

$$TA = \frac{[N.Ob (M3+M4)(2)]}{0.40} (0.107)$$

Adjusted estimator

$$TA = \frac{[N.Ob (M3+M4)(1.3)]}{0.70} (0.107)$$

Where:

- TA = Harvest rate
 N.Ob (M3+M4) = Observed number class III and class IV males.
 2 = Area factor. It is considered that the over flown area is half of the total area of the mountain range.
 1.3 = Area factor that considers 70% of the over flown area; in each mountain range around 70% was over flown.
 0.40 = Estimation factor. According to the methodology used, the observed examples are equivalent to 40% of the population. This is the estimated number of M3 and M4 in the populations for the studied mountain ranges 70% is the value for the estimator.
 0.107 = Harvest factor. It is obtained over the estimated number of the M3 and M4.

RESULTADOS

Generalidades del censo

Los resultados del censo se concentran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Resultados finales del censo.
Table 1. Final census results.

Totales	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Hembras	Crías	Total
	12	37	50	19	335	122	575

Clase I = Machos clase I; Clase II = Machos clase II; Clase III = Machos Clase III y Clase IV = Machos Clase IV.
Class I = Class I males; Class II = Class II males; Class III = Class III males and Class IV = Class IV males.

Se evaluaron un total de 13 sierras distribuidas en seis municipios, en un total de 30 rutas, ya que en algunas se hicieron más de un vuelo, como en la sierra El Viejo, donde se requirieron tres rutas para abarcarla por completo. Dado que los resultados se registraron en rutas, los datos se dividieron por municipio, en rutas, grupos, machos, hembras y crías (Cuadro 2).

Cuadro 2: Resultados del conteo de borregos cimarrón por municipio.
Table 2. Results of bighorn sheep counting by municipality.

Municipios	Rutas	Grupos	I	II	III	IV	M	H	C	Total
Hermosillo	4	31	2	6	10	3	21	94	25	140
Pitiquito	10	89	1	21	20	2	44	149	57	250
Caborca	5	20	1	5	2	2	10	36	16	62
Puerto Peñasco	4	27	7	2	11	7	27	37	17	81
Plutarco E. Calles	4	14	1	2	4	1	8	15	5	28
San Luis Río Colorado	3	10	0	1	3	4	8	4	2	14
Total	30	191	12	37	50	19	118	335	122	575

I = Machos clase I; II = Machos clase II; III = Machos clase III; IV = Machos clase IV; M = Total de machos; H = Total de hembras y C = Total de crías.
I = Class I males; II = Class II males; III = Class III males and IV = Class IV males; M = Total number of males; H = Total number of females and C = Total number of offspring.

En los municipios de Pitiquito (250 borregos) y Hermosillo (140 borregos) se registró la mayor cantidad de animales con 68% del total, aproximadamente, y fueron avistados en 47% de las rutas sobrevoladas (14).

División en zona norte y sur

El área de distribución del borrego cimarrón está dividida en dos porciones, una norte y otra sur, Heroica Caborca es su frontera divisoria y la cabecera municipal del municipio de Caborca (04), (Figura 3).

RESULTS

Census generalities

The results of the census are gathered in Table 1.

The total assessment consisted of 13 mountain ranges distributed in six municipalities, in 30 routes, since in some of them more than one flight was done, as happened in El Viejo range where three routes were necessary to cover it completely. As results are recorded in routes, data were divided by municipality in routes, groups, males, females and offspring (Table 2).

In the municipalities of Pitiquito (250 sheep) and Hermosillo (14 sheep) were recorded the greatest amount of animals with around 68% of the total population, and were seen in 47% of the over-flown routes (14).

North and South Division

The distribution area of the bighorn sheep is divided into two parts, one to the North and the other to the South, being Heroica the dividing border, which is head of Caborca municipality (04) (Figure 3).

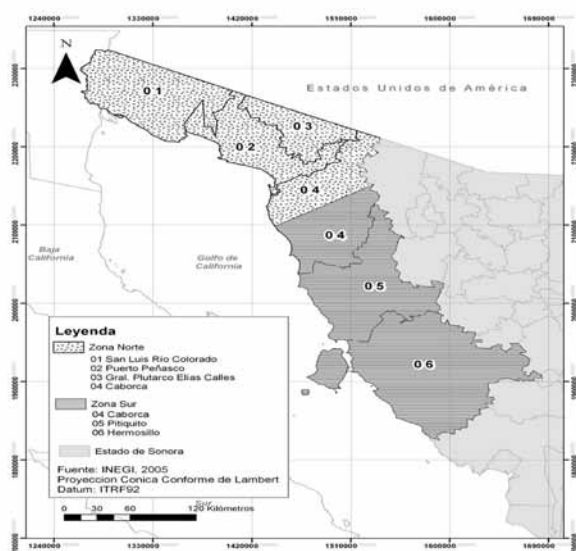


Figura 3. División Norte-Sur de la distribución del borrego cimarrón en Sonora.

Figure 3. North-South Division of the bighorn sheep in Sonora State.

Zona Norte

A partir de Heroica Caborca se aprecia una marcada diferencia en las condiciones del hábitat debido, principalmente, a la vegetación y a la humedad ambiental. Con base en el mapa de la Figura 3, se dividieron las rutas durante el censo, de tal manera que los municipios Puerto Peñasco, General Plutarco Elías Calles y San Luis Río Colorado conformaron la parte norte (Cuadro 3). Cabe mencionar que todas las sierras evaluadas en el municipio de Caborca se ubicaron por debajo de la línea divisoria, motivo por el cual se incluyó en municipio la zona sur.

Cuadro 3. Resultados del conteo por municipios que forman la zona norte.

Table 3. Bighorn sheep counting results from the municipalities of the North zone.

Municipios	Rutas	Grupos	♂ I	♂ II	♂ III	♂ IV	♂ Total	♀ Total	Crías	Total
Puerto Peñasco	4	27	7	2	11	7	27	37	17	81
Plutarco E. Calles	4	14	1	2	4	1	8	15	5	28
San Luis Río Colorado	3	10	0	1	3	4	8	4	2	14
Totales	11	51	8	5	18	12	43	56	24	123

♂ I = Machos clase I; ♂ II = Machos clase II; ♂ III = Machos clase III; ♂ IV = Machos clase IV; ♂ Total = Total de machos; ♀ Total = Total de hembras; Crías = Total de crías observadas.

♂ I = Class I males; ♂ II = Class II males; ♂ III = Class III males; ♂ IV = Class IV males; ♂ Total = Total number of males; ♀ Total = Total number of females; Crías = Total number of offspring.

From Heroica, Caborca a clear difference can be appreciated in the habitat conditions due, mainly, to vegetation and environmental moisture. Based on the map of Figure 3, the routes were divided during the census, in such a way that the municipalities of Puerto Peñasco, General Plutarco Elías Calles and San Luis Río Colorado made-up the Northern part (Table 3).

It is worth-mentioning that the assessed mountain ranges in Caborca municipality were located under the dividing line, a reason why the municipality was included in the Southern zone.

In the North zone were included 11 out of the 30 routes; 38% of the total number of flight hours was made in this zone, and around 21% of the total number sheep were observed. The resulting average was of 7.04 animals per flight -hour (Table 4).

South zone

In the South zone were gathered the municipalities of Hermosillo, Pitiquito and Caborca (Table 5). Twenty ranges were assessed, that is, 60% of the total. In Table 6 is summarized the information about the number of observed animals and the average sheep per hour for each range and of the zone.

The routes of the southern part were 19 (Table 7); five of the routes in Caborca municipality are under the line of the municipality's head, and, consequently, belong to this zone.

The amount of flights (63%) was over those of the Northern part, as there are more ranges in the area, and thus, a greater number of observed animals was expected, around 78% of the total. The relationship between the number of sheep and the flight hours was kept over the records of the Northern part, with 12.78 sheep by flight hour.

Population analysis

Supposedly the number of individuals is reduced as the South to North latitude increases. In Figure 4 can be observed a

En la zona norte quedan comprendidas 11 de las 30 rutas. Cabe destacar que 38% del total de horas vuelo se realizó en esta zona, y se observaron aproximadamente 21% del número total de borregos. El promedio resultante fue de 7.04 animales por hora de vuelo (Cuadro 4).

slight tendency to a decrease of bighorn populations in the terms formerly described; that explains the results obtained and the great difference in the population densities between the studied zones.

Cuadro 4. Tiempo volado, borregos observados y borregos por hora de cada sierravolada.
Table 4. Times of flight, observed sheep and sheep by hour in each over-flown range.

Sierras evaluadas	Tiempo	Borregos observados	Borregos h ⁻¹
Sierra Blanca	1:56	3	1.55
San Antonio	0:43	17	23.72
Los Coloraditos	1:12	0	0.00
Cipriano	2:04	6	2.90
Cubabi	4:30	5	1.11
La Silla	1:03	0	0.00
San Francisco	2:02	36	17.70
Los Alacranes	2:02	8	3.93
Tinajas Altas	0:37	5	8.11
Choclo Duro	1:57	1	0.51
Pinacate	1:37	29	17.94
Subuk	0:15	2	8.00
Sierrita Blanca	1:49	11	6.06
Total	21:47	123	7.04

Zona sur

En la zona sur se integraron los municipios de Hermosillo, Pitiquito y Caborca (Cuadro 5). Se evaluaron 20 sierras, es decir, 60% del total. En el Cuadro 6 se resume la información correspondiente al número de animales observados y el promedio de borregos por hora para cada sierra y el de la zona.

From Student's t test results, it was determined that there are differences in the number of sheep by flight hour of each zone ($p \leq 0.05$) (Figure 5).

The differences of the number of females of each region, according to the "t" test ($p \leq 0.01$) are very pronounced, which suggests that the male: female relation plays a very important role in the population, since in the South zone (1:3.7) such a

Cuadro 5. Resultados del conteo por municipios que forman la zona sur.
Table 5. Bighorn sheep counting results from the municipalities of the South zone.

Municipios	Rutas	Grupos	♂ I	♂ II	♂ III	♂ IV	♂ Total	♀ Total	Crías	Total
Hermosillo	4	31	2	6	10	3	21	94	25	140
Pitiquito	10	89	1	21	20	2	44	149	57	250
Caborca	5	20	1	5	2	2	10	36	16	62
Totales	19	140	4	32	32	7	75	279	98	452

♂ I = Machos clase I; ♂ II = Machos clase II; ♂ III = Machos clase III; ♂ IV = Machos clase IV; ♂ Total = Total de machos y ♀ Total = Total de hembras y Crías = Total de crías observadas.

♂ I = Class I males; ♂ II = Class II males; ♂ III = Class III males; ♂ IV = Class IV males; ♂ Total = Total number of males; ♀ Total = Total number of females; Crías = Total number of offspring.

Cuadro 6. Tiempo volado, borregos observados y borregos por hora de cada sierra sobrevolada.
Table 6. Times of flight, observed sheep and sheep by hour in each over-flight range.

Sierras Evaluadas	Tiempo	Borregos observados	Borregos hr. ⁻¹
La Gobernadora	2:18	4	1.74
Noche Buena	2:05	29	13.92
Pico Johnson	3:00	96	32.00
El Serrucho	0:30	11	22.00
La Peineta	2:05	24	11.52
Los Onajecos	1:10	4	3.43
La Tordilla	2:41	62	23.11
Los Machos	2:00	34	17.00
Cirios	2:34	51	19.87
El Picú	1:51	16	8.65
Aguirre	1:40	8	4.80
Bonita, Lobitos y El Mármol	1:49	5	2.75
La Pápaga	1:09	4	3.48
El Julio	1:02	18	17.42
Santa María	0:37	9	14.59
El Viejo	4:53	50	10.24
Los Chinos	2:03	23	11.22
El Álamo	2:00	4	2.00
Total	35:28	452	12.78

Las rutas que corresponden a la parte sur son un total de 19 (Cuadro 7), cabe mencionar que las cinco rutas realizadas en el municipio de Caborca están por debajo de la línea de la cabecera municipal, por lo tanto corresponden a esta zona.

La cantidad de vuelos (63%) fue superior a los practicados en la zona norte, pues existe un mayor número de sierras en el área y por lo tanto, se esperaba observar un número más grande de individuos, alrededor de 78% del total. La relación entre número de borregos y horas de vuelo se mantuvo por encima de los registros de la parte norte con 12.78 borregos por hora de vuelo.

Análisis de la población

Se supone que el número de individuos disminuye conforme se aumenta en la latitud de sur a norte. En la Figura 4 se evidencia una ligera tendencia a la baja de las poblaciones de borrego cimarrón, en el sentido antes descrito, que explica los resultados obtenidos y la gran diferencia en las densidades poblacionales entre las zonas estudiadas.

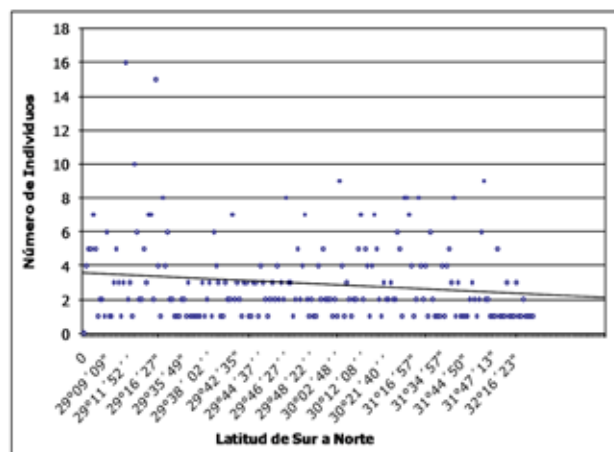


Figura 4. Número de individuos observados vs. latitud.
Figure 4. Number of observed individuals vs. latitude.

En la interpretación de los resultados de la prueba de “t”, se determinó que existen diferencias entre el número de borregos por hora de vuelo de ambas zonas ($p \leq 0.05$) (Figura 5).

Las diferencias en el número de hembras de cada región, de acuerdo a la prueba de “t”, ($p \leq 0.01$) son muy marcadas, lo que sugiere que la relación macho : hembras juega un papel muy importante dentro de la población, ya que en la zona sur (1:3.7) tal proporción es casi tres veces mayor a la de la zona norte (1:1.3), lo cual puede determinar una recuperación demográfica más alta en el sur del estado (Figura 6).

Los machos Clase I y IV tuvieron cantidades mayores en la zona norte, aunque no hubo diferencia significativa con respecto a los registrados en la parte sur, pero los individuos de la clase II, si muestran una gran diferencia significativa entre las zonas ($p \leq 0.01$) (Figura 7).

Tasas de aprovechamiento

En los cuadros 7 y 8 se consignan los resultados para cada una de las zonas bajo estudio.

Cuadro 7. Aprovechamiento de borrego cimarrón según los diferentes estimadores para la zona norte.
Table 7. Bighorn sheep harvest according to the different estimators for the North zone.

Estimador	Resultados del censo (borregos observados)	Resultados del análisis poblacional (borregos estimados)	Promedio
Lee y López	16	22	19
González	6	9	7
Promedio	14	21	17

Cuadro 8. Aprovechamiento de borrego cimarrón según los diferentes estimadores para la zona sur.
Table 8. Bighorn sheep harvest according to the different estimators for the South zone.

Estimador	Resultados del censo (borregos observados)	Resultados del análisis poblacional (borregos estimados)	Promedio
Lee y López	21	29	25
González	8	12	10
Promedio	14	21	17

DISCUSIÓN

La razón principal de los censos es aportar elementos a los especialistas para llevar a cabo un trabajo que garantice la conservación de la especie. Estos proporcionan indicios de cualquier cambio en la población, que sirvan de base para tomar acciones, cuando la población aumente o disminuya. Aún más, los censos deben usarse para juzgar el manejo de

proportion is almost three times greater than that of the North zone (1:1.3), which might determine a higher demographic restoration of this species in the South of the State (Figure 6).

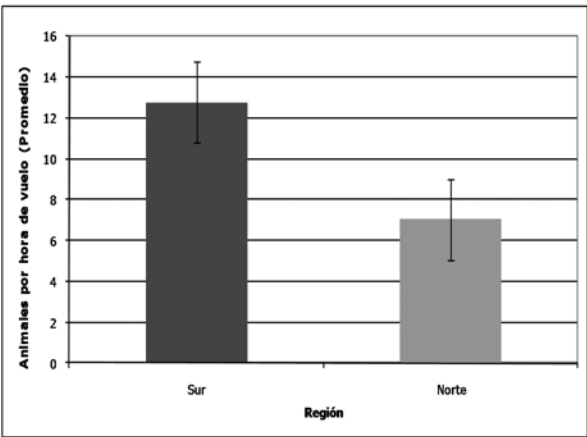


Figura 5. Número de borregos cimarrones observados por hora de vuelo por región
Figure 5. Number of observed bighorn sheep by flight hour in the region.

Class I and Class IV males were more abundant in the North zone, even if there were no significant differences in regard to the records of the South zone, but the individuals of Class II did show a great significant difference between the zones ($p \leq 0.01$) (Figure 7).

las poblaciones silvestres, y seguramente al final, darán los fundamentos para fijar las prácticas idóneas, de distribución de animales y de condiciones sanitarias. Las variaciones poblacionales reflejan la respuesta del borrego a los cambios del hábitat, cuando hayan sido modificados por el hombre. Por último, los censos también se utilizan para establecer temporadas de trasplantes y caza (Thomas, 1965).

La zona sur tuvo un mayor número de borregos observados (452 animales) y de borregos por hora (13), en relación a la zona norte (123 animales y 7 por hora). Existen diversas causas para explicar dichos resultados, tanto ambientales como antrópicas. Es particularmente llamativo que, aunque la diferencia entre los machos clase IV de ambas zonas no es estadísticamente significativa, es indudable el papel que juega en la conservación de este recurso la existencia de la Reserva de la Biósfera El Pinacate y el Desierto de Altar, mientras que la disminución de sus ejemplares en la parte sur, refleja la fuerte presión cinegética a la que son sometidos los individuos de *Ovis canadensis mexicana*.

El tipo de vegetación probablemente tenga una influencia, ya que en el norte predomina la vegetación de desiertos arenosos y vegetación sarcocaula, y en el sur domina el matorral desértico micrófilo (INEGI, 2000). Aunque el INEGI (2000) consigne a toda la zona de distribución del borrego cimarrón con clima muy seco, Olguín (2001) afirma que el tipo de clima es determinante para que la zona sur tenga una mayor cantidad de borregos en comparación con la porción norte del estado.

Otro factor relevante es la cantidad de Unidades de Manejo y Conservación de la Vida Silvestre UMA's existentes en cada región. Sonora es el segundo estado de la República Mexicana con mayor número de UMA's, además ocupa el primer lugar a nivel nacional por el porcentaje de superficie sujeta a manejo y aprovechamiento sustentable.

El número de hembras fue diferente estadísticamente, aspecto en el que también sobresale la parte sur. La relación macho-hembra en las poblaciones polígamas es relevante, porque tiene un efecto directo en la producción de crías, y por consiguiente, en el crecimiento poblacional, que para la zona sur fue de 1:3.7, mientras que en el norte correspondió a 1:1.3.

Los resultados del censo de borregos cimarrón muestran una media de 10.34 borregos por hora con una desviación estándar (SD) de 8.58, cifras menores que las registradas por Lee y López en los años 1993, 1994, 1996 y 1999, cuyas medias fueron: 25.5, 27.1, 15 y 16.2, respectivamente, aunque los autores no presentan las desviaciones estándar. Sin embargo, no se puede asegurar que exista una reducción de las poblaciones; no obstante, es evidente el conteo de un menor número de individuos. Los datos con los que se contrastaron se

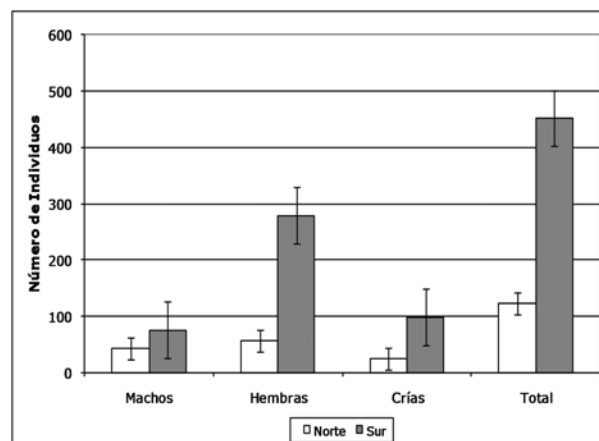


Figura 6. Estructura poblacional encontrada en el monitoreo por zona.

Figure 6. Population structure found by monitoring each zone.

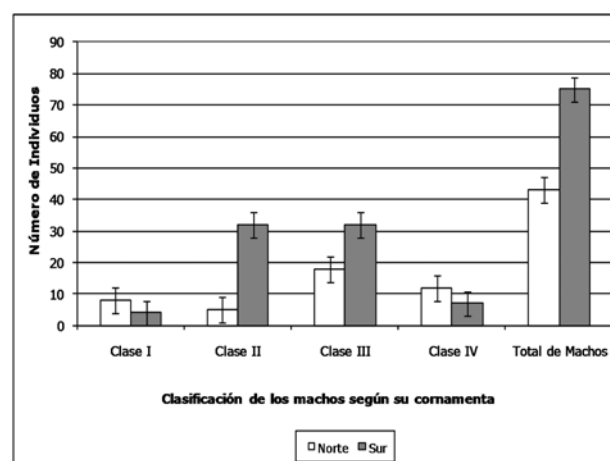


Figura 7. Clasificación de los machos según cornamenta y zona de distribución.

Figure 7. Classification of males according to their horns and zone of distribution.

Harvest rates

In tables 7 and 8 are ordered the results for each of the studied zones.

DISCUSSION

The major intention of census is to provide the elements for professionals to carry out actions that guarantee the conservation of species. They provide data of any change in the population that leads to decision making when their numbers

obtuvieron con una metodología diferente, pues se sobrevoló un menor porcentaje del área estatal, además de que, los vuelos se realizaron en otras épocas del año. Aún así, es claro el decremento de ejemplares del borrego cimarrón, lo cual pudiese responder al aumento, en los últimos años, del número de permisos de cacería para machos tipo IV y en especial a las cacerías furtivas que se realizan en el área, sin respetar las vedas y épocas de reproducción.

A pesar de que se han escrito un gran número de trabajos sobre la biología, comportamiento, hábitos y territorialidad de *Ovis canadensis mexicana* (Krausman y Bowyer, 2003), todavía quedan numerosas interrogantes que requieren investigarse, y que son de importancia para garantizar su conservación, como son: los sitios clave en la dinámica de cada una de las poblaciones, la historia natural e interacciones con otras especies, el papel que desempeña en la dinámica del ecosistema, los problemas genéticos que enfrenta, el número poblacional mínimo que debe alcanzarse y el efecto de las actividades humanas, entre otras

CONCLUSIONES

El número de individuos por hora de vuelo en las regiones norte y sur son diferentes, en la zona sur son más abundantes con 13 borregos por hora y una SD de 8.34, mientras que en la zona norte es de 7 borregos por hora de vuelo y una SD de 7.89.

Existe una diferencia entre el número de hembras en ambas zonas, la sur resultó tener un registro superior. La media del número de machos clase II resultó menor en la zona norte. La obtención de desviaciones estándar altas obedece a que las distancias para encontrar los animales son muy grandes, y se deben dedicar más horas de vuelo, siempre será mayor el tiempo en la zona norte que en la sur.

Del estudio comparativo se concluye que para establecer verdaderas tendencias poblacionales es necesario continuar con este tipo de censos anuales, en la misma época del año y con la metodología propuesta, la cual tiende a muestrear la mayor cantidad de sierras y de área en cada una de ellas.

Se recomienda el aprovechamiento de un máximo de 13 borregos cimarrones para la zona norte y 17 para la zona sur.

AGRADECIMIENTOS

Los censos fueron patrocinados por particulares y Asociaciones Ganaderas integradas al SUMA (Sistema de Unidades de Manejo, Aprovechamiento y Conservación de la Vida Silvestre) del estado de Sonora, como la Asociación Nacional de Ganaderos Diversificados, Criadores de Fauna A.C. (ANGADI), la Asociación de Ganaderos Diversificados del Estado de Sonora (AGADES), la Asociación de Organizaciones Cinegéticas del Estado de Sonora (ASOCIES), la Dirección General de Vida Silvestre de la SEMARNAT y la Delegación de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales,

increase or diminish. Even more, census must be used to validate the management of wild populations, and for sure, at the end, will give the basis to establish the ideal practices of animal distribution and health conditions. Population variations show the reaction of sheep towards habitat changes, when they are man-made. Finally, censuses are also used to establish transfer and hunting seasons (Thomas, 1965).

The South zone had a greater number of detected sheep (452 animals) and sheep by hour (13), compared to what was found in the North zone (123 animals and 7 by hour). There are several causes to explain these results, environmental and of human origin. It is particularly outstanding that, even if the difference between the IV Class males in both zones is not statistically significant, there is no doubt that the role that El Pinacate and Altar Desert Biosphere Reserves play in the conservation of this resource is very relevant, while the decrease of the *Ovis canadensis mexicana* samples at the South indicates the intense hunting pressure to which they are submitted.

The type of vegetation probably has an influence, since at the North prevails sand -desert vegetation and sarcacoulescent bushes, and microphile shrubs at the South (INEGI, 2000). Even though INEGI (2000) states that the distribution area of the bighorn sheep has a very dry weather, Olguín (2001) confirms that climate is decisive for the more abundant number of sheep in the South compared to that present at the North of the State.

Another relevant factor is the number of Wildlife Management and Conservation Units (UMA) present in each region. Sonora is the second State of Mexico in terms of territory, with the greatest number of UMAs; also, it has the first place of land per cent subject to management and sustainable harvest.

The number of females was statistically different, an item in which the South is also outstanding. The male-female relation in the polygamous populations is important, because it has a direct effect on offspring generation, and thus, in population growth, that for the Southern zone was 1:3.7, while in the Northern it was 1:1.3.

The results of the bighorn sheep census show a mean of animals per hour with a standard deviation of 8.58, numbers that are lower than those recorded by Lee and López in 1993, 1994, 1996 and 1999, whose mean values were 25.5, 27.1, 15 y 16.2, respectively, even though the authors do not include standard deviations. However, it cannot be assured that there is a reduction of the populations; in spite of it, a lower counting of the number of individuals is evident. The data with which these results were compared were obtained by a different methodology, since a smaller state area per cent was over-flown, and they were performed in different seasons. Notwithstanding, it is clear that the decrement of samples of bighorn sheep could

las que tuvieron un papel destacado en el desarrollo del proyecto y están interesados en conocer la situación de las poblaciones locales del borrego cimarrón.-

REFERENCIAS

- García, D. 1998. Borrego Cimarrón: Conservación y Aprovechamiento Sustentable. Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sostenible (CESPEDES). Editada por Ediciones Vulcano S.A. de C.V. México. Revista Vol. 1. No. 3: 173-181.
- Geist, V. 1968. On the interrelation of external appearance, social behaviour, and social structure of mountain sheep. en: Zeit. Tierpsychol. 25:119-215.
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI). 2000. Base de Datos Geográficos. Diccionario de Datos de Uso de Suelo, Vegetación, Topografía y Clima del Estado de Sonora. Escala 1:250,000 56 pp.
- Jett, J. 1969. Helicopter surveys of the desert bighorn in north-western Arizona. Desert Bighorn Transactions. 13:48-51.
- Krausman P.R. and R.T. Bowyer. 2003 Mountain Sheep (*Ovis Canadensis* and *O. dalli*). En Wild Mammals of North America: Biology, Management and Conservation. Ed by G.A. Feldhamer; B.C. Thompson and J.A. Chapman. 2d. Ed. The Johns Hopkins, Univ. Press. Baltimore, MD. USA. pp. 1095-1113.
- Lee, R. 1997a. Status of Bighorn Sheep in Mexico - 1996. 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. 1997. Cody, WY. USA. pp. 65-78.
- Lee, R. 1998. Desert bighorn sheep. The Wild Sheep Journal. FNAWS. 1998. Cody, WY. USA. pp. 50-56.
- Lee, R. 1999. Arizona. In: D. E. Towell and V. Geist. (Ed). Return to royalty. Boone and Crockett Club and Foundation for North American Wild Sheep, Missoula, MT. USA. pp. 160-163.
- Lee, R., J. Hervert, M. Hawke and R. Kearns. 1992. An Analysis of Bighorns Sheeps Surveys Conducted in Arizona. 36th Annual Desert Bighorn Council Meeting Reports. Bullhead City, AZ. USA. 75 p.
- Lee, R. and E. López. 1993. Helicopter Survey of desert bighorn sheep in Sonora, México. Desert Bighorn Transactions. 37:29-32.
- Lee, R. and E. López. 1994. A second helicopter survey of Sonora, México. Desert Bighorn Transactions. 38:12-13.
- Lee, R. and E. Mellink. 1995. Status of Bighorn Sheep in México. Desert Bighorn Transactions. 39:35-39.
- Miller, R., R. Remington, R. Lee, R. Van Den Berge and M. Haderlie. 1989. Wildlife Surveys & Investigations: Efficiency of Bighorn Sheep Helicopter Surveys. Federal Aid Report W-53-M-39. Arizona Game & Fish Department. Special Report. Phoenix, AZ. USA. 27 pp.
- Olguín, C. A. 2001. Uso de Fuentes de Agua por el Borrego Cimarrón en el Rancho El Plomito, Municipio de Pitiquito, Sonora, México. Tesis de Licenciatura. Depto de Suelos Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx. México. 79 p.
- Remington, R. and G. Welsh. 1986. Surveying Bighorn Sheep. Arizona Game & Fish Department Report. Phoenix, AZ. USA. 63-81 pp.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) 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. México. 91 p.
- Thomas, J. 1965. Situación actual del Borrego del Desierto en la Vertiente del Pacífico. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. México. 145 p.
- Vázquez, C. y A. Orozco. 1986. La destrucción de la naturaleza. Quinta Edición. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. México. 86 p.

be related to the increment, of the number of hunting permits for Class IV males, and, particularly, to poaching, in the last years, with no respect for forbidding periods or reproductive times.

In spite of the great number of papers written about the biology, behavior, habits and territoriality of *Ovis canadensis mexicana* (Krausman y Bowyer, 2003), there are still many questions that must be answered by research, and which are important to guarantee its conservation, such as the key places for the dynamics of each of their populations; the natural history and their interactions with other species; the role that it plays in ecosystem dynamics; the genetic problems it faces; the minimum population number that must be attained and the effect of human activities, for example.

CONCLUSIONS

The number of individuals per flight hour in the North and South regions are different; at the South, they are more abundant, as 13 sheep by hour were recorded, with a SD of 8.34, while at the North, 7 sheep were registered and SD was of 7.89.

There is a difference between the amount of females of each zone, where the Southern had a higher record. The average number of Class II males was lower in the North zones. The high standard deviations is due to the fact that the distances to find the animals are very big, and, thus, longer flight hours must be invested; time will always be longer in the North than in the South.

From this comparative study it can be concluded that, in order to establish true population tendencies, it is necessary to continue this type of annual census, at the same season and with the same methodology as described here, which tends to sample most of the mountain ranges and their territory.

It is advisable to hunt 13 bighorn sheep for the North zone and 17 for the South.

ACKNOWLEDGEMENTS

The census were sponsored by private funding and by the Livestock Associations that belong to SUMA (acronym in Spanish for Wildlife Management, Harvest and Conservation Unit System) of Sonora State such as the Asociación Nacional de Ganaderos Diversificados, Criadores de Fauna A.C. (ANGADI), the Asociación de Ganaderos Diversificados del Estado de Sonora (AGADES), the Asociación de Organizaciones Cinegéticas del Estado de Sonora (ASOCIES), the Dirección General de Vida Silvestre de la SEMARNAT and the Delegación de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, which played an outstanding role in the development of the Project and are interested to know the situation of the local populations of bighorn sheep.

End of the English version