

## APROVECHAMIENTO DEL BORREGO CIMARRÓN (*Ovis canadensis mexicana*) EN UNIDADES DE MANEJO DEL NORESTE DE MÉXICO

### Use bighorn sheep (*Ovis canadensis mexicana*) in management units for in Northwest Mexico

<sup>1</sup>Alexis Huerta-García, <sup>2</sup>Merary Natali Ramírez-Milanés, <sup>1</sup>Luis Manuel Valenzuela-Núñez y <sup>3\*</sup>José Abad-Zavaleta

<sup>1</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Ciencias Biológicas. Av. Universidad S/N, Frac. Filadelfia. CP. 35010. Gómez Palacio Durango. Tel. 871 71 52077

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Colima. Km. 40 Autopista Colima-Manzanillo, Cruce de Tecomán, CP.28100. Tecomán, Colima.

<sup>3</sup>Universidad del Papaloapan. División de Estudios de Posgrado. Instituto de Biotecnología. Calle Circuito Central No. 200, Col. Parque Industrial. CP. 68301. Tuxtepec, Oaxaca, México. Tel. (287)8759240, ext. 221. unpa.edu.mx.  
\*jabad@unpa.edu.mx.

Artículo científico recibido: 26 de junio de 2014, aceptado: 03 de marzo de 2015

**RESUMEN.** Se evaluó la sustentabilidad ecológica de la cacería selectiva del borrego cimarrón (*Ovis canadensis mexicana*) en las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) del estado de Sonora, México; considerando como variable el puntaje de la cornamenta. Se utilizaron animales cazados bajo los esquemas de manejo extensivo e intensivo. Los datos se analizaron mediante regresión lineal, prueba t de student de una cola, análisis de clúster de dos tiempos y un sistema de clasificación por medio de algoritmo k-means. Aunque la prueba de t no mostró diferencias ( $p > 0.05$ ), los resultados indican, que en la predicción de cacerías, las UMA intensivas registraron tendencias superiores (+4.253 puntos en la cornamenta). En los esquemas de manejo, el análisis clúster indica que el agrupamiento 1 clasificado como UMA calidad 10 fue el más sobresaliente, el cual agrupó a la UMA Isla Tiburón de manejo intensivo. En contraparte, el agrupamiento 10 clasificado como UMA calidad 1, incluyó los borregos Cimarrón peor dotados, teniendo siete representantes; seis de ellas extensivas (Big Horn Safari, El Cimarrón, Hueverachi, Sierra del Viejo, Los Mochos, Punta de Sirios) y sólo una de manejo intensivo (El Sacrificio). El análisis de clasificación de cornamentas expuso que los borregos cimarrón cazados en Sonora, pueden alcanzar puntajes de  $180.0742 \pm 5.91$ .

**Palabras clave:** *Ovis canadensis mexicana*, estado de Sonora, UMA, manejo selectivo

**ABSTRACT.** This research was conducted in bighorn sheep (*Ovis canadensis mexicana*) to assess the ecological sustainability of selective hunting in UMA registered in Sonora, Mexico; considered as a variable score antlers. In this research hunted animal specimens under two management schemes were used: extensive management (free living) and intensive management (protected with special perimeter fences). Data were analyzed using linear regression method, t-student test, cluster analysis of two-strokes and a classification system using k-means algorithm. Although the t test did not show significant differences ( $p > 0.05$ ), the results show that in predicting hunts, intensive UMA tend to be highest (4253 antler points and 1647 error points). Comparing management schemes, cluster analysis indicated that cluster 1 rated as UMA Quality 10 was the best, which grouped the UMA known as Tiburon Island as the only representative of the extensive management. In contrast, the group 10 ranked as UMA Quality 1 included the bighorn sheep which were the worst evaluated; it had also seven representatives; six of them were in UMA under extensive management (Big Horn Safari, El Cimarron, Hueverachi, Faldas de la Sierra del Viejo, Los Mochos, Puntas de Sirios) and only one was under intensive management (El Sacrificio). Analysis of antlers classification shows that bighorn sheep hunted scores in Sonora reached  $180.0742 \pm 5.91$  points.

**Key words:** *Ovis canadensis mexicana*, Sonora, UMA, selective management

## INTRODUCCIÓN

Debido al crecimiento demográfico, el enfoque conservacionista para la preservación de la diversidad biológica no es una opción viable para los administradores de fauna silvestre (Dolan 2006). Atendiendo esto, desde 1997, se estableció en México el Programa Nacional para la Conservación de la Vida Silvestre y la Diversificación Productiva en el Sector Rural (PDP). Estableciendo el sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA), la cual es una extensión de terreno que permite la conservación y ordenación de la fauna silvestre, así como su aprovechamiento racional (SEMARNAP e INE 1997). Las UMA tienen como objetivo general la conservación de hábitat natural, de poblaciones y ejemplares de especies silvestres (SEMARNAT 2010a). Al respecto Grilliot y Armstrong (2005) manifiestan que los gobiernos e iniciativa privada deben considerar la creación de predios donde se apliquen prácticas de manejo y de gestión que fomenten el crecimiento poblacional de la fauna silvestre; además de mantener el hábitat natural, sin dejar de facilitar la caza de especies silvestres.

En México, con el proyecto de conservación del borrego cimarrón, se ha logrado reintroducirlo a su hábitat natural (INE-SEMARNAT 2000). En el 2006, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el Gobierno del estado de Sonora convinieron transferir las funciones en materia de fauna silvestre, promoviendo el desarrollo sustentable de las cacerías y mejorar la calidad de vida de la población por medio de la gestión eficiente de la vida silvestre (SEMARNAT 2006).

Para promover la conservación y recuperación de especies amenazadas, o en peligro de extinción, en México se estableció el Programa de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable (INE-SEMARNAT 2000). Del cual el borrego cimarrón fue la primera especie considerada, debido a su importancia (Dolan 2006); además de que es una especie con protección especial por la legislación (SEMARNAT 2010c). Su repoblación se planea realizarla en áreas de distribución histórica, siendo

el noroeste del estado de Sonora donde se considera liberar grupos en UMA (INE-SEMARNAT 2000, Segundo 2010). En México se tienen registradas 7 139 UMA que tienen una superficie de 29 805 455 ha; contribuyendo el estado de Sonora con 18 % de los predios registrados y el 23.2 % de la superficie total (SEMARNAT 2010b).

Debido a que el aprovechamiento selectivo puede afectar la biología, historia de vida, demografía, genética, abundancia y densidad de las poblaciones de una especie (Fenberg y Kaustuv 2008). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la sustentabilidad ecológica de las cacerías realizadas en los predios registrados como UMA en el estado de Sonora, y describir la rentabilidad económica de la cacería del borrego cimarrón.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en las UMA: Big Horn Safari, El Cimarrón, Hueverachi, Sierra del Viejo, Los Mochos, Punta de Sirios, El Sacrificio e Isla Tiburón, localizadas, en el estado de Sonora, que se ubica entre las coordenadas 32° 29' 40.422", 26° 18' 11.088" LN y 108° 25' 27.3756", 115° 03' 10.8864" LO (CONABIO 2010). El territorio estatal está representado por las Provincias Biogeográficas del Altiplano Norte del Desierto Chihuahuense, La Costa del Pacífico, La Sierra Madre Occidental y el Desierto Sonorense (CONABIO 1997); siendo en esta última donde se encuentra distribuida la subespecie mexicana de borrego cimarrón (Segundo 2010). La región combina áreas de terreno plano, lomeríos y montañas, con elevaciones de 0 a 1000 msnm (INEGI 1990), y la vegetación dominante es el matorral desértico micrófito y el mezquital (CONABIO 1998).

Para evaluar la sustentabilidad ecológica de la cacería selectiva, se consideró como variable el puntaje de las cornamentas del borrego cimarrón, resultado de la selección natural, característica preponderante en la competencia de los machos durante la temporada de apareamiento (Smith y Krausman 1988). El puntaje de las cornamentas del borrego cimarrón (*Ovis canadensis mexicana*) se determinó

durante las temporadas de caza del 2008 al 2011, utilizando el criterio de Safari Club Internacional (SCI 2012). Los animales cazados fueron extraídos de predios registrados como UMA, en el estado de Sonora, México, las cuales operan bajo los esquemas de manejo extensivo e intensivo (INE-SEMARNAT 2000).

La sustentabilidad de las cacerías se evaluó mediante análisis de regresión lineal para determinar el comportamiento de las puntuaciones de las cornamentas a través del tiempo, y con ello establecer periodos críticos de pérdida de animales calidad trofeo por efectos de la cacería selectiva o para establecer metas que mejoren la calidad de los animales cazados. También se realizó una prueba de t-student para determinar si el tipo de UMA influye en el desarrollo de animales calidad trofeo.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS versión 14.0. Para agrupar y clasificar las UMA se realizó un análisis clúster de dos tiempos. Se consideraron los puntajes de las cornamentas del borrego cimarrón como variable de agrupamiento y la prueba de t-student a una  $p < 0.001$  como criterio de clasificación. Por último, se estableció un sistema de clasificación por medio del algoritmo *k*-means; para establecer parámetros puntuales en los criterios de medición de las cornamentas del borrego cimarrón. Este sistema de clasificación permitirá establecer las bases para distinguir un animal trofeo clase III y IV. La sustentabilidad económica se describió a partir de los informes anuales de cacería de las UMA, para conocer la derrama económica por concepto de cacerías. La rentabilidad se estimó por medio del costo de los permisos para la cacería de borrego cimarrón que cobra la Dirección General Forestal y Fauna de Interés Cinegético de la SAGARPHA, del estado de Sonora, el cual varía de acuerdo condiciones en las que se encuentre la población de borrego. Bajo condiciones intensivas los machos clase III, tienen un valor de alrededor de 30 000 usd, mientras que para ejemplares clase IV es alrededor de 35 000 usd; mientras que bajo condiciones extensivas en precio varía entre 45 000 y 50 000 usd, en tanto que en la Isla Tiburón el costo oscila entre 60 000 y 80 000

usd para ejemplares clase III o IV, respectivamente (SAGARPHA 2014).

## RESULTADOS

### Predicción de cacerías

Durante las temporadas de caza correspondiente al periodo del 2008 al 2011, se autorizaron 267 permisos de cacería para el aprovechamiento cinegético de *Ovis canadensis mexicana*; de los cuales el 50.2 % correspondieron a UMA intensivas y 49.8 % a UMA extensivas. La UMA Isla Tiburón registró el mayor aprovechamiento con 32 cacerías, seguida de Desemboque y su anexo Punta Chueca con 25, siendo ambas extensivas. Mientras que la UMA extensiva Agua Blanca, registró el mayor número de permisos de cacería con 14.

El análisis de regresión lineal mostró tendencias positivas para ambos tipos de UMA (Tabla 1). Sin embargo, a pesar de que las UMA intensivas mostraron mejores puntajes (+4.253 puntos en la cornamenta y -1.647 puntos de error), la prueba de t-student no determinó diferencias significativa entre ambos tipos de UMA ( $t = -2.685$ ).

### Comparación de esquemas de manejo

Debido a que no hay pruebas de que las UMA intensivas favorezcan el desarrollo de los individuos, el análisis de clusters involucró a todas las UMA con registros de aprovechamiento. Los resultados (Figura 1) indican que el agrupamiento 1 clasificado como UMA calidad 10 fue el mejor ( $t(32) = 12.12$ ,  $p < 0.001$ ), el cual comprende a la UMA Isla Tiburón como única representante. En contraste, el agrupamiento 10 clasificado como UMA calidad 1 tuvo los borregos cimarrón peor dotados [ $t(23) = -6.24$ ,  $p < 0.001$ ], en el que se encuentran las UMA Big Horn Safari, El Cimarrón, Hueverachi, Las Faldas de la Sierra del Viejo, Los Mochos, Punta de Sirios y El Sacrificio, siendo las primeras seis de tipo extensivo y la última intensivo.

### Clasificación de cornamentas

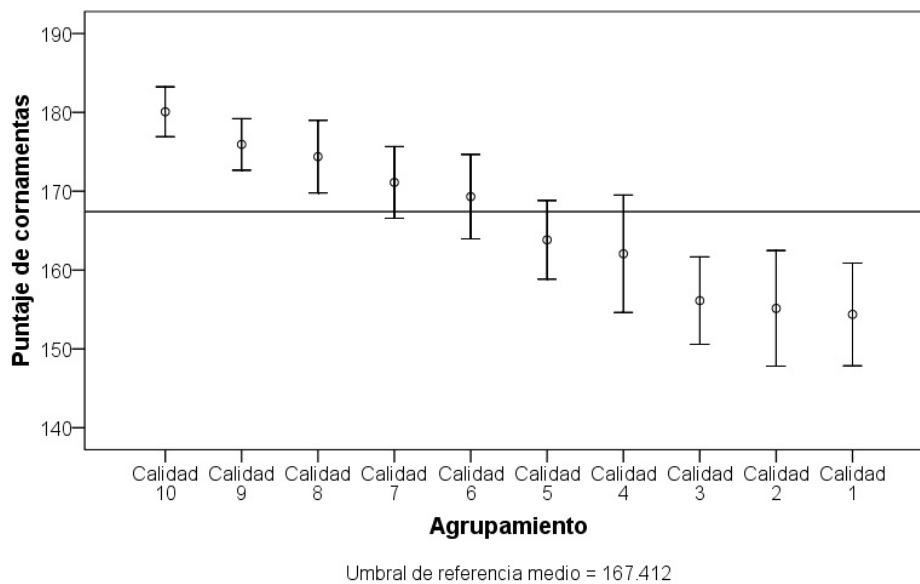
El análisis de clasificación estableció que los borregos cimarrón cazados en las UMA alcanzaron

**Tabla 1.** Puntajes esperados por temporada según el análisis de regresión lineal, considerando los puntajes totales de ejemplares de borrego cimarrón, cazados en UMA registradas en el estado de Sonora.

**Table 1.** Seasonally scores by linear regression analysis considering total score for hunted bighorn sheep in registered units of management in Sonora.

Esquema	Temporadas	a	b	Año (X)	Puntaje esperado (Y)	*e(±)
Extensiva	2008-2011	-2537	1.345	2012	169.14	12.75
Intensiva	2008-2011	-3001.543	1.578	2012	173.393	11.103
Puntajes	2008-2011	-2973.83	1.563	2012	170.926	12.074
Esperados por Temporada	2008-2010	-1821.854	0.99	2011	169.036	12.35
	2008-2009	312	-0.073	2010	165.27	11.607

\*e= error estándar de la estimación  $r^2$  para modelo lineal, \*Y= unidad de medida en pulgadas que es la utilizada para establecer los puntajes.



**Figura 1.** Agrupamiento de las UMA del estado de Sonora, tomando como criterio de similitud, las puntuaciones de las cornamentas del borrego Cimarrón.

**Figure 1.** Sonora's UMA groupings, using the Bighorn sheep antler scores as similarity criteria.

puntajes de  $180.1 \pm 5.91$ , y el análisis de regresión lineal, mostró tendencias positivas (Tabla 2). Todos los animales estuvieron dentro de las clasificaciones establecidas para trofeo típico de machos clase III y IV (Tablas 3).

### Derrama económica

Se reportan 62, 97, 108 permisos para caza de borrego cimarrón en las temporadas de caza 2008 al 2009, 2009 al 2010 y 2010 al 2011, respectivamente, para trofeos de clase III y IV (SAGARPHA 2014); lo

que contribuyó con una derrama económica promedio de 8 010 000 usd.

### DISCUSIÓN

Las tasas de aprovechamiento de cacería de borrego cimarrón expedidas por el gobierno del estado se establecen a partir de monitoreos aéreos que se realizan cada tres años (González *et al.* 2011, Gobierno del Estado de Sonora 2012), en los que se ha observado incremento en las puntuaciones de ani-

**Tabla 2.** Puntajes esperados por temporada según el análisis de regresión lineal, considerando los puntajes totales de ejemplares de borrego cimarrón, cazados en UMA registradas en el estado de Sonora.

**Table 2.** Standardized antler measures to determine the quality of typical Bighorn sheep hunting trophies, classes III and IV, on the basis of specimens hunted during the periods 2007-2010 and 2008-2011.

Variables	Periodo			
	2007-2010		2008-2011	
	Clase III		Clase IV	
	Medidas		Medidas	
	Mayor	Menor	Mayor	Menor
Longitud del cuerno (LCI)	31.2832	26.8750	40.2500	35.2938
Longitud del cuerno (LCD)	30.9237	26.8750	40.6250	35.1299
Circunferencia de la base (CBI)	15.4768	14.1250	17.7500	16.4562
Circunferencia de la base (CBD)	15.4303	14.2500	17.8750	16.4156
Circunferencia al 1º cuarto (C1I)	13.5254	11.1250	14.1250	14.8742
Circunferencia al 1º cuarto (C1D)	13.4524	10.8750	16.0000	14.8661
Circunferencia al 2º cuarto (C2I)	10.8208	8.2500	14.3750	12.7979
Circunferencia al 2º cuarto (C2D)	10.8982	8.1250	14.5000	12.8222
Circunferencia al 3º cuarto (C3I)	7.0465	5.5000	9.6250	8.5300
Circunferencia al 3º cuarto (C3D)	7.1836	5.3750	9.7500	8.5690

males trofeo (Festa-Bianchet 2011). Estudios previos sugirieron que la eliminación selectiva de machos de alta calidad por medio de la caza deportiva produce una respuesta indeseable en el tamaño de los cuernos (Garel *et al.* 2007, Hengeveld y Festa-Bianchet 2011). Lo anterior, es importante debido a que el tamaño de los cuernos de los progenitores se relaciona con el peso y la sobrevivencia de las crías al nacer (Coltman *et al.* 2005). En el último censo realizado en el 2009, se reporta una disminución de 12.7 % en la población de borrego cimarrón (Gobierno del Estado de Sonora 2012). Lo anterior tiene consecuencias ecológicas, debido a que la depredación de los borregos clase III y IV está condicionada por la longitud del cuerpo y el tamaño de sus cuernos; lo que los coloca en condiciones de mayor riesgo de depredación (Mooring *et al.* 2004).

Por otro lado, factores como deriva genética, la pérdida de variabilidad genética, fluctuaciones demográficas y estocasticidad ambiental; actúan sobre poblaciones pequeñas de especies en riesgo de extinción (Gutiérrez-Espeleta *et al.* 2000). Al respecto Hedrick *et al.* (2001) reportan una baja variabilidad genética en las poblaciones de Isla Tiburón, lo cual concuerda con Abad-Zavaleta *et al.* (2011),

quienes reportan desequilibrio. Por tanto, es necesario establecer estrategias para monitorear y mantener la diversidad genética y pureza de la población de la UMA Isla Tiburón; ya que es la principal fuente de repoblación de borregos Cimarrón. Mientras que Berger (1990) menciona que poblaciones de borrego cimarrón con menos de 50 individuos, están condenadas a la extinción en un plazo no mayor de 50 años. Otra cuestión importante que contribuye a la disminución de poblaciones de borrego cimarrón es el contagio de enfermedades del ganado doméstico, como la *Brucella* sp. (Martin *et al.* 1996). En este sentido, la SEMARNAT reporta que en los planes de manejo de las UMA extensivas; una prioridad es la disminución de los hatos ganaderos y rotación de potreros; y en las UMA intensivas de modalidad criadero, la prioridad es eliminar todo hato ganadero en las áreas destinadas a la crianza del borrego cimarrón, para evitar la transmisión de enfermedades (SEMARNAT 2000). Al respecto Brown (1993) indica que la conservación y manejo de la vida silvestre se debe enfocar a promover el desarrollo de las poblaciones de vida libre y reintroducidas, a partir de la eliminación de hatos ganaderos donde estén presentes poblaciones

de borrego cimarrón.

Por lo que las UMA intensivas son importantes en el desarrollo de poblaciones de borrego cimarrón, ya que los individuos están continuamente bajo observación, manejo y cuidado; además de tener un control del estado de salud (INESEMARNAT 2000). Al evitar riesgos potenciales de depredación, no es posible calcular el tamaño y el tiempo de persistencia de las poblaciones; ya que el riesgo de depredación contribuye a la probabilidad de supervivencia individual (Mooring *et al.* 2004). Otro aspecto substancial es que la selección del forraje está determinada por las precipitaciones, que a su vez condicionan el contenido de minerales en el forraje y mejora los índices del estado alimenticio del borrego cimarrón (McKinney *et al.* 2006).

Por otra parte, aunque las UMA intensivas contribuyen con el mejor cuidado de los ejemplares de borrego cimarrón, la principal desventaja radica en que no permiten el flujo genético entre poblaciones y condicionan la tasa de movimientos, debido al hábitat adecuado (Alvarez-Cardenas *et al.* 2001, Dolan 2006, Cain *et al.* 2007). Aunque se reconoce que poblaciones cerradas que comparten frecuencias genéticas parecidas pueden tener importantes diferencias adaptativas apoyadas por selección natural y deriva génica (Hedrick 1999), también se reconoce que las poblaciones abiertas que comparten sus frecuencias genéticas con otras poblaciones; comparten rasgos adaptativos importantes (Gutiérrez-Espeleta *et al.* 2000).

Las UMA intensivas son fundamentales durante los primeros años que se desea recuperar especies en potencial peligro de extinción. Una vez recuperada la población, los esfuerzos deben dirigirse a fomentar el desarrollo poblacional en su hábitat natural, conservando su estado silvestre (Abad-Zavaleta *et al.* 2011). Por lo anterior, la incorporación de UMA extensivas es un acierto del programa de reintroducción de borrego cimarrón, debido a que los ejemplares de la especie de interés se encuentran en vida libre y están sometidos a la presión ambiental. Sin embargo, es importante mencionar que aunque las poblaciones silvestres de borrego en el estado de Sonora son estables, la

modificación de hábitat y la cacería furtiva presionan las poblaciones silvestres, lo que ocasiona una amenaza a la conservación a mediano y largo plazo (Segundo 2010).

El tamaño corporal, astas, cuernos y espuelas son factores determinantes para el éxito reproductivo de especies de cérvidos (Coltman *et al.* 2002, Preston *et al.* 2003). La jerarquía social, así como la selección sexual en el borrego cimarrón; dependen de la maduración de los carneros, la cual se relaciona con su tamaño corporal y de cuernos (Pelletier y Festa-Bianchet 2003). Atendiendo esta necesidad, Geist (1968) determinó las clases de edad de borregos cimarrón con base a su estructura corporal, sexo, características fenotípicas y edad estimada con base en el desgaste dental. En el presente trabajo se establecen las medidas de las cornamentas para los machos clase III y IV calidad trofeo (Tablas 2 y 3). Lo anterior, debido a que en la clasificación de Geist existe un traslape en los machos clase III y IV a la edad de 8 años, esto provoca que no se conozca con certeza la clase de edad a la que pertenecen los animales cazados. El conocimiento certero de los machos clase II y IV proporciona las bases para realizar estudios sobre las consecuencias de la caza selectiva, al comparar de manera certera la edad de los animales cazados con el puntaje de sus cornamentas. Por lo que los permisos de cacería deben dirigirse para aprovechar solo machos calidad IV. Para generar refugios de cacería selectiva; para mantener la diversidad genética del tamaño de las poblaciones del borrego cimarrón.

## CONCLUSIONES

No existen diferencias significativas con respecto al sistema de manejo intensivo o extensivo que favorezcan el desarrollo de los individuos. En cuanto al tamaño de cuerno todos los animales estuvieron dentro del rango establecido para animales de caza clase III y IV. El análisis de clasificación de cornamentas mostró que los borregos cimarrón cazados en Sonora, pueden alcanzar puntajes de  $180.0742 \pm 5.91$ .

## LITERATURA CITADA

- Abad-Zavaleta J, Sifuentes-Rincón AM, Lafón TA, Gutiérrez AJ, González RE, Ortega G JA, et al. (2011) Genetic diversity analysis of two desert bighorn sheep (*Ovis canadensis mexicana*) population in Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14: 171-178.
- Alvarez-Cardenas S, Guerrero-Cardenas I, Diaz S, Galina-Tessaro P, Gallina S (2001) The variables of physical habitat selection by the desert bighorn sheep (*Ovis canadensis weemsi*) in the sierra del Mechudo, Baja California Sur, México. *Journal of Arid Environment* 49: 357-347.
- Berger J (1990) Persistence of different-sized populations: an empirical assessment of rapid extinctions in big-horn sheep. *Conservation Biology* 4: 91-98.
- Brown AD (1993) Áreas protegidas y comunidades campesinas en las Yungas argentinas. *Boletín Agroforestal* 2: 13-6.
- Cain WJ, Krausman PR, Morgart JR, Jansen BD, Pepper MP (2007) Responses of desert bighorn sheep to removal of water sources. *Wildlife Monographs* 171: 1-30
- CONABIO (1997) Provincias biogeográficas de México. Escala 1:4000,000. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>. Fecha de consulta 13 mayo de 2013.
- CONABIO (1998) Uso de suelo y vegetación de INEGI. Escala 1:1,000,000. México. En: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>. Fecha de consulta 13 mayo de 2013.
- CONABIO (2010) División política estatal de México 1:250000. Versión 3. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>. Fecha de consulta 13 Mayo de 2013.
- Coltman DW, Festa-Bianchet M, Jorgenson JT, Strobeck C (2002) Age-dependent sexual selection in bighorn rams. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 269: 165-172.
- Coltman DW, O'Donoghue P, Hogg JT, Festa-Bianchet M (2005) Selection and genetic (co)variance in bighorn sheep. *Evolution* 59: 1372-1382.
- Dolan BF (2006) Water developments and desert bighorn sheep: Implications for conservation. *Wildlife Society Bulletin* 34: 642-646
- Fenberg PB, Kaustuv R (2008) Ecological and evolutionary consequences of size-selective harvesting: how much do we know?. *Molecular Ecology* 17: 209-220.
- Festa-Bianchet M (2003) Exploitative wildlife management as a selective pressure for the life-history evolution of large mammals. In *Animal Behavior and Wildlife Conservation*. Festa-Bianchet M, Appolonio M (eds). Island Press. Washington. pp: 191-207.
- Festa-Bianchet M, Ray JR, Boutin S, Côté SD, Gunn A (2011) Sex-differential effects of inbreeding on overwinter survival, birth date and mass of bighorn lambs. *Canadian Journal of Zoology* 89: 419-434.
- Garel M, Cugnasse JM, Maillard D, Gaillard JM, Hewison AJM, Dubray D (2007) Selective harvesting and habitat loss produce longterm life history changes in a mouflon population. *Ecological Applications* 17: 1607-1618.
- Geist V (1968) On the interrelation of external appearance, social behaviour and social structure of mountain sheep. *Zeit Tierpsychol* 25: 119-215.
- Gobierno del Estado de Sonora (2012) Borrego cimarrón (*Ovis canadensis mexicana*): Resultados del monitoreo aéreo en el Estado de Sonora, México. Noviembre, 2012. Dirección General Forestal y Fauna de Interés Cinegético de la SAGARHPA. 98p.

- Gutiérrez-Espeleta GA, Kalinowski TS, Boyce MW, Hedrick WP (2000) Genetic variation and population structure in desert bighorn sheep: implications for conservation *Conservation Genetics* 1: 3-15.
- Grilliot AL, Armstrong BJ (2005) A comparison of deer hunters with disabilities and nondisabled hunters in Alabama: motivations and satisfactions in deer hunting. *Wildlife Society Bulletin* 33: 243-250.
- Hedrick PW, Gutierrez-Espelata GA, Lee RN (2001) Founder effect in an island population of bighorn sheep. *Molecular Ecology* 10: 851-857.
- Hedrick PW (1999) Perspective: highly variable loci and their interpretation in evolution and conservation. *Evolution* 53: 313-318.
- Hengeveld PE, Festa-Bianchet M (2011) Harvest regulations and artificial selection on horn size in male bighorn sheep. *Journal of Wildlife Management* 75: 189-197.
- INEGI (1990) Hipsometría. Escala 1:4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México. <http://www.conabio.-gob.mx/informacion/gis/>. Fecha de consulta 13 mayo de 2013.
- INEGI (2011) México en cifras, información nacional por entidad federativa y municipios (Sonora). <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?ent=26>. Fecha de consulta 14 de mayo de 2013
- INE Y SEMARNAT (2000) Proyecto para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) en México. México D.F. 91p.
- Manfredo MJ, Fix JP, Teel LT, Smeltzer J, Kahn R (2004) Assessing demand for big-game hunting opportunities: applying the multiple-satisfaction concept. *Wildlife Society Bulletin* 32: 1147-1155.
- Martin KD, Schommer T, Coggins VL (1996) Literature review regarding the compatibility between bighorn and domestic sheep. *Proceedings of the biennial symposium of the northern wild sheep and goat council*. Vol. 10. pp. 72-77.
- McKinney T, Smith WT, De Vos CJ (2006) Evaluation of factors potentially influencing a desert bighorn sheep population. *Wildlife Monographs* 164: 1-36
- Mooring MS, Fitzpatrick AT, Nishihira TT, Reisig DD (2004) Vigilance, predation risk, and the allee effect in desert bighorn sheep. *The Journal of Wildlife Management* 68: 519-532.
- Preston BT, Stevenson IR, Wilson K (2003) Overt and covert competition in a promiscuous mammal: the importance of weaponry and testes size to male reproductive success. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 270: 633-640.
- Pelletier F, Festa-Bianchet M (2006) Sexual selection and social rank in bighorn rams. *Animal Behaviour* 71: 649-655.
- González, SF, Tarango AL, Cantú AC, Uvalle SJ, Marmolejo MJ, Ríos SC (2011) Estudio poblacional y de distribución del borrego cimarrón (*Ovis canadensis mexicana*, Merriam, 1901) en Sonora. *Revista Mexicana Ciencias Forestales* 2: 63-65
- SCI (Safari Club International) (2012) Promoting hunting worldwide. [www.scifirstforhunters.org](http://www.scifirstforhunters.org). Fecha de consulta 5 de noviembre de 2012.
- Segundo GJ (2010) Borrego cimarrón (*Ovis canadensis mexicana*): Resultados del monitoreo aéreo en el Estado de Sonora, México. Noviembre-Diciembre, 2009. Dirección General Forestal y Fauna de Interés cinegético de la SAGARHPA, Sonora, México. 92p.



- SAGARHPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuicultura) Dirección general forestal y de fauna de interés cinegético (2014) Especies autorizadas por temporada de caza y costos estimados de cacería en el estado de Sonora. <http://www.hunting.sonora.gob.mx/principal.php?op=15>. Fecha de consulta 10 de noviembre del 2014.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2000) Proyecto para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) en México. [http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id\\_pub=186](http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=186). Fecha de consulta 10 de junio de 2014.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2006) Convenio Específico para la asunción de funciones en materia de vida silvestre, que celebran la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Estado de Sonora. Diario Oficial de la Federación. 29-05-2006. México D.F. 23p.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2010a) Ley General de Vida Silvestre. Última Reforma. Diario Oficial de la Federación 30-11-2010. 53p
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2010b) Compendio de estadísticas ambientales. [http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5\\_8080/ibi\\_apps/WFServlet85d9.html](http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServlet85d9.html). Fecha de consulta 18 de mayo de 2014.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2010c) 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: 30-12-2010. 78p.
- SEMARNAP (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales Y Pesca) INE (Instituto Nacional de Ecología) (1997) Programa de conservación de la vida silvestre y diversificación productiva del sector rural: 1997-2000. México 208p
- Smith NS, Krausman PR (1988) Desert bighorn sheep: A guide to selected management practices. A literature review and synthesis including appendixes on assessing condition, collecting blood, determining age, constructing water catchments, and evaluating bighorn range. U.S. Fish wildlife services. Biological report 83 (35). 27p.
- Thompson D, Longshore K, Lowrey C (2007) The impact of human disturbance on desert bighorn sheep (*Ovis canadensis nelsoni*) in the wonderland of rocks / queen mountain region of Joshua Tree National Park, California. A final report prepared for Joshua Tree National Park, CA. 43p.