

**Artículo científico**  
(Original paper)**ESTIMACIÓN DE CAMBIOS TEMPORALES DE LA CONDICIÓN CORPORAL DEL BORREGO CIMARRÓN (*OVIS CANADENSIS WEEMSI*) A PARTIR DE FOTOINTERPRETACIÓN, EN LA SIERRA EL MECHUDO, BCS, MÉXICO****ESTIMATION OF TEMPORARY CHANGES IN THE BODY CONDITION OF THE BIGHORN SHEEP (*OVIS CANADENSIS WEEMSI*) FROM PHOTOINTERPRETATION, IN THE SIERRA EL MECHUDO, BCS, MEXICO****ISRAEL GUERRERO-CÁRDENAS<sup>1,2</sup>, SERGIO ÁLVAREZ-CÁRDENAS<sup>2</sup>, SONIA GALLINA<sup>3\*</sup>, PABLO CORCUERA<sup>4</sup>, GUILLERMO ROMERO-FIGUEROA<sup>5</sup>, ELOY ALEJANDRO LOZANO-CAVAZOS<sup>6</sup>, IVONNE TOVAR-ZAMORA<sup>2</sup>, IKER YVAN GUERRERO-TOVAR<sup>7</sup>**<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud. Calzada del Hueso 1100, Coyoacán 04960. Ciudad de México, México. <guerrero04@cibnor.mx><sup>2</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Instituto Politécnico Nacional 195, Col. Playa Palo de Santa Rita Sur 23090, La Paz, Baja California Sur, México. <guerrero04@cibnor.mx>; <salvarez04@cibnor.mx>; <itovar@cibnor.mx><sup>3</sup>Instituto de Ecología A.C., Red de Biología y Conservación de Vertebrados. Carretera Antigua a Coatepec 351, Las Hayas 91073, Xalapa, Veracruz, México. <sonia.gallina@inecol.mx><sup>4</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Departamento de Biología, Área Ecología. Av. San Rafael Atlixco 186, Iztapalapa 09340. Ciudad de México, México. <pcmr@xanum.uam.mx><sup>5</sup>Laboratorio de Manejo y Conservación de Vida Silvestre, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. Carretera Ensenada-Tijuana 3917, 22860, Ensenada, Baja California, México. <gromero4@uabc.edu.mx><sup>6</sup>Departamento de Recursos Naturales Renovables, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, 25315, Saltillo, Coahuila, México. <alejandrolozano-c@uaaan.mx><sup>7</sup>Ingeniería Bioquímica. Instituto Tecnológico de La Paz. Boulevard Forjadores de Baja California Sur 4720, 8 de octubre 2<sup>da</sup> Sección, 23080 La Paz, Baja California Sur, México. <yvanguerrerotovar@gmail.com>

\*Autor corresponsal: &lt;sonia.gallina@inecol.mx&gt;

Recibido: 27/08/2019; aceptado: 04/05/2020; publicado en línea: 16/06/2020

Editor responsable: Juan Carlos Serio Silva

---

**Guerrero-Cárdenas, I., Álvarez-Cárdenas, S., Gallina, S., Corcuera, P., Romero-Figueroa, G., Lozano-Cavazos, E. A., Tovar-Zamora, I., Guerrero-Tovar, I. Y. (2020) Estimación de cambios temporales de la condición corporal del borrego cimarrón (*Ovis canadensis weemsi*) a partir de fotointerpretación. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 36, 1–14.  
<https://doi.org/10.21829/azm.2020.3612235>**

**RESUMEN.** A partir de una escala de cinco puntos como método no invasivo, se analizaron imágenes obtenidas por foto trampeo, para visualizar partes corporales (espina dorsal, costillas y cadera) de los borregos, y detectar cambios estacionales de la condición corporal de machos y hembras evaluando el consumo de proteína obtenida a partir de su contenido en los forrajes. Se emplearon 20 cámaras trampa, ubicadas particularmente en cuerpos de agua superficiales. Se identificaron 199 animales en los dos años de muestreo; 120 en 2010 y 79 en 2011. Respecto a la escala de puntuación, se encontró un mayor número de individuos en las categorías C3 (moderada, n = 109), C2 (mala, n = 44), C4 (buena, n = 32) y con el menor número C5 (excelente, n = 9) y C1 (muy mala, n = 5). Se observó una correlación positiva entre las categorías de condición corporal y el consumo de proteína ( $r = 0.40$ ,  $P < 0.05$ ). La proteína cruda fue la variable explicativa de mayor importancia, relacionándose positivamente con las categorías de condición corporal ( $R^2 = 0.166$ ,  $F = 38.8$ ,  $P < 0.0001$ ) de los borregos. En general, los borregos se observaron en



categorías intermedias de condición corporal (C3). Las hembras se encontraron en las categorías de muy mala, mala y moderada. Los machos se encontraron en moderada, buena y excelente condición corporal. Este método permitió visualizar y analizar la condición corporal de los borregos en diferentes épocas, siendo posible utilizarlos como herramienta para detectar cambios en el hábitat natural (cantidad y calidad del forraje) y aplicarlo como un método alternativo dentro de las estrategias de manejo y conservación de las poblaciones naturales de borrego cimarrón.

**Palabras clave:** apófisis; condición corporal; cámaras trampa; energía; grasa; proteína cruda

**Guerrero-Cárdenas, I., Álvarez-Cárdenas, S., Gallina, S., Corcuera, P., Romero-Figueroa, G., Lozano-Cavazos, E. A., Tovar-Zamora, I., Guerrero-Tovar, I. Y.** (2020) Estimation of temporary changes in the body condition of the bighorn sheep (*Ovis Canadensis weemsi*) from photointerpretation. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 36, 1–14.  
<https://doi.org/10.21829/azm.2020.3612235>

**ABSTRACT.** From a five-point scale as a non-invasive method, images obtained by photo trapping were analyzed, to visualize body parts (spine, ribs and hip) of the sheep, and to detect seasonal changes in the male and female body condition, evaluating the consumption of protein, obtained from content in the forages. Twenty camera traps were used, particularly located in surface water bodies. One hundred ninety-nine animals were identified in the two years of sampling; 120 in 2010 and 79 in 2011. Regarding the score scale, a greater number of individuals were found in categories C3 (moderate,  $n = 109$ ), C2 (bad,  $n = 44$ ), C4 (good,  $n = 32$ ) and with the smallest number C5 (excellent,  $n = 9$ ) and C1 (very bad,  $n = 5$ ). A positive correlation was observed between the categories of body condition and protein consumption ( $r = 0.40$ ,  $P < 0.05$ ). Crude protein was the most important explanatory variable, positively related to body condition categories ( $R^2 = 0.166$ ,  $F = 38.8$ ,  $P < 0.0001$ ) of sheep. In general, sheep were observed in intermediate categories of body condition (C3). Females found themselves in the categories of very bad, bad and moderate. The males found themselves in moderate, good and excellent body condition. This method allowed to visualize and analyze the body condition of the sheep at different times, being possible to use them as a tool to detect changes in the natural habitat (quantity and quality of the forage) and apply it as an alternative method within the management and conservation strategies of the natural populations of sheep bighorn.

**Key words:** apophysis; body condition; cameras trap; energy; fat; crude protein; rib cage

## INTRODUCCIÓN

La nutrición en rumiantes silvestres está relacionada con la conversión de los componentes químicos de los forrajes en tejidos y músculos. Los animales obtienen energía del medio ambiente y, a través de procesos metabólicos, es almacenada para crecer y mantener sus tejidos y órganos, lo cual les permite enfrentarse a las diferentes actividades fisiológicas y ecológicas. Como resultado, el peso de dichos tejidos y órganos puede aumentar (Serrano *et al.*, 2008), por lo cual la apariencia corporal puede ser un indicador de la variación espacial y temporal en los hábitos alimenticios y en el estado nutricional de los animales. El peso, el tamaño y la apariencia, son generalmente considerados como condición corporal (Marshall *et al.*, 2008; Bartareau, 2017).

La condición corporal (CC) es el reflejo de la cantidad de reservas de energía de los animales que es determinada por el balance entre los contenidos químicos del forraje y sus demandas fisiológicas, que influyen específicamente en la concentración de sus reservas de grasa y proteína (Cook *et al.*, 2007–2010; Peig & Green, 2009; Wijeyamohan *et al.*, 2015). Una cantidad insuficiente de aportes nutrimentales puede



ocasionar lentitud en el crecimiento y pérdida de peso (Demment & Van Soest, 1985; Parker *et al.*, 2009). La deficiente condición corporal de un animal se presenta a medida que éste adelgaza, la apariencia corporal promedio de los individuos adultos puede ser un criterio cuantitativo para evaluar la CC en los animales (Bender *et al.*, 2008; Battini *et al.*, 2014). La CC evalúa subjetivamente el estado nutricional de los animales, y de acuerdo con Riney (1962), quien menciona que mediante rasgos externos clave como la estandarización de la CC (buena, regular, mala), se puede aumentar la objetividad de dicha evaluación.

Aunque se han desarrollado diversos métodos para estimar la CC en mamíferos silvestres, pocos de ellos son ampliamente aplicables a estudios ecológicos, ya que son altamente invasivos o demasiado costosos (Wijeyamohan *et al.*, 2015). Para resolver el problema de evaluar la CC en un gran número de animales vivos, se han desarrollado técnicas de puntuación no invasiva basadas en experiencias con animales domésticos, como el ganado bovino, caprino y ovino (Edmondson *et al.*, 1989; Stevenson & Woods, 2006; Mattiello *et al.*, 2009).

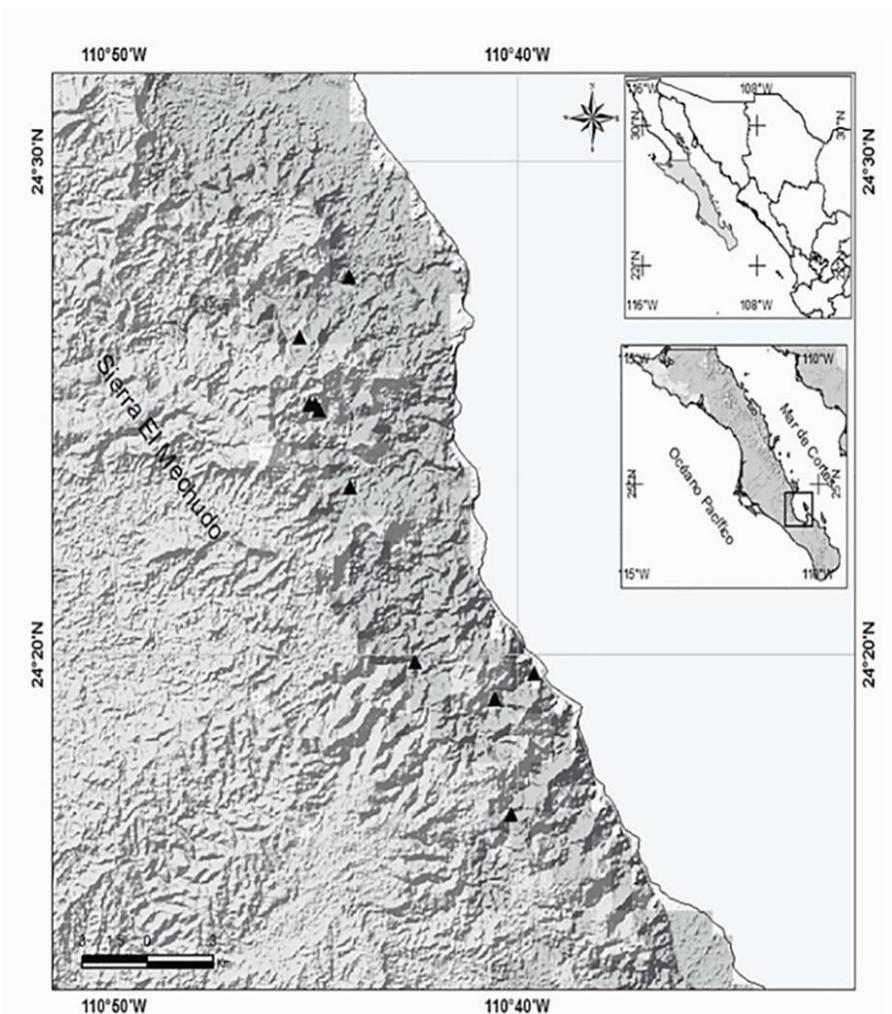
De los métodos de puntuación de mayor uso para estimar la CC en animales silvestres (colectados en épocas de cacería), son los de cantidad de grasa del riñón y de médula ósea (Jakob *et al.*, 1996; Cook *et al.*, 2007), mediciones morfométricas, y evaluaciones visuales, utilizados estos últimos, como métodos no invasivos (Riney, 1962; MacCutchen, 1985; Peig & Green, 2009). Dentro de los principales métodos no invasivos, están el registro fotográfico y la fotointerpretación, obtenidos a partir de cámaras trampa, cuyo propósito es el de representar y determinar índices visuales a partir de la CC; destacan los estudios de Marshal *et al.* (2008) y Smiley (2017) con el venado bura del desierto, Ezenwa *et al.* (2009) con búfalos africanos, Wijeyamohan *et al.* (2015) y Schiffmann *et al.* (2017) con elefantes africanos y el de Pérez-Flores *et al.* (2016) con tapir centroamericano.

El objetivo de este estudio fue evaluar estacionalmente la condición corporal en individuos adultos de machos y hembras de borrego cimarrón a partir de una escala de cinco puntos no invasiva, que se basa en la visualización de partes corporales en términos de cantidad de depósitos de músculo y grasa, a partir de imágenes fotográficas, relacionando esto con la calidad nutricional del forraje que consumen. La implementación de este método puede ser utilizado como una herramienta que permita identificar posibles efectos en el estado corporal de la población de borregos y la calidad del hábitat en ambientes naturales, con el fin de aplicar medidas para el manejo y conservación de la especie.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El área de trabajo comprendió diferentes sitios dentro de las zonas borregueras de la Sierra El Mechudo, con coordenadas entre los 24° 22' y 24° 50' N y 110° 40' y 110° 50' O; áreas serranas comprendidas entre San Juan de la Costa en la parte sur, y punta Cabeza Mechuda en el extremo norte de la bahía de La Paz, en Baja California Sur (Fig. 1). Las características fisiográficas, topográficas y bióticas de estos sitios, se describen en Guerrero-Cárdenas *et al.* (2003) y Álvarez-Cárdenas *et al.* (2009).

El clima que se presenta en la zona es del tipo seco desértico cálido, con una temperatura media mensual que oscila entre 17.9°C en enero y 35.3°C en agosto, con una media anual que varía entre los 22°C y 35°C (García, 1988). El promedio de precipitación anual es de 140 mm y se presenta en dos periodos: el más intenso en agosto-septiembre (265 mm) (incidencia de huracanes), y diciembre-enero (5 a 10.2% del total anual) que corresponde a la lluvia invernal. En la zona se presentan periodos cíclicos de sequía que pueden durar varios años (Guerrero-Cárdenas *et al.*, 2016). En el transcurso de este estudio, los registros de temperatura media anual fueron de 23.7°C, con una media máxima de 29.4°C y una mínima de 18.0°C, registrándose en los dos años de este estudio (2010–2011); una temperatura máxima de 45°C durante el verano. El régimen de lluvias fue muy escaso, con un promedio de precipitación de 3.2 mm (Fig. 2).



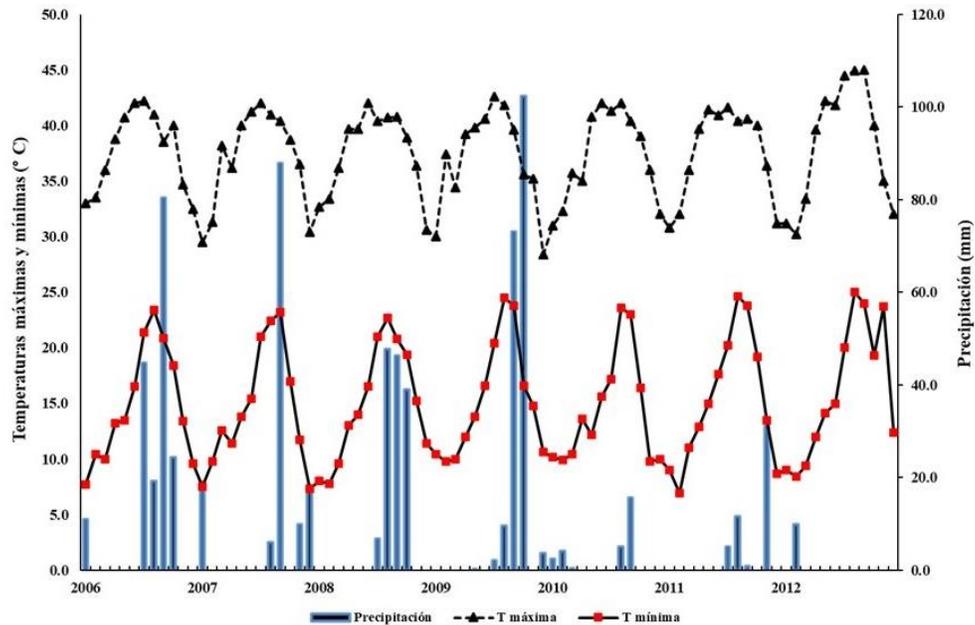
**Figura 1.** Zonas borregueras evaluadas en la Sierra El Mechudo. Los triángulos representan los sitios donde se colocaron las cámaras trampa.

**Evaluación fotográfica.** El estudio se realizó durante las cuatro estaciones de los años 2010 y 2011, con el propósito de obtener imágenes fotográficas de diferentes individuos adultos (machos y hembras) de borrego cimarrón y evaluar su condición corporal en su ambiente natural. Se emplearon 20 cámaras trampa (Bushnell NatureView HD Essential 119739; BUSHNELL inc. USA) con sensor de movimiento infrarrojo, que se ajustó a la mayor resolución de imagen (12 megapíxeles) y sensibilidad al movimiento, programándolas para realizar tres tomas por cada detección, en intervalos de 60 segundos. Las cámaras se ubicaron en sitios donde se observó la mayor frecuencia de uso por los animales (particularmente cuerpos de agua superficiales).

Con el objetivo de que todos los datos fueran representativos de las mismas áreas donde se llevó a cabo el estudio, se consideró que la colocación de las cámaras estuviera alrededor de los sitios de colecta de excrementos y especies vegetales que se utilizaron para determinar la dieta de los borregos (Guerrero-Cárdenas *et al.*, 2016) y su valor nutrimental (Guerrero-Cárdenas *et al.*, 2018). En cada punto, se colocaron tres cámaras trampa a una distancia de tres metros de forma triangular, con la intención de conseguir imágenes de los diferentes ángulos de los borregos y revisar las partes corporales (espinas dorsales, costillas y cadera) para evaluar la condición corporal, además de diferenciar a los animales por edades y sexo. Los borregos se clasificaron en cinco clases: hembras adultas (HA), hembras jóvenes (HJ); machos jóvenes clase



M3 (cornamenta tres cuartos de vuelta) y machos adultos clase M4P (cornamenta de vuelta completa con punta) y clase M4T (cornamenta de vuelta completa despuntados: trofeo cinegético) (Guerrero-Cárdenas *et al.*, 2003; Fig. 3). Las cámaras permanecieron en los sitios de muestreo durante los dos años de estudio y fueron revisadas mensualmente.

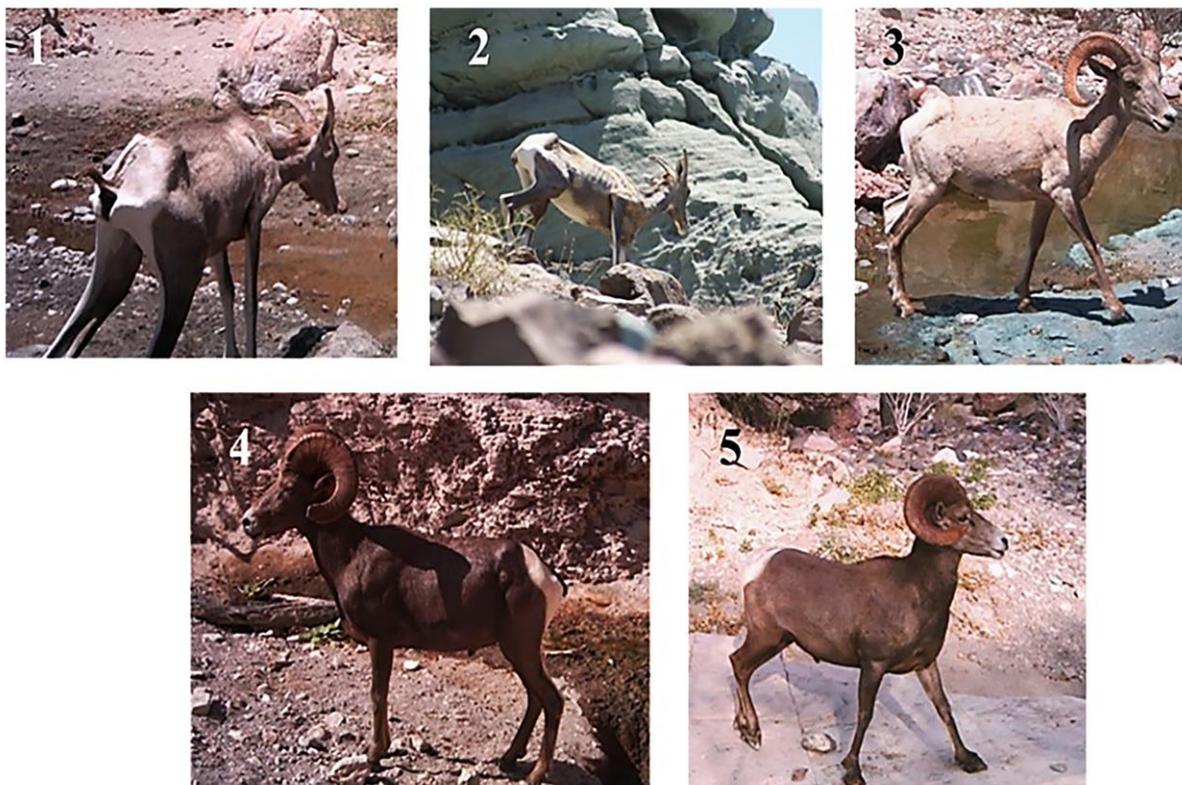


**Figura 2.** Valores de temperaturas y precipitación correspondientes a 7 años (2006–2012) en el área de estudio (Comisión Nacional del Agua-estación climática Alfredo V. Bonfil).



**Figura 3.** Clases de edades y sexos que se utilizaron para evaluar la condición corporal de los borregos.

**Criterios de identificación.** Para establecer las categorías de condición corporal de los borregos, se emplearon los criterios de MacCutchen (1985) para borrego cimarrón y el de Romero (2015) para borregos domésticos, con el respaldo del sistema de puntuación descrito por Audigé *et al.* (1998) para ciervo rojo, el cual se modificó para nuestro estudio. El sistema de puntuación para calificar a los borregos en este estudio permitió apoyar la apreciación visual (por fotointerpretación) y evaluar de forma sencilla las reservas corporales de grasa y músculo, bajo un patrón preestablecido al que se asignaron valores numéricos. Los números se ordenaron conforme a una escala: el valor mínimo es uno, que representa a un animal desnutrido, y cinco el valor máximo que representa a un animal de excelente condición (Fig. 4).



**Figura 4.** Ejemplos que representan las diferentes clases de condición corporal de los borregos (machos y hembras), basados en la visualización de las diferentes partes corporales. Los números refieren la clase de condición en la que se ubica cada animal.

De acuerdo con los criterios para determinar las categorías de condición corporal, se consideraron tres partes corporales de los borregos como las de mayor importancia: 1.- caja torácica (costillas), 2.- columna vertebral y 3.- cintura pélvica que contiene la tuberosidad coccígea (D); región que corre a partir de hueso sacro y la vértebra lumbar (A, apófisis espinosa; B, apófisis transversa) de los animales. El grado de prominencia de las apófisis espinosas, la finura de los extremos de las apófisis transversas, y la profundidad muscular, fueron indicativos de cambios en la grasa intermuscular y la cobertura de grasa subcutánea (C) (Fig. 5). Para fines prácticos, se considera que una región ósea cubierta por grasa subcutánea mínima es visible debajo de la piel, y una región ósea cubierta por suficiente grasa subcutánea no es visible (Smiley, 2017).

Con los criterios establecidos para este estudio, se calificó la condición corporal en cinco categorías: Muy mala (C1), Mala (C2), Moderada (C3), Buena (C4) y Excelente (C5) (Tabla 1). Para este análisis no se evaluaron ejemplares que no fueron identificados con claridad o que se encontraban parcialmente fuera



del campo fotográfico (Marshall *et al.*, 2008). Se resalta que la evaluación e identificación de las partes corporales de los borregos mediante fotografía, requiere que el observador (evaluador) este familiarizado con la morfología del borrego cimarrón (manejadores cinegéticos y técnicos de campo). Sin embargo, es recomendable que haya suficiente experiencia y constancia para llevar a cabo el análisis.

**Tabla 1.** Criterios de clasificación para el sistema de puntuación visual de las categorías de condición corporal de los borregos en este estudio (basados en MacCutchen (1985), Romero (2015) y Audigé *et al.* (1998)).

|                    |   |                            |
|--------------------|---|----------------------------|
| <b>Categoría 1</b> | Las apófisis espinosas se observan prominentes y afiladas. Las apófisis transversas se observan también muy marcadas. El área muscular es poco profunda y no existe grasa de cobertura. Las costillas y la espina dorsal son muy evidentes.   | <b>Muy mala condición</b>  |
| <b>Categoría 2</b> | Las apófisis espinosas son todavía prominentes, pero a la vista sólo se aprecia como una pequeña rugosidad. Las apófisis transversas se notan uniformes y redondeadas. El área muscular es moderadamente profunda, pero está cubierta por poca grasa. Las costillas y la espina dorsal todavía se observan moderadamente.   | <b>Mala condición</b>      |
| <b>Categoría 3</b> | Las apófisis espinosas sólo se manifiestan como pequeñas elevaciones y cada hueso puede ser notado. Las apófisis transversas están bien recubiertas y son poco detectadas. Se observa que el área muscular es gruesa con una cobertura de grasa considerable, tanto en la zona de costillas, como en la espina dorsal.  | <b>Moderada condición</b>  |
| <b>Categoría 4</b> | Las apófisis espinosas son visibles y pueden ser detectadas como una línea entre la masa muscular cubierta de grasa. Los extremos de las apófisis transversas no son apreciados. El área muscular es robusta, recubierta por una gruesa capa de grasa que recubre la columna y costillas.   | <b>Buena condición</b>     |
| <b>Categoría 5</b> | Las apófisis espinosas y transversas no pueden ser detectadas. Existe una depresión en la zona donde se podrían apreciar normalmente las apófisis espinosas. El área muscular es muy robusta y está recubierta por una capa de grasa muy gruesa. Pueden suponerse, grandes depósitos de grasa sobre la cintura pélvica y en las ancas. No son evidentes la columna vertebral y las costillas. | <b>Excelente condición</b> |

**Análisis de datos.** Para determinar diferencias significativas, comparamos los valores de cada una de las categorías de condición corporal (Muy mala (C1), Mala (C2), Moderada (C3), Buena (C4) y Excelente (C5)), así como de las categorías de edades y sexos (Hj= 1, hembra juvenil; HA= 2, hembra adulta; Mp3= 3, macho joven; y machos adultos MP4= 4 y MT4= 5) en cada estación y años del estudio. Debido a que los datos no siguieron una distribución normal, se utilizó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney (U) para muestras independientes.

Con el análisis de correlación de rangos (Spearman), se evaluó la posible relación lineal entre cada una de las cinco categorías de condición corporal, con los porcentajes de proteína y grasa crudas de los forrajes. Dichos porcentajes (PC y EE), corresponden al promedio de los valores obtenidos de la evaluación bromatológica que se aplicó a los forrajes que consumen los borregos en cada estación de cada año. (Guerrero-Cárdenas *et al.*, 2018).

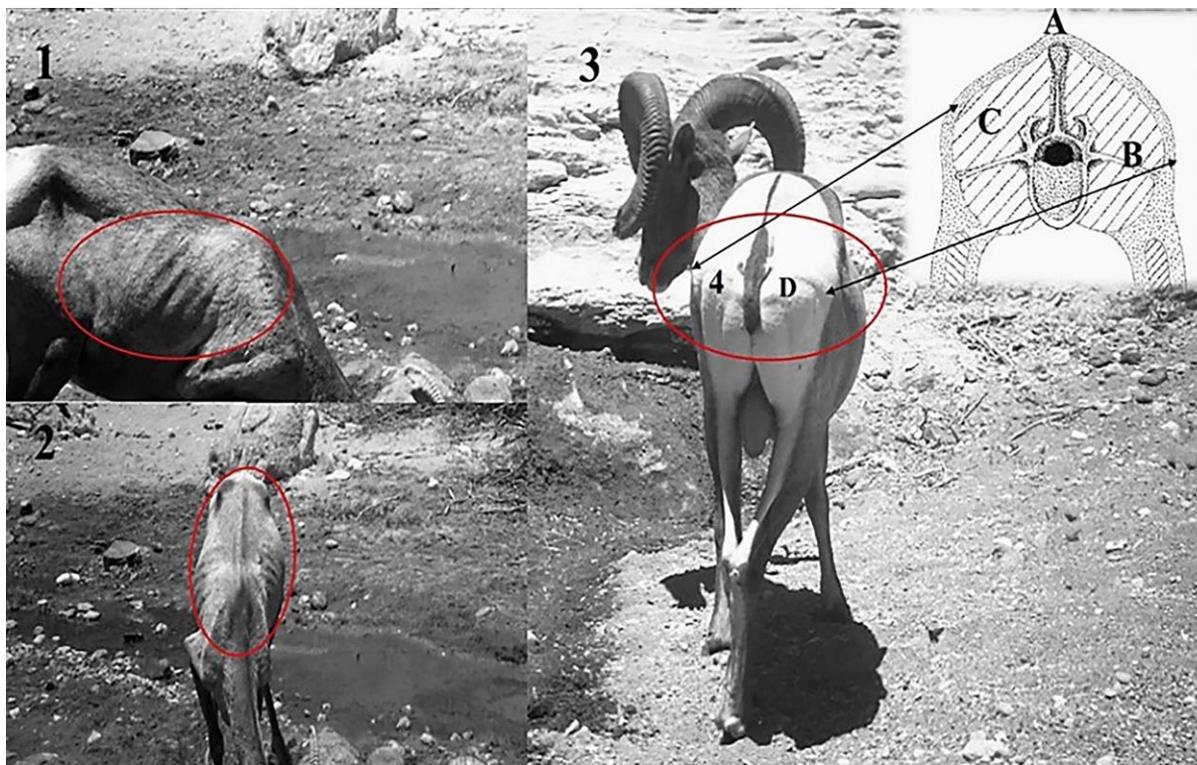


Figura 5. Regiones anatómicas seleccionadas, para evaluar las medidas de condición corporal del borrego cimarrón.

A partir de un modelo de regresión lineal simple ( $R^2$ ), se buscó explicar y predecir la mejor relación funcional entre las variables de interés, para esto, se utilizaron los mismos datos que se aplicaron en la prueba de correlación. Todas las pruebas con un valor  $P < 0.05$  se consideraron significativas. Los análisis estadísticos se realizaron mediante el programa XLSTAT-ecology, versión 17.1. Microsoft® Excel® 2018.

## RESULTADOS

Con el análisis de 5,500 fotografías que fueron obtenidas con cámaras trampa durante los dos años de este estudio, se registraron 199 borregos. En 2010 se identificaron 120 animales y en 2011 un total de 79. Estacionalmente, el mayor número de individuos se registró durante la primavera ( $n= 81$ ), seguida de verano ( $n= 61$ ), otoño ( $n= 39$ ) e invierno ( $n= 18$ ). Respecto al número de individuos identificados dentro de alguna de las cinco clases de edades y sexos en los dos años, 72 fueron hembras adultas, 60 hembras jóvenes y 34 machos jóvenes de la clase M3. Los machos adultos contabilizados fueron 18 MP4 y 15 MT4. De forma general, las hembras (adultas y jóvenes) y los machos jóvenes, fueron los que se registraron más frecuentemente en las diferentes estaciones de los dos años muestreados.

Respecto a la clasificación de las categorías de condición corporal en los dos años muestreados, se encontró que C3 (moderada) fue la que mayor número de individuos registró ( $n= 109$ ), seguida de C2 (mala;  $n= 44$ ) y C4 (buena;  $n= 32$ ), siendo C1 (muy mala;  $n= 5$ ) y C5 (excelente;  $n= 9$ ) las de menor número de individuos registrados.

Respecto al análisis de las categorías de condición corporal y los porcentajes de proteína cruda de los forrajes consumidos por los borregos, se encontraron diferencias significativas ( $U= 38.88$ ,  $P < 0.0001$ ); no se encontraron diferencias significativas en los porcentajes grasa (EE;  $U= 0.002$ ,  $P < 0.963$ ). En las



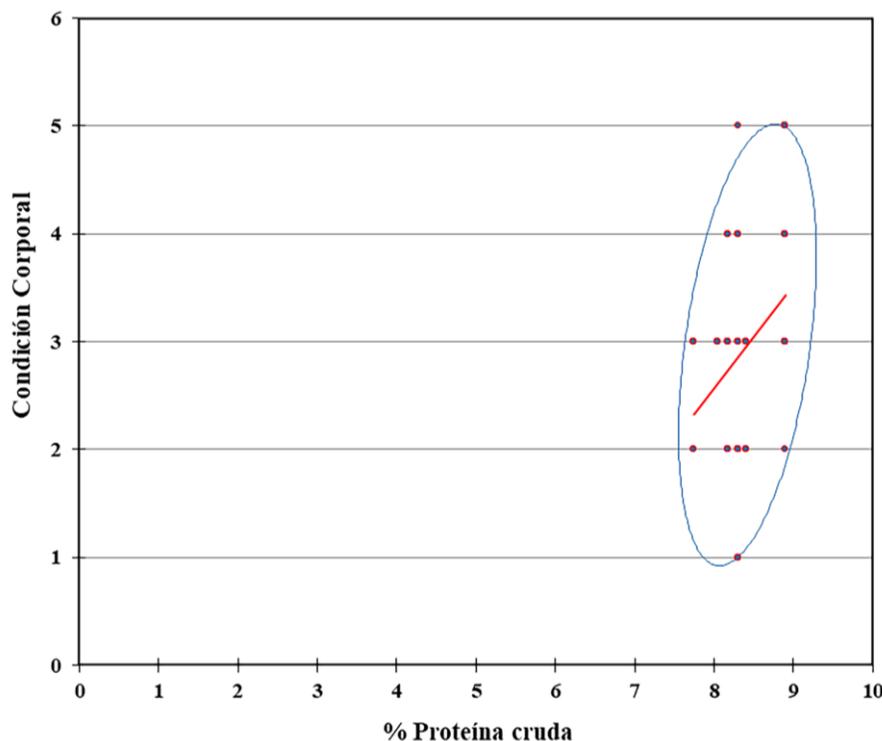
categorías de condición corporal, se detectaron diferencias en las diferentes estaciones en los dos años de estudio (Tabla 2).

**Tabla 2.** Diferencias significativas entre las categorías de condición corporal en las clases de edades y sexos, por estaciones y años.

| Diferencias/ <i>P</i> valor | Invi_2010 | Invi_2011 | Oto_2010  | Oto_2011  | Ver_2011  | Prim_2010 | Prim_2011 | Ver_2010 |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| Inv_2010                    | 1         | 18.000    | 90.00     | 19.000    | 46.000    | 35.500    | 34.000    | 85.500   |
| Invi_2011                   | < 0.0001* | 1         | 200.00    | 85.500    | 145.500   | 149.500   | 112.000   | 190.000  |
| Oto_2010                    | < 0.0001* | < 0.0001* | 1         | 0.000     | 60.000    | 10.000    | 40.000    | 190.000  |
| Oto_2011                    | < 0.0001* | < 0.0001* | < 0.0001* | 1         | 294.500   | 313.500   | 228.000   | 361.000  |
| Ver_2011                    | 0.026     | 0.795     | < 0.0001* | 0.650     | 1         | 486.500   | 320.000   | 530.000  |
| Prim_2010                   | < 0.0001* | 0.001     | < 0.0001* | < 0.0001* | < 0.0001* | 1         | 954.000   | 1446.500 |
| Prim_2011                   | < 0.0001* | < 0.0001* | < 0.0001* | < 0.0001* | 0.562     | < 0.0001* | 1         | 342.000  |
| Ver_2010                    | 0.272     | 0.952     | 0.004     | 0.316     | 0.349     | 0.000     | 0.825     | 1        |

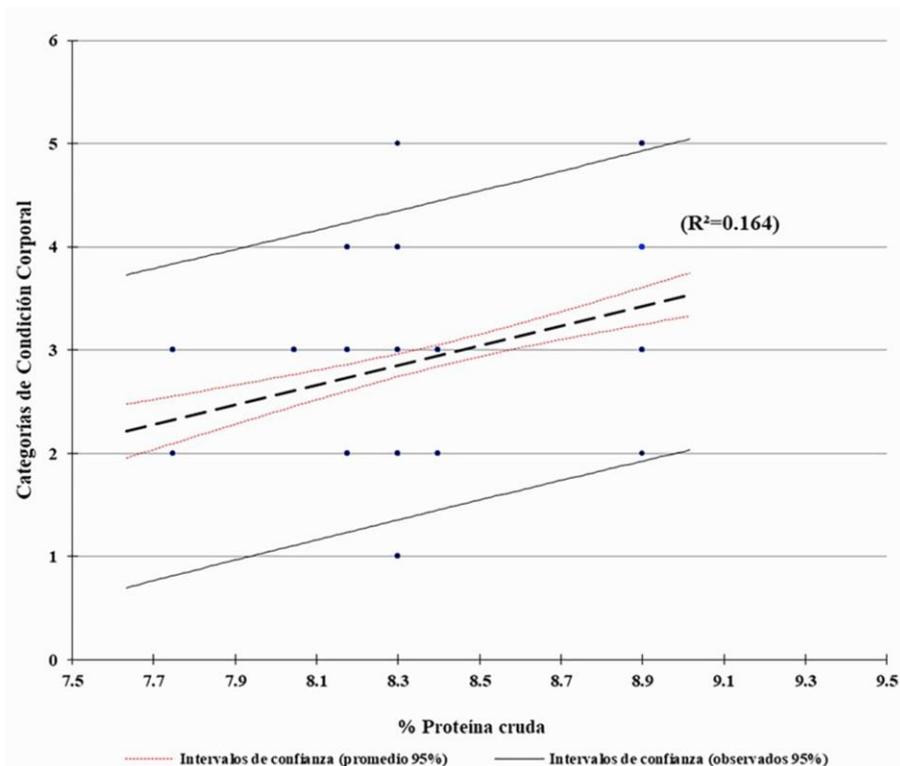
\* Estaciones y años, donde se encontraron diferencias significativas entre las variables.

En los aportes de proteína cruda de los forrajes, se observó que los machos jóvenes y las hembras (adultas y jóvenes), consumieron mayor cantidad de proteína; así mismo, en las categorías buena y excelente se encontraron más asociadas al consumo de proteína. Esto se corroboró mediante el análisis de correlación de Pearson, encontrándose una correlación positiva media entre las categorías de condición corporal y el consumo de proteína ( $r = 0.40$ ,  $P < 0.05$ ) (Fig. 6).



**Figura 6.** Grafica que muestran una correlación positiva, entre las categorías de condición corporal con los porcentajes de proteína cruda.

En el análisis de regresión, se observa que la proteína cruda es la variable explicativa de mayor importancia, que se relaciona positivamente (con un coeficiente de correlación bajo) con los diferentes grados de condición corporal (como la variable dependiente), de acuerdo con los modelos generados por el programa (XLSTAT-ecology versión 17.1. Microsoft® Excel® 2016);  $CC = -5.09 + 0.95 * \% \text{ Proteína cruda}$   $R^2 = 0.164$  y  $CC = 2.99 - 1.03 E -02 * \% \text{ Grasa (EE)}$   $R^2 = 0.000$  (Fig. 7).



**Figura 7.** Modelo de regresión lineal simple, entre las categorías de condición corporal con la variable de mayor peso, porcentaje de proteína cruda.

## DISCUSIÓN

Las condiciones del hábitat estuvieron influenciadas por una escasa precipitación (Fig. 2), que ocasionó una sequía prolongada, lo que podría explicar la baja abundancia de especies forrajeras (63 especies en 2010 y 50 especies durante 2011; Guerrero-Cárdenas *et al.*, 2016); a pesar de esto, se encontraron porcentajes medios y altos de proteína cruda (8.5 a 18%) en las diferentes formas de vida (Guerrero-Cárdenas *et al.*, 2018). Quizás, la baja disponibilidad de forrajes de buena calidad en nuestro estudio, pudo ser la causa de encontrar animales muy delgados C1 (muy mala condición), particularmente hembras (adultas y jóvenes) durante el verano de 2010. Una posible explicación es que, durante el verano, particularmente el grupo de hembras adultas se están reproduciendo, y muchas de ellas se encuentran en el primer trimestre de gestación (julio-agosto-septiembre; Sandoval *et al.*, 2014), lo que representa un costo energético extra, de la energía de mantenimiento almacenada, situación que se refleja en la pérdida de peso corporal. Que, de acuerdo con lo expresado por Lunas *et al.* (2013) en su investigación con venado cola blanca, refieren que sus requerimientos energéticos dependen del metabolismo basal, la actividad y el estado fisiológico del organismo, lo que representa costos en términos de energía para estos animales, y se ve reflejado en la pérdida de peso. Por su parte, Marshal *et al.* (2008) y Bartareau (2017), mencionan que dicha pérdida del peso corporal es un indicador de la variación espacial y temporal en los hábitos alimenticios y nutricionales de los animales y de las etapas fisiológicas de los individuos.



Otra causa posible de esta condición puede deberse a una gran carga parasitaria o enfermedad (Romero, 2015), favorecida por una severa desnutrición, y aunque no fue posible realizar dicha comprobación, creemos que puede ser una posible causa. Contrario a nuestro trabajo, en sitios con alta productividad como bosques de alta montaña, se reportan animales con mayores tallas y mejores condiciones corporales (Parker *et al.*, 2009).

En otro estudio con el borrego cimarrón de La Sierra del Mechudo, Guerrero-Cárdenas *et al.*, (2018) encontraron que estos animales consumieron preferentemente especies arbustivas con porcentajes medios de proteína, que oscilan entre los 8.5 y 12% en las diferentes estaciones. Esto pudo ser un factor determinante para que un gran número de borregos no se observaran desnutridos, razón por la cual pudieron permanecer en la condición C3 (moderada); esto puede deberse a que los borregos encontraron forrajes de mediana y alta calidad, observándose animales delgados, con una aparente mediana proporción de grasa y músculos que se pueden distinguir en la espina dorsal, las costillas y la cintura pélvica.

De acuerdo con los resultados obtenidos por Guerrero-Cárdenas *et al.*, (2016-2018), los borregos consumieron diferentes especies (arbustivas y herbáceas) con porcentajes altos (70–75) de fibra detergente neutra, la cual representa a todas las estructuras de la pared celular de las plantas y es característica distintiva de forrajes viejos y lignificados (Guerrero-Cárdenas *et al.*, 2018). Una característica particular del sistema digestivo de los rumiantes son las adaptaciones funcionales y anatómicas que les han permitido obtener energía disponible a partir del consumo de forraje altamente fibroso (Hanley, 1982; Mertens, 1987). Esto se ve reflejado en un mayor consumo de diferentes tipos de forraje, con elevados porcentajes de fibra de la que obtienen una gran cantidad de energía (Van Soest *et al.*, 1991); posible razón por la que los borregos se mantienen en grados intermedios de condición corporal (C3), sin llegar a las de mayor deterioro C2 (mala condición) y C1 (muy mala condición); es decir, que consumen forrajes solo para llenarse y no para nutrirse. Cuando la carencia de forraje de buena calidad es baja, los animales tienden a consumir todas aquellas especies de forrajes que incluso, antes no consumían, con la finalidad de saciar el hambre y obtener energía para mantenimiento (Mertens, 1987; Van Soest *et al.*, 1991).

Trabajos enfocados en la masa corporal y reservas de grasa en venados, demostraron que éstos reaccionaron de mejor manera al mayor consumo de alimento durante el verano, el cual se vio reflejado en su condición y talla corporal durante el otoño e invierno (Simard *et al.*, 2014). Durante la primavera de 2010, se registraron animales de mejor aspecto corporal: ocho hembras y seis machos en la categoría 4 (buena condición), cuatro hembras y seis machos en la 5 (excelente condición). Esto es posiblemente el resultado del consumo de forraje de mejor calidad, favorecido por una mayor precipitación (102.3 mm) durante el verano (septiembre-octubre) del año 2009 (Fig. 2).

Shank (1982) encontró que las hembras de los borregos son de tamaño menor a los machos, con un peso promedio de 50 kg, mientras que éstos promedian un peso de 75 kg, y debido al mayor tamaño de su estómago, consumen también una mayor cantidad de forrajes y son más eficientes para digerirlos, hecho que influye de manera determinante en su alimentación, lo cual se refleja en su condición corporal, y explica la diferencia del tamaño y masa corporal entre machos y hembras (Pelletier & Festa-Bianchet, 2004; Luna *et al.*, 2013). Esta puede ser la razón por la que se encontró a los machos adultos en las categorías más altas (C4 y C5).

Las hembras, sufren desbalances energéticos principalmente durante las dos primeras semanas después del parto, posteriormente, durante los primeros meses de lactancia (primavera y verano) y como consecuencia de esta pérdida energética, presentan una importante disminución de su peso corporal (Krasuman *et al.*, 1989; Miller & Gaud, 1989). Las hembras (jóvenes y adultas) se encontraron en las categorías de muy mala (C1), mala (C2) y moderada (C3) condición, particularmente durante el segundo semestre de los dos años evaluados (verano, otoño e invierno) siendo producto de una mala alimentación y de un mayor gasto de energía. Dichas pérdidas energéticas, coinciden también con los periodos de gestación

(verano-otoño) y lactancia (invierno-primavera), etapas fisiológicas que corresponden a borregos del desierto (Krausman *et al.*, 1989), donde se observan hembras severamente desnutridas o con muy mala condición corporal, con las apófisis espinosas, las costillas y la espina dorsal notorias y prominentes. Se observaron también machos jóvenes (M3), en la categoría de C3, debido también a una aparente desnutrición.

## CONCLUSIONES

El nivel de reservas de grasa es un indicador útil del bienestar general de la población de borregos, sin embargo, obtener mediciones de la grasa corporal en campo es un gran desafío. Lo que convierte al uso de las fotografías obtenidas por cámaras trampa, una herramienta de gran relevancia, como método multipropósitos y con la combinación de otros métodos particulares se puede evaluar el tamaño poblacional, en edades y sexos, aspectos sobre su ecología y comportamiento, así como su condición corporal.

Debido a que las reservas corporales de estos animales condicionan en gran medida su actividad reproductiva, entonces el conocimiento de su condición corporal resulta de gran importancia e interés para establecer estrategias de manejo en los períodos fisiológicos más importantes como la reproducción, gestación, nacimientos y lactancia.

Actualmente en México y particularmente en Baja California Sur, no existen estudios que evalúen la condición corporal del borrego cimarrón en el ambiente natural.

Con este método, fue posible visualizar y analizar la condición corporal de individuos de diferentes clases de edades y sexos, y utilizar estos resultados como herramienta para conocer cambios en el hábitat natural y aplicar en el manejo y conservación de sus poblaciones naturales.

**AGRADECIMIENTOS.** La obtención en campo de esta información fue obtenida gracias al apoyo de los Proyectos CONABIO GN024 y CIBNOR PC0.24. A los comisariados de los ejidos Ley Federal de Aguas No. 2 y 3, y de Tempentú. Agradecemos el apoyo en campo de los técnicos, M. Acevedo-Beltrán y A. Argueta-Arriaga. La elaboración de mapas a J. Rivera-Rosas.

## LITERATURA CITADA

- Audigé, L., Wilson, P. R., Morris, R. S.** (1998) A body condition score system and its use for farmed red deer hinds. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 41, 545–553.
- Barboza, P. S., Bowyer, R. T.** (2000) Sexual segregation in dimorphic deer: a new gastrocentric hypothesis. *Journal of Mammalogy*, 81, 473–89.
- Battini, M., Vieira, A., Barbieri, S., Ajuda, I., Stilwell, G., Mattiello, S.** (2014) Animal-based indicators for on-farm welfare assessment for dairy goats. *Journal Dairy Science*, 97, 6625–6648.
- Bartareau, T. M.** (2017) Estimating the Live Body Weight of American Black Bears in Florida. *Journal of Fish and Wildlife Management*, 8, 234–239.
- Bell, R. H.** (1971) A grazing ecosystem in the Serengeti. *Scientific American*, 224, 86–93.
- Bender, L. C., Cook, J. G., Cook, R. C., Hall, P. B.** (2008) Relations between nutritional condition and survival of North American elk *Cervus elaphus*. *Wildlife Biology*, 14, 70–80.
- Bowyer, R. T., Bleich, V. C., Stewart, K. M., Whiting, J. C., Monteith, K. L.** (2014) Density dependence in ungulates: a review of causes, and concepts with some clarifications. *California Fish and Game*, 100, 550–572.



- Cook, R. C., Stephenson, T. R., Myers, W. L., Cook, J. G., Shipley, L. A.** (2007) Validating predictive models of nutritional condition for mule deer. *Journal of Wildlife Management*, 71, 1934–1943.
- Cook, R. C., Cook, J. G., Stephenson, T. R., Myers, W. L., Mccorquodale, S. M., Vales, D. J., Irwin, L. L., Hall, P. B., Spencer, R. D., Murphie, S. L., Schoenecker, K. A., Miller, P. J.** (2010) Revisions of rump fat and body scoring nutritional condition indices for deer, elk, and moose. *Journal of Wildlife Management*, 74, 880–896.
- Demment, M. W., Van Soest, P. J.** (1985) A nutritional explanation for body-size patterns of ruminant and nonruminant herbivores. *The American Naturalist*, 125, 641–672.
- Edmondson, A. J., Lean, J., Weaver, C., Farver, T., Webster, G.** (1989) A body condition scoring chart for dairy cows. *Journal Dairy Science*, 72, 68–78.
- Ezenwa, O. V., Jolles, A. E., O'Brien, M. P.** (2009) A reliable body condition scoring technique for estimating condition in African buffalo. *African Journal Ecology*, 47, 476–481.
- Festa-Bianchet, M.** (1988) Seasonal range selection in Bighorn Sheep: conflicts between forage quality, forage quantity, and predator avoidance. *Oecologia*, 75, 580–586.
- García, E.** (1988) *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen*. Instituto de Geología, UNAM, México, D.F.
- Green, A. J.** (2001) Mass/length residuals: measures of body condition or generators of spurious results? *Ecology*, 82, 1473–1483.
- Guerrero-Cárdenas, I., Tovar-Zamora, I., Álvarez-Cárdenas, S.** (2003) Factores que afectan la distribución 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, 83–98.
- Guerrero-Cárdenas, I., Gallina, S., Corcuera, P., Álvarez-Cárdenas, S., Ramírez-Orduña, R.** (2016) Diet composition and selection of the bighorn sheep (*Ovis canadensis*) in Sierra El Mechudo, Baja California Sur, Mexico. *Therya*, 7, 423–438.
- Guerrero-Cárdenas, I., Álvarez-Cárdenas, S., Gallina, S., Corcuera, P., Ramírez-Orduña, R., Tovar-Zamora, I.** (2018) Variación estacional del contenido nutricional de la dieta del borrego cimarrón del desierto (*Ovis canadensis weemsi*), en Baja California Sur, México. México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 34, 1–18.
- Hanley, T. A.** (1982) The nutritional basis for food selection by ungulates. *Journal of Range Management*, 35, 146–150.
- Hofmann, R. R.** (1989) Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*, 78, 443–457.
- Jakob, E. M., Marshall, S. D., Uetz, G. W.** (1996) Estimating fitness: A comparison of body condition indices. *Oikos*, 77, 61–67.
- Jarman, P. J.** (1974) The social organization of antelope in relation to their ecology. *Behaviour*, 48, 215–266.
- Krausman, P. R., Leopold, B. D., Seegmiller, R. F., Steve, G. T.** (1989) Relationships between desert bighorn sheep and habitat in western Arizona. *Wildlife Monographs*, 102, 3–66.
- Lopez, F.** (2006) Relation between corporal condition and reproductive efficiency in holstein cows. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 4, 77–86.
- Luna, R. S., Duarte, A., Weckerly, F. W.** (2013) Influence of body size on dietary nutrition of white-tailed deer *Odocoileus virginianus*. *Journal of Fish and Wildlife Management*, 4, 53–62.
- Marshall, P., Krausman, P. R., Bleich, V. C.** (2008) Body condition of mule deer in the Sonoran desert is related to rainfall. *The Southwestern Naturalist*, 53, 311–318.
- Mattiello, S., Andreoli, E., Stefanelli, A., Cantafora, A., Bianchi, A.** (2009) How to evaluate body conditions of red deer (*Cervus elaphus*) in an alpine environment? *Italian Journal Animal Science*, 8, 555–565.
- Mazaika, R., Krausman, P. R., Etchberger, R. C.** (1992) Nutritional carrying capacity of desert bighorn sheep habitat in the Pusch Ridge Wilderness, Arizona. *Southwestern Naturalist*, 37, 372–378.

- McCuchen, H. E.** (1985) A technique to visually assess physical condition of bighorn sheep. *Desert Bighorn Council Transactions*, 29, 27–30.
- Mertens, D. R.** (1987) Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*, 64, 1548–1558.
- Miller, G. D., Gaud, W. S.** (1989) Composition and variability of desert bighorn sheep diets. *Journal of Wildlife Management*, 53, 597–606.
- Monson, G., Sumner, L.** (1980) *The desert bighorn; its life history, ecology and management*. The University of Arizona Press, Tucson, 365 pp.
- Parker, K. L., Barboza, P. S., Gillingham, M. P.** (2009) Nutrition integrates environmental responses of ungulates. *Functional Ecology*, 23, 57–69.
- Peig, J., Green, A. J.** (2009) New perspectives for estimating body condition from mass/length data: the scaled mass index as an alternative method. *Oikos*, 118, 1883–1891.
- Pelletier, F., Festa-Bianchet, M.** (2004) Effects of body mass, age, dominance and parasite load on foraging time of bighorn rams, *Ovis canadensis*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 56, 546–551.
- Pérez-Flores, J., Calmé, S., Reyna-Hurtado, R.** (2016) Scoring body condition in wild baird's tapir (*Tapirus bairdii*) using camera traps and opportunistic photographic material. *Tropical Conservation Science*, 9, 1–16.
- Riney, T.** (1962) A field technique for assessing physical condition of some ungulates. *Journal of Wildlife Management*, 24, 92–94.
- Romero, O.** (2015) *Evaluación de la condición corporal y edad de los ovinos. Herramientas de Manejo Animal*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura No. 79. Temuco – Chile, 5 pp.
- Sandoval, A. V., Valdez, R., Espinoza, A. T.** (2014) The bighorn sheep in Mexico. Pp: 475–501. R. Valdez, J. A. Ortega (Eds.). *Ecology and Wildlife Management*. Graduate College, Texcoco, México, 523 pp.
- Schiffmann, C., Clauss, M., Hoby, S., Jean-Michel, H.** (2017) Visual body condition scoring in zoo animals composite, algorithm and overview approaches in captive Asian and African elephants. *Journal of Zoo and Aquarium Research*, 5, 1–10.
- Serrano, E., Alpizar-Jara, R., Morellet, N., Hewison, A. J.** (2008) A half a century of measuring ungulate body condition using indices: is it time for a change? *European Journal of Wildlife Research*, 54, 675–680.
- Shank, C. C.** (1982) Age-sex differences in the diets of wintering Rocky Mountain sheep. *Ecology*, 63, 627–633.
- Simard, A., Huot, J., Bellefeuille, S., Steeve, D.** (2014) Influences of habitat composition, plant phenology, and population density on autumn indices of body condition in a northern white-tailed deer population. *Wildlife Monographs*, 187, 1–28.
- Smiley, R. A.** (2017) Beyond capture: development and validation of a method to assess body condition in mule deer (*Odocoileus hemionus*) using camera traps. Honors Scholar Theses, 533, University of Connecticut, USA, 30 pp. Disponible en: [http://digitalcommons.uconn.edu/srhonors\\_theses/533](http://digitalcommons.uconn.edu/srhonors_theses/533)
- Stevenson, R. D., Woods, W. A.** (2006) Condition indices for conservation: new uses for evolving tools. *Integrative Comparative Biology*, 46, 1169–1190.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., Lewis, B. A.** (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 35–83.
- Wijeyamohan, S., Treiber, K., Schmitt, D., Santiapillai, C. H.** (2015) A visual system for scoring body condition of asian elephants (*Elephas maximus*). *Zoo Biology*, 34, 53–59.