



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD-IZTAPALAPA

DIVISIÓN

CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

ECOLOGÍA TRÓFICA DEL BORREGO CIMARRÓN (*Ovis canadensis weemsi*) EN LA SIERRA EL MECHUDO, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

PRESENTA

M. en C. ISRAEL GUERRERO CÁRDENAS

COMITÉ TUTORAL

Dra. Sonia Antonieta Gallina Tessaro (Codirector)

Dr. Pablo Corcuera Martínez del Río (Codirector)

Dr. Sergio Álvarez Cárdenas (Asesor)

Iztapalapa, Ciudad de México, junio de 2020

El presente trabajo fue realizado en primera instancia para la toma de datos, en el extremo sur del macizo montañoso de la Sierra El Mechudo, al noroeste de la Bahía de la Paz, en Baja California Sur, México. Los análisis de laboratorio y en general todo el desarrollo de esta tesis, se llevaron a cabo en el Laboratorio de Ecología Animal del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) S.C., en la Paz, B.C.S., México. El proyecto se llevó a cabo bajo la codirección de la Dra. Sonia A. Gallina Tessaro, investigadora del Instituto de Ecología A.C., en la Cd. de Xalapa Veracruz, Dr. Pablo Corcuera Martínez del Rio, profesor investigador de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, del departamento de Biología, y con la asesoría del Dr. Sergio Álvarez Cárdenas, investigador del área de Planeación Ambiental y Conservación del CIBNOR. El autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por la beca otorgada para sus estudios de doctorado, que comprendió del periodo de septiembre de 2013 a abril de 2015. el Doctorado de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad Autónoma Metropolitana pertenece al padrón de posgrados de excelencia del Conacyt y, además, cuenta con apoyo del mismo consejo con el convenio pfp-20-93.

El jurado designado por La Comisión Académica del Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, de la Universidad Autónoma Metropolitana aprobó la tesis que presentó:

Nombre del alumno: Israel Guerrero Cárdenas

Fecha de aprobación de la tesis; 26 junio 2020.

JURADO:

Dr. Pablo Corcuera Martínez del Río

Presidente

Dra. Sonia Antonieta Gallina Tessaro

Secretario

Dr. Sergio Álvarez Cárdenas

Vocal 1

Dr. Ángel Rodríguez Moreno

Vocal 2

Dr. Fernando Noel González Saldívar

Vocal 3



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ACTA DE DISERTACIÓN PÚBLICA

No. 0039

Matrícula: 2133809167

ECOLOGÍA TRÓFICA DEL BORREGO
CINARRÓN (*Ovis canadensis*
weemsii) EN LA SIERRA EL
MECHUDO, BAJA CALIFORNIA
SUR, MÉXICO.



Escriba el texto aquí

ISRAEL GUERRERO CARDENAS
ALUMNO

Con base en la Legislación de la Universidad Autónoma Metropolitana, en la Ciudad de México se presentaron a las 11:00 horas del día 26 del mes de junio del año 2020 POR VÍA REMOTA ELECTRÓNICA, los suscritos miembros del jurado designado por la Comisión del Posgrado:

DR. PABLO CORCUERA MARTINEZ DEL RIO
DR. SERGIO ALVAREZ CARDENAS
DR. ANGEL RODRIGUEZ MORENO
DR. FERNANDO NOEL GONZALEZ SALDIVAR
DRA. SONIA GALLINA TESSARO

Bajo la Presidencia del primero y con carácter de Secretaría la última, se reunieron a la presentación de la Disertación Pública cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

ISRAEL GUERRERO CARDENAS

y de acuerdo con el artículo 78 fracción IV del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

APROBAR

Acto continuo, el presidente del jurado comunicó al interesado el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.

REVISÓ

ROSALIA SERRANO DE LA PAZ
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

DIRECTORA DE LA DIVISIÓN DE CBS

DRA. ROSA LUZ CAMARGO RICALDE

PRESIDENTE

DR. PABLO CORCUERA MARTINEZ DEL RIO

VOCAL

DR. SERGIO ALVAREZ CARDENAS

VOCAL

DR. ANGEL RODRIGUEZ MORENO

VOCAL

DR. FERNANDO NOEL GONZÁLEZ SALDIVAR

SECRETARIA

DRA. SONIA GALLINA TESSARO

El presente documento cuenta con la firma –autógrafa, escaneada o digital, según corresponda- del funcionario universitario competente, que certifica que las firmas que aparecen en esta acta – Temporal, digital o dictamen- son auténticas y las mismas que usan los c.c. profesores mencionados en ella

Agradecimientos institucionales.

Quiero expresar mi mayor agradecimiento a la Universidad Autónoma Metropolitana (mi *alma máter*), por recibirme en su posgrado; Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud. Dra. María de Jesús Ferra, Dr. Humberto Gonzales. Lic. Ernesto Olivares, por todo el apoyo recibido durante mi estancia en el posgrado y la UAM. Al Conacyt, por los dos primeros años de beca que me otorgaron. Dra. Sonia A. Gallina Tessaro, del Instituto de Ecología, A.C. de Xalapa, por guiarme y fungir como mi codirector de esta tesis. De la misma manera agradezco al Dr. Pablo Corcuera, de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, codirector de tesis.

Dr. Sergio Álvarez Cárdenas, del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Asesor y guía de esta tesis doctoral. Gracias por todo el apoyo que he recibido de tu parte. Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, por brindarme la oportunidad de los permisos correspondientes, para realizar mis estudios de posgrado. Dr. Alejandro Maeda y Dra. Aurora Breceda Solís Cámara, por todo su apoyo dentro del programa de Planeación Ambiental y Conservación. Al Dr. Rafael Ramírez Orduña, de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, por su asesoría en este proyecto. Quiero agradecer al Dr. Fernando Gonzalez Saldívar, Dr. Ángel Rodríguez Moreno, Dra. Mariela Hada Fuentes Ponce, Dr. Daniel Mota Rojas, por las sugerencias aportadas en el examen predoctoral. Los técnicos del CIBNOR; Abelino Cota Castro, Joaquín Rivera Rosas, Marcos Acevedo Beltrán y Agustín Argueta Arriaga, por su valiosa ayuda en campo y elaboración de mapas.

Dedicatorias. La fortaleza de mi vida; Ivonne, Iker Yvan y Leila Ivanna...Los amos.

A mis padres; Rosario y Delfino, mi hermana Ivonne y sobrina Jessica. Gracias por apoyarme siempre. Abuela Toña, un logro mas...para ti con mucho amor, en donde estes!

RESUMEN

Se evaluó la composición botánica de la dieta del borrego cimarrón, en la zona del Junco, en la Sierra El Mechudo, BCS, México. Analizando los patrones estacionales de uso y disponibilidad de las especies vegetales presentes, durante los años 2010 y 2011. La vegetación se caracterizó por medio de 50 transectos lineales de 500 m². La dieta se determinó mediante la técnica microhistológica de las heces. Se calculó el porcentaje de digestibilidad *In Vitro* de la materia seca y la energía digestible de los forrajes. Se determinó la similaridad de la dieta estacional y anualmente, a través de un análisis clúster. A partir de dos índices de selección (Ivlev, Bonferroni), se estimó la proporción en la dieta y disponible de las especies vegetales de las que se alimentan los borregos para conocer sus preferencias. En el hábitat se identificaron 21 familias con 63 especies en 2010 y 22 familias con 50 especies durante 2011. Las arbustivas fueron las formas dominantes. El análisis de excretas permitió identificar 47 especies, constituidas por: 27 arbustos (62.1 %), 12 herbáceas (26.9 %), seis árboles (10.6 %), una suculenta (0.2 %) y una especie no identificada (0.1 %). El análisis clúster mostró siete agrupaciones. Los índices de Ivlev y de Bonferroni mostraron que en 2010 los borregos seleccionaron a *Bourrieria sonora*, *Melochia tomentosa* y *Caesalpinia placida*. Mientras que para 2011, seleccionaron a *Bursera epinnata*, *C. placida* y *Larrea tridentata*. Las especies arbustivas fueron las de mayor consumo, constituyendo el 62.1 % de su dieta. Las cuatro especies seleccionadas tuvieron valores altos de calidad nutricional.

Para los análisis de calidad nutricional se consideraron los porcentajes de ceniza, proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), extracto etéreo (EE) y digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS). Se encontraron cambios estacionales en el contenido de nutrientes en las especies de plantas que se estudiaron. En primavera los porcentajes de mayor valor fueron para *Viscainoa geniculata* (DIVMS, 71.9%), *Buddleja corrugata* (ceniza, 11.7%), *Lysiloma candida* (proteína cruda, 22.03%), *Condalia globosa* (FDA, 56.9%), *Aristida adscensionis* (FDN, 80.2%) y *Bursera epinnata* (EE, 5.3%). En invierno, los porcentajes más elevados de nutrientes fueron para *Opuntia cholla* (IVDMD, 71.7%), *Fouquieria diguetii* (PC, 16.04%), *Bouteloua aristidoides* (NDF, 78.4%) y *Croton caboencis* (EE, 5.7%). En verano y otoño solo se encontraron dos especies con altos valores: *L. candida* (ceniza, 9.1%) y *Krameria parvifolia* (FDA, 50.2%). *Caesalpinia placida* fue la única especie seleccionada en los dos años, particularmente durante otoño e invierno. Encontramos que los principales nutrientes (ceniza o minerales, proteína cruda y extracto etéreo) del forraje consumido estuvieron asociados principalmente con la segunda etapa de la gestación (finales de verano y todo el otoño) y con la primera y segunda etapas del parto y lactancia (invierno y primavera).

A partir de una escala de cinco puntos no invasiva, 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. 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.

SUMMARY

The botanical composition of the bighorn sheep diet was evaluated in the Junco area, in the Sierra El Mechudo, BCS, Mexico. Analyzing the seasonal patterns of use and availability of the plant species present, during the years 2010 and 2011. The vegetation was characterized by 50 linear transects of 500 m². The diet was determined by the microhistological technique of the faeces. The percentage of *In Vitro* digestibility of dry matter and digestible energy of fodder was calculated. The similarity of the seasonal and annual diet was determined through a cluster analysis. Based on two selection indices (Ivlev, Bonferroni), the proportion of use and availability of the plant species that the sheep feed on in order to know their preferences was estimated. In the habitat, 21 families with 63 species were identified in 2010 and 22 families with 50 species during 2011. Shrubs were the dominant forms. The analysis of faeces made, permitted identify 47 species, consisting of 27 shrubs (62.1%), 12 herbaceous (26.9%), six trees (10.6%), one succulent (0.2%) and one unidentified species (0.1%). Cluster analysis showed seven clusters. The Ivlev and Bonferroni indices indicated that in 2010 sheep selected *Bourriera sonorae*, *Melochia tomentosa* and *Caesalpinia placida*. While for 2011, they selected *Bursera epinnata*, *C. placida* and *Larrea tridentata*. Shrub species were the most consumed, comprising 62.1% of their diet. The four selected species had high nutritional quality values.

The percentages of ash, crude protein (PC), neutral detergent fibre (FDN), acid detergent fibre (FDA), ethereal extract (EE) and in vitro digestibility of dry matter (DIVMS) were considered for nutritional quality analyses. Seasonal changes in nutrient content were found in the plant species studied. In spring the highest value percentages were for *Viscainoa geniculata* (DIVMS, 71.9%), *Budlleja corrugata* (ash, 11.7%), *Lysiloma candida* (crude protein, 22.03%), *Condalia globosa* (FDA, 56.9%), *Aristida adscensionis* (FDN, 80.2%) and *Bursera epinnata* (EE, 5.3%). In winter, the highest percentages of nutrients were for *Opuntia cholla* (IVDMD, 71.7%), *Fouquieria diguetii* (PC, 16.04%), *Bouteloua aristidoides* (NDF, 78.4%) and *Croton caboencis* (EE, 5.7%). In summer and autumn only two species with high values were found: *L. candida* (ash, 9.1%) and *Krameria parvifolia* (FDA, 50.2%). *Caesalpinia placida* was the only species selected in both years, particularly during autumn and winter. We found that the main nutrients (ash or minerals, crude protein and ethereal extract) of the forage consumed were mainly associated with the second stage of gestation (late summer and all autumn) and with the first and second stages of birth and lactation (winter and spring).

From a non-invasive five-point scale, images obtained by phototrapping were analyzed to visualize body parts (spine, ribs and hip) of sheep, and detect seasonal changes in the body condition of males and females. Twenty cameras trap were used, located particularly in surface water bodies. 199 animals were identified in the two years of sampling; 120 in 2010 and 79 in 2011. Regarding the scoring 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 lowest number C5 (excellent, $n = 9$) and C1 (very bad, $n = 5$). A positive correlation was observed between body condition categories and protein intake ($r=0.40$, $P<0.05$). Crude protein was the most important explanatory variable, positively related to body condition categories ($R^2 = 0.166$, $F = 38.8$, $P <0.0001$). In general, bighorn sheep were observed in intermediate categories of body condition (C3). Females were found in the categories of very bad, bad and moderate. Males were found in moderate, good and excellent body condition. This method made it possible to visualize and analyze the body condition of bighorn sheep at different times, being possible to use them as a tool to detect changes in the natural habitat (quantity and quality of forage) and to apply it as an alternative method within the management and conservation strategies of the natural populations.

INDICE

Capítulo 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1. Marco teórico.....	1
1.1.2. El enfoque de la Ecología Trófica.....	1
1.1.3. Dieta óptima, estrategias alimenticias y selección de la dieta.....	1
1.2. El Borrego Cimarrón.....	4
1.2.1. Origen y evolución de la especie.....	4
1.2.2. Distribución histórica de <i>Ovis canadensis</i>	4
1.2.3. Clasificación taxonómica.....	5
1.2.4. Generalidades de la especie.....	5
1.3. Antecedentes.....	8
1.3.1. Dieta del borrego cimarrón y sus valores nutricionales.....	8
1.3.2. Condición corporal del borrego cimarrón.....	11
1.4. Justificación.....	12
Hipótesis.....	13
Objetivo general.....	13
Objetivos particulares.....	13
1.5. Bibliografía consultada.....	14
Capítulo 2.....	18
DIETA DEL BORREGO CIMARRÓN.....	18
2.1. Resumen.....	18
2.2. Introducción.....	19
2.3. Materiales y métodos.....	20
2.4. Resultados.....	24
2.5. Discusión.....	32
2.6. Bibliografía consultada.....	36
Capítulo 3.....	41
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA DIETA.....	41
3.1. Resumen.....	41
3.2. Introducción.....	42
3.3. Materiales y Métodos.....	43

3.4. Resultados.....	47
3.5. Discusión.....	50
3.6. Bibliografía consultada.....	54
ANEXOS.....	59
Capítulo 4.....	65
CONDICIÓN CORPORAL.....	65
4.1. Resumen.....	65
4.2. Introducción.....	65
4.3. Materiales y Métodos.....	67
4.3.1. Evaluación fotográfica.....	68
4.3.2. Criterios de identificación.....	69
4.6. Resultados.....	73
4.7. Discusión.....	75
4.8. Conclusiones.....	82
4.9. Bibliografía consultada.....	78
5. DISCUSIÓN GENERAL.....	
822	
5.1. Bibliografía consultada.....	85
6. CONCLUSIONES GENERALES.....	87
7. Consideraciones y perspectivas para el manejo y conservación de la población de borrego cimarrón, de la Sierra El Mechudo.....	89
8. Artículos publicados.....	92

LISTA DE FIGURAS

Introducción	
Capítulo 1.....	1
Figura 1. Distribución de las diferentes subespecies de <i>Ovis canadensis</i> en Norte América	5
Figura 2. Clases de edades y sexos en borregos cimarrones (Tomado de: Gobierno de Sonora 2012).....	6
Figura 3. Distribución del borrego cimarrón <i>Ovis canadensis weemsi</i> en las zonas montañosas de Baja California Sur, México.....	7
Figura. 4. Clases de condición física, establecida a partir de borregos del desierto, según Riney (1960).....	11
Capítulo 2.....	18
Figura 1. El área de estudio conocida como el Junco, comprende la parte sur de la Sierra El Mechudo, 50 km. al norte de la Ciudad de La Paz, Baja California Sur.....	21
Figura 2. Valores de temperaturas y precipitación correspondientes a 7 años (2006-2012) en el área de estudio.....	22
Figura 3. Análisis de agrupación clúster (dendograma), que muestra la similitud estacional de acuerdo a los valores de DIVMS y ED en cada una de las especies vegetales consumidas por los borregos.....	25
Capítulo 3.....	41
Figura 1. Localización de la zona del estudio, El Junco, que pertenece al macizo montañoso de la Sierra El Mechudo.....	44
Figura 2. Climograma de temperaturas máximas, mínimas y precipitación, durante siete años (2006- 2012) en el área de estudio.....	45
Figura 3. Análisis de Componentes Principales tras rotación Varimax, que presenta la agrupación de las especies seleccionadas (Índice de Ivlev) con sus respectivos valores nutrimentales.....	50

Capítulo 4.....	65
Figura 1. Zonas evaluadas en la Sierra El Mechudo. Los triángulos representan los sitios donde se colocaron las cámaras trampa.....	67
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).....	68
Figura 3. Categorías de edades y sexos que se utilizaron para evaluar la condición corporal de los borregos.....	69
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.....	70
Figura 5. Regiones anatómicas seleccionadas, para evaluar las medidas de condición corporal del borrego cimarrón.....	71
Figura 6. Grafica que muestran una correlación positiva, entre las categorías de condición corporal con los porcentajes de proteína cruda.....	74
Figura 7. Modelo de regresión lineal simple, entre las categorías de condición corporal con la variable de mayor peso, porcentaje de proteína cruda.....	75

LISTA DE CUADROS

Capítulo 1.....	1
Cuadro 1. Estudios realizados sobre la dieta del borrego cimarrón en USA y México. Las letras representan las formas de vida; Arbustos (Ab), Herbáceas (H), Gramíneas (G), Arboles (Ar) y Suculentas (suc).....	9
Cuadro 2. Datos obtenidos de estudios realizados sobre valores nutrimentales de la dieta del borrego cimarrón, en USA.....	10
Capítulo 2.....	18
Tabla 1. Composición específica y porcentaje de densidad relativa de las especies forrajeras que constituyen la dieta del borrego cimarrón en la zona del Junco durante los años 2010 y 2011	26
Tabla 2. Valores de selección (Ivlev y Bonferroni) de las especies vegetales consumidas por el borrego cimarrón.....	29
Capítulo 3.....	41
Cuadro 1. Intervalos de confianza de Bonferroni, que expresan el nivel de selección de las especies forrajeras por parte de los borregos y el contenido nutricional en las diferentes estaciones de los dos años.....	48
Anexo1. Especies vegetales consumidas por los borregos, con sus respectivos valores nutricionales (expresados en porcentajes), en las diferentes estaciones de los años 2010 y 2011.....	59
Capítulo 4.....	65
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), Audigé et al. (1998) y Romero (2015).....	72
Tabla 2. Tabla 2. Diferencias significativas entre las categorías de condición corporal en las clases de edades y sexos, por estaciones y años.....	74

1. Introducción

El hábitat es el conjunto de condiciones y recursos que permiten la existencia de una especie o un grupo de especies en un lugar determinado y es particular para cada especie, así el reparto de recursos se divide en tres categorías dimensionales: el espacio, el alimento y el tiempo (Pianka 1974). Un aspecto fundamental para estudios de ecología animal es evaluar la asociación de una especie con su ambiente, es decir, la variedad de hábitats que ocupan, o sus preferencias de hábitat; particularmente, el alimento, la protección y el agua, son los principales elementos que el hábitat debe de proveer para la supervivencia de los grandes herbívoros (Sinclair et al. 2006).

Considerar los aspectos de la biología básica de los mamíferos herbívoros, como la alimentación, es de suma importancia, debido a que es uno de los principales factores que regulan la distribución y el número de individuos de una población en un área determinada. El valor de las investigaciones acerca de los hábitos alimenticios de los mamíferos, permite conocer que recursos de un ecosistema son los consumidos, cómo, cuándo y dónde los obtienen (Hanley 1982; Nagy y Haufler 1989), por tanto, uno de los objetivos de la ecología es el de conocer las relaciones entre las poblaciones de estos animales y su medio, así como los intercambios energéticos y sus repercusiones (Albon y Langvatn 1992).

Muchos de los estudios acerca de la selección de la dieta, analizan tanto la composición de los tipos de alimento, como su contenido nutricional para tratar de explicar las preferencias de forrajeo de las especies (Hanley 1997). Las pautas conductuales asociadas a la alimentación tienen como objetivo principal el optimizar la tasa de ganancia energética, permitiendo así satisfacer otros requerimientos importantes no relacionados directamente con la alimentación (Stephens y Krebs 1986; Green 1987).

1.1. Marco teórico

1.1.1. El enfoque de la Ecología Trófica

La ecología trófica de rumiantes silvestres incluye aspectos como el ramoneo, los requerimientos nutricionales, la disponibilidad, la calidad nutricional y energía proporcionada por el alimento, además de la eficiencia digestiva (Ramírez-Lozano 2012). Estos aspectos determinan la condición corporal, cambios en la masa corporal y, en último caso, la reproducción y la supervivencia de una población.

1.2.1. Dieta óptima, estrategias alimenticias y selección de la dieta

La adquisición de estrategias adecuadas para obtener el alimento y transformarlo de una manera eficiente, es la base de la supervivencia de todo organismo. Se ha partido del supuesto de que la presión

selectiva de este hecho es tan intensa, que solamente han persistido aquellas poblaciones animales que se han adaptado a alimentarse óptimamente, es decir, obteniendo el máximo beneficio con el mínimo costo energético (Belovsky 1978; Hofmann 1989). Según la teoría que postula Westoby (1974), el objetivo de un gran mamífero herbívoro a la hora de alimentarse, es conseguir un balance óptimo de nutrientes dentro de una cantidad de alimento determinado. En este modelo, la dieta del animal está definida por sus necesidades, ciertas cantidades mínimas de varios nutrientes, y la cantidad de alimento que puede procesar en un tiempo dado. En otras palabras, el problema particularmente de los grandes herbívoros cuando seleccionan una dieta, sería obtener las proporciones adecuadas de diferentes nutrientes en un volumen de ingesta relativamente fijo.

Hoffman (1973; 1988), clasifica los rumiantes en tres grupos. El primero y más antiguo que apareció cuando los pastos no cubrían todavía grandes extensiones y consumían las partes de árboles y arbustos ricas en contenido celular fácilmente digestible y altamente nutritivo, el conjunto de estos animales se clasifica como selectores o colectores de plantas, comparativamente con los bovinos no tienen una gran capacidad de digestión de la fibra, poseen un rumen más pequeño y un abomaso de mayor tamaño, presentan mayor frecuencia de consumo de alimento, glándula salivales de mayor tamaño, labios móviles, lengua de mayor longitud y de mayor movilidad que le permite seleccionar los alimentos. Entre las especies más representativas está la jirafa (*Giraffa camelopardalis*) y el ciervo rojo (*Cervus elaphus*). Otro grupo de animales está relacionado con las formas más recientes de rumiantes, este grupo es denominado consumidores de forrajes o pastoreadores, consumen plantas fibrosas, tienen gran capacidad de digerir el contenido estructural de las plantas y sus contenidos celulares altamente fermentables mediante simbiosis con microorganismos, cuentan con un rumen más grande y un abomaso más pequeño, presentan una frecuencia de alimentación con periodos más cortos pero de mayor tamaño de bocado, presentan glándulas salivales de menor tamaño, lengua más corta y de poca movilidad. En este grupo se ubican bovinos (*Bos taurus* y *Ovis canadensis*), ovinos (*Ovis aries*), bisonte (*Bison bison*), búfalo (*Bubalus bubalis*). El tercer grupo, en el que existen numerosas especies clasificadas como consumidoras intermedias tienen la capacidad de adaptarse anualmente o por periodos de acuerdo a la oferta de forrajes o el crecimiento estacional de las plantas, sin embargo tienen preferencias por alimentos energéticos, poseen un rumen relativamente pequeño, pero adaptable a la naturaleza fibrosa de los alimentos consumidos, son altamente selectivas y por sus particularidades anatómicas los sitúan dentro de los selectores de plantas. En este grupo se identifican los caprinos, wapitis (*Cervus canadensis*) y rebeco (*Capreolus capreolus*).

La teoría de forrajeo óptimo propone que los organismos al buscar, seleccionar e ingerir los alimentos, siguen aquellas estrategias de comportamiento que les permiten obtener el máximo beneficio con el mínimo esfuerzo y riesgo (Krebs y Davies, 1993; Shettleworth, 1998). En esencia, esto es visto como un

problema de costo - beneficio. El costo está representado usualmente en términos de tiempo dedicado a la búsqueda y selección del alimento, y el beneficio, es la ganancia medida en términos de consumo calórico.

Westoby (1974) y Stephens y Krebs (1986) señalan que, cuando la disponibilidad de alimento es baja, los animales deberían incluir alimento de baja calidad, y por tanto, disminuir el tiempo de búsqueda, o en su defecto incrementar sus desplazamientos a costa de un mayor consumo energético con el fin de obtener alimento de alta calidad.

Una población tendría una menor amplitud de la dieta (es decir, menor número de especies de forrajes) en la época de mayor disponibilidad de recursos. Esto se debe a que los individuos pueden seleccionar solo alimento de buena calidad debido al bajo costo energético de encontrarlo. Por el contrario, en épocas de escases los individuos tendrían que ser más generalistas ya que el costo de encontrar forrajes de buena calidad será alto debido a su escasez (Stephens y Krebs 1986; Owen-Smith 1989)

En relación con el uso del hábitat, la teoría predice que los herbívoros seleccionarán aquellos parches cuyas comunidades vegetales presenten mayor abundancia y mayor aporte nutritivo (Quintana *et al.* 2002). De esta manera, movimientos más lentos en áreas con gran cantidad de nutrientes, podrían asegurar que los herbívoros gasten menos energía en desplazarse (Fryxell y Sinclair 1988; Owen-Smith 1989).

Otro factor que afecta la selección de la dieta es la baja palatabilidad de las plantas. La baja palatabilidad se debe a compuestos secundarios que además pueden inhibir las funciones del rumen. Según Hoffman (1989), los compuestos volátiles aromáticos inhiben el crecimiento de las bacterias ruminales, y en consecuencia disminuye la calidad nutritiva de los alimentos. La naturaleza de dichos compuestos lleva a los herbívoros a desarrollar mecanismos para degradarlos, eliminarlos o evitarlos (Illius y Gordon 1993; Illius y O'Connor 2000).

La nutrición en rumiantes silvestres es alusiva a la conversión de los componentes químicos de los forrajes consumidos. Por su parte, la energía obtenida del medio ambiente, a través de procesos metabólicos, es almacenada para crecer y mantener tejidos y órganos, además de soportar los costos de las diferentes actividades fisiológicas. Como resultado, el peso de tejidos y órganos puede aumentar (Serrano *et al.* 2008), por lo que el peso corporal es utilizado como un indicador de la variación espacial y temporal en los hábitos alimenticios y nutricionales de los animales. El peso, el tamaño y la apariencia es generalmente considerada como condición corporal (Marshall *et al.* 2008; Bartreau 2017).

Particularmente, los borregos cimarrones son sensibles a cambios en los componentes nutrimentales de los forrajes que constituyen su dieta, lo cual se refleja en su condición corporal. La condición corporal de los borregos puede también ser utilizada como un indicador de los cambios en la calidad del hábitat donde se distribuyen.

1.2. El Borrego Cimarrón

1.2.1. Origen y evolución de la especie

El origen y evolución del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) data de millones de años. Los borregos salvajes aparecieron en Eurasia al inicio del Pleistoceno Temprano. Los antepasados de los borregos que habitan en América se internaron por el Estrecho de Bering, hace aproximadamente 2.5 millones de años (Monson y Sumner 1980; Lee 1989). “Durante la “glaciación de Biber en el Pleistoceno-” se produjeron cambios climatológicos, presentándose climas secos-calientes y fríos-húmedos. Durante esta glaciación, por la concentración de hielo, se formaron “puentes” periódicos entre Siberia y Alaska a través del Estrecho de Bering, estableciendo conectividad y facilitando el tránsito entre los continentes, permitiendo así el ingreso de variedad de fauna como: mamuts, bisontes, caballos, antílopes y borregos salvajes, entre otros ungulados, así como felinos depredadores (Valdez y Krausman 1999).

Los cimarrones se consideran inmigrantes tardíos que ingresaron probablemente de forma gradual (Monson y Sumner 1980) desde las montañas del Cáucaso en Asia Menor y de las tierras altas del Tíbet, hasta los desiertos de Mongolia, zona que marca una distribución geográfica de la especie, denominada como El Gran Arco del Borrego Salvaje. Debido a esto, la familia se ve representada por formas Euroasiáticas como el urial o shapu (*Ovis vignei*), el argali (*Ovis ammon*), el borrego de Marco Polo (*Ovis poli*), el pequeño borrego rojo (*Ovis orientalis*), el bharal o borrego azul (*Pseudois nahura*), el muflón (*Ovis musimon*), y en África por el borrego berberisco (*Ammotragus lervia*) (Monson y Sumner 1980).

1.2.2. Distribución histórica de *Ovis canadensis*

A través del tiempo los borregos fueron distribuyéndose hacia el sur en función de las condiciones climáticas y disponibilidad de agua y cobertura vegetal para alimentarse y escapar de sus depredadores. Los cambios climáticos y variaciones ambientales motivaron la dispersión de diferentes grupos, produciéndose diferencias genotípicas y fenotípicas según el hábitat donde se establecieron, dando origen a dos especies de borregos de montaña *Ovis dali* (borregos de cuernos delgados) restringida al norte del Continente Americano y *Ovis canadensis* (borregos de cuernos gruesos) con siete subespecies, que se distribuye desde el oeste de Estados Unidos hasta el noroeste de México (Figura 1; Valdez y Krausman 1999).

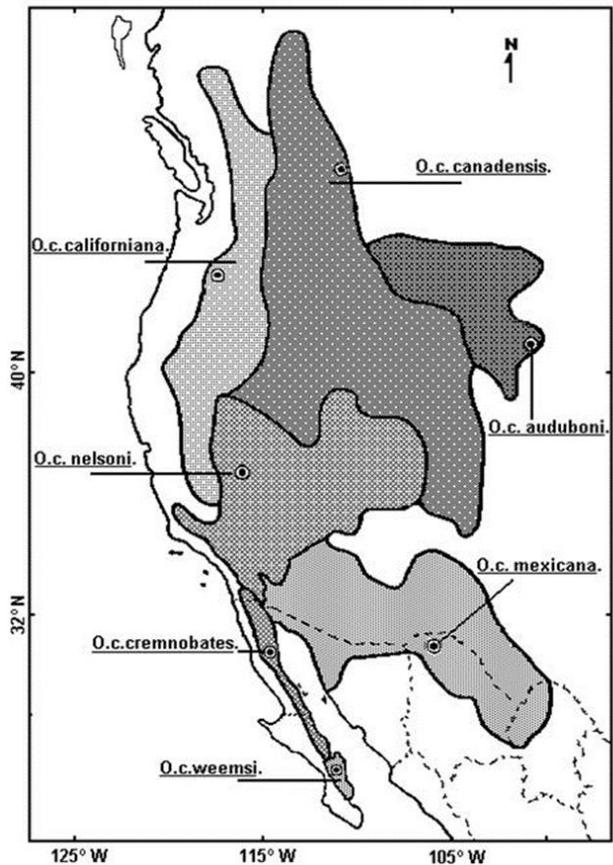


Figura 1. Distribución de las diferentes subespecies de *Ovis canadensis* en Norte América (tomado de Valdez y Krausman 1999).

1.2.3. Clasificación taxonómica

El borrego cimarrón pertenece a la Clase Mammalia, Subclase Teridos, Orden Artiodactyla, Familia Bovidae, Subfamilia Caprinae, Genero *Ovis*, Especie *O. canadensis*, Subespecies *O. c. cremnobates*, *O. c. mexicana* y *O. c. weemsi* (Monson y Sumner 1980).

1.2.4. Generalidades de la especie

El borrego cimarrón adulto mide aproximadamente 1.50 m a 1.65 m de largo y 1.00 a 1.10 m de alto. Su pelo es color café claro a gris pardo u oscuro, según el hábitat y la subespecie, y el vientre y la parte trasera (anca) es de color blanco. La cornamenta en los adultos es profundamente corrugada, y de color café rojizo (Monson y Sumner 1980; Valdez y Krausman 1999). El macho es de cuerpo más robusto que las hembras, posee grandes y gruesos cuernos dispuestos en forma de vuelta hacia atrás, casi completa, llegando en los animales de mayor edad al nivel de la parte ocular. La curvatura de sus cuernos llega a alcanzar de 36 a 40 pulgadas de largo y su peso suele aproximarse hasta el 10% del peso del animal (Monson y Sumner 1980; Valdez y Krausman 1999). La hembra posee cuernos más pequeños y delgados y ligeramente curvados hacia atrás en forma de hoz. Esta característica en las hembras puede facilitar que sean confundidas

con los machos juveniles Clase I y II (entre 12 y 30 meses de edad). Para diferenciarlos es importante observar las bases, la cual es ligeramente más gruesa en los machos juveniles. Al nacer, los corderos pesan entre 3 y 5.5 kg, y se desarrollan rápidamente, a los 6 meses de edad pesan aproximadamente 29 kg y medir 67 cm a la altura de la cruz (Figura 2; Valdez y Krausman 1999; Sandoval *et al.* 2014).



Figura 2. Clases de edades y sexos en borregos cimarrones (Tomado de: Gobierno de Sonora 2012).

La distribución del borrego cimarrón en zonas áridas se ajusta al modelo de metapoblación propuesto por Gilpin y Hanski (1987), distribuyéndose en forma de subpoblaciones en parches de hábitat adecuado, comúnmente aislados en una matriz de hábitat inadecuado, donde la migración típica de por lo menos una subpoblación a otra existe, y cada subpoblación en cada parche tiene probabilidades de extinción. Los parches de hábitat utilizados por el borrego cimarrón deben contener los componentes del hábitat esenciales que incluyen alimento, agua y terreno de escape (Sandoval *et al.* 2014).

En México, el borrego cimarrón es uno de los mamíferos de mayor tamaño y se distribuye de forma natural en las regiones desérticas y montañosas de los estados de Baja California, Baja California Sur y Sonora. Sin embargo, durante los siglos XIX y XX, sus poblaciones silvestres fueron afectadas negativamente por la transformación y destrucción de su hábitat natural, cacería furtiva e introducción de especies exóticas (cabras, borregos domésticos, burros y ganado vacuno, principalmente), especies que compiten por espacio, agua y alimento, al grado de erradicar la especie de Chihuahua, Coahuila y Nuevo León (SEMARNAP/INE 2000; Jiménez y Hernández 2010; Sandoval *et al.* 2014).

En particular, la población de borregos del desierto de la subespecie *O. c. weemsi* tiene la distribución más sureña y se encuentra desde el Volcán de las Tres Vírgenes, en Santa Rosalía, al norte del Baja

California Sur, hasta la Sierra El Mechudo, al norte de la Bahía de la Paz. Esta región representa el límite sureño de la distribución de los borregos de montaña de Norte América (Álvarez-Cárdenas *et al.* 2001) (Figura 3).

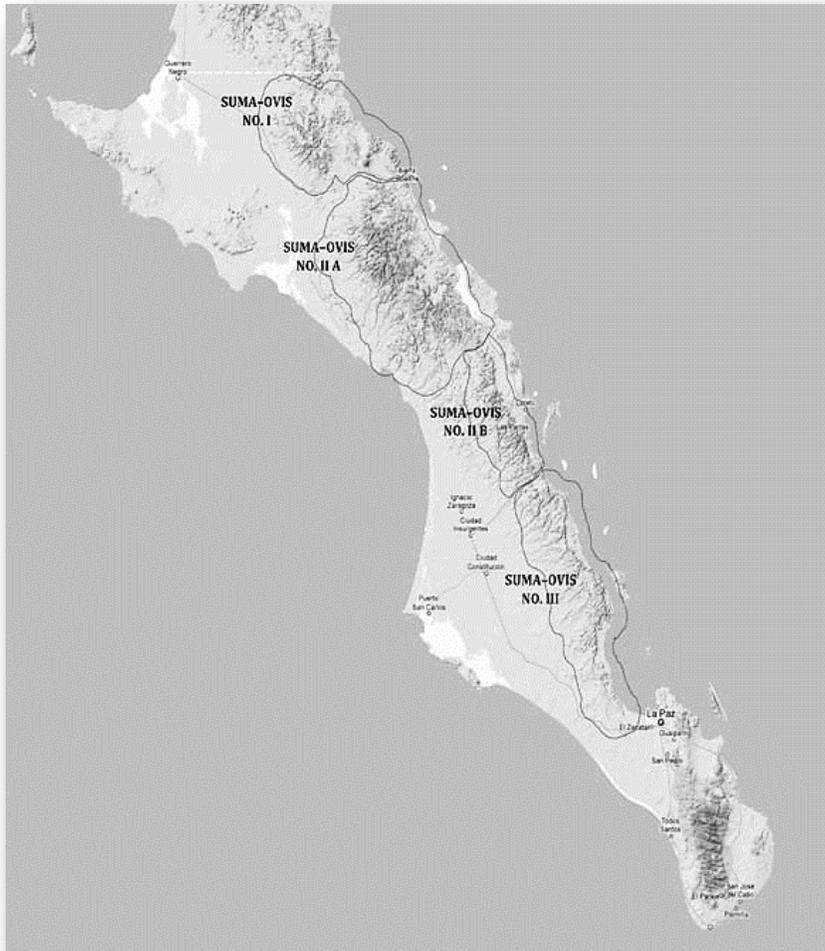


Figura 3. Distribución del borrego cimarrón *Ovis canadensis weemsi* en las zonas montañosas de Baja California Sur, México. Tomado de; Estrategias de conservación en México para el borrego cimarrón y el berrendo SUMA-OVIS (Sistema de Unidades para el Manejo de Vida Silvestre- borrego cimarrón; SEMARNAT 2010).

En la Península de Baja California, como resultado de una compleja historia geológica y climática, se encuentra una flora de gran variedad de ambientes (serranías y cañones con vegetación desértica, riparia y oasis). En las zonas montañosas del Estado, estos animales se han caracterizado por su gran adaptabilidad a períodos de sequía prolongados y escasez de alimento (Guerrero-Cárdenas *et al.* 2003; Álvarez-Cárdenas *et al.* 2009).

En México, el borrego cimarrón está sujeto a protección especial (Pr) de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010 (SEMARNAR 2010). Es una especie con alto grado de valor cultural, ecológico, económico y científico, que no necesariamente se encuentra en peligro de extinción.

En Baja California Sur, los permisos de cacería de un borrego llegan a subastarse desde 40,000 hasta 100,000 USD (Álvarez-Cárdenas *et al.* 2009). Por esta razón, *Ovis canadensis* es considerada la especie cinegética económicamente en el país, lo que la hace de interés particular para los dueños de la tierra y para las entidades federales y estatales que rigen la fauna silvestre.

Desde el punto de vista ecológico, el borrego cimarrón es importante como uno de los herbívoros silvestres de mayor tamaño en el ecosistema, y una de las principales presas de depredadores como pumas, coyotes y águila real (Medellin *et al.* 2005; Guerrero-Cárdenas *et al.* 2013). Como herbívoros, los borregos producen un efecto sustancial en la composición de la vegetación, y en procesos básicos del ecosistema como el reciclaje de nutrientes. En este sentido se puede considerar como especie clave, cuya remoción podría provocar una serie de cambios en el ecosistema.

El clima, la disponibilidad de agua, la disponibilidad y calidad de forraje, la visibilidad (para la detección del peligro a distancia), la topografía escarpada (terreno de escape) y la fauna asociada, incluyendo a las especies domésticas, son algunos elementos que influyen en la reproducción y supervivencia del borrego cimarrón (Sandoval *et al.* 2014). Es por esto que el entendimiento de estas interacciones será importante para tomar decisiones de manejo y conservación para el borrego y su hábitat en la región.

1.3. Antecedentes

1.3.1. Dieta del borrego cimarrón y sus valores nutricionales

En USA y Canadá se han realizado numerosos estudios sobre la dieta y el aporte nutricional de las especies vegetales que consumen los borregos. En contraste, en México son pocos los trabajos realizados sobre este tema, y no hay información sobre la nutrición y evaluación de la condición corporal. En los cuadros 1 y 2, se presenta los antecedentes sobre dieta y nutrición de los alimentos consumidos por los borregos, tanto en México como en USA.

Cuadro 1. Estudios realizados sobre la dieta del borrego cimarrón en USA y México. Las letras representan las formas de vida; Arbustos (Ab), Herbáceas (H), Gramíneas (G), Arboles (Ar) y Suculentas (suc).

Autor/Año	Temporada	Consumo (%)	Sitio
Krausman <i>et al.</i> (1989)	todo el año	75.5 % Ab 19.9 % H 4.3 % G	Arizona
Morgart (1990)	todo el año	32.2 % Ab 28 % G 27.9 % H	Arizona
Zine (1992)	primavera verano otoño invierno	52 % Ab y 22.2 % H 66 % G y 35 % Ab 83.3 % G 59 % G, 35 % Ab, y 14.6 % H	Nevada
DeYoung <i>et al.</i> (2000)	todo el año	14 % Ab 12 % H 9 % G	Texas
Brewer y Harveson (2007)	todo el año	50 % Ab 35 % H 11 % G 4 % suc	Texas
Sánchez (1976)	invierno	43 % G 33 % Ab 24 % H	Baja California Norte
Galindo (2000)	todo el año	51 % H 30 % Ar 19 % G	Sierra de San Pedro Mártir BCN, México
Tarango <i>et al.</i> (2002)	todo el año	45.7 % Ab 17.18 % suc 32.4 % H 4.5 % G	Rancho el Palomito Sonora, México
O'farril (2003)	todo el año	75 % Ar 15 % G 10 % H	Isla Tiburón Sonora, México

Cuadro 2. Datos obtenidos de estudios realizados sobre valores nutrimentales de la dieta del borrego cimarrón, en USA.

Autor/Año	Temporada	Nutriente (%)		Sitio
		Forma de vida		
Krausman <i>et al.</i> (1989)	invierno y primavera	PC	Herbáceas: 4.1 a 17.4 Pastos: 2.6 a 10.5 Arbustos: 6.5 a 16.6	Arquahala, Arizona
		FDA	Herbáceas: 40 a 60 Pastos: 71.5 a 80.5 Arbustos: 30 a 50	
		Extracto etéreo	Herbáceas: 2.6 a 5.9 Pastos: 1.4 a 6.2 Arbustos: 2.6 a 5.6	
Morgat (1990)	todo el año	PC	Pastos: 6.8 a 7.6 Arbustos: 18 a 20	Virgin Mountains, Arizona
		Cenizas	Pastos: 7.5 a 8.4 Arbustos: 6.2 a 11.4	
Seegmiller <i>et al.</i> (1990)	primavera y verano	PC	Pastos: 2.7 a 11.8 Herbáceas: 4.4 a 9.6 Leñosas: 6.1 a 19.8	Montaña Diablo, Arizona
		FDN	Pastos: 65.7 a 80.5 Herbáceas: 41.7 a 62.8 Leñosas: 36.2 a 71.5	
		Extracto etéreo	Pastos: 0.8 a 3.1 Herbáceas: 1.4 a 4.1 Leñosas: 1.2 a 5.6	
Goodson <i>et al.</i> (1991)	primavera e invierno	PC	Pastos: 7.5 Arbustos: 18.8	Fall River, Colorado
		FDN	Pastos: 78.5 Arbustos: 40.2	
Wagner y Peek (2006)	invierno y primavera	PC	Pastos: 20-30 Herbáceas: 15-23	Central Idaho
		DIVMS	Pastos: 70-90 Herbáceas: 80-90	

PC = proteína cruda, FDN = fibra detergente neutra, FDA = fibra detergente ácida y DIVMS = digestibilidad in vito de la materia seca.

1.3.2. Condición corporal

En México y particularmente en Baja California Sur, no existe información acerca de este tipo de trabajos, contrario a esto, en Estados Unidos, Riney (1960) menciona que una estimación general de la condición física de un grupo de animales puede ser valiosa como una medida de respuesta de la población a un determinado ecosistema. Propuso por primera vez, evaluar la condición física de ungulados, particularmente ciervos, por medio de la observación directa. Después de 25 años del primer estudio, McCutchen (1985) propone esta técnica para evaluar la condición física de borregos cimarrones del desierto, en la que, a partir de la evaluación visual de partes particulares de los borregos, distingue tres estados de condición física: buena, media y pobre (Figura 4).

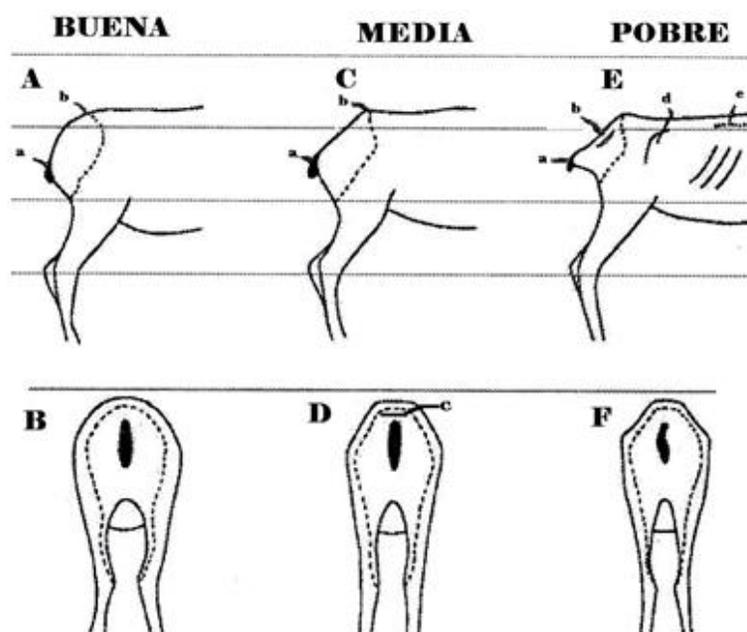


Figura. 4. Clases de condición física, establecida a partir de borregos del desierto, según McCutchen (1985), donde, A y B - buen estado, C y D mediana condición, E y F mal estado.

1.4. Justificación

El borrego cimarrón es uno de los ungulados silvestres de mayor importancia de la Península de Baja California, debido al interés científico, su relevancia histórica y su valor cinegético. Por otra parte, es importante por el papel que juega en la cadena trófica del ecosistema. De esta forma, tiene una gran relevancia por su efecto ecológico sobre la dinámica de la vegetación y por ser una de las principales presas de grandes depredadores.

El manejo inadecuado de las poblaciones de borrego cimarrón en BCS, ilustra de manera general, los problemas que afectan a la vida silvestre mexicana, donde han pesado más los intereses políticos y económicos que el manejo y conservación de las especies. En definitiva, existen circunstancias que sugieren ordenar sus poblaciones con vistas a la explotación racional y a la conservación. En este contexto, la conservación del borrego cimarrón en BCS se articula con el conocimiento y manejo del hábitat y sus poblaciones, así como con el aprovechamiento sustentable, lo que se logra desarrollando planes de manejo específicos para cada una de las unidades (UMA) y/o, regiones con las que se trabaja. En esta medida, se estimula también al propietario de los recursos hacia la diversificación productiva y el conocimiento y conservación de dichos recursos naturales. A pesar de lo anterior, aún se desconocen muchos de los procesos relacionados con la biología y dinámica poblacional del borrego cimarrón.

Por esta razón, se considera importante continuar la investigación sobre los aspectos básicos de la biología de la subespecie *weemsi*, por ejemplo, caracterizar el hábitat y determinar sus elementos bióticos y estructurales; un estudio básico sobre alimentación, que incluya la disponibilidad del forraje, su valor nutritivo, y su efecto en la condición corporal, así como el monitoreo de las poblacionales, lo cual permitirá obtener información valiosa para ayudar a complementar a través del tiempo programas de manejo efectivos para asegurar la conservación de la subespecie a través y aprovechamiento sustentable de sus poblaciones en Baja California Sur.

Hipótesis

La disponibilidad y selección estacional de especies específicamente arbustivas con altos valores nutrimentales, particularmente de proteína determinan la condición corporal y supervivencia del borrego cimarrón, en la Sierra El Mechudo.

Objetivo general

Determinar la variación estacional de la dieta, la composición nutricional de las especies vegetales consumidas y su efecto sobre la condición corporal del borrego cimarrón de la Sierra El Mechudo.

Objetivos particulares

- ✓ Estimar estacionalmente la disponibilidad de especies vegetales en el hábitat del borrego cimarrón.
- ✓ Evaluar estacionalmente la composición botánica de la dieta del borrego cimarrón.
- ✓ Determinar estacionalmente la composición nutricional de las especies vegetales que consume el borrego cimarrón.
- ✓ Determinar estacionalmente las clases de condición corporal que presenta el borrego cimarrón por edades y sexos.

1.5. Bibliografía consultada

- Albon, S. D. y R. Langvatn. 1992. Plant phenology and the benefits of migration in a temperate ungulate. *Oikos* 65: 502–513.
- Álvarez-Cardenas, S., I., Guerrero-Cárdenas, S., Díaz-Castro, P., Galina-Tessaro y S. Gallina. 2001. The variables of physical habitat selection by the desert bighorn sheep (*Ovis canadensis weemsi*) in the Sierra del Mechudo, Baja California Sur, Mexico. *Journal of Arid Environments*. 49: 357-374.
- Álvarez-Cárdenas, S., Galina-Tessaro, P., Díaz-Castro, S., I., Guerrero-Cárdenas, A., Castellanos-Vera, y E., Mesa-Zavala. 2009. Evaluación de elementos estructurales del hábitat del borrego cimarrón en la Sierra del Mechudo, Baja California Sur, México. *Tropical Conservation Science*, 2: 189–203.
- Bartareau, T.M. 2017. Estimating the Live Body Weight of American Black Bears in Florida. *Journal of Fish and Wildlife Management* 8: 234-239.
- Belovsky, L.E. 1978. Diet optimization in a generalist herbivore: me Moose. *Theoretical Population Biology*, 14:105-134.
- Brewer, C.E., y L.A. Harverson. 2007. Diets of bighorn sheep in the Chihuahua desert. *The Southwestern Naturalist*, 52: 97-103.
- DeYoung, W.R., E.C. Hellgren, T.E. Fulbright, W.F. Robbins Jr., y I.D. Humphreys. 2000. Modeling nutritional carrying capacity for translocated desert bighorn sheep in western Texas. *Restoration Ecology*, 8: 57-65.
- Fryxell, J.M., y A.R.E., Sinclair. 1988. Causes and consequences of migration by large herbivores. *Trends in Ecology and Evolution*, 3:237-241.
- Galindo, M.E. 2000. Hábitos alimentarios del borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. Tesis de Maestría de la Facultad de Ciencia, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, México. 85 pp.
- Gilpin, M.E., y D.I. Hanski. 1991. Metapopulation dynamics: Empirical and theoretical investigations. *Biological Journal of the Linnean Society* 42:1- 336.
- 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.

- Goodson, N.J., D.R. Stevens y J.A. Bailey. 1991. Winter-Spring foraging ecology and nutrition of bighorn sheep on Montane Range. *Journal of Wildlife Management*, 55: 422-433.
- Green, R. F. 1987. Stochastic models of optimal foraging. Pp. 273-302 in *Foraging Behavior* (A. C. Kamil, J. R. Krebs and H. R. Pulliam, eds.) Plenum Press, New York.
- Guerrero-Cárdenas, I., I. Tovar-Zamora, y S. Álvarez-Cárdenas. 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., Galina-Tessaro, P., Álvarez-Cárdenas, S., y Mesa-Zavala, E. 2013. Avistamientos recientes de águila real (*Aquila chrysaetos*) en la sierra El Mechudo, Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84: 397-40
- Hanley, T.A. 1982. The nutritional basis for food selection by ungulates. *Journal of Range Management*, 35:146-151.
- Hanley, T.A. 1997. A nutritional view of understanding and complexity in the problem of diet selection by deer (Cervidae). *Oikos*, 79: 209-218.
- Hoffman, RR. 1973. The ruminant stomach: stomach structure and feeding habits of east African game ruminant. East African Literature Bureau, Nairobi (Kenya). P 354.
- Hofmann, R.R. 1989. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*, 78: 443-457.
- Illius, A.W., y I.J. Gordon. 1993. Diet selection in mammalian herbivores: constraints and tactics. Pp. 157-181. In: Hughes, R.N. (Ed.). *Diet Selection. An Interdisciplinary Approach to Foraging Behaviour*. Blackwell Scientific Publications. 213 p.
- Illius, A.W., y T.G. O'Connor. 2000. Resource heterogeneity and ungulate population dynamics. *Oikos* 89, 283-294.
- Jiménez, S. y C. Hernández. 2010. Programa de Conservación del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis weemsi*) en Baja California Sur, México. *Galemys* 22: 447- 468.
- Krausman, P.R., B.D. Leopold., R.F. Seegmiller y G.T. Steven. 1989. Relationships between desert bighorn sheep and habitat in western Arizona. *Wildlife Monographs*, 53:66 pp.
- Lee, R. 1989. Desert bighorn sheep. *The Wild Sheep Journal, FNAWS*. 50-56 p.

- Marshal, J.P., P.R. Krausman, y V.C. Bleich. 2008. Body condition of mule deer in the Sonoran Desert is related to rainfall. *The Southwestern Naturalist*, 53: 311-318.
- McCuchen, H.E. 1985. A technique to visually assess physical condition of bighorn sheep. *Desert Bighorn Council Transactions*, 29: 27-30
- Medellín, R., C. Manterola, M. Valdéz, D.G. Hewitt, D. Doan-Crider, y T. E. Fulbright. 2005. History, ecology, and conservation of the pronghorn antelope, bighorn sheep, and black bear in Mexico. Pp 387-404. In J.L.E. Cartron, G. Ceballos, and R. S. Felger, editors. *Biodiversity, ecosystems, and conservation in northern Mexico*. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom. 135 p.
- Monson, G. y L. Sumner. 1980. *The desert bighorn; its life history, ecology and management*. The University of Arizona Press, Tucson, 365 p.
- Morgat, J.R. 1990. *Desert bighorn sheep forage relationships in the Virgen Mountains, Arizona*. PhD. Dissertation. University of Arizona. 230 pp.
- Nagy, G.J. y J.B. Haufler. 1989. Nutrición de los animales silvestres. En: *Manual de Técnicas de Gestión de Vida Silvestre 1989*. The Wildlife Society, Inc. Pp. 135-149.
- O'farril, C.E.G. 2003. Dieta y uso de hábitat del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis mexicana*) y el venado bura (*Odocoileus hemionus sheldoni*) en Isla Tiburón, Sonora, México. 199 Pp.
- Owen-Smith, N. 1989. Optimal foraging theory applied to ungulates. *Abstracts of Fifth International Theriological Congress, Roma*, 1: 332-332.
- Pianka, E.R. 1974. Niche Overlap and Difusse Competition. *Proceedings of the National Academy of Science*, 7:2141-2145.
- Quintana, R.D., Puig, S., Rosati, V., Arias, S. 2002. Selección de dieta por mamíferos herbívoros silvestres a escala de hábitat de alimentación. Pp. 59-73. In: Cid, M.S., Bonno, N., Cassini, M., Anchorena, J., Pelliza de Sbriller, A. y Arriaga, M. (Eds.). *Parte 2. Selección de dieta por grandes herbívoros mamíferos. Procesos y Escalas*. Buenos Aires, Argentina. 239 p.
- Ramírez-Lozano, R. G. 2004. *Nutrición del venado cola blanca*. Publicaciones Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de Los Garza, N. L., México. 368 p.
- Riney, T. 1960. A field technique for assessing physical condition of some ungulates. *Journal Wildlife Management*, 24: 92-94.

- Sanchez, D.R. 1976. Analysis of stomach contents of bighorn sheep in Baja California. Desert Bighorn Council Transactions, 20: 21-22.
- Sandoval, A. V., Valdez, R. y Espinoza, A.T. 2014. El borrego cimarrón en México. Pp. 475–501. In: R. Valdez y J.A. Ortega (Eds.). Ecología y Manejo de Fauna Silvestre. Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México, México.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) (2010). NOM-059-SEMARNAT-2001. 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. Vol. 6.
- Seegmiller, R.F., P. R. Krasuman, W.H. Brown y F. M. Whiting. 1990. Nutritional composition of desert bighorn sheep forage in the Harquahala Mountains, Arizona. Journal Desert Plants, 10: 87-90.
- SEMARNAP-INE. 2000. Proyecto para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) en México. SEMARNAP-INE. México. 91 pp.
- Serrano, E., R. Alpizar-Jara, N. Morellet, y A. J. Hewison. 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.
- Sinclair, A. R. E., J. M. Fryxell, y G. Caughley. 2006. Wildlife Ecology, Conservation, and Management. Blackwell publishing. Oxford, UK.
- Stephen, D. W. y J. R. Krebs. 1986. Foraging theory. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Tarango, L.A., P. R. Krausman, R. Valdez, y R. M. Katinig. 2002. Research observation: Desert bighorn sheep diets in northwestern Sonora, Mexico. Journal of Range Management, 55: 530-534.
- Valdez, R. y P.R. Krausman. 1999. Description, distribution and abundance of mountain sheep in North America. The University of Arizona Press, Tucson. 353 p.
- Wagner, G.D., y J.M. Peek. 2006. Bighorn sheep diet selection and forage quality in Central Idaho. Northwest Science, 80: 246-258.
- Westoby, M. 1974. An analysis of diet selection by large generalist herbivores. American Naturalist, 108: 290-304.
- Zine, M.J. 1992. Resource use and dominance relationships of mountain sheep. Thesis Master of Science. School of Renewable Natural Resource, The University of Arizona. USA. 88 Pp.

DIETA DEL BORREGO CIMARRÓN

Composición y selección de la dieta del borrego cimarrón (*Ovas canadienses*) en la Sierra El Mechudo, Baja California Sur, México

2.1. Resumen

Para la fauna silvestre el agua, la alimentación y la nutrición son tres de los principales factores que regulan su distribución y el número de individuos de una especie en un área determinada. El borrego cimarrón en Baja California Sur, México, constituye una de las especies más apreciadas por su valor ecológico y económico dentro del ecosistema desértico peninsular, a pesar de esto, se desconocen muchos aspectos de su biología, ecología y situación poblacional. El objetivo del presente estudio fue evaluar la composición botánica de la dieta del borrego cimarrón, analizando los patrones de uso y disponibilidad de las especies vegetales estacionalmente. Usando dos índices de selección, probamos la hipótesis que el borrego cimarrón selecciona de manera oportunista las especies vegetales del hábitat, en la zona sur de la Sierra El Mechudo, Baja California Sur, México. Se caracterizó la vegetación por medio de 50 transectos lineales de 100 de largo por 5 m de ancho (500 m²). Se evaluó la dieta de los borregos, mediante la técnica micro histológica de las heces. Calculamos el porcentaje de digestibilidad *In Vitro* de la materia seca y la energía digestible de los forrajes consumidos por los borregos. Se determinó la similaridad de la dieta estacional y anualmente, a través de un análisis clúster. A partir de dos índices de selección (Nivel, Bonferroni), calculamos la proporción de utilización de las especies vegetales que consumen los borregos para conocer las preferencias. Encontramos en el hábitat 21 familias con 63 especies en 2010 y 22 familias con 50 especies durante 2011. Las especies arbustivas fueron las formas dominantes. El análisis de excretas permitió identificar 47 especies, constituidas por 27 arbustos (62.1 %), 12 herbáceas (26.9 %), seis árboles (10.6 %), una suculenta (0.2 %) y una especie no identificada (0.1 %). El análisis clúster mostró siete agrupaciones similares. Los índices de Ivlev y de Bonferroni encontraron que en 2010 prefirieron a; *Bourrieria sonorae*, *Melochia tomentosa* y *Caesalpinia placida*. Mientras que para 2011, seleccionaron solo a *Bursera epinnata*, *Caesalpinia placida* y *Larrea tridentata*. No se observaron diferencias estadísticas por estación en la composición de especies de la vegetación, la cual fue escasa, apreciándose numerosas áreas con escasa cubierta vegetal. Las arbustivas son las especies dominantes, seguidas de los árboles y las suculentas. Las especies arbustivas fueron mayormente usadas por los borregos, constituyendo el 62.1 % en toda la dieta, valores similares encontrados en Arizona y California. No se encontraron diferencias estadísticas en los

valores de digestibilidad in vitro de la materia seca y de la energía digestible de las especies de plantas que consumen los borregos. Sin embargo, encontramos que los borregos seleccionaron cuatro especies, tres arbustos y un árbol, con valores altos de calidad. En este estudio, el borrego cimarrón se comportó como un especialista. Los estudios sobre la dieta de los borregos son valiosos para los planes de manejo de la especie y de su hábitat, ya que, a partir de estos, podemos comprender el grado de utilización de la vegetación y saber si los sitios de distribución son adecuados y cumplen con los requerimientos necesarios para la conservación de la especie y sus poblaciones.

2.2. Introducción

En las zonas desérticas los ungulados silvestres han desarrollado estrategias eficientes de aprovechamiento de los recursos alimentarios, debido a que la oferta de recursos de buena calidad es generalmente muy pobre; las estrategias son fisiológicas (desarrollo de un sistema digestivo que optimice el procesamiento de los alimentos), y conductuales (habilidad en la selección de los sitios de alimentación y de los componentes de la dieta; McNaughton 1986). En el caso particular del borrego cimarrón, sus grandes molares y tracto digestivo, son un ejemplo de las estrategias fisiológicas que le permiten una mejor utilización y optimización de los recursos alimentarios (Rautenstrauch y Krausman 1989).

Los factores que condicionan la calidad de la dieta en herbívoros silvestres son: la ingestión de alimento (búsqueda, defensas estructurales de las plantas), la accesibilidad a los nutrientes (digestibilidad, contenido de fibra, entre otros) y la concentración de compuestos secundarios en las plantas (Nagy y Haufler 1980; Nagy 1987). Dos de los principales factores del hábitat que más afectan la alimentación en rumiantes silvestres, son la disponibilidad (cantidad y accesibilidad) y la calidad de la vegetación (contenido nutricional y digestibilidad; Ramírez-Lozano 2004). La digestibilidad y energía digestible, son consideradas como parámetros importantes que definen la calidad de las plantas, y pueden variar notablemente de una especie a otra, debido a factores climáticos y estacionales (Di Marco 2011).

En la naturaleza se pueden diferenciar dos tipos de estrategias de alimentación en animales silvestres, por un lado los especialistas, quienes han desarrollado habilidades morfológicas y metabólicas para explotar recursos que no están disponibles para los generalistas. Por otro lado, están los generalistas, quienes han adaptado su fisiología que les permite explotar una serie de alimentos que pueden estar disponibles constantemente y ser abundantes temporalmente (Jacksic 1989; Laca y Demment 1996; Allen *et al.* 2011).

Las subespecies del desierto del borrego cimarrón son animales oportunistas adaptados morfológica y fisiológicamente para el pastoreo, que pueden consumir gran variedad de forrajes, principalmente gramíneas y herbáceas (Geist 1971; Cunningham 1989; DeYoung *et al.* 2000). Sin embargo, debido a la dominancia de especies arbustivas y arbóreas en el desierto Sonorense, los borregos consumen principalmente estas dos formas de vida (Krausman *et al.* 1989). El borrego cimarrón selecciona especies

vegetales con altos contenidos de proteína para su mantenimiento y reproducción, así como para enfrentar condiciones climáticas adversas (Bailey *et al.* 1980). Siendo la alimentación y el aporte nutrimental para los borregos, dos de los principales factores que regulan su distribución y abundancia en un área determinada (Tarango y Krausman 1997).

El borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) se distribuye de forma natural en los estados de Baja California (*O. c. cremnobates*), Baja California Sur (*O. c. weemsi*) y Sonora (*O. c. mexicana*). La distribución histórica revela que había poblaciones residentes en los estados de Chihuahua, Coahuila y Nuevo León (Valdez y Krausman 1999). Pese a que el borrego cimarrón en Baja California Sur constituye una de las especies más apreciadas por su valor ecológico y económico dentro del ecosistema desértico peninsular, todavía se desconocen algunos aspectos de su biología, ecología y situación poblacional.

Durante los últimos años, varios de los trabajos relacionados con el borrego cimarrón de Baja California Sur, han sido enfocados sobre aspectos específicos de su hábitat particular, como las variables físicas (Álvarez-Cárdenas *et al.* 2001), factores topográficos (Guerrero-Cárdenas *et al.* 2003), elementos estructurales (Álvarez-Cárdenas *et al.* 2009). Sin embargo, en la actualidad se desconocen aspectos de alimentación y nutrición. El objetivo del presente estudio fue evaluar la composición botánica de la dieta del borrego cimarrón, analizando los patrones de uso y disponibilidad estacional de las especies vegetales. La hipótesis a probar fue, que el borrego cimarrón selecciona de manera oportunista determinadas especies vegetales del hábitat, tomando como caso de estudio la zona sur de la Sierra El Mechudo, Baja California Sur, México.

2.3. Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el extremo sur de la Sierra El Mechudo, zona montañosa que bordea la parte norte de la Bahía de la Paz, en Baja California Sur. El sitio es conocido como el Junco, ubicado dentro del ejido Ley Federal de Aguas Número Dos, entre las coordenadas geográficas 24° 24' 44.17 N y -110° 45' 9.10 W, cubriendo una superficie de 117,578 ha (Figura 1).

Topográficamente, la zona está conformada por una cadena montañosa paralela a la bahía de la Paz, en la costa oriental de la Península, constituida por numerosos cañones y acantilados. La zona de estudio presenta tres tipos de vegetación (Álvarez-Cárdenas *et al.* 2009): 1) matorral espinoso (especies de árboles y arbustos con espinas prominentes y caducifolios), en las partes más altas, con especies como *Pachycormus discolor*, *Lemaireocereus thurberi* y *Opuntia sp.* 2) matorral inerme (matorral sin espinas y de hojas pequeñas), en laderas y cañones, dominado por *Lysiloma candida*, *Ruellia californica* y *Fouquieria diguetii*, y 3) matorral inerme-cardonal (asociación de diferentes especies sin espinas y especies suculentas con espinas), en las partes más bajas, dominado por *Pachycereus pringlei* y *Prosopis glandulosa*.

El clima es del tipo seco desértico-cálido (García 1988), con temperatura media anual que oscila entre 22 - 35 °C; las medias mensuales oscilan entre 17.9 y 35.3 °C en los meses de enero y agosto, respectivamente. El régimen de lluvias se presenta en verano, con el mayor aporte de precipitación en septiembre (SARH 1983). En el área de estudio, se presentan periodos cíclicos de sequía, con duración de hasta 10 años (SARH 1983).

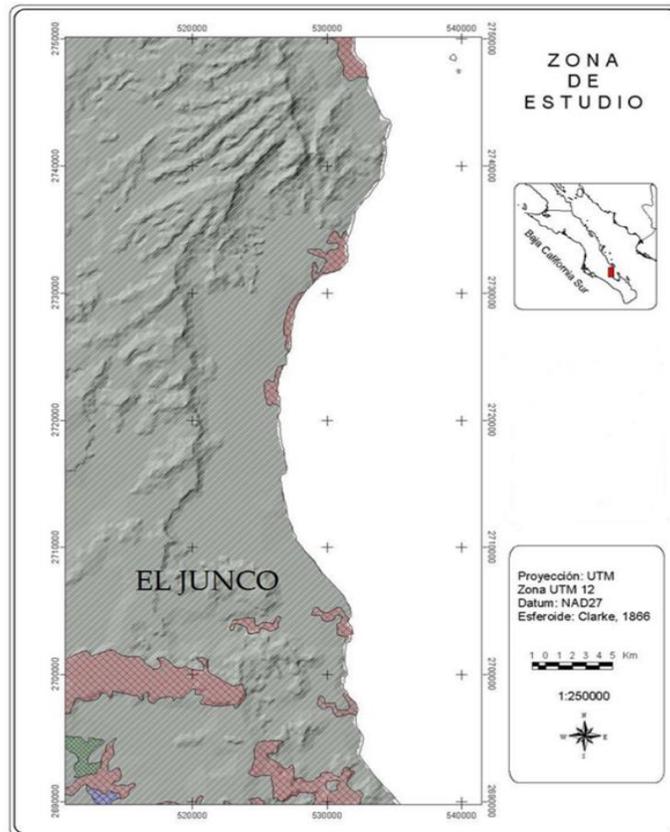


Figura 1. El área de estudio conocida como el Junco, comprende la parte sur de la Sierra El Mechudo, 50 km. al norte de la Ciudad de La Paz, Baja California Sur. Las zonas en rojo, representan los sitios donde se realizaron los sitios de muestreo de vegetación y colecta de excretas de los borregos.

Para la época de este estudio, se presentaron temperaturas máximas de 45 °C, durante el verano, manteniendo un promedio de 28 °C, mientras que el régimen de lluvias fue muy escaso, manteniendo este patrón durante los dos años (Figura 2).

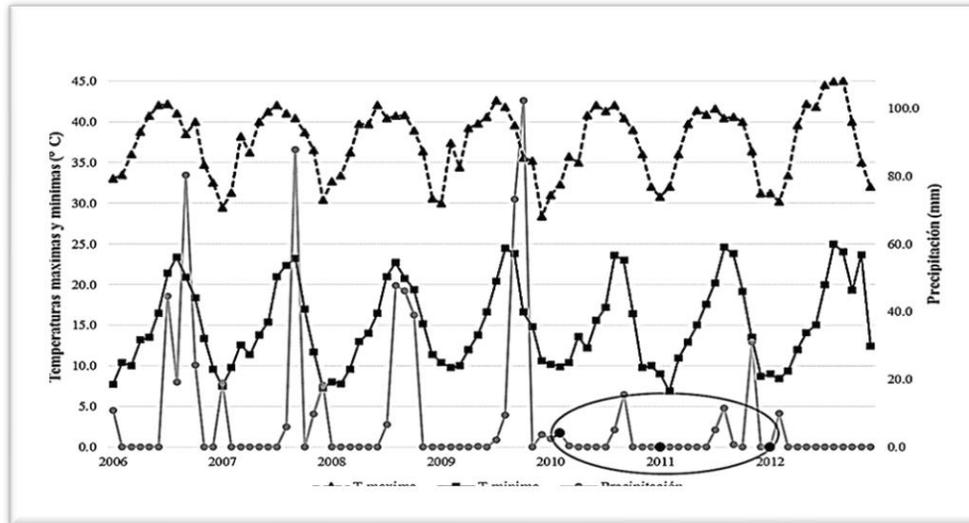


Figura 2. Valores de temperaturas y precipitación correspondientes a 7 años (2006-2012) en el área de estudio (Comisión Nacional del Agua-estación climática Alfredo V. Bonfil). Los años de estudio en particular se encierran en la figura.

La vegetación (composición florística y estructura) se evaluó mensualmente mediante 50 transectos lineales de 100 m de largo por 5 m de ancho (500m²), siguiendo los procedimientos de Mueller-Dombois y Ellenberg (1974) y Bonham (1989). Se identificaron las especies vegetales, se registró el número de individuos, y se midió la cobertura (diámetros y altura de cada individuo). Se colectaron muestras de todas las especies vegetales presentes en los sitios de muestreo, con la finalidad de elaborar el catálogo de referencia para el análisis microhistológico (Peña y Habib 1980). La diversidad se determinó tomando en cuenta la riqueza de especies y el número de individuos de cada especie vegetal en cada transecto, para lo cual se utilizó el índice de Shannon-Wiener (Magurran 1983).

Colecta de excretas y análisis de dieta. La composición botánica de la dieta de los borregos, se determinó anual (2010 y 2011) y estacionalmente (primavera, verano, otoño e invierno) usando la técnica microhistológica, la cual identifica los fragmentos epidérmicos de las plantas encontradas en las excretas de los animales, de acuerdo con el material de referencia (Sparks y Malechec 1968; Peña y Habib 1980). En cada estación, se colectaron mensualmente de 30 a 40 excretas de forma aleatoria en los sitios de mayor actividad de los animales, de acuerdo a lo sugerido por Anthony y Smith (1974).

De cada grupo de excretas colectado por estación, se tomaron cinco al azar, y a partir de ese subgrupo se elaboraron cinco laminillas de muestras mixtas por época del año. Se utilizó una laminilla metálica con orificios de aproximadamente 7 mm de diámetro para mantener el tamaño de muestra homogénea. Posteriormente, las especies identificadas se clasificaron según su orden de importancia (frecuencia de

aparición) en la dieta, variación temporal y forma de crecimiento (arbustiva, arbórea, herbácea o gramínea y suculenta). En cada laminilla, se observaron 20 campos microscópicos a 100 aumentos (10 aumentos del objetivo por 10 aumentos del ocular), identificando y cuantificando los fragmentos vegetales. Se obtuvo la frecuencia acumulada ($F = 1 - e^{-x}$; donde F es la frecuencia, e es la base de los logaritmos naturales y x es la densidad media), que se transformó a densidad relativa, en función de cada estación del año (Peña y Habib 1980; Gallina 2012).

Se calculó el aporte porcentual de cada especie vegetal. La riqueza, y diversidad de especies en la dieta por estación del año a través del índice de Shannon-Wiener (Magurran 1983; Moreno 2001). Para cada especie vegetal encontrada en las excretas de los borregos, se determinó el porcentaje de Digestibilidad *In Vitro* de la Materia Seca (*DIVMS*; Caddel y Allen 2000; Schroeder 2012) utilizando la siguiente ecuación: $\% \text{DIVMS} = 88.9 - (0.779 * \% \text{FDA})$; así como el contenido de Energía Digestible ($\text{ED} = \text{Mcal/kg ms}$), para lo cual se utilizó la fórmula sugerida por Jurgen (2002) y Jones *et al.* (2010); $\text{ED} = 4.618 - (0.0573 * \text{FDA})$. Donde $\text{Mcal} = a$ las Mega calorías por kilogramo de materia seca (materia seca es igual al peso de la planta, menos su contenido de agua).

A partir de un análisis jerárquico (clúster) de grupos, se evaluó la similitud de los valores de *DIVMS* y ED de las especies vegetales consumidas por los borregos estacionalmente. Para este análisis se utilizó la función PVCLUST en el paquete estadístico R (Suzuky 2014).

Se realizaron pruebas de χ^2 , para determinar diferencias significativas entre años con respecto a las especies vegetales consumidas por los animales, considerando la riqueza de especies consumidas, porcentaje de densidad relativa por especie, porcentaje de *DIVMS* y el valor de ED. Para estos análisis se utilizó el programa estadístico SPSS Statistic 0.20 (SPSS Inc., Chicago IL).

La selección de especies forrajeras por parte de los borregos, se determinó a partir de dos análisis: Primero, Índice de Ivlev (ISI; Strauss 1979), que de manera sencilla relaciona las proporciones usadas de cada recurso con su proporción en el hábitat, $\text{ISI} = (r_i - n_i) / (r_i + n_i)$, dónde: r_i es el porcentaje de la especie i en la dieta, y n_i es el porcentaje de la especie i en la vegetación disponible. De acuerdo con Stuth (1991), las especies vegetales se clasificaron en tres categorías de selectividad: preferida (> 0.35), proporcional (-0.35 a 0.35) y evitada (< -1.0). Segundo, a partir de una prueba de bondad de ajuste de χ^2 , en el que se evaluaron diferencias significativas entre la utilización esperada de cada uno de los tipos de vegetación (basada en los porcentajes de disponibilidad) y las observaciones de uso (porcentaje de consumo). Cuando la prueba de χ^2 muestra diferencias entre el uso esperado y el observado, se calculan los intervalos de confianza de Bonferroni (Marcum y Loftsgarden 1980). Dichos intervalos, se usaron con la finalidad de determinar cuáles especies vegetales están siendo: a) seleccionadas, si el uso observado está por arriba del intervalo calculado (signo positivo), b) evitadas, si el uso observado está por abajo del intervalo calculado (signo negativo), c)

usadas de acuerdo a su disponibilidad, si el uso observado cae dentro del intervalo estimado (signo de igual) (Marcum y Lofstgarden 1980; Byers et al. 1984).

2.4. Resultados

Se identificaron 21 familias con 63 especies en 2010 y 22 familias con 50 especies durante 2011 en el hábitat. Las especies arbustivas fueron las formas dominantes, con alturas de hasta 1.90 m y coberturas de 1.20 m. Las Familias Cactaceae y Euphorbiaceae fueron las mejor representadas con diez y ocho especies, respectivamente. A su vez se registraron seis especies arbóreas con un promedio de 2.9 m de altura, representadas principalmente por: *Bursera microphyla*, *B. epinnata*, *Colubrina glabra*, *Lysiloma candida*, *Olneya tesota* y *Prosopis palmeri*. Se encontraron pocas herbáceas, con seis especies en 2010 y tres en 2011. Para otoño del 2010 e invierno de 2011 se encontraron las mayores abundancias de especies.

En las estaciones de primavera, verano y otoño de 2010, la riqueza promedio fue de 45 especies, la cual se incrementó a 57 en invierno. En verano y otoño de 2011, se encontraron 33 especies, mientras que en la primavera solo 24; sin embargo durante invierno la riqueza aumento a 47 especies. Anualmente la riqueza específica fue de 63 especies en 2010: 31 arbustivas (59.2 %), 12 arbóreas (16.4 %), 12 suculentas (13.6 %) y seis herbáceas (10.8 %). Se encontró que *Ruellia californica* (12.0 %) y *Jatropha cuneata* (11.1 %), tuvieron el mayor número de individuos. En 2011 la riqueza fue de 50 especies, con 22 arbustos (61.0 %), 14 árboles (17.3 %), 11 suculentas (17.0 %) y tres herbáceas (4.7 %); *Jatropha cuneata* (15.2 %) y *Caesalpinia placida* (10.0 %) fueron los arbustos dominantes y tuvieron el mayor número de individuos. La diversidad presentó un mínimo en primavera de 2011 ($H' = 3.2$) y un máximo en invierno de 2010 ($H' = 4.0$). Los valores de equidad en los dos años fueron de $J' = 0.85$.

Los análisis de excretas permitieron identificar 47 especies vegetales en los dos años de estudio, constituidas principalmente por 27 arbustos (62.1 %), 12 herbáceas (26.9 %), seis árboles (10.6 %), una suculenta (0.2 %) y una especie no identificada (0.1 %). Los arbustos *Caesalpinia placida* (7.5 %), *Melochia tomentosa* (6.8 %) y *Condalia globosa* (5.7 %), en conjunto presentan los valores más altos de densidad relativa, seguidas de dos gramíneas *Aristida adscencionis* (9.5 %) y *Bouteloua aristidoides* (6.0 %).

Anualmente los borregos usaron 34 especies de 21 familias en 2010: 21 fueron arbustos (61.6 %), nueve herbáceas (32.9 %) y cuatro árboles (5.5 %). Las especies más consumidas fueron, *Aristida adscencionis* (12.2 %), *Caesalpinia placida* (7.7 %), *Condalia globosa* (7.2 %) y *Croton caboensis* (6.2 %). En 2011 se encontró un incremento, con 39 especies de 22 familias: 23 fueron arbustos (64.1 %), ocho herbáceas (21.3 %), seis árboles (14.2 %), una suculenta (0.3%) y una especie no identificada (0.1 %).

La gramínea *A. adscencionis* (7.8%) junto con las arbustivas *C. placida* (7.4%), *Melochia tomentosa* (7.1%) y *Larrea tridentata* (6.1%), fueron las especies con los valores más altos de densidad relativa. La

diversidad trófica no mostró cambios significativos entre años, con valores entre $H' = 2.8$ y 3.2 , y una equidad de $J' = 0.85$ a 0.90 en los dos años.

El análisis clúster (Figura 3) mostró siete agrupaciones estadísticamente significativas al 95 % de confianza, observándose que las cuatro estaciones de 2010 forman los primeros cuatro grupos similares, mientras que los tres restantes pertenecen a primavera, otoño e invierno de 2011. Solo el verano de 2011 reveló valores diferentes, en cuanto al número de individuos y sus valores de *DIVMS* y ED, debido a los valores más bajos que se presentan en esta estación.

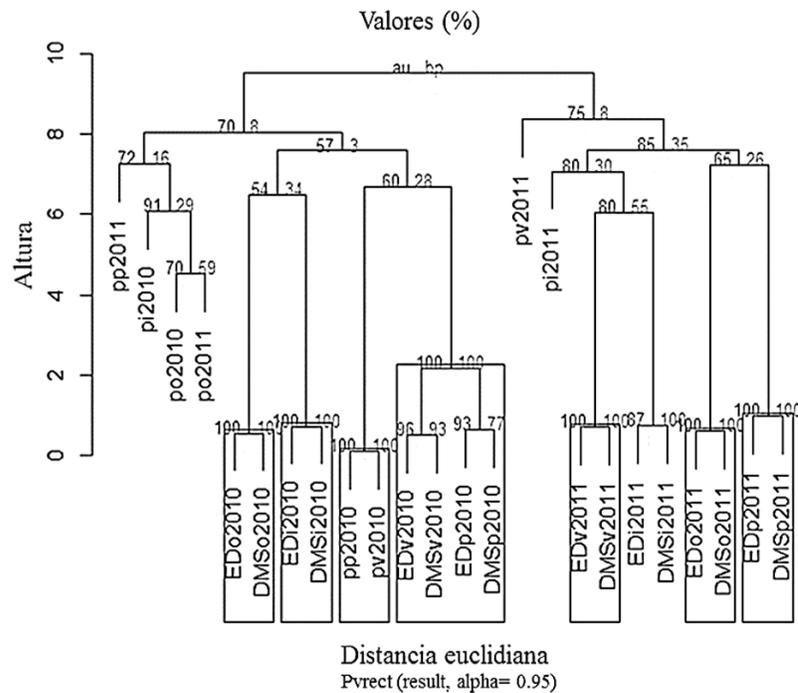


Figura 3. Análisis de agrupación clúster (dendograma), que muestra la similitud estacional de acuerdo a los valores de *DIVMS* y ED en cada una de las especies vegetales consumidas por los borregos. Clústers mayores que 95 % se destacan por rectángulos.

El valor promedio de *DIVMS* en los dos años fue de 68.2. Particularmente en invierno de 2010, el arbusto *Viscainoa geniculata* tuvo el valor más alto de digestibilidad, con 71.8 %, mientras que para verano e invierno de 2011 *Opuntia cholla* (suculenta) obtuvo valores similares con 71.6 y 71.6 %. En promedio, el aporte de energía digestible durante los dos años fue de 2.40 Mcal/kg ms. Estacionalmente se encontró que en invierno de 2010 *V. geniculata* presentó el valor más alto con 3.36 Mcal/kg ms, seguido del árbol *Lysiloma candida*, con 3.21 Mcal/kg ms durante la primavera.

En verano, otoño e invierno de 2011, *Fouquieria diguetii* presentó valores promedio de 3.15 Mcal/kg ms, mientras que *O. cholla*, solo durante el verano e invierno obtuvo valores de 3.35 Mcal/kg ms, respectivamente. El análisis de χ^2 reveló diferencias significativas entre años con respecto a la variable % de densidad relativa ($\chi^2_{1,138} = 221, P < 0.0001$) y número de especies vegetales ($\chi^2_{1,55} = 96.512, P < 0.0001$), no así para las variables *DIVMS* y ED ($\chi^2_{1,190} = 190.611, P = 0.474$; Tabla 1).

Tabla 1. Composición específica y porcentaje de densidad relativa de las especies forrajeras que constituyen la dieta del borrego cimarrón en la zona del Junco durante los años 2010 y 2011. Solo se anotan las especies cuyo valor es mayor a 2 %. Dentro de cada paréntesis, se inserta el valor de % de densidad relativa de la especie en el área de estudio. Especies sin valores en los paréntesis, son especies que no aparecieron en los transectos.

Estación	Formas de vida	Especie	2010	2011
			(%)	
PRIMAVERA	HERBÁCEAS	<i>Abutilon sp.</i>	10.9	0
		<i>Aristida adscencionis</i>	13.4	14.1
		<i>Bouteloua aristidoides</i>	16.1	0
	ARBUSTOS	<i>Aeschynomene nivea</i>	0 (5.1)	10.1 (5.6)
		<i>Caesalpinia placida</i>	0 (0.6)	5.3 (27.5)
		<i>Celtis reticulata</i>	4.6 (1.9)	0
		<i>Condalia globosa</i>	9	8.8
		<i>Croton caboensis</i>	12.9	0
		<i>Fouquieria diguetii</i>	0 (10.1)	7.3 (8.3)
		<i>Ditaxis. Sp</i>	4.2 (0.2)	0
		<i>Larrea tridentata</i>	0 (4.1)	11.8 (1.2)
		<i>Melochia tomentosa</i>	0 (0.5)	11.4 (0.2)
		<i>Ruellia californica</i>	3.6 (13.4)	0
		ÁRBOLES	<i>Bursera epinnata</i>	4.8
VERANO	HERBÁCEAS	<i>Abutilon sp.</i>	10.8 (0.7)	0
		<i>Aristida adscencionis</i>	13.4	14.2
		<i>Bouteloua aristidoides</i>	16.1	11.6

	<i>Senna confinis</i>	0	3.7
ARBUSTOS	<i>Celtis reticulata</i>	4.6	0
	<i>Condalia globosa</i>	0	6.7
	<i>Croton caboensis</i>	12.9	0
	<i>Croton magdalenae</i>	0	10.8
	<i>Ditaxis. Sp</i>	4.2 (0.2)	0
	<i>Euphorbia californica</i>	0	3.7
	<i>Fouquieria diguetii</i>	0 (5.0)	3.4 (7.6)
	<i>Haploppapus sonorensis</i>	0	8.1
	<i>Jatropha cuneata</i>	0 (11.5)	6.7 (10.1)
	<i>Ruellia californica</i>	3.6 (13.4)	0
ÁRBOLES	<i>Bursera odorata</i>	0	3.4

Continuación tabla 1.

Estación	Formas de vida	Especie	2010	2011
			(%)	
OTOÑO	HERBÁCEAS	<i>Aristida adscencionis</i>	10.2	5.9
		<i>Heteropongo contortus</i>	4.7	3.7
		<i>Janusia californica</i>	3.9	0
	ARBUSTOS	<i>Bourriera sonora</i>	6.7 (0.4)	0
		<i>Caesalpinia placida</i>	19.0 (4.0)	21.4 (9.4)
		<i>Calliandra californica</i>	0 (0.9)	4
		<i>Celtis reticulata</i>	7.5 (1.6)	0
		<i>Condalia globosa</i>	4.3	3.2
		<i>Ditaxis. Sp</i>	5.5 (0.3)	0
		<i>Jatropha cuneata</i>	0 (7.7)	4.5 (16.9)
		<i>Krameria parvifolia</i>	5.9	6.2 (1.5)
		<i>Melochia tomentosa</i>	11.1 (0.5)	10.5

		<i>Simonsia chinensis</i>	0 (1.0)	6.5 (0.2)
		<i>Vizcainoa geniculata</i>	0	4
	ÁRBOLES	<i>Bursera epinnata</i>	3.6 (3.0)	5.1 (2.3)
		<i>Bursera odorata</i>	3.9 (0.7)	4.2
INVIERNO	HERBÁCEAS	<i>Aristida adscencionis</i>	14.5	0
		<i>Bouteloua aristidoides</i>	5.0	3.4
		<i>Heteropogon contortus</i>	8.1	3.9
		<i>Hibiscus denudatus</i>	3.0 (2.8)	4.8 (5.5)
		<i>Janusia californica</i>	10.0	0
	ARBUSTOS	<i>Aeschynomene nivea</i>	0 (4.7)	6.2 (0.4)
		<i>Buddleia corrugata</i>	0	3.4
		<i>Caesalpinia placida</i>	9.0 (2.3)	5.6 (6.9)
		<i>Celtis reticulata</i>	9.5	0
		<i>Condalia globosa</i>	6.3	0
		<i>Ditaxis. Sp</i>	5.5 (0.3)	0
		<i>Euphorbia californica</i>	0	6.2
		<i>Jatropha cuneata</i>	0 (12.4)	3.2 (16.6)
		<i>Krameria parvifolia</i>	0 (0.3)	3.2
		<i>Larrea tridentata</i>	0 (2.8)	8.4 (1.6)
		<i>Melochia tomentosa</i>	8.5 (1.6)	5 (0.1)
		<i>Ruellia californica</i>	6.7 (12.4)	7.7
	ÁRBOLES	<i>Bursera epinnata</i>	0 (1.0)	4.2 (0.7)
		<i>Colubrina glabra</i>	0 (0.6)	6.2
		<i>Lysiloma candida</i>	0 (1.9)	6.2 (0.4)
		<i>Olneya tesota</i>	0 (0.1)	4.5 (1.9)

Con el índice de Ivlev se determinaron siete especies seleccionadas por los borregos en los dos años de estudio. En 2010 los animales seleccionaron principalmente cuatro arbustos *Bourrieria sonorae*, *Caesalpinia placida*, *Ditaxis* sp y *Melochia tomentosa*, con valores mayores a 0.35, mientras que en proporción a su disponibilidad, se encontró a *Ruellia californica* e *Hibiscus denodatus*, que presentan valores menores de -0.35 a 0.35. Durante 2011 seleccionaron solo un árbol *Bursera epinnata* y dos arbustivas *C. placida* y *Larrea tridentata*, mientras que los arbustos *Fouquieria diguetii* y *Jatropha cuneata* se encuentran en la dieta en igual proporción a su disponibilidad.

El análisis de Bonferroni detectó preferencias por diferentes especies en los dos años. En 2010 los borregos seleccionaron dos especies arbustivas durante el otoño; *B. sonorae* ($\chi^2 = 8.49$, g. l. = 3, $P < 0.05$) y *M. tomentosa* ($\chi^2 = 197.94$, g. l. = 3, $P < 0.05$), mientras que en invierno, seleccionaron dos arbustos y una herbácea; *C. placida* ($\chi^2 = 500.21$, g. l. = 3, $P < 0.05$), *R. californica* ($\chi^2 = 3318.65$, g. l. = 3, $P < 0.05$) e *H. denudatus* ($\chi^2 = 159.29$, g. l. = 3, $P < 0.05$). Durante la primavera de 2011 se encontró la selección de cuatro arbustivas y un árbol; *F. diguetii* ($\chi^2 = 1245.18$, g. l. = 3, $P < 0.05$) y *L. tridentata* ($\chi^2 = 268.82$, g. l. = 3, $P < 0.05$), para verano *J. cuneata* ($\chi^2 = 4787.71$, g. l. = 3, $P < 0.05$), en otoño solo a *C. placida* ($\chi^2 = 1642.68$, g. l. = 3, $P < 0.05$) y durante el invierno seleccionaron a *L. tridentata* nuevamente y *B. epinnata* ($\chi^2 = 78.71$, g. l. = 3, $P < 0.05$; Tabla 2).

Tabla 2. Valores de selección (Ivlev y Bonferroni) de las especies vegetales consumidas por el borrego cimarrón. El índice de Ivlev se interpretó en tres categorías de selectividad: preferida (S) (> 0.35), proporcional (P) (-0.35 a 0.35) y evitada (E) (-1.0). Los intervalos de Bonferroni muestran qué especies vegetales están siendo seleccionadas, evitadas o usadas de acuerdo a su disponibilidad en el ambiente; selección (+), evitado (-) y uso de acuerdo con su disponibilidad (=), Uso esperado = UE, Uso observado = UO, Límite inferior = LI, Límite superior = LS.

Año 2010							
Especie	UE	UO	LI	LS	Tipo de uso	IVLEV	Tipo de uso
<i>Bourrieria sonorae</i>							
primavera	0.290	0.273	-0.486	0.058	=	0.47	S
verano	0.258	0.273	-0.187	0.330	=	0.41	S
otoño	0.194	0.409	-0.370	0.156	+	0.88	S
invierno	0.258	0.045	0.043	0.457	-	-0.30	P
$\chi^2 = 8.49$ g.l. = 3 $p < 0.05$							
<i>Caesalpinia placida</i>							
primavera	0.058	0.078	-0.103	0.063	=	0.57	S
verano	0.273	0.078	0.081	0.308	-	-0.26	P

otoño	0.446	0.558	-0.274	0.050	=	0.65	S
invierno	0.223	0.286	-0.206	0.081	+	0.59	S

$$\chi^2 = 500.21 \text{ g.l.} = 3 \text{ } p < 0.05$$

Ditaxis. Sp

primavera	0.182	0.216	-0.325	0.257	=	0.91	S
verano	0.182	0.216	-0.325	0.257	=	0.90	S
otoño	0.364	0.294	-0.285	0.424	-	0.90	S
invierno	0.273	0.275	-0.334	0.330	=	0.91	S

$$\chi^2 = 8.10 \text{ g.l.} = 3 \text{ } p < 0.05$$

Hibiscus denudatus

primavera	0.293	0.182	-0.090	0.313	-	-0.45	P
verano	0.185	0.182	-0.194	0.200	=	-0.39	P
otoño	0.312	0.273	-0.189	0.268	-	-0.27	E
invierno	0.210	0.364	-0.394	0.088	+	0.04	P

$$\chi^2 = 159.29 \text{ g.l.} = 3 \text{ } p < 0.05$$

Melochia tomentosa

primavera	0.111	0.111	-0.131	0.131	=	0.68	S
verano	0.407	0.111	0.122	0.470	-	0.01	E
otoño	0.130	0.444	-0.488	-0.141	+	0.91	S
invierno	0.352	0.333	-0.179	0.216	=	0.68	S

$$\chi^2 = 197.94 \text{ g.l.} = 3 \text{ } p < 0.05$$

Ruellia californica

primavera	0.299	0.220	-0.072	0.232	-	-0.58	P
verano	0.182	0.220	-0.187	0.113	=	-0.51	P
otoño	0.236	0.146	-0.041	0.220	-	-0.62	P
invierno	0.282	0.415	-0.310	0.045	+	-0.30	E

$$\chi^2 = 3318.65 \text{ g.l.} = 3 \text{ } p < 0.05$$

Continuación de la tabla 2.

Año 2011							
Especie	UE	UO	LI	LS	Tipo de uso	IVLEV	Tipo de uso
<i>Bursera epinnata</i>							
primavera	0.350	0.048	-0.451	-0.140	-	0.86	S
verano	0.283	0.071	0.182	0.549	-	-0.52	P
otoño	0.250	0.476	-0.178	0.254	=	0.37	S
invierno	0.117	0.405	-0.292	0.076	+	0.73	S
$\chi^2= 78.71 \text{ g.l.} = 3 \text{ } p < 0.05$							
<i>Caesalpinia placida</i>							
primavera	0.532	0.205	0.219	0.435	-	-0.68	P
verano	0.010	0.054	-0.093	0.006	=	0.57	S
otoño	0.208	0.545	-0.454	-0.218	+	0.39	S
invierno	0.249	0.196	-0.049	0.154	-	-0.10	P
$\chi^2= 1642.68 \text{ g.l.} = 3 \text{ } p < 0.05$							
<i>Fouquieria diguetii</i>							
primavera	0.132	0.610	-0.463	-0.153	+	-0.07	P
verano	0.219	0.156	-0.125	0.133	-	-0.38	P
otoño	0.241	0.117	-0.045	0.194	=	-0.58	P
invierno	0.408	0.117	0.105	0.354	-	-0.59	P
$\chi^2= 1245.18 \text{ g.l.} = 3 \text{ } p < 0.05$							
<i>Jatropha cuneata</i>							
primavera	0.128	0.131	-0.106	0.100	=	-0.71	P
verano	0.229	0.361	-0.277	0.013	+	-0.40	P
otoño	0.247	0.295	-0.187	0.090	=	-0.58	P
invierno	0.397	0.213	0.055	0.312	-	-0.68	P
$\chi^2= 4787.71 \text{ g.l.} = 3 \text{ } p < 0.05$							
<i>Larrea tridentata</i>							
primavera	0.084	0.478	-0.529	-0.259	+	0.81	S
verano	0.313	0.065	0.120	0.376	-	-0.41	P

otoño	0.398	0.120	0.136	0.420	-	-0.32	P
invierno	0.205	0.337	-0.281	0.016	+	0.68	S

$$\chi^2 = 268.82 \text{ g.l.} = 3 \text{ } p < 0.05$$

2.5. Discusión

Los resultados de este estudio mostraron una mínima variación de especies encontradas anualmente, aunque 2011 fue más diverso que 2010. En contraste, el número de especies fue mayor durante 2010, posiblemente influenciada por la falta de precipitación durante este estudio (Figura 2), lo cual indica un período de sequía prolongada, que de forma general se presentó en todo el estado de Baja California Sur, siendo esto un factor determinante en la distribución y abundancia de la vegetación. Hansen (1980) indica que debido a la baja precipitación en los desiertos de Norte América, la distribución de la vegetación en general es muy errática.

Durante el estudio, la cobertura vegetal se observó seca y decadente, encontrando sitios abiertos y sin vegetación. Resultados similares fueron encontrados en el sur de Arizona (Alcala-Galvan y Krausman 2012), al estudiar la dieta de venado bura en zonas naturales y rurales. En Arizona se registraron altas temperaturas y falta de lluvias, factores que afectaron directamente el metabolismo de las plantas, desecándolas en poco tiempo (Alcala-Galvan y Krausman 2012). En adición, afirman que las lluvias influyen directamente en la disponibilidad y la calidad de la vegetación. Otro evento importante por la falta de lluvias, fue la poca presencia y proliferación de pastos y especies herbáceas, por lo que la mayor abundancia de especies registradas en nuestro estudio correspondió a especies arbustivas, que dominan en la zona de estudio y en general en toda la Sierra El Mechudo. Entonces el evaluar la vegetación del hábitat donde se distribuye el borrego cimarrón, como la composición y cobertura de las plantas son dos parámetros útiles para predecir áreas de importancia de alimentación y zonas de refugio (Hansen 1980).

La dieta de los borregos en los dos años de estudio estuvo constituida por 47 especies vegetales, principalmente arbustivas (62.1 %), seguidas de herbáceas (26.9%) y árboles (10.6%). Resultados similares se registraron en el desierto Sonorense, donde los arbustos claramente fueron los de mayor consumo (47.5 %), seguidos de las herbáceas y las suculentas (Tarango *et al.* (2002).

En un estudio realizado en la zona norte de la península de Baja California se menciona que los borregos consumieron 43 % de pastos, 33 % de arbustos (incluidas las cactáceas) y 24 % de herbáceas (Sánchez 1976). En el mismo año, pero en la parte sur de la península, la misma autora menciona que los borregos consumieron 53 % pastos, 23 % arbustos, 17 %, herbáceas y 7 % materia no identificada.

El tipo de vegetación y el clima de ese estudio es similar a nuestra área de trabajo. Estudios de la dieta de borregos de las Rocallosas, en la parte norte de EE. UU, encuentran resultados similares a los anteriores, donde los pastos y herbáceas, son las especies preferidas (Brown *et al.* 1977; Seegmiller y Ohmart 1981). Lo anterior contrasta con nuestros resultados, donde solo dos especies de pastos estuvieron presentes en la dieta de los borregos en todas las estaciones, y en menor proporción que los arbustos.

El borrego cimarrón del desierto consume en promedio hasta 110 especies de plantas en zonas desérticas durante dos o tres años (Browning y Monson 1980). Mientras que en zonas del norte de Estados Unidos y Sur de Canadá, los borregos de las Rocallosas, llegan a consumir hasta 200 especies vegetales (Brown *et al.* 1977; Seegmiller y Ohmart 1981), en Arizona a 58 plantas (Krausman *et al.* 1989), en California 32 especies (Seegmiller y Ohmar (1981) y en Sonora, México 41 (Tarango *et al.* (2002), resultados similares a los encontrados durante nuestro estudio, con valores entre 34 y 39 especies por año.

El uso de formas arbustivas se observó con mayor frecuencia durante los dos años de estudio. La razón de la preferencia por arbustos en el presente estudio se debe en parte a que son perenes y representan alimento que está disponible en todas las estaciones. Además, los ungulados silvestres consumen más especies arbustivas y arbóreas en primavera y verano debido a que éstas contienen más nutrientes digestibles, que aparecen con los renuevos (Bolen y Robinson 2002; McNaughton 1986).

Respecto a la dieta estacional, el verano de 2011 fue el de mayor aporte de especies consumidas ($n = 32$), coincidiendo con el estudio de Brewer y Harverson (2007) con borregos del desierto en Texas, EE. UU. Los autores afirman que el mayor consumo ocurre en verano, manteniéndose este porcentaje de consumo hasta finales del otoño, bajo condiciones normales de lluvias.

En general durante todas las estaciones, el aporte de especies vegetales fue muy similar, con una ligera variación en cada una de ellas, se encontró que la diversidad se mantuvo alrededor de los años con valores de 2.8 en el 2010 y 3.3 en 2011. Diferente a lo encontrado por Tarango *et al.* (2002), donde el promedio de la diversidad en la dieta fue de 0.47 a 0.51, considerándola como un valor bajo, situación que la atribuyen a la falta de lluvias durante su estudio.

Durante el otoño de los años de este estudio, se encontraron valores bajos en el uso de especies vegetales, y aunque las condiciones climáticas no fueron tan severas (32 a 36 °C), las plantas comenzaron a secarse, siendo menos apetecibles para los borregos. Sin embargo, para el invierno el número de especies consumidas fue mayor, lo cual pudo deberse a que en esta temporada las condiciones climáticas adversas, como el excesivo calor disminuyen notablemente (de los 45 °C hasta los 30 °C), encontrando mejores condiciones para los borregos. Situación que induce a que los animales caminen por más horas, por lo tanto, consuman un mayor número de especies vegetales y busquen especies particulares (Brewer y Harverson 2007).

En nuestro estudio, no todas las especies vegetales fueron consumidas en proporción a su disponibilidad, debido a que encontramos diferencias en cuanto a la disponibilidad y el uso. En 2010 los borregos utilizaron 17 especies de las 63 que se registraron. En 2011 el número de especies consumidas fue el mismo (17) de las 50 disponibles. Estos resultados pudieron deberse a que durante la evaluación de la vegetación no se contaron todas las especies, debido a la gran extensión de la zona de estudio y a que durante la colecta de excretas no fue posible acceder a sitios particulares donde se observaron animales, debido a lo accidentado del terreno.

Las diferencias en la dieta de los borregos también obedecen a los movimientos diarios que realizan durante el día, debido a que éstos se mueven en un solo día hasta 20 km dentro de sus zonas de uso (Cuninham y Ohmart 1986). Es decir, que durante estos movimientos, los animales se alimentan en diferentes sitios con una variedad de especies vegetales y formas de crecimiento. Además de las posibles explicaciones antes mencionadas, los borregos usan los diferentes tipos de alimentos no necesariamente por su disponibilidad, también se puede deber a ciertas características de los mismos, como su digestibilidad, variedad de nutrientes, palatabilidad y textura (Krausman *et al.* 1989).

Bailey (1980); Browning y Monson (1980); Krasuman *et al.* (1989) puntualizan que las adaptaciones de los borregos del desierto, les han permitido establecerse y sobrevivir en sitios con relativamente poca vegetación. Lo cual sugiere que no hay preferencia por algún tipo en particular, limitándose a consumir lo que se encuentra disponible, razón por la que se han considerado como animales generalmente, oportunistas. Sin embargo, nuestros análisis de selección indicaron que los borregos sí seleccionaron por lo menos tres especies vegetales en cada año de estudio, de acuerdo a los dos índices utilizados (Bonferroni e Ivlev). Estas especies tienen valores aceptables de digestibilidad, lo que es una posible razón por la que fueron preferidas estas especies. Lo anterior concuerda con lo encontrado por Martínez (2010), quien menciona que la selectividad de ciertos tipos de alimentos por parte de ungulados silvestres, está relacionada con las necesidades energéticas y nutricionales de acuerdo al estado fisiológico de los animales.

En este estudio, se encontró que los borregos seleccionaron a *Caesalpinia placida* y *Melochia tomentosa* durante otoño 2010 e invierno de 2011, mientras que en primavera e invierno de 2011 prefirieron a *Larrea tridentata*. Estas especies presentan valores de digestibilidad de buena calidad, de acuerdo a los valores reportados por Caddel y Allen (2000); Di Marco (2011); Schroeder (2012) y Minson (1990) quienes detallan, que especies vegetales de buena calidad para rumiantes silvestres deben tener valores del 50 % de *DIVMS* o en su defecto, consideran que un forraje tiene alta calidad, cuando contiene aproximadamente 70 % de *DIVMS*; y en forma contraria, forrajes con menos del 50 % de *DIVMS*, se consideran de baja calidad.

Además, la selección de esas especies, puede deberse a que al menos dos de ellas *C. placida* y *L. tridentata*, se encontraron con mayor abundancia y son especies dominantes en la zona. Por otra parte *Croton caboensis*, *Lysiloma candida* y *Viscainoa geniculata*, fueron las especies con los mayores aportes

de energía digestible durante todas las estaciones, con valores de 3.1 a 3.3 Mcal/kg ms, que aunque no son seleccionadas particularmente, son consumidas en proporción a su disponibilidad. Quizás esto se deba a que durante el otoño, aún se presenta la época reproductiva, la cual da comienzo durante el verano, y por otro lado, a que en invierno aparece la primera etapa de nacimientos, induciendo a los borregos a buscar especies vegetales con valores altos de digestibilidad, que les proporcionen energía durante estos eventos.

Respecto a la energía digestible, fue baja entre 2.12 y 2.80 Mcal/kg ms, en comparación con los obtenidos de 10.4 y 8.70 Mcal/kg ms en forrajes utilizados por los borregos de las Rocallosas en el norte de los EE. UU. (Shank 1982). Por otra parte, la digestibilidad fue de 33.4 % a 38.7 %, y 21.5 % a 75.3 %, a lo largo de un año, en forrajes usados por los borregos de California (Rominger *et al.* 1988; Bleich *et al.* 1992) en los que la gramínea *Aristida adencionis* fue más alto (66.8 %) durante el invierno, mientras que el arbusto *Atriplex hymenelytra*, tuvo niveles de 69.9 % a 75.3 % en todas las estaciones. Los que proporcionan a los animales bienestar, debido a que satisfacen sus necesidades energéticas diarias.

La energía digestible de las diferentes especies vegetales consumidas por el venado cola blanca de Nuevo León, se obtiene en las distintas estaciones del año, encontrando el más bajo en verano (1.99 Mcal/kg ms) y el mayor durante el invierno (2.15 Mcal/kg ms; Ramírez-Lozano 2004), los que son suficientes para cubrir los requerimientos de mantenimiento de los venados. La energía digestible en nuestro estudio, concuerda con lo obtenido con el estudio de venados, que van desde 1.61 hasta 2.45 Mcal/kg ms, que asumen la importancia de cubrir por lo menos los requerimientos energéticos para mantenimiento diario del borrego cimarrón estacionalmente.

En este estudio, el borrego cimarrón se comportó como un especialista. Por lo tanto, rechazamos la hipótesis de que los borregos utilizan las especies vegetales de forma oportunista. Esto es debido a que no utilizaron la vegetación en proporción a su disponibilidad. Se observó que a medida que disminuye la disponibilidad de forraje con valores altos de digestibilidad y energía digestible (arbustos principalmente), los borregos incorporan especies que se encuentren disponibles, aunque presenten valores de *DIVMS* y *ED* más bajos. Las especies vegetales que seleccionan los borregos en su dieta, pueden variar en las diferentes temporadas, dependiendo de su disponibilidad y abundancia. Los animales pueden comportarse como especialistas o generalistas, aunque esto puede ser relativo; dado que son las condiciones ambientales las que generalmente determinan la disponibilidad y el uso del alimento (Martínez 2010). Los estudios sobre la dieta de los borregos, son valiosos para los planes de manejo de esta especie y su hábitat, debido a que permite comprender el grado de utilización de la vegetación y si sirven para cubrir los requerimientos necesarios para la sobrevivencia del borrego cimarrón y sus poblaciones.

2.6. Bibliografía consultada

- Alcala-Guzman, H. C., y P. R. Krausman. 2012. Diets of desert mule deer in altered habitats in the lower Sonoran Desert. *California Fish and Game*, 98: 81-103.
- Allen, V. G., C. Batello, E. J. Berretta, J. Hodgson, y M. Kothmann. 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and Forage Science*, 66: 2-28.
- Álvarez-Cárdenas, S., I. Guerrero-Cárdenas, P. Galina-Tessaro, y S. Gallina. 2001. The variables of physical habitat selection by the desert bighorn sheep (*Ovis canadensis weemsi*) in the Sierra del Mechudo, Baja California Sur, Mexico. *Journal of Arid Environments*, 49: 357-374.
- Álvarez-Cárdenas, S., P. Galina-Tessaro, S. Díaz-Castro, I. Guerrero-Cárdenas, A. Castellanos-Vera, y E. Mesa-Zavala. 2009. Evaluación de elementos estructurales del hábitat del borrego cimarrón en la Sierra del Mechudo, Baja California Sur, México. *Tropical Conservation Science*, 2: 189-203.
- Anthony, R. G., y N. S. Smith. 1974. Comparison of rumen and fecal analysis to describe deer diets. *Journal Wildlife Managements*, 30: 305-311.
- Bailey, J. A. 1980. Desert bighorn, forage competition and zoogeography. *Wildlife Society Bulletin*, 12: 208-216.
- Bleich, C. B., R. T. Bowyer, J. Deborah, T. O. Clark. 1992. An analysis of forage used by mountain sheep in the eastern Mojave Desert, California. *Desert Bighorn Council Transactions*, 36: 41-47.
- Bolen, E. G., y W. L. Robinson. 2002. *Wildlife Ecology and Management*. Edition: 5th. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, EE.UU.
- Bonham, CH. D. 1989. *Measurements of terrestrial vegetation*. John Wiley and Sons. New York, N.Y., EE.UU.
- Brewer, C. E., y L. A. Harverson. 2007. Diets of bighorn sheep in the Chihuahua desert. *The Southwestern Naturalist*, 52: 97-103.
- Brown, R. W., D. D. Smith, y R. P. McQuivey. 1977. Food habits of desert bighorn sheep in Nevada, 1956-1976. *Desert Bighorn Council Transactions*, 21: 13-16.
- Browning, B. M., y G. Monson. 1980. Food. p. 80-92. In *The Desert Bighorn Sheep: its life, history, ecology, and management*. G. Monson and L. Sumner, Eds. University of Arizona Press. Tucson Arizona, EE.UU.

- Byers, C. R., R. K. Steinhorst, y P. R. Krausman. 1984. Clarification of a technique for analysis of utilization-availability data. *Journal of Wildlife Management*, 48: 1050–1053.
- Caddel, J., y E. Allen. 2000. Forage Quality interpretations. Division of Agriculture Sciences and Natural Resources. Oklahoma University. EE.UU.
- Cunningham, S., y R. Ohmart. 1986. Aspects of the ecology of desert bighorn sheep in Carrizo Canyon California. *Desert Bighorn Council Transactions*, 30: 14-19.
- Cunningham, S. C. 1989. Evaluation of bighorn sheep habitat. Pp. 135-160. In R. M. Lee, editor. *The desert bighorn sheep in Arizona*. Arizona Game and Fish Department. Phoenix. EE.UU.
- DeYoung, W. R., E. C. Hellgren, T. E. Fulbright, W. F. Robbins Jr., y I. D. Humphreys. 2000. Modeling nutritional carrying capacity for translocated desert bighorn sheep in western Texas. *Restoration Ecology*, 8: 57-65.
- Di Marco, O. 2011. Estimación de la calidad de forrajes. *Facultad de Ciencias Agrarias. Producir XXI*, Bs. As., 20(240): 24-30.
- Gallina, S. 2012. Técnicas para conocer la dieta. Pp. 217-234. En: Gallina–Tessaro, S. y C. López–González (Eds.). 2012. *Manual de técnicas para el estudio de la fauna*. Instituto de Ecología, A.C., Universidad Autónoma de Querétaro, INE–SEMARNAT. México, D.F.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. Instituto de Geología, UNAM, México, D.F.
- Geist, V. 1971. *Mountain Sheep: A Study in Behavior and Evolution*. The University of Chicago Press. Chicago, EE.UU.
- Guerrero-Cárdenas, I., I. Tovar-Zamora, y S. Álvarez-Cárdenas. 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 Zoológica*, 74: 83-98.
- Gutiérrez, G. (1998). Estrategias de forrajeo. En R. Ardila, W. López, A.M. Pérez, R. Quiñones, y F. Reyes (Eds.). *Manual de Análisis Experimental del Comportamiento*. Pgs. 359-381. Madrid: Librería Nueva. Estrategias de Forrajeo. Available from: https://www.researchgate.net/publication/268429342_Estrategias_de_Forrajeo [accessed septiembre 11 2016].

- Hansen, C. G. 1980. Habitat evaluation. Pp. 320-335 in the desert bighorn sheep. (G. Monson and G. Sumner, Ed.) University Arizona Press. Tucson, EE.UU.
- Jaksic, F. M. 1989. Opportunist, selective and other often-confused terms in the predation literature. *Revista Chilena de Historia Natural*, 62: 7-8.
- Jones, P. D., K. B. Strickland, S. Demarais, B. J. Rude, S. L. Edwards, y P. James. 2010. Soils and forage quality as predictor of White-tailed deer *Odocoileus virginianus* morphometrics. *Wildlife Biology*, 16: 430-439.
- Jurgens, M. H. 2002. Animal feeding and nutrition. 9th edition. Kendall/Hunt Publishing, Dubuke, Iowa, EE.UU.
- Krausman, P. R., B. D. Leopold., R. F. Seegmiller, y G.T. Steven. 1989. Relationships between desert bighorn sheep and habitat in western Arizona. *Wildlife Monographs*, 102: 53 p.
- Laca, E. A., y M. W. Demment. 1996. Foraging strategies of grazing animals. En: Hodgson, J. and Illius, A. W. (eds.), the ecology and management of grazing systems. CAB International, Wallingford, pp. 137-158.
- Magurran, A. E. 1983. Diversidad ecológica y su medición. Ed. VENDRA. Barcelona, España.
- Marcum, C. L., y D. Loftsgaarden. 1980. A nonmapping technique for studying habitat preferences. *Journal of Wildlife Management*, 44: 963-968.
- Martínez, T. 2010. Selección y estrategia alimentaria de los machos, hembras y jóvenes de cabra montés (*Capra pirenaica* SCHINZ, 1838) en el suroeste de España. *Galemys*, 2: 483-515
- McNaughton, S. J. 1986. On plants and herbivores. *American Naturalist*, 128: 765-770.
- Minson, D. J. 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press, Inc. N.Y. 483 pp.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para determinar la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza, España.
- Mueller-Dombois, D., y H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons. New York, EE.UU.
- Nagy, J. G., y J. B. Haufler. 1987. Nutrición de los animales silvestres. En: Rodríguez T., R. (ed.). Manual de técnicas de gestión de vida silvestre. The Wild Life Society, 135-149.

- Nagy, K. A. 1987. Field metabolic rate and food requirement scaling in mammals and birds. *Ecological Monographs*, 57: 111-128.
- Peña, J. M., y R. P. Habib. 1980. La técnica microhistológica. Un método para determinar la dieta la composición botánica de la dieta de herbívoros. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias. Departamento de Manejo de Pastizales. Serie Técnico Científica Vol. I. No. 6.
- Ramírez-Lozano, R. G. 2004. Nutrición del venado cola blanca. Publicaciones Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de Los Garza, N. L., México.
- Rautenstrauch, K. R., y P. R. Krausman. 1989. Influence of water availability and rainfall on movements of desert mule deer. *Journal of Mammalogy*, 70: 197–201.
- Rominger, E. M., A. R. Dale, y J. A. Bailey. 1988. Shrubs in the summer diet of rocky mountain bighorn sheep. *Journal of Wildlife Management*, 52: 47-50.
- Sanchez, D. R. 1976. Analysis of stomach contents of bighorn sheep in Baja California. *Desert Bighorn Council Transactions*, 20: 21-22.
- SARH. 1983. Baja California Sur. Carta Sinóptica. Escala 1: 50 000. Carta No. 2. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- Schroeder, J. W. 2012. Interpretating forages analysis. Department of Agriculture. North Dakota State University, EE.UU.
- Seegmiller, R. F., y R. D. Ohmart. 1981. Ecological relationships of feral burros and desert bighorn sheep. *Wildlife Monographs*, 78: 58.
- Shank, C. C. 1982. Age-sex differences in the diets of wintering Rocky Mountain sheep. *Ecology*, 63: 627-633.
- Sparks, D. R., y J. C. Melechek. 1968. Estimating percentage dry weight in diets using a microscopic technique. *Journal Range Management*, 21: 264-265.
- Strauss, R. E. 1979. Reliability estimates for Ivlev's index, the forage ratio, and a proposed linear index of food selection. *Transactions of American Fisheries Society*, 108: 344-352.
- Stuth, J. W. 1991. Foraging behavior. p. 65-83. In Heitschmidt and Stuth (Eds.). *Grazing management. An ecological perspective*. Timber Press, Portland, Oregon, EE.UU.
- Suzuki, R. 2014. pvclust: Hierarchical Clustering with P-values via multiscale Bootstrap Resampling. R package version 1. 3-2.

Tarango, L. A., y P. R. Krausman. 1997. Desert bighorn sheep in Mexico. *Desert Bighorn Council Transactions*, 41: 1-7.

Tarango, L. A., P. R. Krausman, R. Valdez, y R. M. Katinig. 2002. Research observation: Desert bighorn sheep diets in northwestern Sonora, Mexico. *Journal of Range Management*, 55: 530-534.

Valdez, R., y P. R. Krausman. 1999. Description, distribution and abundance of mountain sheep in North America. The University of Arizona Press, Tucson, EE.UU.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA DIETA.

Variación estacional del contenido nutricional de la dieta del borrego cimarrón del desierto (*Ovis canadensis weemsi*), en Baja California Sur, México.

3.1. Resumen

El borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) es uno de los grandes ungulados silvestres nativos de Norte América. Es un herbívoro selectivo, que se alimenta de forrajes con valores altos en nutrientes. El objetivo de este estudio fue evaluar la variación estacional en la calidad nutricional de las especies consumidas por el borrego cimarrón en la sierra El Mechudo, BCS México. Las muestras se recolectaron en las cuatro estaciones de los años 2010 y 2011, y para los análisis consideramos porcentajes de ceniza, proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), extracto etéreo (EE) y digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS). Se encontraron cambios estacionales en el contenido de nutrientes de las especies de plantas que se estudiaron. El mayor número de forrajes con altos porcentajes de nutrientes se encontró durante la primavera en *Viscainoa geniculata* (71.9% DIVMS), *Buddleja corrugata* (11.7% ceniza), *Lysiloma candida* (22.03% proteína cruda), *Condalia globosa* (56.9% FDA), *Aristida adscensionis* (80.2% FDN) y *Bursera epinnata* (5.3% EE). En invierno, los porcentajes más elevados de nutrientes fueron para *Opuntia cholla* (71.7% IVDMD), *Fouquieria diguetii* (16.04% PC), *Bouteloua aristidoides* (78.4% NDF) y *Croton caboensis* (5.7% EE). Mientras que para el verano y el otoño solo se encontraron dos especies con altos valores: *L. candida* (9.1% ceniza) y *Krameria parvifolia* (50.2% FDA). Con base en los dos indicadores de selección (Bonferroni e Ivlev) tres especies por año resultaron ser principalmente seleccionadas durante las diferentes estaciones. *Caesalpinia placida* fue la única especie seleccionada en los dos años, particularmente durante otoño e invierno. Encontramos que los principales nutrientes (ceniza o minerales, proteína cruda y extracto etéreo) del forraje consumido estuvieron asociados principalmente con la segunda etapa de la gestación (finales de verano y todo el otoño) y con la primera y segunda etapas del parto y lactancia (invierno y primavera). En la Sierra El Mechudo las hembras seleccionan especies de plantas de buena y mediana calidad, obteniendo de ellas la mejor combinación de nutrientes.

3.2. Introducción

Los rumiantes silvestres en las zonas áridas experimentan marcadas fluctuaciones en su alimentación y la calidad de ésta debido a la estacionalidad de este tipo de ambientes (Poppi y McLennan 1995). Los patrones estacionales de los nutrientes son fundamentales, ya que influyen fuertemente en el éxito reproductivo y la probabilidad de supervivencia de los animales (Cook *et al.* 2007). Específicamente, ungulados como el borrego cimarrón seleccionan plantas para su mantenimiento y reproducción, así como para enfrentar condiciones climáticas adversas y la depredación (Bailey *et al.* 1980). La alimentación (que plantas consume) y la nutrición (contenido de nutrientes de las plantas consumidas) de estos ungulados silvestres son dos de los principales factores que regulan su distribución y abundancia en un área determinada (Tarango y Krausman 1997).

El borrego cimarrón se encuentra particularmente adaptado a las condiciones áridas y montañosas de su área de distribución, debido a sus características conductuales y adaptaciones morfológicas y fisiológicas (Smith y Krausman 1988; Sandoval *et al.* 2014). Particularmente las subespecies de la Península de Baja California han tenido que adaptarse a condiciones extremas de aridez (Valdez y Krausman 1999), con prolongados períodos de sequía, y alimento de baja calidad (Sandoval *et al.* 2014). Dos de las principales adaptaciones de la especie para mejorar su alimentación son la longitud del tracto digestivo (permitiendo un mayor tiempo de paso del alimento) y el gran tamaño de los molares (lo que permite desde el inicio de la digestión una mejora para extraer nutrientes), permitiendo un mejor proceso digestivo, lo que se traduce en una optimización de los recursos alimenticios consumidos (Guerrero-Cárdenas *et al.* 2016).

Los factores del hábitat que más afectan el consumo o preferencia de los alimentos en ungulados silvestres son la disponibilidad, el contenido nutrimental (proteína, fibra, lignina, aceites esenciales, vitaminas, minerales, compuestos secundarios, etc.) y la digestibilidad (Ramírez-Lozano 2004). El borrego cimarrón es uno de los grandes ungulados silvestres nativos de Norte América, y en México se encuentran tres de las siete subespecies que se distribuyen desde Canadá y USA: *O. c. cremnobates* en Baja California, *O. c. weemsi* en Baja California Sur y *O. c. mexicana* en Sonora (Sandoval *et al.* 2014).

En la Península de Baja California el borrego cimarrón se considera una especie bandera de los ecosistemas árido-montañosos (Escobar-Flores *et al.* 2016) sujeta a protección especial, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT-2010). Jiménez y Hernández (2010) estiman que en Baja California Sur la población de borrego cimarrón se encuentra distribuida en tres áreas principales: las Tres Vírgenes (Santa Rosalía, en la parte norte del Estado), La Giganta (Loreto, en la porción media) y El Mechudo (La Paz, en la parte sur) que corresponden al 40% de su rango original.

En los ambientes áridos y desérticos de Norte América, la falta de alimento de buena calidad, hace que los animales sufran estrés nutricional. Esto es más evidente durante la estación seca que es la época más estresante del año, y que es cuando los borregos silvestres se ven forzados a consumir especies vegetales

que son ricas en nutrientes, pero también lo son en compuestos secundarios, por lo que normalmente no son consumidas (Hoffman 1989; Holt *et al.* 1992; Wagner y Peek 2006).

Investigaciones sobre la dieta de borrego cimarrón en diferentes áreas de Estados Unidos, particularmente con subespecies del desierto, sugieren que es un consumidor oportunista, principalmente de pastos (gramíneas) y herbáceas (Geist 1971; Cunningham 1989; DeYoung *et al.* 2000). Sin embargo, Guerrero *et al.* (2016) encontraron que los borregos fueron muy selectivos durante los dos años del estudio en la Sierra El Mechudo, debido a que seleccionaron principalmente especies arbustivas y arbóreas, y en menor proporción, pastos y otras herbáceas. Este patrón no se presenta en otras partes de su distribución, aunque investigadores de la United States Fish and Wildlife Service (2008) encontraron que los borregos de California son altamente selectivos, pero ahí eligen particularmente pastos, y en menor porcentaje especies arbustivas ya que en ese sitio los pastos proporcionan más energía.

La preferencia del borrego cimarrón por las especies vegetales que consume de acuerdo a su disponibilidad y calidad, son importantes para facilitar la detección de las especies clave en su dieta (Hanley 1997; Martínez 2010). Estas preferencias pueden ser explicadas probando la hipótesis de la calidad selectiva (Corriale *et al.* 2011), la cual establece que las plantas seleccionadas presentan un valor nutrimental más alto, durante aquellas etapas fisiológicas donde los borregos requieren de mayor demanda de nutrientes. De acuerdo con lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la variación estacional en la calidad nutricional de las especies vegetales que consumen los borregos y determinar si tal variación se relaciona con la etapa fisiológica por la que atraviesa el borrego.

3.3. Materiales y Métodos

Área de estudio. El estudio se realizó durante dos años (2010 y 2011) en el extremo sur del macizo montañoso de la Sierra El Mechudo, al noroeste de la Bahía de la Paz, en Baja California Sur, México. Los muestreos se realizaron en un área de 117, 578 ha en la localidad del Junco, localizada en la zona de San Juan de la Costa, entre las coordenadas geográficas 24° 24' 44.17 N y 110° 45' 9.10 O (Figura 1). Este sitio, junto con las localidades del Camarón y el Cajete, se consideran como el límite sur de la distribución natural de los borregos de montaña de Norte América (Arriaga *et al.* 2002; Álvarez-Cárdenas *et al.* 2009).

El rango de altitud de la localidad se encuentra entre los 100-400 m (7,700 ha), con algunas áreas en el rango de los 400-600 m (1,500 ha). El área presenta tierras por abajo de los 100 m y no hay sitios que alcancen más de los 600 m. Existen sitios con terreno plano (800 ha), más del 80% del terreno corresponde a sierras bajas (3,600 ha) y a sierras medianas con cañadas (4,500 ha). Una pequeña superficie (1,100 ha) está conformada por sierras altas con cañones. Las laderas orientales son empinadas y orientadas hacia el Golfo de California, y están compuestas de cañones, precipicios y lechos secos de arroyos (Álvarez- Cárdenas *et al.* 2009).

En este sitio se encuentran tres tipos de vegetación: 1) matorral espinoso (especies arbóreas y arbustivas caducifolias con espinas prominentes) en las partes más altas, con especies como *Pachycormus discolor*, *Stenocereus thurberi* y *Opuntia* sp.; 2) matorral inerme (especies sin espinas y de hojas pequeñas) en laderas y cañones, dominado por *Lysiloma candida*, *Ruellia californica* y *Fouquieria diguetii* y 3) matorral inermecardonal (asociación de diferentes especies sin espinas y especies suculentas con espinas) en las partes más bajas, dominado por *Pachycereus pringlei*, *Bursera epinnata* y *Prosopis glandulosa* (Guerrero-Cárdenas *et al.* 2016).

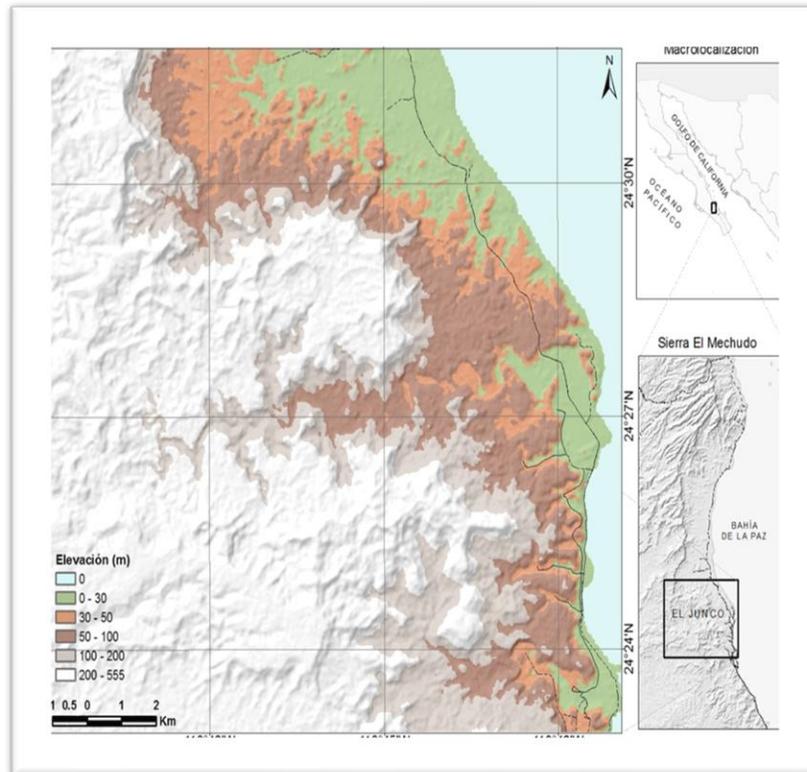


Figura 1. Localización de la zona del estudio, El Junco, que pertenece al macizo montañoso de la Sierra El Mechudo, en la parte sur de Baja California Sur, México.

El clima que se presenta en la zona es del tipo seco desértico cálido, con una temperatura media mensual que oscila entre 17.9 y 35.3 °C en los meses de enero y agosto y una media anual que varía entre los 22 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 (incidencia de huracanes), seguido del de diciembre-enero (5 a 10.2% del total anual) que corresponde a la lluvia invernal (SARH 1983). En la zona se presentan periodos cíclicos de sequía que pueden durar varios años (Guerrero-Cárdenas *et al.* 2016).

La temperatura media anual fue de 23.7°C, la media máxima de 29.4°C y la media mínima de 18.0°C. La temperatura máxima registrada fue de 45°C durante el verano de los dos años muestreados. El régimen de lluvias fue muy escaso, con un promedio de precipitación de 3.2 mm (Figura 2).

El estudio se realizó en los años 2010 y 2011. Tomando en consideración las etapas fisiológicas para los borregos del desierto (Monson y Sumner 1982; Valdez y Krausman 1999), el año se dividió en cuatro periodos:

- 1) Verano (julio-agosto-septiembre), reproducción y primera etapa de la gestación.
- 2) Otoño (octubre-noviembre-diciembre), segunda etapa de la gestación.
- 3) Invierno (enero-febrero-marzo), primera etapa de nacimientos y lactación.
- 4) Primavera (abril-mayo-junio), segunda etapa de nacimientos y lactación.

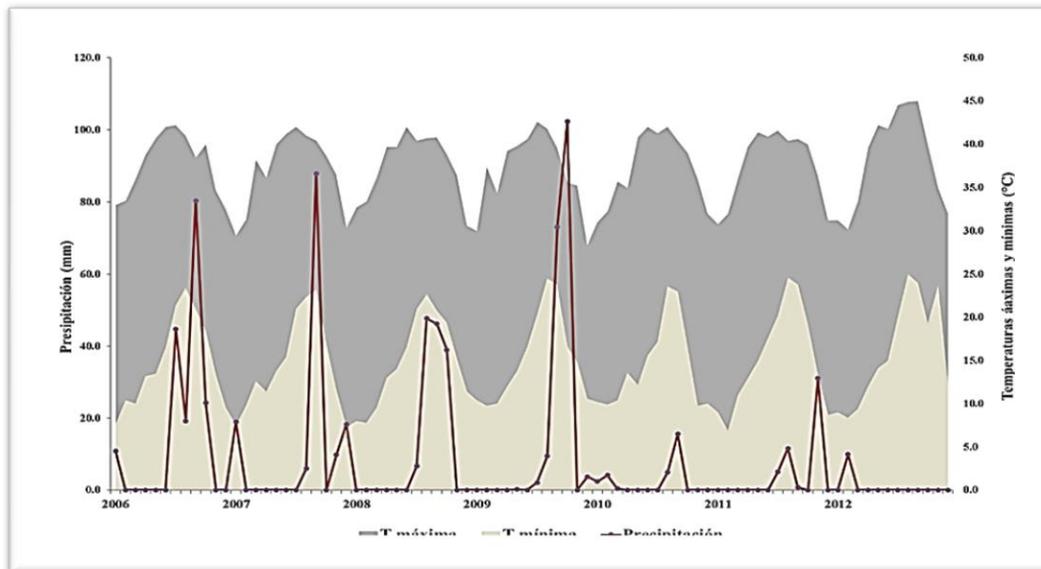


Figura 2. Climograma de temperaturas máximas, mínimas y precipitación, durante siete años (2006-2012) en el área de estudio. Solo 2010 y 2011, son los años en los que se colectó la información de campo.

Previo a este estudio, mediante la técnica microhistológica para residuos vegetales en heces, Guerrero-Cárdenas *et al.* (2016) identificaron 34 especies vegetales en 2010 y 39 en 2011. En total, los borregos consumieron 47 especies que de manera porcentual correspondieron a 62.2 % de arbustos, 26.9 % de herbáceas, 10.6% de árboles y 0.2% de suculentas.

Una vez establecida la dieta de los borregos, se colectaron las especies registradas durante los meses de abril-mayo (primavera), julio y septiembre (verano), octubre-noviembre (otoño) y enero-febrero (invierno), de los dos años. A partir de muestreos aleatorios (recorridos al azar en diferentes sitios del área de estudio), se colectaron ramas y hojas (no se encontraron frutos durante el estudio) en cada época. Estas fueron agrupadas por especie y forma de vida (árboles, arbustos, herbáceas y suculentas) y posteriormente fueron secadas bajo condiciones de laboratorio (dentro de una estufa Lindberg Blue M® a 40°C por 48 horas). Posteriormente las ramas y hojas de las diferentes especies de plantas se pulverizaron en un molino tipo Willey con criba de 2 mm, en el Laboratorio de Ecología Animal del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) S.C., en la Paz, B.C.S., México.

La calidad nutricional de las especies forrajeras se obtuvo a partir de los análisis químicos proximales correspondientes, en el laboratorio de análisis químico proximal del CIBNOR. El contenido de cenizas (aporte de minerales, los cuáles son indispensables en los rumiantes para el funcionamiento de todos los procesos bioquímicos y para la microflora ruminal, Ramírez-Lozano 2004), se determinó mediante incineración a 500°C (AOAC, 1990), la proteína cruda (PC) se obtuvo utilizando un destilador Kjeldahl (N x 6,25) (AOAC 1990). La evaluación de la fibra detergente ácida (FDA) y fibra detergente neutra (FDN) que son utilizadas para la predicción de la calidad, digestibilidad y valor energético del forraje (Van Soest *et al.* 1991), se realizó a partir de un procedimiento no secuencial, con un analizador de fibras ANKOM® (Goering y Van Soest 1970; Van Soest *et al.* 1991). El extracto etéreo (EE) que determina el aporte de aceites y grasas esenciales, se obtuvo mediante el método de Soxhlet (AOAC, 1990), el cual consiste en la extracción de esos elementos con éter etílico a través del extractor SOXHLET®. Para conocer el porcentaje de Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca (DIVMS) se utilizó la fórmula propuesta por Caddel y Allen (2000) y Schroeder (2012), a partir de la ecuación: % DIVMS = 88.9 - (0.779 * % FDA).

Comparamos los valores de cada uno de los nutrientes entre años, estaciones, especies consumidas y formas de vida, debido a que los datos no siguieron una distribución normal, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis (H). Datos con un p-valor $\leq .05$ fueron considerados significantes.

El análisis de selección de especies forrajeras, se determinó a partir de dos indicadores:

1. Índice de Ivlev (ISI) (Strauss 1979), que relaciona de manera sencilla las proporciones usadas de cada especie vegetal y su disponibilidad en el hábitat: $ISI = \frac{(r_i - n_i)}{r_i + n_i}$, donde r_i es el porcentaje de la especie i

en la dieta y n_i es el porcentaje de la especie i en la vegetación disponible. De acuerdo con el criterio de Stuth (1991) las especies seleccionadas son las que presentan valores mayores a 0.35.

2. A partir de una prueba de bondad de ajuste de χ^2 , en el que se evaluaron diferencias significativas entre la utilización esperada de cada uno de los tipos de vegetación (basada en los porcentajes de disponibilidad) y las observaciones de uso (porcentaje de consumo), se examinó la hipótesis de selección de uso al azar. Cuando la prueba de χ^2 muestra diferencias entre el uso esperado y el observado, se calculan los intervalos de confianza al 95% de confianza Bonferroni (Marcum y Loftgarden 1980; Aho y Bowyer 2015). Dichos intervalos, se usaron con la finalidad de determinar qué especies vegetales están siendo seleccionadas, es decir, cuando el uso observado está por fuera del intervalo calculado para el valor observado (Marcum y Lofstgarden 1980; Byers *et al.* 1984; Aho y Bowyer 2015).

Utilizamos el análisis de componentes principales (ACP) con los datos de los años y estaciones para examinar las relaciones entre las variables químicas de los forrajes consumidos y las cuatro etapas fisiológicas de los animales (a las que se les asignó un número), para evaluar su potencial como variables explicativas de las especies mayormente seleccionadas e importantes por sus características nutrimentales. Se incluyeron cinco variables químicas de los forrajes (los porcentajes se transformaron a coseno al cuadrado), además de las especies encontradas en el índice de Ivlev en cada estación de los dos años. Los análisis estadísticos se realizaron mediante el programa XLSTAT-ecology versión 17.1. Microsoft® Excel® 2016.

3.4. Resultados

Los resultados del análisis químico proximal de las especies consumidas por los borregos se presentan en los Anexos 1 y 2. De manera general, se observó que los valores nutrimentales de mayor porcentaje como las cenizas (minerales), la proteína cruda y el extracto etéreo (aceites esenciales), se encontraron principalmente en los árboles, seguidos de los arbustos y las herbáceas.

Con excepción de la FDN ($H= 22.038$), no se encontraron diferencias significativas de los nutrientes entre años ($H= 0.312$) ni entre estaciones ($H= 0.487$). Respecto a los valores de los nutrientes por formas de vida en cada estación, se encontraron diferencias significativas en la FDN de las arbustivas de primavera ($H= 0.022$) y verano ($H= 0.033$), y las herbáceas de invierno ($H= 0.042$), así como para los componentes de ceniza (0.011) de los arbustos en invierno.

Respecto a la fluctuación de nutrientes por especie, el mayor valor de DIVMS se presentó en *Viscainoa geniculata* (71.9%) durante primavera, y en *Opuntia cholla* (71.7%) en el invierno. Los porcentajes de ceniza más altos durante la primavera correspondieron a *Buddleja corrugata* (11.7 %), y a *Lysiloma candida* (9.1 %) en el verano. Respecto a la PC, la mayor concentración se encontró en primavera en *L. candida* (22.3 %), y en *Fouquieria diguetii* en el invierno (16.4%). La FDA fue más alta durante la

primavera en *Condalia globosa* (56.9%) y en *Krameria parvifolia* (50.2%) en el otoño. En cuanto a los porcentajes de la FDN, los valores mayores correspondieron a dos especies de pastos de primavera e invierno; *Aristida adscensionis* (80.2%) y *Bouteloua aristidoides* (78.4%). Por último, el EE fue más alto en primavera en *Bursera epinnata* (5.3%) y en invierno en *Croton caboencis* (5.7%).

De acuerdo al índice de Ivlev, los borregos seleccionaron cinco especies arbustivas en 2010, *Bourreria sonora*, *Caesalpinia placida*, *Ditaxis lanceolata*, *K. parvifolia* y *Larrea tridentata*, y una en 2011, *Melochia tomentosa*. Solo dos árboles, *B. epinnata* en 2010 y *Olneya tesota* en 2011, estuvieron presentes en las diferentes estaciones de los dos años de estudio, con valores mayores a 0.35.

La prueba Bonferroni mostró que los borregos seleccionaron diez especies forrajeras (cinco por año): ocho arbustivas, un árbol y una herbácea (Cuadro 1). En 2010, la selección fue más evidente durante otoño e invierno, mientras que en 2011 se observó durante las cuatro estaciones. Por su parte, con los dos índices se establecieron tres especies por año (*B. sonora*, *C. placida* y *M. tomentosa* en 2010; *B. epinnata*, *C. placida* y *L. tridentata* en 2011) como las de mayor selección durante las diferentes estaciones. *C. placida*, fue la única especie que se seleccionó en los dos años, particularmente durante otoño e invierno.

Cuadro 1. Intervalos de confianza de Bonferroni, que expresan el nivel de selección de las especies forrajeras por parte de los borregos y el contenido nutricional en las diferentes estaciones de los dos años. UE= Uso esperado, UO= uso observado, LI= límite inferior, LS= límite superior.

Año 2010	%										Forma de vida
	UE	UO	LI	LS	Ceniza	PC	FDA	FDN	EE	DIVMS	
<i>Bourreria sonora</i>											
Otoño	0.142	0.582	-1.010	0.131	3.0	5.7	40.0	53.2	1.7	57.8	Ab
$\chi^2 = 18.30$ g.l.= 3 p< 0.05											
<i>Caesalpinia placida</i>											
Otoño	0.374	0.586	-0.596	0.171	6.9	9.7	45.5	44.9	2.6	53.5	Ab
Invierno	0.215	0.278	-0.395	0.269	7.0	10.1	47.4	45.0	2.8	52.0	
$\chi^2 = 12.97$ g.l.= 3 p< 0.05											
<i>Hibiscus denudatus</i>											
Invierno	0.203	0.370	-0.618	0.283	5.8	8.2	40.7	48.2	4.2	57.2	H
$\chi^2 = 9.82$ g.l.= 3 p< 0.05											
<i>Melochia tomentosa</i>											
Otoño	0.098	0.448	-0.720	0.021	6.4	9.8	32.3	45.0	1.8	63.8	Ab
$\chi^2 = 7.91$ g.l.= 3 p< 0.05											

Ruellia californica

Invierno	0.271	0.419	-0.461	0.165	10.3	16.1	28.4	44.6	1.4	66.8	Ab
----------	-------	-------	--------	-------	------	------	------	------	-----	------	----

$\chi^2 = 15.38$ g.l.= 3 p< 0.05

Año 2011

Bursera epinnata

Primavera	0.067	0.322	-0.610	0.099	7.7	11.3	40.0	46.7	5.3	57.7	Ab
Invierno	0.117	0.282	-0.558	0.228	6.8	10.9	41.2	47.3	4.3	56.8	

$\chi^2 = 15.35$ g.l.= 3 p< 0.05

Caesalpinia placida

Otoño	0.212	0.629	-0.648	0.190	5.5	9.0	43.7	56.4	1.2	54.9	Ab
-------	-------	-------	--------	-------	-----	-----	------	------	-----	------	----

$\chi^2 = 56.21$ g.l.= 3 p< 0.05

Fouquieria diguetii

Primavera	0.251	0.48	-0.567	0.10	6.8	16.4	28.7	40.9	2.5	66.6	Ab
-----------	-------	------	--------	------	-----	------	------	------	-----	------	----

$\chi^2 = 4.95$ g.l.= 3 p< 0.05

Jatropha cuneata

Verano	0.262	0.416	-0.460	0.150	6.8	7.8	40.8	48.3	3.1	57.1	Ab	PC=
--------	-------	-------	--------	-------	-----	-----	------	------	-----	------	----	-----

$\chi^2 = 20.95$ g.l.= 3 p< 0.05

Larrea tridentata

Primavera	0.101	0.482	-0.68	-0.080	5.7	7.6	41.7	52.7	1.3	56.5	Ab
Invierno	0.134	0.343	-0.517	0.100	4.3	6.3	39.3	55.2	1.2	58.3	

$\chi^2 = 17.63$ g.l.= 3 p< 0.05

Proteína cruda, FDA= Fibra detergente ácida, FDN= Fibra detergente neutra, EE= Extracto etéreo, DIVMS= Digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

En la gráfica del ACP (Figura 3) tras rotación Varimax, es posible visualizar la asociación de las diferentes especies forrajeras preferidas en cada estación y año, con los nutrientes de mayor importancia durante las diferentes etapas fisiológicas de los borregos. Los dos primeros componentes acumularon el 72.45 % de la variación de los datos. Se observa que las cenizas y PC, se asocian con tres especies de forrajes: la arbustiva *C. placida* en primavera, otoño e invierno de 2010, y los árboles *B. epinnata* y *O. tesota* en el invierno de 2011. El EE se asoció con *B. epinnata* y *B. odorata* en otoño de 2010, mientras que *B. epinnata*, *O. tesota* y la arbustiva, *M. tomentosa* en primavera e invierno del 2011. Otro grupo particular

asociado con la FDN, lo conformaron dos especies arbustivas leñosas: *B. sonorae* durante primavera, verano y otoño de 2010 y *L. tridentata* solo en el invierno de 2011.

En la misma figura, respecto a la asociación de especies y sus nutrientes con los diferentes eventos fisiológicos de los borregos, se aprecia claramente que durante las etapas uno (gestación), tres y cuatro (primera y segunda etapas de nacimientos y lactancia) se asociaron al consumo de especies con valores medios de PC y valores altos de cenizas, EE y FDA, mientras que solo durante la segunda etapa de gestación (etapa dos), el consumo de forrajes se asoció con la FDN.

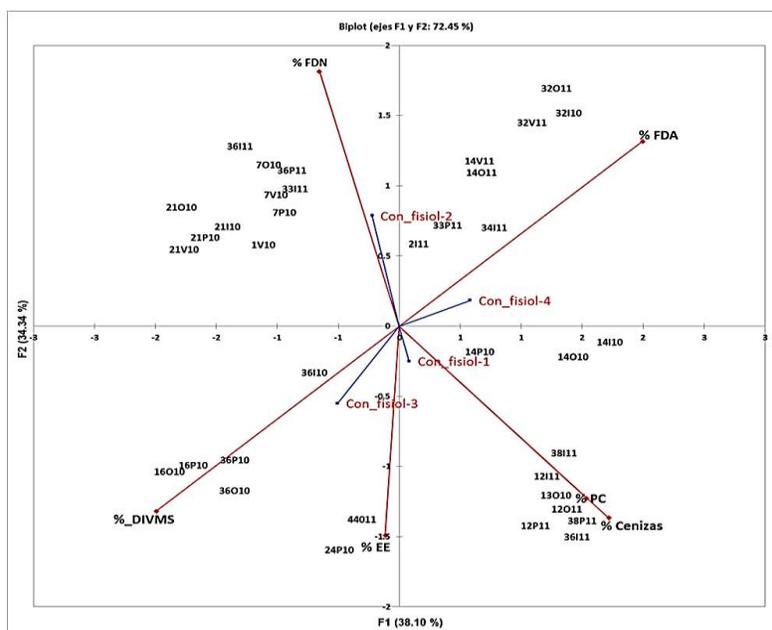


Figura 3. Análisis de Componentes Principales tras rotación Varimax, que presenta la agrupación de las especies seleccionadas (Índice de Ivlev) con sus respectivos valores nutrimentales. Los valores de números y letras corresponden a lo siguiente: la primera letra es la especie de planta, la segunda letra es para la estación, ya sea primavera, verano, etc. y los números corresponden al año de estudio, 2010 o 2011.

3.5. Discusión

Bajo el contexto de la selección de los alimentos, las especies animales en general, han evolucionado en relación a diferentes presiones ecológicas, como la abundancia, distribución y calidad de su alimento y los depredadores. Por lo que dichas presiones selectivas, son el resultado de la adaptación, donde solo persisten aquellos individuos que se han alimentado de manera óptima, es decir, consumir aquellos alimentos de los que se obtiene el máximo beneficio con el mínimo costo (Hawkes y O'Connell 1992).

Mc Arthur y Pianka (1966), detallan que un animal incorpora alimentos en su dieta a partir de su rendimiento energético. Así que dicha incorporación, indica que a medida que disminuyen los recursos de más alto contenido nutricional, se incorporan en la dieta aquellos de menor valor nutricional o rendimiento.

Es decir, los animales pueden escoger los alimentos más beneficiosos entre los accesibles, ser más selectivos cuando hay abundancia e ignorar aquellos de poco beneficio, no importa que tan comunes sean.

Por otro lado, Plata *et al.* (2009) explican que la selección de los alimentos está dada por la palatabilidad, la cual es definida como la característica de un alimento que estimula una respuesta selectiva de un animal y es un factor determinante en el consumo de las especies vegetales, lo cual tiene implicaciones importantes en la elección de alimentos. Esta palatabilidad de las plantas depende de los cambios estacionales que provocan que varíen en su abundancia, estado de crecimiento y características nutrimentales.

Una de las posibles razones de la selección de la dieta del borrego cimarrón, es que éste ha evolucionado para aprovechar al máximo los nutrientes presentes en el forraje que consume, para que su tasa reproductiva sea mayor y de esta manera aumenten sus poblaciones (Pelletier y Festa-Bianchet 2004).

Los nutrientes aportados por las especies que consumen los borregos, como la proteína cruda, los minerales y el extracto etéreo, no presentaron cambios significativos en los dos años y estaciones muestreadas, con excepción de los porcentajes de FDN. El aumento en los valores de FDN, puede obedecer a la elevada temperatura ambiental y a la falta de lluvia, factores que deshidratan y deterioran la vegetación, sobre todo a las especies de pastos, volviéndolas más fibrosas y difíciles de digerir (Wilmshurst *et al.* 1995). En este estudio, *A. adscensionis* y *B. aristoides* se consideran poco nutritivas, ya que presentaron un contenido de FDN de 61.3 % en 2010 y de 79.6 % en 2011, y de acuerdo con Hoffman *et al.* (2007), valores altos de FDN de 55 a 75 % se consideran de baja digestibilidad. Esto concuerda con Ramírez-Lozano *et al.* (2008) quienes mencionan que en las zonas áridas del norte de México, los pastos tienen alto contenido de elementos estructurales (celulosa y hemicelulosa) de baja digestibilidad, lo cual los limita en cuanto a su valor nutrimental, y por lo tanto, son menos consumidos por los rumiantes silvestres y domésticos.

Niwinska (2012) señala que el sistema digestivo de los rumiantes presenta adaptaciones funcionales y anatómicas que les ha permitido obtener energía disponible a partir de material fibroso de algunas plantas. Particularmente en el caso del borrego cimarrón, Miller y Gaud (1989) explican que tanto los grandes molares (responsables de romper el alimento en pequeñas partículas), como el gran volumen de su retículo-rumen (que permiten un paso lento del alimento), son consideradas adaptaciones para el consumo de especies vegetales con alto contenido de celulosa de difícil digestión.

Krausman *et al.* (1989) añaden que la composición de la microflora ruminal de los borregos, permite que se incremente el tiempo de fermentación del forraje en el rumen, mejorando así la digestibilidad de alimentos de baja calidad. Otra explicación al consumo de fibras es la de Van Soest *et al.* (1992), quienes señalan que los rumiantes consumen alimentos con suficiente cantidad de fibra debido a que ésta estimula la rumia y con ello la secreción de cantidades abundantes de saliva, permitiendo regular la acidez del rumen y los procesos de fermentación, lo cual en forma general mantiene en buen estado la salud del rumen de

estos animales. Por otro lado, Weiss (1993), especifica que forrajes con niveles menores a 30% de FDN, pueden causar problemas metabólicos en los rumiantes.

Goodson *et al.* (1991) explican que la fenología de las plantas se ve reflejada en la selección de las especies que utilizan los borregos, y en este caso, las especies arbustivas fueron las de mayor consumo debido a que presentaron follaje verde la mayor parte del año, beneficiadas por la humedad proveniente del Golfo de California (León de la Luz *et al.* 1996). Esto puede corresponder con la dominancia de estas especies en la zona de estudio.

El predominio de especies arbustivas en la dieta de los borregos, también puede obedecer a que en la mayor parte del año, éstas tuvieron porcentajes aceptables de proteína cruda, con un promedio de 8.5 % durante los dos años del estudio. Mazaika *et al.* (1992) y Memmott *et al.* (2011) explican que los arbustos de zonas áridas destinan reservas de nutrientes durante su crecimiento para la formación de nuevos tejidos y ramas tiernas, por tal razón, contienen mayor cantidad de proteína cruda, a diferencia de algunas herbáceas y gramíneas. Así mismo, los arbustos mantuvieron cantidades significativas de proteína cruda y otros nutrientes durante todo el año.

Una posible causa por la que los arbustos mantienen niveles importantes de proteína cruda a lo largo del año, independientemente de la precipitación, podría ser la presencia de fósforo en el área de estudio, debido a que esta zona es rica en fosforita (roca sedimentaria con alta concentración de minerales fosfatados). Esto puede estar relacionado con lo reportado por Hoffman *et al.* (2007), quienes encontraron que particularmente en las formas arbustivas, niveles altos de proteína están asociados con altos niveles de fósforo. Marschner (1993) explica que el fósforo favorece una serie de funciones metabólicas y es un nutriente esencial para el crecimiento y el desarrollo de las plantas.

Mediante los dos indicadores de preferencia utilizados, se encontró que *C. placida* fue la especie principalmente seleccionada durante otoño e invierno de los dos años. Esta especie presentó niveles medios de nutrientes, con porcentajes de ceniza (6.9 y 7.9), PC (9.7 y 10), y EE (2.6 y 2.8), así como niveles bajos de las fibras FDA (44.9%) y FDN (45.0%) constantes durante el año. La alta selección de este arbusto, puede estar relacionada con su constante presencia en el hábitat, lo cual puede obedecer a que su floración se presenta a lo largo de todo el año (León de la Luz *et al.* 1996).

Foroughbakhch *et al.* (2009) refieren que los árboles contienen altos contenidos de compuestos fenólicos, lo cual afecta al rumen y por lo tanto, no son digeribles. Lo anterior podría explicar por qué los árboles fueron escasamente utilizados, según el Índice de Ivlev. No obstante, los borregos consumieron cuatro especies: *L. candida*, *O. tesota*, *Prosopis glandulosa* y *B. epinnata*; las tres primeras contienen una gran cantidad de proteína cruda (hasta 22.3 %), la cual se mantiene a lo largo del año. Esto puede deberse a que cuando el forraje escasea y es pobre en nutrientes, los ungulados silvestres se ven forzados a cambiar la composición de su dieta (Hoffman 1989; Owen-Smith 1988) para satisfacer los requerimientos de algunos

minerales esenciales, consumiendo especies ricas en nutrientes, incluso algunas que normalmente son evitadas debido a la presencia de compuestos secundarios (Robbins *et al.* 1987; Holt *et al.* 1992; Wagner y Peek 2006).

Con el ACP se encontró una agrupación de especies seleccionadas: a) *C. placida*, *B. epinnata* – *O. tesota* y b) *B. epinnata* – *B. odorata* – *O. tesota* – *M. tomentosa* c) *B. sonora* – *L. tridentata* que presentan altos porcentajes de minerales (ceniza), proteína cruda, extracto etéreo y FDN. Estas especies se encontraron asociadas con tres etapas de gran importancia para los borregos: gestación (finales de verano y todo el otoño) y la primera y segunda etapa de nacimientos y lactancia (ocurre durante todo el invierno y primavera). Estos resultados coinciden con los de Krausman *et al.* (1989), quienes encontraron que la mayor parte de las especies consumidas por los borregos de Arizona, tuvieron altos porcentajes de proteína cruda, altamente relacionada con las épocas de nacimientos y lactancia.

El borrego cimarrón, particularmente las hembras durante la gestación y la lactancia, buscan especies con altos contenidos de proteína cruda debido a que necesitan producir leche de buena calidad para la sobrevivencia de los corderos (Goodson *et al.* 1991; Holt *et al.* 1992), esto concuerda con Martínez (2010), quien menciona que el consumo de ciertos tipos de alimento por ungulados silvestres, está relacionado con las necesidades energéticas y nutrimentales, de acuerdo a su estado fisiológico. Hawkes y Connel (1992) señalan que cuando el alimento es abundante, los borregos consumen preferentemente especies con altos contenidos de nutrientes. Por su parte, si las condiciones del hábitat son desfavorables y con poca disponibilidad de alimento, éstos suelen incorporar a su dieta, incluso a especies de menor calidad nutricional. Guerrero-Cárdenas *et al.* (2016) encontraron que el borrego cimarrón seleccionó particularmente las especies arbustivas *B. sonora*, *C. placida*, *M. tomentosa* y *L. tridentata*, las cuales junto con el árbol *B. epinnata*, presentaron porcentajes medios de proteína cruda de 10.5%, extracto etéreo de 2.3% y minerales de 5.5%, siendo estos nutrientes esenciales durante sus diferentes etapas fisiológicas.

En zonas desérticas donde las condiciones climáticas son frecuentemente adversas durante gran parte del año (pocos días de lluvia, calor excesivo y recurrentes periodos de sequía), la estrategia alimentaria de los borregos consiste en consumir los forrajes palatables que les permitan sobrevivir y tener crías (Monson y Sumner 1980). En este estudio, se observó un comportamiento especialista por parte de los borregos, los cuales a pesar de la poca disponibilidad de alimento y la escasez de lluvias, pudieron desplazarse hacia otros sitios en busca de alimento de buena calidad. Schroeder *et al.* (2010) mencionan que los borregos, sobre todo las hembras, se alimentan cerca de acantilados y zonas rocosas con menor abundancia de forraje, pero de mayor calidad, ya que estas coinciden con la selección del terreno de escape y menor riesgo de depredación (Monson & Sumner 1980; Tarango & Krausman 1997; Sandoval *et al.* 2014).

Los borregos de la Sierra El Mechudo consumieron especies vegetales de buena y mediana calidad, debido a que fueron más palatables. Por otro lado, el equilibrio entre aportes medios de proteína y altos

niveles de fibra, proporciona, particularmente durante algunas etapas fisiológicas, una buena salud de la microflora ruminal, permitiendo que los animales se nutran óptimamente, es decir, que obtengan el mejor rendimiento del alimento seleccionado con el menor costo energético (Poppi y McLennan 1995; Niwinska 2012).

3.6. Bibliografía consultada

- Álvarez-Cárdenas, S., Galina-Tessaro, P., Díaz-Castro, S., Guerrero-Cárdenas, I., A. Castellanos-Vera, y E. Mesa-Zavala. 2009. Evaluación de elementos estructurales del hábitat del borrego cimarrón en la Sierra del Mechudo, Baja California Sur, México. *Tropical Conservation Science*, 2: 189–203.
- Aho, K. y Bowyer, R. T. 2015. Confidence intervals for ratios of proportions: implications for selection ratios. *Methods in Ecology and Evolution*, 6: 121–132.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. Edition: 15th. Association of Official Analytical Chemist. Arlington, Virginia, EEUU. 1213 pp.
- Arriaga, L., Espinoza, J.M., Aguilar, C., Martínez, E., L. Gómez, y E. Loa, (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Bolen, E.G., y W.L. Robinson. 2002. *Wildlife Ecology and Management*. Edition: 5th. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, EEUU. 350 pp.
- Byers, C. R., R. K. Steinhorst, y P. R. Krausman. 1984. Clarification of a technique for analysis of utilization-availability data. *Journal of Wildlife Management*, 48: 1050–1053.
- Caddel, J., y E. Allen. 2000. Forage Quality interpretations. Division of Agriculture Sciences and Natural Resources. Oklahoma University. EEUU. 10 pp.
- Corriale, M.J., S.M. Arias y R.D. Quintana. 2011. Forage quality of plant species consumed by capibaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) in the Paraná River Delta, Argentina. *Rangeland Ecology & Management*, 64: 257-263.
- Cunningham, S. C. 1989. Evaluation of bighorn sheep habitat. Pp. 135-160. In R. M. Lee (Editor). *The desert bighorn sheep in Arizona*. Arizona Game and Fish Department. Phoenix. EEUU. 30 pp.

- DeYoung, R.W., E.C. Hellgren, T.E. Fulbrigh, W.F. Robbins, y I.D. Humphreys. 2000. Modeling nutritional carrying of translocated desert bighorn sheep in western Texas. *Restoration Ecology*, 8: 57-65.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001. 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.
- Escobar-Flores, J. G., S. Álvarez-Cárdenas, R. Valdez, J. Torres Rodríguez, S. Díaz-Castro, A. Castellanos-Vera, y R. Martínez-Gallardo. 2015. Detección de las preferencias de hábitat del borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) en Baja California, mediante técnicas de teledetección satelital. *Therya*, 6: 519-534.
- Festa-Bianchet, M. 1988. Seasonal range selection in bighorn sheep: conflicts between forage quality, forage quantity, and predator avoidance. *Oecologica*, 75: 580-586.
- Foroughbakhch, R., P. J. Hernández, V.M. Alvarado, C.E. Céspedes, E.A. Rocha, y A.M. Cárdenas. 2009. Leaf biomass determination on woody shrub species in semiarid zones. *Agroforestry Systems*, 77: 181-192.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen. Instituto de Geología, UNAM, México, D.F.
- Geist, V. 1971. *Mountain Sheep: A Study in Behavior and Evolution*. The University of Chicago Press. Chicago. 383pp.
- Goering, H.K. y P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agriculture Handbook*. No. 379. ARS, USDA, Washington, D.C. 20 pp.
- Goodson, N.L., D.R. Stevens, y J.A. Bailey. 1991. Winter-spring foraging ecology and nutrition of bighorn sheep on Montane range. *Journal of Wildlife Management*, 3: 422-433.
- Guerrero-Cárdenas, I., Sonia Gallina, Pablo Corcuera, S. Álvarez-Cárdenas y R. Ramírez-Orduña. 2016. Diet composition and selection of the bighorn sheep (*Ovis canadensis*) in Sierra El Mechudo, Baja California Sur, Mexico. *Therya*, 7: 423-438.

- Hawkes, K. y J.F. O'Connell. 1992. On optimal foraging models and subsistence transitions. *Current Anthropology*, 33: 63–65.
- Hanley, T. A. 1997. A nutritional view of understanding and complexity in the problem of diet selection by deer (Cervidae). *Oikos*, 79: 209-218.
- Hobbs, N.T., D.L. Baker, G.D. Bear, y D.C. Bowden. 1996. Ungulate grazing in sagebrush grassland: Mechanisms of resource competition. *Ecological Applications*, 61: 200-217.
- Hofmann, R. R. 1989. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*, 78: 443-457.
- Hoffman, P.C., K.M. Lundberg, R.D. Shaver, y F.E. Contreras-Goeva. 2007. Use of digestibility of NDF in the formulation of rations. *Focus on Forage*, 63: 1-5.
- Holt, B., W.H. Miller, y B.F. Wakelling. 1992. Composition and quality of mountain sheep diets in the Superstition Mountains, Arizona. *Desert Bighorn Council Transactions*, 36: 36-40.
- Jiménez, S.D. y M.C. Hernández. 2010. Programa de conservación del borrego cimarrón (*Ovis canadensis weemsi*) en Baja California Sur, México. *Galemys*, 22: 447-468.
- León de la Luz, J.L., B.R. Coria, y E.M. Cruz. 1996. Fenología floral de una comunidad árido-tropical de Baja California Sur, México. *Acta Botánica Mexicana*, 35: 45–64.
- Krausman, P.R., B.D. Leopold, R.F. Seegmiller, y G.T. Steven. 1989. Relationships between desert bighorn sheep and habitat in western Arizona. *Wildlife Monographs*, 102: 3-66.
- Martínez, T. 2010. Selección y estrategia alimentaria de los machos, hembras y jóvenes de cabra montés (*Capra pirenaica* SCHINZ, 1838) en el suroeste de España. *Galemys*, 22: 483-515
- Marcum, C.L. D. Loftsgaarden. 1980. A nonmapping technique for studying habitat preferences. *Journal of Wildlife Management*, 44: 963-968.
- Marschner, H. 1993. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press Ltd., Harcourt Brace y Co. Publishers. Londres. 889 pp.

- Mazaika, R., P.R. Krausman, y R.C. Etchberger. 1992. Nutritional carrying capacity of desert bighorn sheep habitat in the Pusch Ridge Wilderness, Arizona. *Southwestern Naturalist*, 37: 372-378.
- McArthur, R. H. y E.R. Pianka. 1966. On the optimal use of a patchy environment. *American Naturalist*, 100: 603-609.
- Memmott, K.L., V. J. Anderson, y R. Fugal. 2011. Seasonal dynamics of forage shrub nutrients. *Rangelands*, 6: 12-16.
- Mertens, D.R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*, 64: 1548-1558.
- Miller, G.D., y W.S. Gaud. 1989. Composition and variability of desert bighorn sheep diets. *Journal of Wildlife Management*, 53: 597-606.
- Monson, G. y L. Sumner. 1980. *The desert bighorn; its life history, ecology and management*. The University of Arizona Press, Tucson. 365 pp.
- Niwińska, B. 2012. Digestion in Ruminants. Pp. 245-258. In: Chuan-Fa Chang (Eds). *Carbohydrates-Comprehensive Studies on Glycobiology and Glycotechnology*. InTech, DOI: 10.5772/51574. Available from: <https://www.intechopen.com/books/carbohydrates-comprehensive-studies-on-glycobiology-and-glycotechnology/digestion-in-ruminants>
- Owen-Smith, R.N. 1988. *Megaherbivores. The influence of very large body size on ecology*. Cambridge Studies in Ecology, Cambridge University Press. 369 pp.
- Pelletier, F. y M. Festa-Bianchet. 2004. Effects of body mass, age, dominance and parasites load on foraging time of bighorn ram *Ovis canadensis*. *Behavior Ecology and Sociobiology*, 6: 546-551.
- Plata, F.X, S. Ebergeny, J.L. Resendiz, O. Villarreal, R. Bárcena, J.A. Viccone, y G.D. Mendoza. 2009. Palatabilidad y composición química de alimentos consumidos en cautiverio por el venado cola blanca de Yucatán (*Odocoileus virginianus yucatanensis*). *Archivos Medicos Veterinarios*, 41: 123-129.
- Poppi, D.P. y S.R. Mclennan. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *Journal of Animal Science*, 73: 278-290.

- Robbins, C. T., S. Mole, A.E. Hagerman, y T.A. Hanley. 1987. Role of tannins in defending plants against ruminants: Reduction in dry matter digestion? *Ecology*, 68: 1606–1615.
- Ramírez-Lozano, R.G. 2004. Nutrición del venado cola blanca. Publicaciones Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de Los Garza, N.L., México. 66 pp.
- Ramírez-Lozano, R.G., R Morales-Rodríguez, A. Cerrillo-Soto, H. González-Rodríguez, A. Juárez-Reyes, y M. Guerrero-Cervantes. 2008. Forage Nutrition of Range Grasses Growing in Northeastern Mexico. Conference on International Agricultural Research for development, 1-10 pp.
- SARH. 1983. Baja California Sur. Carta Sinóptica. Escala 1: 50 000. Carta No. 2. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- Sandoval, A. V., R. Valdez, y A.T. Espinoza. 2014. El borrego cimarrón en México. Pp. 475–501. *In*: R. Valdez y J.A. Ortega (Eds.). *Ecología y Manejo de Fauna Silvestre*. Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México, México.
- Schroeder, A., T. R. Bowyer, V.C. Bleich, y T.R. Stephenson. 2010. Sexual segregation in Sierra Nevada bighorn sheep, *Ovis canadensis sierrae*: Ramifications for conservation. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 4: 476–489.
- Strauss, R.E. 1979. Reliability estimates for Ivilev's index, the forage ratio, and a proposed linear index of food selection. *Transactions of American Fisheries Society*, 108: 344-352.
- Stuth, J.W. 1991. Foraging behavior. Pp. 65-83. *In*: R.K. Heitschmidt y J.W. Stuth (Eds.). *Grazing management. An ecological perspective*. Timber Press, Portland, Oregon, EE.UU.
- Smith, N., y P.R. Krausman. 1988. Desert bighorn sheep: a guide to select management practices. Biological Report 88 (35). U.S. Fish and Wildlife Service, United States Department of the Interior, Washington D.C. 120 pp.
- Tarango, L.A., y P.R. Krausman. 1997. Desert bighorn sheep in Mexico. *Desert Bighorn Council Transactions*, 41:17.
- USFWS. 2008. Peninsular bighorn sheep. Recovery Program. California Department of Fish and Wildlife. Sacramento California, USA, 130 pp.

Valdez, R., y P.R. Krausman. 1999. Description, distribution and abundance of mountain sheep in North America. The University of Arizona Press, Tucson, EE.UU. 353 pp.

Van Soests, P.J., J.B. Robertson, y B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstrach polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74: 35-83

Wargner, G.D. y J.M. Peek. 2006. Bighorn sheep diet selection and forage quality in Central Idaho. Northwestern Science, 4: 246-258.

Weiss, W.P. 1993. Predicting energy values of feeds. Journal of Dairy Science, 6: 1802-1811.

Wilmshurst, J. F., J. M. Fryxell y R.J. Hudsonb. 1995. Forage quality and patch choice by wapiti (*Cervus elaphus*). Behavioral Ecology, 2: 209-217.

ANEXOS

Anexo 1. Especies vegetales consumidas por los borregos, con sus respectivos valores nutricionales (expresados en porcentajes), en las diferentes estaciones de los años 2010 y 2011.

Especie/forma de vida	Primavera 2010						Especie/forma de vida	Primavera 2011					
	%							%					
	Ceniza	PC	FDA	FDN	EE	DIVMS		Ceniza	PC	FDA	FDN	EE	DIVMS
Herbáceas													
<i>Abutilon sp.</i>	2.3	6.3	37.5	49.9	2.0	59.7	<i>Aristida adscencionis</i>	4.7	5.4	39.7	80.2	1.5	58.0
<i>Aristida adscencionis</i>	4.2	6.6	37.4	52.2	2.5	59.8	<i>Bouteloua aristidoides</i>	4.8	4.6	44.4	78.8	1.3	54.3
<i>Bouteloua aristidoides</i>	4.8	6.2	47.1	75.9	1.3	52.2	<i>Bouteloua sp.</i>	3.5	5.0	43.7	79.7	1.3	54.9
<i>Hibiscus denudatus</i>	5.7	9.3	37.5	49.9	2.1	59.7	<i>Eucnide cordata</i>	4.0	7.7	38.8	46.8	2.2	58.7
<i>Janusia californica</i>	6.5	8.6	35.3	43.0	2.7	61.4	<i>Heteropogon contortus</i>	3.6	4.7	40.8	78.0	1.2	57.1
<i>Merremia aurea</i>	7.5	9.5	34.2	43.2	2.4	62.3	<i>Hibiscus denudatus</i>	5.3	8.7	40.9	55.7	2.1	57.1
<i>Senna confinis</i>	7.6	5.6	44.5	74.5	1.9	54.3							
Arbustos													
<i>Baccharis salicifolia</i>	4.1	6.4	38.1	59.7	4.1	59.2	<i>Aeschynomene nivea</i>	5.7	9.7	41.7	55.7	1.9	56.4
<i>Bebbia juncea</i>	6.5	7.6	40.0	46.9	2.5	57.7	<i>Baccharis salicifolia</i>	3.6	4.8	41.8	71.3	2.4	56.3
<i>Buddleja corrugata</i>	11.7	15.2	28.3	32.7	3.5	66.9	<i>Bebbia juncea</i>	5.6	5.7	48.7	50.8	2.5	51.0
<i>Caesalpinia placida</i>	6.9	7.1	41.5	44.2	1.5	56.6	<i>Bourreria sonorae</i>	4.9	7.9	36.8	41.7	2.4	60.2
<i>Celtis reticulata</i>	5.3	5.9	31.3	45.5	2.3	64.5	<i>Brickellia glabrata</i>	4.4	6.0	38.2	59.3	2.7	59.2
<i>Condalia globosa</i>	4.4	10.5	56.9	35.6	1.0	44.6	<i>Buddleja corrugata</i>	6.7	11.7	37.8	45.7	3.4	59.5
<i>Croton caboensis</i>	5.3	6.9	26.5	23.5	5.4	68.3	<i>Caesalpinia placida</i>	5.8	9.8	43.7	57.8	1.2	54.9
<i>Ditaxis. Sp</i>	3.5	4.5	36.5	53.7	2.2	60.4	<i>Calliandra californica</i>	4.7	7.9	36.6	49.9	1.2	60.4

<i>Euphorbia magdalenae</i>	8.1	4.5	28.7	47.2	2.9	66.5	<i>Condalia globosa</i>	4.9	8.3	45.7	65.3	3.5	53.3
<i>Jatropha cuneata</i>	7.6	8.1	37.9	46.5	3.5	59.4	<i>Croton magdalenae</i>	4.5	6.0	37.7	49.8	2.3	59.5
<i>Krameria parvifolia</i>	5.9	8.8	40.1	48.6	1.5	57.7	<i>Fouquieria diguetii</i>	6.8	16.4	28.7	40.9	2.5	66.6
<i>Melochia tomentosa</i>	5.5	8.6	31.8	45.5	1.3	64.1	<i>Jatropha cuneata</i>	6.9	8.0	40.8	47.7	3.3	57.1
<i>Ruellia californica</i>	9.6	16.0	26.2	43.4	2.2	68.5	<i>Krameria parvifolia</i>	6.6	4.8	47.3	47.8	0.6	52.0
							<i>Larrea tridentata</i>	5.7	7.6	41.7	52.7	1.3	56.5
							<i>Melochia tomentosa</i>	5.4	9.1	37.7	67.9	1.3	59.5
							<i>Merremia aurea</i>	7.0	9.0	34.2	47.9	2.4	62.3
							<i>Ruellia californica</i>	5.6	12.0	32.3	54.9	1.8	63.8
							<i>Vizcainoa geniculata</i>	7.0	10.2	30.7	40.4	4.6	65.0

Árboles

<i>Bourreria sonorae</i>	3.2	6.4	39.5	52.2	1.4	58.1	<i>Bursera epinnata</i>	7.7	11.3	40.0	46.7	5.3	57.7
<i>Bursera epinnata</i>	9.0	12.1	40.6	46.0	5.1	57.3	<i>Bursera odorata</i>	7.5	12.2	43.4	51.5	3.8	55.1
<i>Bursera odorata</i>	8.7	10.1	40.6	46.5	4.7	57.3	<i>Colubrina glabra</i>	4.2	6.6	39.5	46.0	2.4	58.1
<i>Lysiloma candida</i>	9.0	22.3	24.5	42.6	2.1	69.8	<i>Olneya tesota</i>	7.9	15.8	37.4	45.6	1.6	59.7
							<i>Prosopis glandulosa</i>	7.0	10.7	36.9	56.5	2.3	60.2

Verano 2010

Verano 2011

Herbáceas

<i>Abutilon sp.</i>	2.5	5.9	38.9	45.3	1.8	58.6	<i>Aristida adscencionis</i>	4.7	5.8	39.8	80.0	1.5	57.9
<i>Aristida adscencionis</i>	4.7	6.5	39.5	40.6	2.8	58.1	<i>Bouteloua sp.</i>	3.5	4.9	43.8	79.9	1.3	54.8
<i>Bouteloua aristidoides</i>	6.7	5.0	42.4	75.6	1.3	55.9	<i>Bouteloua aristidoides</i>	5.3	4.7	42.4	79.0	1.2	55.9
<i>Eucnide cordata</i>	4.6	8.7	35.7	36.2	3.6	61.1	<i>Eucnide cordata</i>	3.9	7.7	38.7	46.8	2.6	58.8
<i>Hibiscus denudatus</i>	4.8	10.7	39.0	45.7	1.9	58.6	<i>Hibiscus denudatus</i>	4.8	8.4	40.7	55.6	1.9	57.2
<i>Janusia californica</i>	6.9	9.1	36.9	47.0	2.6	60.2	<i>Senna confinis</i>	6.5	4.5	46.6	76.5	1.7	52.6
<i>Merremia aurea</i>	7.0	9.5	37.9	48.0	2.4	59.4							
<i>Senna confinis</i>	8.8	5.9	46.0	71.4	2.1	53.1							

Arbustos

<i>Baccharis salicifolia</i>	4.6	6.2	35.7	58.6	4.4	61.1	<i>Baccharis salicifolia</i>	2.9	4.8	42.0	71.3	2.4	56.2
<i>Bebbia juncea</i>	6.3	5.9	46.4	46.5	1.9	52.7	<i>Bebbia juncea</i>	5.6	5.7	48.9	51.5	1.9	50.8
<i>Bourreria sonorae</i>	3.1	6.8	39.7	52.5	1.5	58.0	<i>Bourreria sonorae</i>	4.7	7.8	36.3	41.9	2.4	60.6
<i>Buddleja corrugata</i>	10.8	11.1	32.1	41.5	4.9	63.9	<i>Brickellia glabrata</i>	4.6	5.7	36.7	58.6	2.4	60.3
<i>Caesalpinia placida</i>	7.2	10.8	42.0	43.7	1.3	56.2	<i>Buddleja corrugata</i>	6.2	11.5	37.9	45.5	3.2	59.4

<i>Celtis reticulata</i>	4.7	5.5	31.3	44.5	2.3	64.5	<i>Caesalpinia placida</i>	5.5	9.0	43.7	57.8	1.2	54.8
<i>Condalia globosa</i>	4.1	8.5	46.5	45.2	4.2	52.7	<i>Calliandra californica</i>	4.8	7.8	35.9	51.3	1.3	60.9
<i>Croton caboensis</i>	4.7	6.0	25.7	22.3	5.3	68.9	<i>Condalia globosa</i>	4.2	8.2	45.6	59.8	3.6	53.4
<i>Ditaxis. Sp</i>	3.0	4.7	35.5	52.2	2.0	61.2	<i>Croton magdalenae</i>	4.7	6.0	33.8	50.0	2.2	62.6
<i>Euphorbia magdalenae</i>	8.6	5.9	37.6	52.2	2.6	59.6	<i>Euphorbia californica</i>	5.4	4.8	37.6	47.3	1.9	59.6
<i>Jatropha cuneata</i>	7.3	8.6	40.5	45.7	3.1	57.3	<i>Fouquieria diguetii</i>	6.7	16.9	27.4	41.8	2.4	67.6
<i>Krameria parvifolia</i>	6.5	4.9	46.5	46.5	0.7	52.7	<i>Haploppapus sonorensis</i>	5.7	3.3	38.9	51.7	1.5	58.6
<i>Melochia tomentosa</i>	6.2	9.3	33.2	45.5	1.4	63.0	<i>Jatropha cuneata</i>	6.8	7.8	40.8	48.3	3.1	57.1
<i>Ruellia californica</i>	8.9	12.3	32.3	44.5	1.8	63.7	<i>Krameria parvifolia</i>	5.8	4.9	47.6	48.0	0.7	51.8
							<i>Larrea tridentata</i>	5.6	6.9	39.9	54.5	1.3	57.8
							<i>Melochia tomentosa</i>	5.6	9.0	36.7	70.6	1.4	60.3
							<i>Merremia aurea</i>	6.0	8.8	37.9	47.9	2.4	59.4
							<i>Ruellia californica</i>	5.6	12.0	32.4	55.2	1.8	63.7
							<i>Simmondsia chinensis</i>	6.2	9.8	35.8	39.7	1.3	61.0
Árboles													
<i>Bursera epinnata</i>	8.2	10.9	41.6	45.5	5.1	56.5	<i>Bursera epinnata</i>	7.4	10.9	40.9	46.7	5.1	57.1
<i>Bursera odorata</i>	7.6	10.5	41.6	45.7	3.9	56.5	<i>Bursera odorata</i>	7.7	12.1	42.8	52.3	3.5	55.6
<i>Lysiloma candida</i>	9.1	17.7	31.2	41.6	1.1	64.6	<i>Colubrina glabra</i>	3.4	6.7	39.8	45.8	2.5	57.9
							<i>Lysiloma candida</i>	9.1	17.0	31.5	42.0	1.1	64.4
							<i>Olneya tesota</i>	7.6	15.5	37.1	45.6	1.3	60.0
							<i>Prosopis glandulosa</i>	7.1	10.2	38.5	56.6	2.1	58.9
Suculentas													
							<i>Opuntia cholla</i>	2.1	2.7	22.1	46.7	1.9	71.7

Anexo 1... continúa

Especie/forma de vida	Otoño 2010						Especie/forma de vida	Otoño 2011					
	%							%					
	Ceniza	PC	FDA	FDN	EE	DIVMS		Ceniza	PC	FDA	FDN	EE	DIVMS
Herbáceas													
<i>Aristida adscencionis</i>	4.0	5.6	45.8	45.7	2.9	53.2	<i>Aristida adscencionis</i>	3.6	5.7	39.9	79.7	1.9	57.8
<i>Atriplex barclayana</i>	5.6	7.2	39.9	54.7	2.5	57.8	<i>Atriplex barclayana</i>	3.9	7.6	42.2	55.7	2.2	56.0
<i>Bouteloua aristidoides</i>	7.7	2.5	39.8	75.8	1.2	57.9	<i>Bouteloua aristidoides</i>	5.6	4.0	41.0	79.2	1.1	57.0
<i>Heteropogon contortus</i>	5.9	4.9	40.8	75.5	1.1	57.1	<i>Heteropogon contortus</i>	3.5	4.3	42.6	78.6	1.1	55.7
<i>Hibiscus denudatus</i>	5.6	8.0	39.5	53.4	2.3	58.2	<i>Hibiscus denudatus</i>	4.4	7.9	40.7	56.3	2.3	57.2
<i>Hofmeisteria fasciculata</i>	4.3	7.8	40.9	44.9	4.0	57.0	<i>Hofmeisteria fasciculata</i>	2.4	6.7	40.4	44.1	1.6	57.5
<i>Janusia californica</i>	6.4	9.0	36.2	46.4	2.4	60.7	<i>Senna confinis</i>	6.5	4.3	46.9	77.0	1.4	52.4
<i>Sida. Sp</i>	2.2	5.7	46.2	50.8	2.5	52.9							
Arbustos													
<i>Bourreria sonorae</i>	3.0	5.7	40.0	53.2	1.7	57.8	<i>Baccharis salicifolia</i>	2.4	4.5	45.7	72.5	2.2	53.3
<i>Buddleja corrugata</i>	10.9	9.1	42.2	48.4	2.8	56.0	<i>Bebbia juncea</i>	5.6	5.9	49.2	51.9	1.6	50.5
<i>Caesalpinia placida</i>	6.9	9.7	45.5	44.9	2.6	53.5	<i>Brickellia glabrata</i>	4.7	6.0	42.4	57.5	2.5	55.9
<i>Celtis reticulata</i>	4.5	6.7	30.8	45.7	2.5	64.9	<i>Buddleja corrugata</i>	6.0	10.0	39.7	46.9	2.6	58.0
<i>Condalia globosa</i>	3.7	9.2	45.9	56.1	4.1	53.1	<i>Caesalpinia placida</i>	5.5	9.0	43.7	56.4	1.2	54.9
<i>Ditaxis. Sp</i>	3.2	4.0	36.2	56.5	2.1	60.7	<i>Calliandra californica</i>	4.0	5.8	35.8	51.5	1.4	61.0
<i>Krameria parvifolia</i>	6.6	5.8	50.2	46.3	0.7	49.8	<i>Condalia globosa</i>	4.0	8.1	45.9	60.0	3.1	53.1
<i>Melochia tomentosa</i>	6.4	9.8	32.3	45.0	1.8	63.8	<i>Fouquieria diguetii</i>	5.9	17.1	27.2	41.5	2.1	67.7
<i>Ruellia californica</i>	9.8	19.8	32.3	45.2	1.8	63.7	<i>Haploppapus sonorensis</i>	5.7	2.9	39.0	52.2	1.6	58.5
<i>Simmondsia chinensis</i>	6.0	9.7	32.5	38.9	2.6	63.6	<i>Jatropha cuneata</i>	6.7	7.9	41.7	48.7	3.1	56.5
<i>Viscainoa geniculata</i>	7.3	12.3	35.1	26.9	5.2	61.6	<i>Krameria parvifolia</i>	5.7	4.8	49.3	48.8	0.7	50.5
<i>Xilothamnia diffusa</i>	7.0	7.6	35.9	46.4	2.4	61.0	<i>Larrea tridentata</i>	4.8	6.5	41.4	54.7	1.3	56.7
							<i>Melochia tomentosa</i>	5.4	8.9	36.2	70.5	1.2	60.7
							<i>Ruellia californica</i>	5.6	10.7	32.3	56.8	1.8	63.7
							<i>Simmondsia chinensis</i>	6.0	9.7	35.1	39.2	1.3	61.5
							<i>Viscainoa geniculata</i>	6.9	9.8	31.5	40.5	4.0	64.4
Árboles													
<i>Bursera epinnata</i>	8.0	11.0	41.1	45.3	4.2	56.9	<i>Bursera epinnata</i>	6.9	11.0	41.2	46.7	4.8	56.8

<i>Bursera odorata</i>	7.7	11.5	41.1	45.7	4.3	56.9	<i>Bursera odorata</i>	7.3	12.0	42.8	52.8	3.2	55.6
							<i>Colubrina glabra</i>	3.3	5.8	40.9	46.0	3.1	57.0
							<i>Oleña tesota</i>	7.5	17.9	37.9	46.7	1.6	59.4
							<i>Prosopis glandulosa</i>	6.5	10.6	38.7	56.7	1.9	58.8

Invierno

Invierno

Herbáceas

<i>Abutilon sp.</i>	2.2	6.6	40.5	48.3	1.9	57.3	<i>Aristida adscencionis</i>	3.8	6.2	40.3	80.1	2.0	57.5
<i>Aristida adscencionis</i>	4.1	6.2	45.6	47.1	3.1	53.4	<i>Atriplex barclayana</i>	3.7	7.1	42.5	56.0	2.0	55.8
<i>Atriplex barclayana</i>	5.9	8.2	41.6	48.3	4.4	56.5	<i>Bouteloua aristidoides</i>	5.4	3.6	46.7	78.7	1.2	52.5
<i>Bouteloua aristidoides</i>	5.3	3.4	46.7	78.4	1.8	52.5	<i>Bouteloua sp.</i>	2.6	4.0	42.2	80.1	1.1	56.0
<i>Heteropogon contortus</i>	5.3	3.9	46.7	77.8	1.9	52.5	<i>Heteropogon contortus</i>	4.1	3.9	44.2	78.2	1.9	54.5
<i>Hibiscus denudatus</i>	5.8	8.2	40.7	48.2	4.2	57.2	<i>Hibiscus denudatus</i>	4.7	7.9	41.2	56.0	4.2	56.8
<i>Janusia californica</i>	6.1	8.9	38.0	47.6	3.6	59.3							
<i>Sida. Sp</i>	1.9	4.9	46.3	50.9	2.6	52.8							

Arbustos

<i>Aeschynomene nivea</i>	6.9	11.1	40.3	51.7	2.5	57.5	<i>Aeschynomene nivea</i>	5.0	9.3	40.9	56.2	2.2	57.0
<i>Baccharis salicifolia</i>	4.3	4.9	41.0	58.0	4.4	57.0	<i>Baccharis salicifolia</i>	2.2	3.6	45.9	72.6	2.0	53.1
<i>Bourreria sonora</i>	2.8	5.5	40.3	54.1	1.8	57.5	<i>Bebbia juncea</i>	5.4	5.4	49.4	52.1	2.4	50.4
<i>Buddleja corrugata</i>	11.3	14.3	29.8	38.7	3.5	65.7	<i>Bourreria sonora</i>	4.0	7.1	36.2	41.9	2.7	60.7
<i>Caesalpinia placida</i>	7.0	10.1	47.4	45.0	2.8	52.0	<i>Brickellia glabrata</i>	4.6	4.9	40.9	57.1	2.9	57.0
<i>Celtis reticulata</i>	6.9	6.8	31.4	45.3	2.7	64.4	<i>Buddleja corrugata</i>	5.8	12.7	39.9	46.9	2.1	57.8
<i>Condalia globosa</i>	4.2	8.0	41.3	33.5	4.0	56.7	<i>Caesalpinia placida</i>	4.8	8.7	45.2	56.9	1.1	53.7
<i>Croton caboensis</i>	6.0	7.1	27.5	22.6	5.7	67.5	<i>Calliandra californica</i>	4.0	5.4	35.9	52.0	1.7	60.9
<i>Ditaxis. Sp</i>	4.1	3.7	37.5	55.3	2.4	59.7	<i>Croton magdalenae</i>	5.2	5.8	31.5	51.2	2.0	64.4
<i>Euphorbia magdalenae</i>	7.0	7.3	36.4	45.6	5.1	60.5	<i>Euphorbia californica</i>	4.9	5.0	38.6	47.2	1.7	58.9
<i>Krameria parvifolia</i>	6.2	4.7	49.4	47.1	0.9	50.4	<i>Fouquieria diguetii</i>	5.6	18.0	28.0	41.9	2.1	67.1
<i>Lycium brevipes</i>	6.9	10.1	40.0	51.3	2.7	57.8	<i>Haploppapus sonorensis</i>	5.2	2.7	40.1	52.5	1.8	57.6
<i>Melochia tomentosa</i>	6.1	8.0	36.6	51.2	1.8	60.4	<i>Jatropha cuneata</i>	6.7	7.9	41.4	48.9	3.1	56.6
<i>Merremia aurea</i>	5.9	8.9	39.0	48.5	4.3	58.5	<i>Krameria parvifolia</i>	4.4	4.6	49.9	48.7	0.7	50.1
<i>Ruellia californica</i>	10.3	16.1	28.4	44.6	1.4	66.8	<i>Larrea tridentata</i>	4.3	6.3	39.3	55.2	1.2	58.3
<i>Simmondsia chinensis</i>	6.6	9.1	33.1	40.1	2.9	63.1	<i>Lycium brevipes</i>	6.2	10.7	42.5	55.4	1.1	55.8
<i>Viscainoa geniculata</i>	8.2	13.5	21.9	25.9	3.5	71.9	<i>Melochia tomentosa</i>	5.0	8.3	35.9	71.1	1.1	60.9
							<i>Merremia aurea</i>	5.9	7.9	39.0	48.4	4.3	58.5
							<i>Ruellia californica</i>	6.8	10.1	29.8	57.4	1.7	65.7

							<i>Simmondsia chinensis</i>	6.6	9.7	33.8	40.8	1.1	62.6	
							<i>Vizcainoa geniculata</i>	7.1	9.9	31.5	40.7	3.5	64.4	
							Árboles							
	<i>Bursera epinnata</i>	8.1	10.9	41.1	46.2	4.6	56.9	Arboles						
	<i>Lysiloma candida</i>	9.2	14.8	45.6	42.7	3.1	53.4	<i>Colubrina glabra</i>	3.0	5.7	41.3	46.2	3.9	56.8
								<i>Bursera epinnata</i>	6.8	10.9	41.2	47.3	4.3	56.7
								<i>Lysiloma candida</i>	9.2	15.2	35.6	42.0	1.2	61.2
								<i>Olnya tesota</i>	7.0	14.9	41.8	46.9	1.9	56.3
								<i>Prosopis glandulosa</i>	7.1	9.9	40.3	57.1	1.7	57.5
							Suculentas							
							<i>Opuntia cholla</i>	2.6	2.8	22.2	47.2	1.9	71.6	

PC= proteína cruda, FDA= Fibra detergente ácida, FDN= Fibra detergente neutra, EE= Extracto etéreo, DIVMS= Digestibilidad in vitro de la materia seca.

CONDICIÓN CORPORAL

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.

4.1. Resumen

A partir de una escala de cinco puntos como método no invasivo, se analizaron imágenes obtenidas por foto trapeo, 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.

4.2. 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; Bartreau 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 a 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 y 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 la 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 Marshall *et al.* (2008) y Smiley (2017) con el venado bura del desierto; Ezenwa *et al.* (2009) con búfalos africanos; Wijeyamohan *et al.* (2015); 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.

4.3. Materiales y Métodos

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 los 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 (Figura 1). Las características fisiográficas, topográficas y bióticas de estos sitios, se describen en Guerrero-Cárdenas *et al.* (2003) y Álvarez-Cárdenas *et al.* (2009).

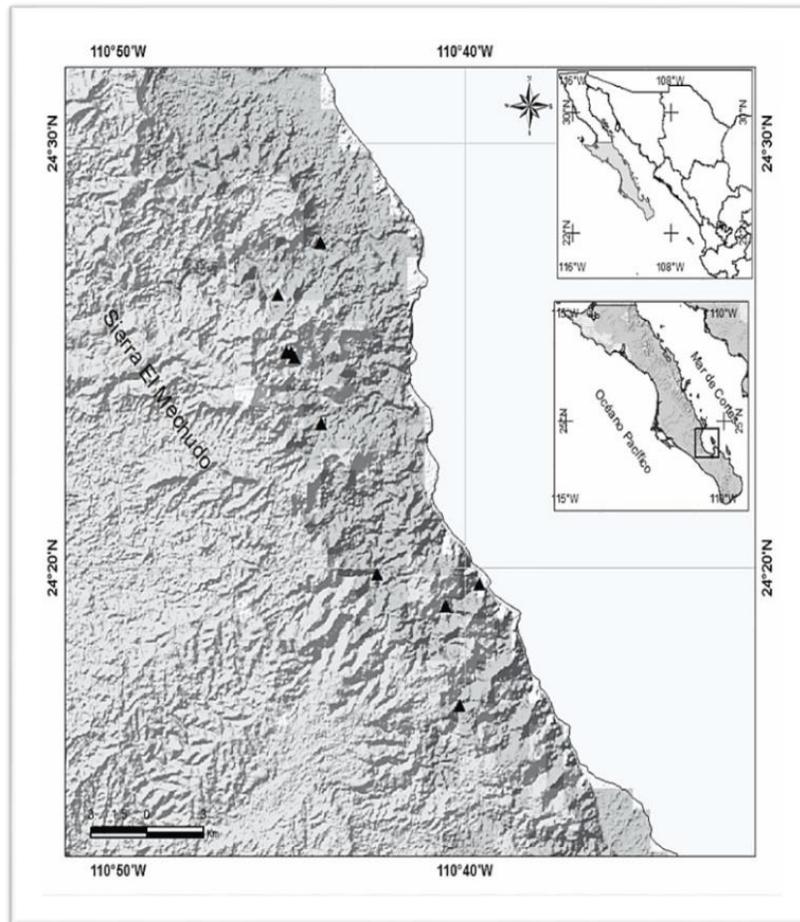


Figura 1. Zonas evaluadas en la Sierra El Mechudo. Los triángulos representan los sitios donde se colocaron las cámaras trampa.

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 (Figura 2).

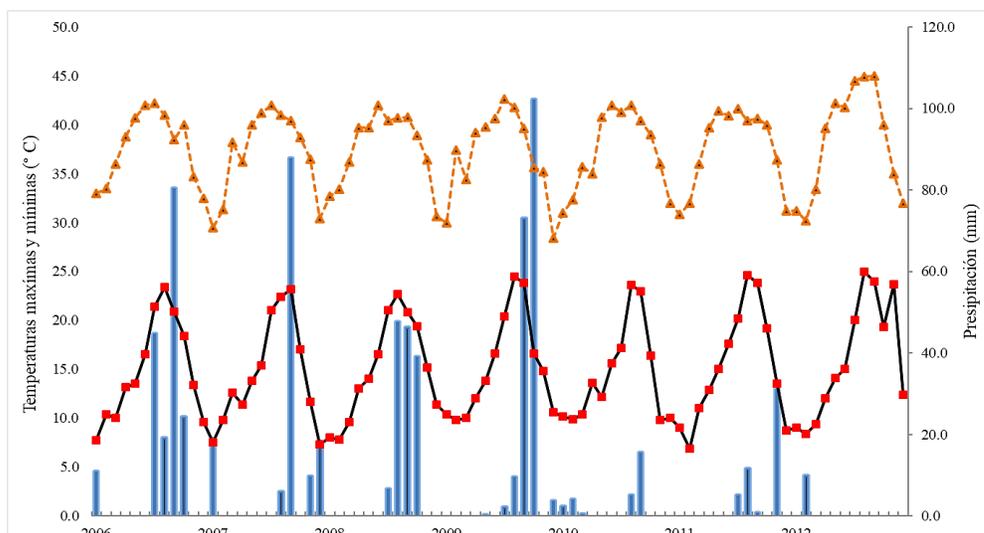


Figura 2. Valores de temperaturas y precipitación correspondientes a 7 años (2006-2012) en el área de estudio (Comisión Nacional del Agua-estación climática Alfredo V. Bonfil).

4.3.1. 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 (esпина dorsal, 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; Figura 3). Las cámaras permanecieron en los sitios de muestreo durante los dos años de estudio y fueron revisadas mensualmente.



Figura 3. Categorías de edades y sexos que se utilizaron para evaluar la condición corporal de los borregos. Hembras adultas (A), hembras jóvenes (B); Machos clase M3 = Macho adulto de cornamenta tres cuartos de vuelta (C), clase M4P = macho adulto de cornamenta de vuelta completa con punta (D) y clase M4T = Macho adulto de cornamenta de vuelta completa despuntados; tipo trofeo (E) (Guerrero-Cárdenas *et al.* 2003).

4.3.2. 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 (Figura 4).

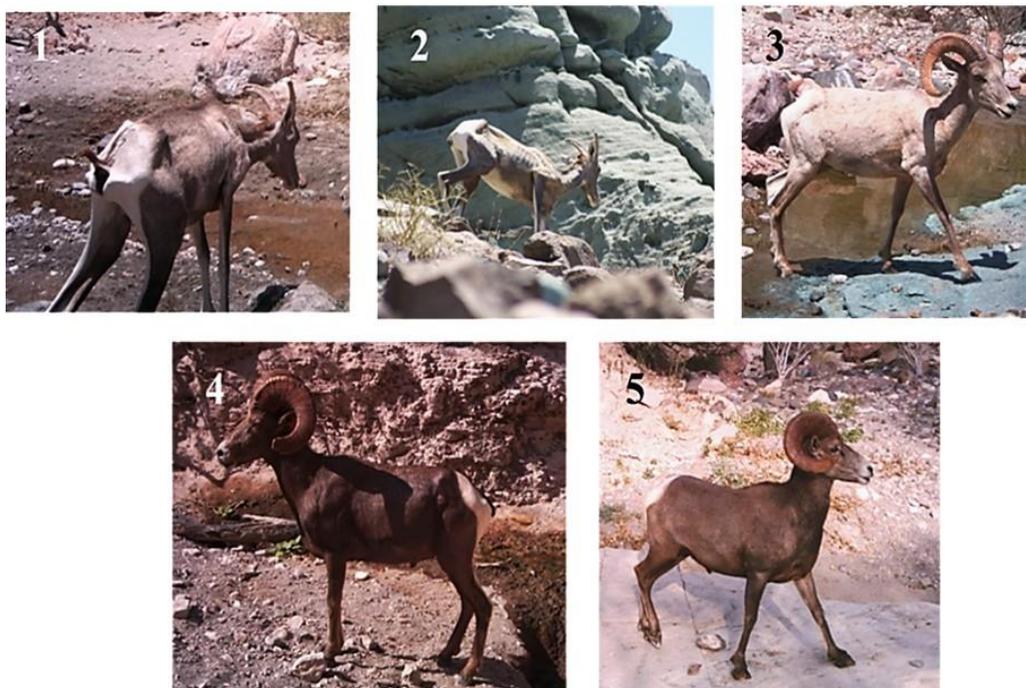


Figura 4. Ejemplos que representan las diferentes clases de condición corporal de los borregos (machos y hembras), basados en la visualización de las diferentes partes corporales. Los números refieren la clase de condición en la que se ubica cada animal. Muy mala (C1), Mala (C2), Moderada (C3), Buena (C4) y Excelente (C5).

De acuerdo a 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 y 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) (Figura 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).

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), Audigé *et al.* (1998) y Romero (2015).

Categoría 1	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.	Muy mala condición
Categoría 2	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.	Mala condición
Categoría 3	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.	Moderada condición
Categoría 4	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.	Buena condición
Categoría 5	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.	Excelente condición

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 cruda y grasa cruda 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).

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.

4.4. 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.

En el 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 (Tablas 2).

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

Diferencias/P 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 ($r = 0.40$, $P < 0.05$). (Figura 6).

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 a 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 $CC = 2.99 - 1.03 E -02 * \% \text{ Grasa (EE)}$ $R^2 = 0.000$ (Figura 7).

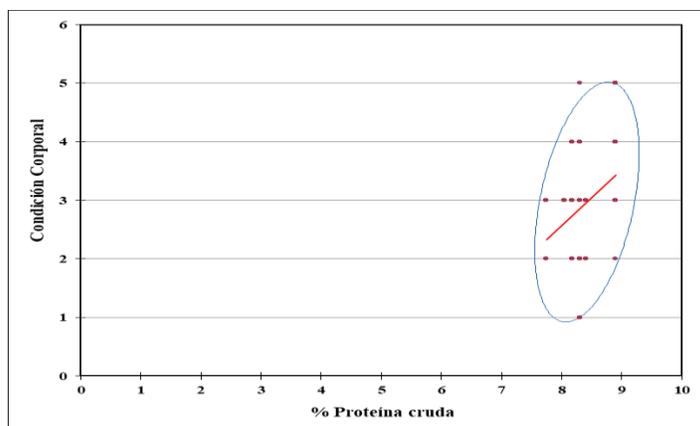


Figura 6. Grafica que muestran una correlación positiva, entre las categorías de condición corporal con los porcentajes de proteína cruda.

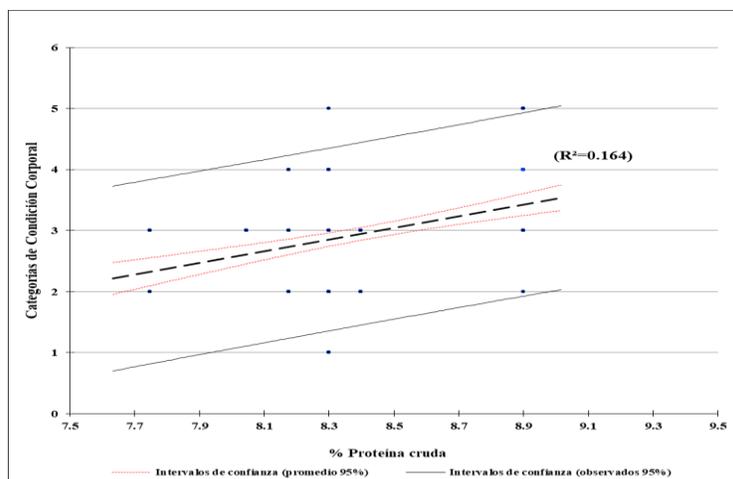


Figura 7. Modelo de regresión lineal simple, entre las categorías de condición corporal con la variable de mayor peso, porcentaje de proteína cruda.

4.5. Discusión

Las condiciones del hábitat estuvieron influenciadas por una escasa precipitación (Figura 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 a 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); 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 aun que 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 a 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 a 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 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 los 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 (Figura 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 y 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), como consecuencia de esta pérdida energética, presentan una importante disminución de su peso corporal (Krasuman *et al.* 1989; Miller y 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.

4.6. 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.

4.7. Bibliografía consultada

- Audigé, L., Wilson, P.R. y 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. y 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. y 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. y 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. y 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. y 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. y 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. y 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. y Webster, G. 1989. A body condition scoring chart for dairy cows. *Journal Dairy Science*, 72: 68-78
- Ezenwa, O.V., Jolles, A.E. y 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 Köppen. 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. y 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 Zoológica*, 74: 83-98.
- Guerrero-Cárdenas, I., Sonia Gallina, Pablo Corcuera, Álvarez-Cárdenas S. y 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., y 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* (n.s.), 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. y 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. y 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. y 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. y 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. y 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. y 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. y Gaud W.S. 1989. Composition and variability of desert bighorn sheep diets. *Journal of Wildlife Management*, 53: 597-606.
- Monson, G. y Sumner, L. 1980. The desert bighorn; its life history, ecology and management. The University of Arizona Press, Tucson, 365 p
- Parker, K.L., Barboza, P.S. y Gillingham, M.P. 2009. Nutrition integrates environmental responses of ungulates. *Functional Ecology*, 23: 57-69.
- Peig, J. y 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. y 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. y 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, Oriella. 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. 5pp

- Sandoval, A.V., Valdez, R. y Espinoza, A.T. 2014. The bighorn sheep in Mexico. Pp. 475-501 in Ecology and Wildlife Management (R., Valdez, y J.A. Ortega, Ed.). Graduate College, Texcoco, Mexico. 523 pp.
- Schiffmann, C., Clauss, M., Hoby, S. y 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. y 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. y 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. http://digitalcommons.uconn.edu/srhonors_theses/533
- Stevenson, R.D. y 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. y 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. y Santiapillai, C.H. 2015. A Visual System for Scoring Body Condition of Asian Elephants (*Elephas maximus*). *Zoo Biology*, 34: 53–59.

5. DISCUSIÓN GENERAL

Esta sección pretende integrar los resultados más relevantes de los tres capítulos principales de este trabajo; análisis de la dieta, evaluación de los valores nutrimentales de los forrajes que consumen los borregos, y la estimación de su condición corporal.

En este trabajo se observó que el comportamiento trófico del borrego cimarrón de la Sierra El Mechudo, no estuvo condicionado por la estacionalidad, caracterizada principalmente por los factores climáticos de temperatura y precipitación, debido a que no se encontraron diferencias significativas entre éstas en los dos años del estudio. Sin embargo, la composición florística, abundancia y diversidad de especies vegetales, y particularmente los valores de proteína cruda, son los que definieron el comportamiento de alimentación de la población de borregos.

Durante los muestreos, la vegetación en el área de estudio estuvo representada por árboles y arbustos de altura media (2.5 m) y baja (50 cm), y la cobertura de herbáceas y gramíneas fue escasa. Esto se debe, en parte, a la falta de lluvia durante el periodo de estudio (Guerrero-Cárdenas et al. 2016). Las altas temperaturas y falta de precipitación son factores que afectaron directamente el metabolismo de las plantas, desecándolas en poco tiempo y afectando su calidad nutrimental.

A pesar de encontrar una baja riqueza de especies vegetales en la zona durante los dos años de estudio, 63 en 2010 y 50 en 2011 (Guerrero-Cárdenas et al. 2016), se observó que estas mantuvieron calidades medias de proteína y otros nutrientes importantes, como fibra detergente neutra, fibra detergente ácida, cenizas y extracto etéreo.

De acuerdo con la clasificación alimenticia de Hofmann (1989) para grandes herbívoros silvestres, el borrego cimarrón tiene hábitos alimenticios intermedios adaptados tanto al pastoreo como al ramoneo, lo que involucra una dieta más amplia (Guerrero-Cárdenas et al. 2016), basada en una lenta tasa de retorno del material de la planta rica en celulosa, que permite a los borregos alimentarse de forraje altamente fibroso y lignificado (viejo y seco), del que obtienen suficiente energía para su mantenimiento.

En su estudio, Guerrero-Cárdenas et al. (2018) encontraron que los borregos del Mechudo seleccionaron un tipo de dieta a base de diferentes tipos de plantas forrajeras, las cuales permitieron satisfacer sus requerimientos nutricionales en las diferentes etapas fisiológicas. Las adaptaciones que han permitido a los borregos establecerse y sobrevivir en sitios con relativamente poca vegetación, sugieren que no hay preferencia por algún tipo de alimento, razón por la que se ha considerado al borrego cimarrón generalmente como oportunista (Bailey 1980; Browning y Monson 1980; Krausman et al. 1989).

Sin embargo, los resultados de este estudio sobre el análisis de la dieta y la disponibilidad de alimento, demostraron que los borregos seleccionaron por lo menos tres especies vegetales en cada año (2010-2011), de acuerdo con los dos índices de selección utilizados, Bonferroni e Ivlev. Una de las posibles razones por la que esas especies fueron seleccionadas, es que estos forrajes son mayormente digestibles (con

valores promedio de 66.8 % DIVMS), y con valores medios y altos de proteína cruda (8.5 a 18 %). Schroeder (2012) y Minson (1990), encontraron que especies vegetales de buena calidad para rumiantes silvestres deben contener valores del 50 % de DIVMS, valores similares a los encontrados en este trabajo.

Otra posible explicación de dicha selección, es que los borregos incorporan sobre todo en épocas críticas, forrajes de menor valor nutrimental, pero ricos en fibras, las cuales son transformadas en energía para sobrevivir. En este trabajo, se encontró que los borregos usan forraje con porcentajes muy altos (78.4) de fibra detergente neutra (FDN), que coincide con lo que menciona Niwinska (2012), quien señala que el sistema digestivo de los rumiantes presenta adaptaciones funcionales y anatómicas que les permiten obtener energía disponible a partir del material fibroso (FDN) de los forrajes consumidos.

Ellis et al. (1976) señala, que son numerosos los factores que afectan la preferencia de los alimentos por parte de los rumiantes silvestres como: el tamaño y forma de la planta, su contenido nutricional, el estado reproductivo y fisiológico del consumidor, así como de la temperatura y humedad del medio ambiente. En este estudio se encontró que los borregos seleccionan preferentemente especies arbustivas, sin embargo, en ciertas circunstancias (una baja disponibilidad de éstas), las herbáceas pueden ser el alimento de mayor consumo debido a su alto contenido de nutrientes y mayor disponibilidad.

Una posible razón de dicha preferencia se debe en parte a que la mayoría de estas especies son perennes y están disponibles en todas las estaciones, particularmente en épocas críticas, lo cual concuerda con McNaughton (1986) y Bolen y Robinson (2002), quienes explican que ungulados silvestres y domésticos de zonas áridas, consumen más especies arbustivas debido a que éstas contienen más nutrientes digestibles, particularmente de la proteína que aparece con los renuevos. Lo anterior concuerda con nuestros resultados, que indicaron que los arbustos contenían porcentajes medios de proteína, que oscilaron entre los 8.5 a 12 % en las diferentes estaciones y fueron consumidos principalmente por los borregos.

Esto puede ser posible debido a que los arbustos mantienen niveles importantes de proteína a lo largo del año, por la presencia de fósforo en el área de estudio. Esta zona es rica en fosforita (roca sedimentaria con alta concentración de minerales fosfatados), y puede estar relacionado con lo reportado por Hoffman et al. (2007), quienes encontraron que particularmente las formas arbustivas, mantienen niveles altos de proteína que están asociados con altos niveles de fósforo. Por su lado, Marschner (1993) explica que el fósforo favorece una serie de funciones metabólicas y es un nutriente esencial para el crecimiento y el desarrollo de las plantas.

El grupo de forrajes que seleccionaron los borregos (*Bourrieria sonora*, *Caesalpinia placida*, *Ditaxis sp.*, *Melochia tomentosa*, *Ruellia californica*, *Hibiscus denodatus*, *Larrea tridentata*, *Fouquieria diguetii* y *Jatropha cuneata*) en las diferentes estaciones de los dos años de estudio, se deben de considerar particularmente como especies clave, tanto en la dieta de los animales como en el hábitat, por lo que el declive o desaparición de las especies clave, puede provocar efectos adversos en todo el sistema, induciendo

una sensible disminución poblacional de borregos y otras especies de herbívoros silvestres que se distribuyen en la Sierra El Mechudo.

Para los borregos, el contenido de nutrientes del forraje que consumen y sus demandas fisiológicas, influye específicamente en el tamaño relativo de sus reservas de grasa y en su condición corporal, que en este caso fueron tomadas en cuenta 5 categorías (Guerrero-Cárdenas et al. 2020).

En cuanto a la condición corporal de los borregos, se encontró una asociación positiva con el consumo de proteína, por lo que se considera como un factor determinante para mantener la condición moderada (categoría tres) en la mayoría de los animales clasificados. Este puede ser un indicador, sobre todo en épocas secas, que los forrajes con cantidades promedio de PC (8.5 %) juegan un rol muy importante en la supervivencia de los borregos. También y a pesar de la ausencia de precipitación, los borregos encontraron forrajes de mediana calidad en sus recorridos diarios en búsqueda de alimento (Krasuman et al. 1989), 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. Lo que puede explicar, es que los borregos pueden consumir más forrajes secos y de mala calidad solo para satisfacer sus necesidades, pero no los nutren adecuadamente.

En el año 2010 se registraron los animales de mayor masa corporal; clase C4 (buena condición) y clase C5 (excelente condición). Posiblemente esto fue el resultado de la alimentación de mejor calidad, derivado de las lluvias anteriores de verano y otoño de 2009. Sin embargo, se observó particularmente en las hembras de las dos clases de edad (jóvenes y adultas), se ubicaron en las categorías de muy mala (C1), mala (C2) y moderada (C3), particularmente durante el verano, otoño e invierno de los dos años, esto quizás se deba, a que ellas son las que gastan mayor energía. Donde esa pérdida energética, coincide con los periodos de gestación (verano-otoño; primera y segunda etapa de gestación) y lactancia (invierno-primavera; primera y segunda etapa de lactancia) de los borregos del desierto (Krausman et al. 1989).

La comprensión de las variaciones espacio-temporales de la condición corporal puede ayudar a identificar procesos que afectan el ciclo biológico de las poblaciones de borrego cimarrón de la Sierra El Mechudo en Baja California Sur. Por lo que, a partir este tipo de estudios, es posible comprender la dinámica de las relaciones ecológicas que existen entre los borregos, las características del hábitat y los factores ambientales, además de proporcionar algunas bases para establecer métodos adecuados que contribuyan a la elaboración de planes de manejo y conservación para la especie. No solo es importante generar este tipo de conocimiento para los borregos, también para todas aquellas especies con las que se relaciona ecológicamente, ya que una alteración en su dinámica podría afectar directa o indirectamente la supervivencia de cualquier especie asociada. Por tanto, será importante determinar el efecto que puede producirse en cualquier tipo de uso y gestión en el hábitat del borrego (explotación, manejo, ausencia de forrajes, introducción de especies exóticas, control de depredadores, etc.).

5.1. Literatura consultada

- Bailey, J. A. 1980. Desert bighorn, forage competition and zoogeography. *Wildlife Society Bulletin*, 12: 208-216.
- Bolen, E.G., y W.L. Robinson. 2002. *Wildlife Ecology and Management*. Edition: 5th. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, EEUU. 350 pp.
- Browning, B. M., y G. Monson. 1980. Food. p. 80-92. In *The Desert Bighorn Sheep: its life, history, ecology, and management*. G. Monson and L. Sumner, Eds. University of Arizona Press. Tucson Arizona, EE.UU.
- Ellis, J.E., J.A., Wiens, C.F., Rodell y J.C. Anway. 1976. A conceptual model of diet selection as an ecosystem process. *Journal Theoretical Biology*, 60: 93–108.
- Guerrero-Cárdenas, I., S. Gallina, P. Corcuera, S. Álvarez-Cárdenas y R. Ramírez-Orduña. 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., S. Álvarez-Cárdenas, S. Gallina, P. Corcuera, R. Ramírez-Orduña y I. Tovar-Zamora. 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 (n.s.)*, 34: 1-18.
- Hofmann, R. R. 1989. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*, 78: 443-457.
- Hoffman, P.C., K.M. Lundberg, R.D. Shaver, y F.E. Contreras-Goeva. 2007. Use of digestibility of NDF in the formulation of rations. *Focus on Forage*, 63: 1-5.
- Krausman, P.R., B.D. Leopold, R.F. Seegmiller, y G.T. Steven. 1989. Relationships between desert bighorn sheep and habitat in western Arizona. *Wildlife Monographs*, 102: 3-66.
- MacArthur RH, Pianka ER (1966). On Optimal Use of a Patchy Environment. *Am Nat* 100: 603.
- Marschner, H. 1993. *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press Ltd., Harcourt Brace y Co. Publishers. Londres. 889 pp.

- Mcnaughton, S. J. 1986. On plants and herbivores. *American Naturalist*, 128: 765-770.
- Minson, D. J. 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press, Inc. N.Y. 483 pp.
- Sandoval, A.V., R. Valdez, y A.T. Espinoza. 2014. The bighorn sheep in Mexico. Pp. 475-501 in *Ecology and Wildlife Management* (R., Valdez, and J.A. Ortega, Ed.). Graduate College, Texcoco, Mexico. 523 pp.
- Schroeder, J. W. 2012. Interpretating forages analysis. Department of Agriculture. North Dakota State University, EE.UU.
- Smith, N., y P.R. Krausman. 1988. Desert bighorn sheep: a guide to select management practices. Biological Report 88 (35). U.S. Fish and Wildlife Service, United States Department of the Interior, Washington D.C. 120 pp.

6. CONCLUSIONES GENERALES

- En el desierto californiano de la Península de Baja California Sur, donde se distribuyen naturalmente poblaciones de borrego cimarrón y las condiciones climáticas son frecuentemente adversas durante gran parte del año (pocos días de lluvia, calor excesivo y recurrentes periodos de sequía), la estrategia alimentaria de estos animales consiste en una selección de especies de forrajes con valores medios de proteína y altos en FDN.
- Se observó que el consumo de forrajes con valores bajos de nutrientes, fuerza a los borregos a consumir más forrajes secos y pobres en nutrientes.
- El equilibrio entre aportes medios de proteína y altos niveles de fibra, proporcionan particularmente una buena salud de la microflora ruminal, permitiendo que los borregos se nutran
- Los resultados presentados son los primeros que exponen los valores nutrimentales de las especies vegetales que consume el borrego cimarrón en la Península de Baja California a lo largo del año, ya que anteriormente solo se habían enlistado las especies de la dieta.
- Aunque los árboles cuentan con altos porcentajes de nutrientes, sobre todo de proteína cruda, éstos no son seleccionados debido probablemente a las altas concentraciones de compuestos fenólicos, elementos que dañan el rumen de los borregos y son menos digeribles.
- La selectividad de los borregos por especies arbustivas se debe principalmente a la calidad nutricional de éstas, siendo importante también su palatabilidad y la disponibilidad a lo largo del año, principalmente en épocas críticas.
- Las especies arbustivas presentaron cantidades medias y altas de nutrientes (sobre todo de proteína), y se mantienen constantes durante las estaciones, siendo esenciales durante las etapas de mayor demanda de energía, principalmente en las épocas de nacimiento y lactancia. Específicamente, *Caesalpinia placida* fue la especie de mayor selección durante los dos años del estudio, y la cual presenta buena calidad nutricional.
- Las especies vegetales que se analizaron pueden ser utilizadas como indicadoras de la calidad del hábitat, debido a que son especies perennes que siempre están disponibles, presentando buena calidad nutrimental, además de ser utilizadas por otras especies de fauna silvestre y doméstica que se distribuyen en la Sierra El Mechudo.
- Las cámaras trampa son una herramienta importante, como un método multipropósitos con el que se puede evaluar el tamaño sus poblaciones y varios aspectos sobre su ecología y comportamiento, así como su condición corporal.

- Actualmente en México y particularmente en BCS, 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 posibles estrategias en el manejo y conservación de sus poblaciones naturales.
- La condición corporal de los borregos puede ser un indicador de los cambios en la calidad del hábitat donde se distribuyen estos animales.
- 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.
- La evaluación de la ecología trófica del borrego, que se basa en cuatro aspectos principales; disponibilidad de forrajes, dieta, valores nutrimentales de la dieta y la evaluación de la condición corporal, son esenciales para obtener las bases de un programa de manejo que promueva la conservación del hábitat y el uso sustentable de la población del borrego cimarrón en la Sierra El Mechudo.

7. Consideraciones y perspectivas para el manejo y conservación de la población de borrego cimarrón, de la Sierra El Mechudo.

La conservación de los recursos naturales (biodiversidad biológica), es una tarea que debe enfrentarse a través del establecimiento de estrategias bidireccionales a corto, mediano y largo plazo, debido a que involucran factores sociales y variables ecológicas. Es por ello que cualquier estrategia de conservación tiene que planificarse de tal manera que contemple los planes de desarrollo social y de utilización sostenible de los recursos naturales, de cada área en particular.

Es difícil establecer un único plan de manejo de borrego cimarrón aplicable a todos los sitios donde se distribuyen estos animales, debido a la variabilidad de varios factores, como el tipo de clima, vegetación, geomorfología, ubicación del área donde se encuentran los rebaños, estados actualizados de la población y del hábitat, relaciones con la fauna asociada incluyendo las especies domésticas, impacto de las actividades humanas, vigilancia, normatividad, etc. Por ello, estos factores se deben tomar en consideración para establecer un plan de manejo particular para el aprovechamiento y conservación del borrego cimarrón y su hábitat en BCS en general, y en la Sierra del Mechudo en particular, por parte de propietarios de las UMA, autoridades y académicos involucrados (Álvarez-Cárdenas et al. 2009).

Con base en análisis de literatura relacionada con el borrego cimarrón de zonas desérticas, tanto en México como en EEUU, y con las experiencias derivadas del trabajo científico que ha realizado el equipo de trabajo, en diferentes estudios con la especie y su hábitat, se presentan algunas consideraciones importantes para la conservación y el manejo del borrego cimarrón.

Es importante tener en cuenta que, desde el punto filogenético, la taxonomía de *O. canadensis* pretende identificar unidades de conservación evaluando diversas medidas de variación (morfológicas o moleculares) para ubicarlas dentro de un contexto evolutivo. Las unidades pueden ser usadas para preservar recursos genéticos únicos, lo que permitiría, en algún momento, evaluar la reintroducción de borregos genéticamente similares a los que originalmente existían en un área y entender mejor la historia evolutiva de esos grupos.

Referente a las relaciones interespecíficas, como competencia, parasitismo y otros agentes infecciosos que afectan al borrego cimarrón, así como la presencia de ganado doméstico libre al pastoreo, puede resultar en competencia por forraje, agua y espacio, pudiendo ser considerado como uno de los principales factores que han causado el declive histórico de poblaciones de borrego cimarrón. La competencia, sobre todo en estas zonas áridas donde el recurso alimenticio es limitado, puede ocasionar la disminución en la densidad poblacional de una o ambas especies, mediante el incremento de la mortalidad y de la dispersión, o por una disminución en la reproducción. Por lo que estudios particularmente importantes relacionados con la competencia por el hábitat y el alimento, así como la valoración de la

capacidad de carga del hábitat, serían de gran utilidad para poder entender el funcionamiento del ecosistema en su conjunto.

La mayoría de las áreas borregueras están naturalmente arregladas en parches de hábitat adecuado, y el tamaño, distribución y calidad de esos parches determina cuantos borregos pueden ser soportados. Un corredor adecuado que conecte tales parches, debe contener por lo menos algunos de los requerimientos de hábitat de la especie. El terreno de escape, sobre todo, y la distancia al agua, son de los principales atributos que deberán proveer los corredores, ya que su disponibilidad es determinante para la existencia de un rebaño de borregos dentro de un área. Un manejo adecuado deberá facilitar la interacción entre los borregos de parches adyacentes, ya que las poblaciones pequeñas no podrán persistir a menos que estas interactúen reproductivamente con otras subpoblaciones, por seguir un patrón metapoblacional. Aunque tal interacción no sea fácilmente realizada, aún con unos pocos animales por generación que se muevan hacia otros parches, es posible mantener la diversidad genética.

Por último, es importante tener en cuenta que la actividad cinegética no es la única forma de aprovechamiento del borrego cimarrón y su hábitat. También se pueden obtener ingresos de personas que gustan del campismo, de la observación de la fauna, de la toma de fotografías o videos, y no solo del borrego cimarrón sino de su hábitat natural y de la fauna asociada. De esta forma, fuera de temporada cinegética y sin extracciones, se podría aprovechar al máximo el gran valor estético del paisaje y de la fauna silvestre en general a través del ecoturismo.

Mediante este tipo de estudios, es posible comprender la dinámica de las relaciones ecológicas que existen entre individuos de una población, además de proporcionar bases para establecer métodos adecuados que contribuyan a la elaboración de planes de manejo, conservación y aprovechamiento de la especie y su hábitat.

Consideraciones para el manejo.

- En los censos y monitoreos aéreos es recomendable realizar no solo el avistamiento y conteo de borrego cimarrón, se deben incluir a los animales ferales (ganado vacuno, caprino, ovino, asnar y caballo). Establecer la disponibilidad y ubicación de agujeros naturales y características de la vegetación.
- Es también importante, tener un censo de todo el ganado doméstico en el área borreguera.
- Para el manejo y conservación del borrego cimarrón en Sierra El Mechudo es necesario considerar la segregación sexual, e. g. en localidades como El Tule, Las Animas y el Mechudo, sitios de parición y crianza, las medidas de manejo deberán estar enfocadas en mantener o mejorar el reclutamiento, indagar sobre aspectos de actividades antrópicas como: construcción de cabañas, introducción de ganado y cacería. Es de vital importancia que las medidas de manejo en toda la

Sierra El Mechudo deberán enfocarse en mantener el corredor natural, evitando la fragmentación por la construcción de caminos y explotación minera.

- Se recomienda continuar con el programa de fototrampeo en los diferentes sitios con agujajes que utiliza el borrego cimarrón y otras especies silvestres importantes, como venado bura y águila real, esta información es muy importante porque además es posible determinar la abundancia relativa de los animales registrados.
- Identificar y monitorear en las diferentes zonas que componen las serranías del Mechudo, las especies vegetales clave para el borrego cimarrón, así como la distribución y abundancia de estas plantas mediante índices de vegetación derivados de imágenes satelitales u obtenidas por vehículos aéreos no tripulados (drones); y posteriormente continuar con la búsqueda de otros sitios potenciales para posibles reintroducciones de borregos cimarrones.
- A partir del método de detección de agujajes, se recomienda determinar la distribución de los cuerpos de agua disponibles en las áreas borregueras y sierras colindantes con la Sierra El Mechudo.
- El financiamiento para la rehabilitación y construcción de agujajes, se recomienda que se fundamente en los resultados obtenidos de la detección e identificación de éstos, y la fauna que los utiliza.

8. Artículos publicados.

Therya, 2016, Vol. 7 (3): 423-437

DOI: 10.12933/therya-16-394 ISSN 2007-3364

Composición y selección de la dieta del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) en la Sierra El Mechudo, Baja California Sur, México

Diet composition and selection of the bighorn sheep (*Ovis canadensis*) in Sierra El Mechudo, Baja California Sur, Mexico

Israel Guerrero-Cárdenas^{1,4}, Sonia Gallina², Pablo Corcuera³, Sergio Álvarez-Cárdenas^{4*} and Rafael Ramírez-Orduña⁵

¹ Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud. Calzada del Hueso 1100, Coyoacán 04960. Ciudad de México, México. E-mail: guerrero04@cibnor.mx (IGC)

² Instituto de Ecología A. C. Red de Biología y Conservación de Vertebrados. Carretera Antigua a Coatepec 351, Las Hayas 91070. Xalapa, Veracruz, México. E-mail: sonia.gallina@inecol.mx (SAGT).

³ Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Departamento de Biología, Área Ecología. Av. San Rafael Atlixco 186, Iztapalapa 09340. Mexico City, Mexico. E-mail: pcmr@xanum.uam.mx (PCMR).

⁴ 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, Mexico. E-mail: salvarez04@cibnor.mx (IGC).

⁵ Laboratorio de Nutrición y Morfofisiología Animal, Universidad Autónoma de Baja California Sur, Km 5.5 carretera al Sur, 23088. La Paz, Baja California Sur, Mexico. E-mail: rramirez@uabcs.mx (RRO).

* Corresponding author

Water, food and nutrition are three of the main factors that regulate the distribution and abundance of wildlife species in a given area. In Baja California Sur, Mexico, the bighorn sheep is one of the most appreciated species for its ecological and economic value within the peninsular desert ecosystem; however, many aspects of its biology, ecology and population status remain unknown. The objective of the present study was to evaluate the diet composition of the bighorn sheep, analyzing the seasonal use and availability patterns of the plant species consumed. Using two food selection indices, we tested the hypothesis that the bighorn sheep opportunistically selects plant species from its habitat in the southern zone of Sierra El Mechudo, Baja California Sur, Mexico. The vegetation was characterized by means of 50 linear transects measuring 100 m x 5 m (500 m²). The diet of the bighorn sheep was evaluated through the microhistological analysis of feces. We calculated the percentage of in-vitro dry-matter digestibility and the digestible energy of forage consumed by sheep. The similarity of seasonal vs. annual diet was determined through a cluster analysis. From two food selection indices (Ivlev's electivity, Bonferroni), we estimated the proportion of use of plant species consumed by sheep to determine food preferences. In the habitat, we identified 21 families with 63 species in 2010 and 22 families with 50 species in 2011. Shrubs were the dominant forms. The analyses of faeces identified 47 species, consisting of 27 shrubs (62.1 %), 12 forbs (26.9 %), six trees (10.6 %), one succulent (0.2 %) and one unidentified species (0.1 %). The cluster analysis showed seven similar groups. Ivlev's and Bonferroni indices showed the selection of *Bourreria sonorae*, *Melochia tomentosa* and *Caesalpinia placida* by bighorn sheep in 2010; in 2011, it selected *Bursera epinnata*, *Caesalpinia placida* and *Larrea tridentata*. Non-significant differences between seasons were observed regarding the composition of plant species in the diet. Shrubs were the dominant life forms, followed by trees and succulents. Shrubs were the preferred food foraged by sheep, accounting for 62.1 % of the diet; this finding is consistent with values reported for Arizona and California. Non-significant differences were observed in the percent *in-vitro* dry matter digestibility and digestible energy of the plant species foraged by sheep. However, we found that sheep grazed preferentially on four plant species, three shrubs and one tree, of high food quality. In this study, the bighorn sheep behaved like a specialist; therefore, we rejected the hypothesis that this species forages opportunistically on plant species. Studies on the diet of the bighorn sheep are valuable to develop management plans for the species and its habitat, since these provide information to better understand the extent of vegetation use and whether distribution sites are suitable and meet with the requirements for the conservation of the species and its populations.

Key words: Digestible energy; diversity; opportunistic; selection index; use-availability.

Para la fauna silvestre el agua, la alimentación y la nutrición son tres de los principales factores que regulan su distribución y el número de individuos de una especie en una área determinada. El borrego cimarrón en Baja California Sur, México, constituye una de las especies más apreciadas por su valor ecológico y económico dentro del ecosistema desértico peninsular, a pesar de esto, se desconocen muchos aspectos de su biología, ecología y situación poblacional. El objetivo del presente estudio fue evaluar la composición botánica de la dieta del borrego cimarrón, analizando los patrones de uso y disponibilidad de las especies vegetales estacionalmente. Usando dos índices de selección, probamos la hipótesis

Artículo original
(Original paper)

VARIACIÓN ESTACIONAL DEL CONTENIDO NUTRICIONAL DE LA DIETA DEL
BORREGO CIMARRÓN DEL DESIERTO (*OVIS CANADENSIS WEEMSI*), EN BAJA
CALIFORNIA SUR, MÉXICO

SEASONAL VARIATION OF THE NUTRITIONAL CONTENT IN THE DIET OF THE
DESERT BIGHORN SHEEP (*OVIS CANADENSIS WEEMSI*), IN BAJA CALIFORNIA SUR,
MEXICO

ISRAEL GUERRERO-CÁRDENAS^{1,2}, SERGIO ÁLVAREZ-CÁRDENAS², SONIA GALLINA^{3*}, PABLO
CORCUERA⁴, RAFAEL RAMÍREZ-ORDUÑA⁵, IVONNE TOVAR-ZAMORA²

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud. Calzada del Hueso 1100, Coyoacán 04960. Ciudad de México, México. <guerrero04@cibnor.mx>

²Centro 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. <salvarez04@cibnor.mx>; <itovar@cibnor.mx>

³Instituto de Ecología A. C. Red de Biología y Conservación de Vertebrados. Carretera Antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa, Veracruz, C.P. 91070. México. <sonia.gallina@inecol.mx>

⁴Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Departamento de Biología, Área Ecología. Av. San Rafael Atlixco 186, Iztapalapa 09340. Ciudad de México, México. <pcmr@xanum.uam.mx>

⁵Laboratorio de Nutrición y Morfofisiología Animal, Universidad Autónoma de Baja California Sur, Km 5.5 Carretera al Sur, 23088. La Paz, Baja California Sur, México. <ramirez@uabcs.mx>

*Autor de correspondencia: <sonia.gallina@inecol.mx>

Recibido: 22/11/2017; aceptado: 24/05/2018; publicado en línea: 25/10/2018
Editor responsable: Vinicio Sosa

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 (*Ovis canadensis weemsi*), en Baja California Sur, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 34, 1–18. DOI: <https://doi.org/10.21829/azm.2018.3412113>

RESUMEN. El borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) es uno de los grandes ungulados silvestres nativos de Norte América. Es un herbívoro selectivo, que se alimenta de forrajes con valores altos en nutrientes. El objetivo de este estudio fue evaluar la variación estacional en la calidad nutricional de las especies consumidas por el borrego cimarrón en la Sierra El Mechudo, BCS México. Las muestras se recolectaron en las cuatro estaciones de los años 2010 y 2011, y para los análisis consideramos porcentajes de ceniza, proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), extracto etéreo (EE) y digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS). Se encontraron cambios estacionales en el contenido de nutrientes de las especies de plantas que se estudiaron. El mayor número de forrajes con altos porcentajes de nutrientes se encontró durante la primavera en *Viscainoa geniculata* (71.9% DIVMS), *Buddleja corrugata* (11.7% ceniza), *Lysiloma candida* (22.03% proteína cruda), *Condalia globosa* (56.9% FDA), *Aristida adscensionis* (80.2% FDN) y *Bursera epinnata* (5.3% EE). En invierno, los porcentajes más elevados de nutrientes fueron para *Opuntia cholla* (71.7% IVDMD), *Fouquieria diguetii* (16.04% PC), *Bouteloua aristidoides* (78.4% NDF) y *Croton caboencis* (5.7% EE). Mientras que para el verano y el otoño solo se encontraron dos especies con altos valores: *L. candida* (9.1% ceniza) y *Krameria parvifolia* (50.2% FDA). Con base en los dos indicadores de selección (Bonferroni e Ivlev) tres especies por año resultaron ser principalmente seleccionadas durante las diferentes estaciones. *Caesalpinia placida* fue la única especie seleccionada en los dos años, particularmente durante otoño e invierno. Encontramos



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^{1,2}, SERGIO ÁLVAREZ-CÁRDENAS², SONIA GALLINA^{3*}, PABLO
CORCUERA⁴, GUILLERMO ROMERO-FIGUEROA⁵, ELOY ALEJANDRO LOZANO-CAVAZOS⁶, IVONNE
TOVAR-ZAMORA², IKER YVAN GUERRERO-TOVAR⁷**¹Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud. Calzada del Hueso 1100, Coyoacán 04960. Ciudad de México, México. <guerrero04@cibnor.mx>²Centro 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>³Instituto 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>⁴Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Departamento de Biología, Área Ecología. Av. San Rafael Atlixco 186, Iztapalapa 09340. Ciudad de México, México. <pcmr@xanum.uam.mx>⁵Laboratorio 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>⁶Departamento de Recursos Naturales Renovables, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, 25315, Saltillo, Coahuila, México. <alejandrolozano-c@uaaan.mx>⁷Ingeniería Bioquímica. Instituto Tecnológico de La Paz. Boulevard Forjadores de Baja California Sur 4720, 8 de octubre 2^{da} Sección, 23080 La Paz, Baja California Sur, México. <yvanguerrotovar@gmail.com>

*Autor corresponsal: <sonia.gallina@inecol.mx>

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 trapeo, 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 enCC-BY-NC-SA
Reconocimiento –noComercial–Compartirigual

1



RUSHNELL
RUSHNELL

5.24.2013 12:10:13
5.24.2013 12:10:13