

## Estrategias forrajeras del borrego cimarrón (*Ovis canadensis mexicana*) en el noreste de México

### Forage strategies of bighorn sheep (*Ovis canadensis mexicana*) in northeastern Mexico

Fernando Isaac Gastelum-Mendoza<sup>1</sup>, Eloy Alejandro Lozano-Cavazos<sup>2</sup>, Fernando Noel González-Saldívar<sup>3</sup>, José Isidro Uvalle-Sauceda<sup>3</sup>, Guillermo Romero-Figueroa<sup>1</sup>, Ricardo Serna-Lagunes<sup>4</sup>, Luis Antonio Tarango-Arámbula<sup>5</sup>, César Martín Cantú-Ayala<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. Carretera Transpeninsular 3917, Colonia Playitas, CP. 22860. Ensenada, Baja California, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Colonia Buena Vista, CP. 25315. Saltillo, Coahuila, México.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Carretera Nacional 85 km 145, CP. 67700. Linares, Nuevo León, México.

<sup>4</sup>Unidad de Manejo y Conservación de Recursos Genéticos, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, región Orizaba - Córdoba, Universidad Veracruzana. Carretera Peñuelas – Amatlán km 177, CP. 94500. Córdoba, Veracruz, México.

<sup>5</sup>Posgrado en Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Campus San Luis Potosí, Colegio de Postgraduados. Agustín de Iturbide 73, Colonia Centro, CP. 78622. Salinas, San Luis Potosí, México.

\*Autor de correspondencia: [cantu.ayala.cesar@gmail.com](mailto:cantu.ayala.cesar@gmail.com)

#### Artículo científico

Recibido: 11 de octubre 2023

Aceptado: 21 de febrero 2024

**RESUMEN.** Comprender las preferencias alimentarias es importante para la conservación del borrego cimarrón. El objetivo fue identificar la selección de su dieta en Coahuila, México. La investigación se realizó en la UMA Rancho San Juan, municipio de Monclova, de agosto 2018 a octubre 2019. La disponibilidad de forraje se evaluó con 18 líneas de Canfield. La composición de la dieta se estimó con microhistología en 280 muestras fecales, y la diversidad de la dieta y del forraje con el índice de Shannon. Para analizar la similitud en el consumo de diferentes especies y la influencia estacional, se aplicaron análisis de clústers y componentes principales (ACP). Las arbustivas estuvieron más disponibles (48%). Se identificaron 50 especies y 14 familias en la dieta, y predominaron las arbustivas (49.2%) y los pastos (17.21%). *Tiquilia canescens*, *Gymnosperma glutinosum*, *Opuntia rufida*, *Medicago sativa* y *Erioneuron pulchellum* fueron las más consumidas. El borrego consumió especies arbóreas y arbustivas de manera proporcional (1.1 y 1.02, respectivamente), prefirió las herbáceas en primavera (2.24) y otoño (15.28), los pastos en primavera (6.10), y con excepción de verano (0.83), evitó las suculentas. El ACP reveló que los dos primeros componentes explican el 96.05% de la correlación entre las frecuencias de consumo de las especies y sus formas biológicas. El análisis de clústers agrupó cinco categorías de consumo de forraje. Es fundamental conservar las arbustivas, que constituyen la base de la dieta del borrego cimarrón, los pastos, que son sus preferidos, y las suculentas, como elementos amortiguadores.

**Palabras clave:** Arbustivas, Canfield, matorral, pastos, selección.

**ABSTRACT.** Understanding the dietary needs is important for the conservation of the bighorn sheep. The objective was to identify the diet selection in Coahuila, Mexico. The research was conducted at the Rancho San Juan Wildlife Management Unit (UMA), Monclova municipality, from August 2018 to October 2019. Forage availability was assessed using 18 Canfield transects. Diet composition was estimated through microhistology on 280 fecal samples, and diet and forage diversity were assessed using the Shannon index. Cluster and principal component analyses (PCA) were applied to analyze similarity in consumption across different species and seasonal influences. Shrubs were the most available (48%). A total of 50 species and 14 families were identified in the diet, with shrubs (49.2%) and grasses (17.21%) being predominant. *Tiquilia canescens*, *Gymnosperma glutinosum*, *Opuntia rufida*, *Medicago sativa*, and *Erioneuron pulchellum* were the most consumed species. The bighorn sheep consumed tree and shrub species proportionally (1.1 and 1.02, respectively), preferred herbaceous plants in spring (2.24) and autumn (15.28), and grasses in spring (6.10), except in summer (0.83) when they avoided succulents. PCA revealed that the first two components explained 96.05% of the correlation between species consumption frequencies and their biological forms. Cluster analysis grouped five forage consumption categories. Conserving shrub species, which form the basis of the bighorn sheep's diet, grasses—its preference—and succulents as buffering elements, is essential.

**Keywords:** Shrubberies, Canfield, scrub, grasses, selection.

**Como citar:** Gastelum-Mendoza FI, Lozano-Cavazos EA, González-Saldívar FN, Uvalle-Sauceda JI, Romero-Figueroa G, Serna-Lagunes R, Tarango-Arámbula LA, Cantú-Ayala CM (2024) Estrategias forrajeras del borrego cimarrón (*Ovis canadensis mexicana*) en el noreste de México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 11(1): e3921. DOI: 10.19136/era.a11n1.3921.

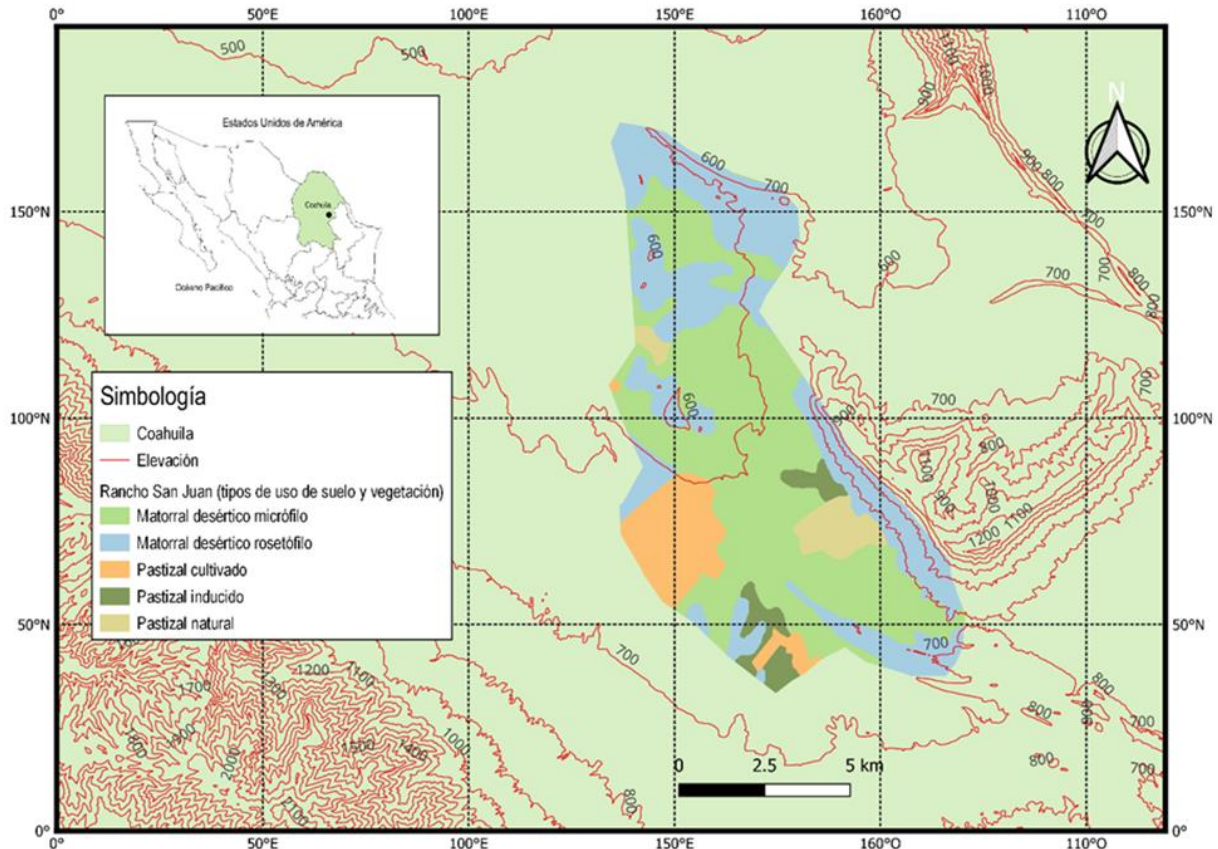
## INTRODUCCIÓN

El borrego cimarrón (*Ovis canadensis* Shaw 1804; Artiodactyla: Bovidae) es un bóvido herbívoro nativo de Norteamérica donde sus poblaciones han evolucionado y diversificado con base en las regiones biogeográficas que delimitan aspectos filogeográficos y genéticos de sus poblaciones (Buchalski *et al.* 2016). Esta especie se ha dispersado a diferentes ambientes desérticos donde ha adaptado sus formas de vida, por tal motivo se reconocen seis subespecies en su rango de distribución natural (Wehausen y Ramey 2000); entre las que destaca *O. c. mexicana*, una de las tres subespecies que cuentan con distribución natural en México (Espinosa *et al.* 2006). El borrego cimarrón es una especie de importancia ecológica y con alto valor cinegético, al promover la economía de las comunidades rurales mediante el manejo y aprovechamiento de sus poblaciones (Gallina-Tessaro *et al.* 2009). Sin embargo, durante la segunda mitad del siglo XIX, su distribución se redujo a poblaciones semiaisladas en el estado de Sonora, a pesar de que históricamente se extendía por los sistemas montañosos áridos en los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (Espinosa *et al.* 2006). Esta reducción en su distribución fue resultado de la fragmentación del hábitat, enfermedades y cacería no regulada (Creeden y Graham 1997). Por consiguiente, la legislación mexicana la ha clasificado como una especie sujeta a Protección Especial (Pr) desde 2010 (SEMARNAT 2010), lo que promueve su conservación a través de estrategias de manejo de sus poblaciones. En este contexto, propietarios y autoridades han promovido la reintroducción del borrego cimarrón en su hábitat natural, principalmente en el estado de Coahuila (Espinosa *et al.* 2006). La efectividad de la estrategia de reintroducción para la conservación se basa en una comprensión precisa de los requerimientos nutricionales del borrego cimarrón, lo que permite identificar áreas propicias para los programas de liberación (Whiting *et al.* 2009). Asimismo, proporciona elementos que ayudan a entender sus preferencias alimentarias, su competencia con otros herbívoros y su estado nutricional, facilitando la implementación de prácticas de manejo en relación con la cobertura vegetal (Gastelum-Mendoza *et al.* 2019). Por esta razón, en Norteamérica se han realizado estudios acerca de los hábitos alimentarios del borrego cimarrón (Tarango *et al.* 2002, McKinney y Smith 2007, Guerrero-Cárdenas *et al.* 2016, 2018, Gastelum-Mendoza *et al.* 2021) donde se le ha reportado como un consumidor oportunista con una inclinación hacia el consumo de arbustos y hierbas, ya que selecciona su forraje en función de su disponibilidad (Guerrero-Cárdenas *et al.* 2016, Gastelum-Mendoza *et al.* 2021). Aunque en México se han estudiado aspectos de la ecología trófica del borrego cimarrón (Tarango *et al.* 2002, Guerrero-Cárdenas *et al.* 2016, Gastelum-Mendoza *et al.* 2021). En el estado de Coahuila, falta información sobre las especies de plantas que prefiere y los hábitos alimentarios de las poblaciones de borrego cimarrón en los matorrales desérticos, para que, sirva como base para las evaluaciones de hábitat y la implementación de actividades de mejoramiento de hábitat enfocadas en promover la presencia y desarrollo de especies forrajeras para el borrego. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar la composición y diversidad de la dieta del borrego cimarrón (*Ovis canadensis mexicana*), identificar las especies básicas y preferidas que consume, así como entender cómo esta especie utiliza los distintos tipos de forraje en el estado de Coahuila.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del área de estudio

El estudio se realizó de octubre 2018 a agosto 2019 en la Unidad de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA) Rancho San Juan (clave SEMARNAT DGVS-CR-EX-3133-COA), ubicada en el municipio de Monclova (26° 49' 31.11" LN, 101° 01' 57.77" LO), Coahuila, México, a 38 km en línea recta al este de la cabecera municipal y a 43 km al oeste del municipio de Candela (26° 49' 31.11" LN, 101° 01' 57.77" LO) (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación, tipo de vegetación y elevación de la UMA Rancho San Juan en el estado de Coahuila, México.

Los tipos de vegetación dominantes en la UMA son el matorral desértico micrófilo y matorral desértico rosetófilo (Miranda y Hernández-X 1963). En el área, el clima es seco (BS<sub>hw</sub>), con temperatura promedio anual de 21 °C y precipitación promedio anual de 200 mm a 900 mm, a una elevación entre 600 a 700 m (García 2004). De una reintroducción de individuos provenientes de la Isla Tiburón, Sonora, actualmente se encuentran 77 borregos cimarrón en una exclusión de 400 ha. Asimismo, la población de borregos se encuentra bajo un programa de suplementación alimentaria basado en el suministro semanal de alfalfa (*Medicago sativa*). Esta práctica ha demostrado ser eficaz como fuente secundaria de alimentación durante los periodos de sequía prolongados, que suelen ocurrir durante la estación de verano (Ramírez-Lozano 2012). Además,

los borregos tienen acceso constante a dos fuentes de agua artificiales permanentes para garantizar su hidratación adecuada.

### Composición y disponibilidad del forraje

La disponibilidad de forraje se evaluó mediante la frecuencia relativa estacional de las diversas especies vegetales en el hábitat del borrego cimarrón. Estas especies se clasificaron en función de su forma biológica, incluyendo árboles, arbustos, hierbas, pastos y suculentas. Para este propósito, se aplicó el método de líneas de Canfield (1941) y estimadores de diversidad basados en la abundancia. En cada estación del año: otoño (octubre de 2018), invierno (febrero de 2019), primavera (mayo de 2019) y verano (agosto de 2019), se trazaron aleatoriamente 18 líneas de 25 m de longitud. El número de estas unidades de muestreo (líneas) se determinó considerando el número potencial de especies en el hábitat, utilizando estimadores no paramétricos como Jackknife (Efron 1979) y Chao (Chao y Lee 1992). Estas estimaciones se basaron en datos de una evaluación preliminar de la cobertura vegetal realizada en agosto de 2018. Los datos de frecuencia de cada especie se emplearon para calcular la disponibilidad estacional de forraje utilizando la siguiente fórmula (García-Hernández y Jurado-Ybarra 2008):

$$\text{Disponibilidad de la especie } i \text{ (\%)} = \left( \frac{\text{Número de líneas que contienen a la especie } i}{\text{Número total de líneas en la estación}} \right) \times 100$$

### Evaluación de la diversidad y selección del forraje

Para estimar la composición de la dieta del borrego cimarrón, se empleó la técnica microhistológica. Esta técnica permite identificar y cuantificar patrones y formas de estructuras celulares vegetales, como tricomas, estomas, células de la epidermis, células de corcho, cristales y drusas, entre otras, en muestras fecales (Sparks y Malechek 1968, Holechek *et al.* 1982). La recolección de muestras fecales por estación del año se llevó a cabo mediante recorridos mensuales en las áreas de actividad mayor de los borregos, incluyendo senderos, áreas de pastoreo y sitios de descanso. Estas muestras se colocaron en bolsas de papel, se etiquetaron y se trasladaron al Laboratorio de Fauna Silvestre de la Universidad Autónoma de Nuevo León, donde se secaron en un horno INOX. 120VAC. de 60HZ. a 75 °C durante 48 h. Las muestras una vez secas y agrupadas por estación del año, se trituraron en un molino Wiley con una criba riba no. 40 y 425 µm de luz de malla. Estas muestras se agruparon y homogenizaron en cuatro subconjuntos (uno por estación). Posteriormente, se tomó una porción de cada uno y se depositó en un tubo de plástico de 45 mL, para continuar con el proceso de aclarado utilizando hipoclorito de sodio (cloro comercial). Concluido el proceso de aclarado, se lavaron con agua en un tamiz para retirar el exceso de cloro y se fijaron en portaobjetos siguiendo el método descrito por Sparks y Malechek (1968). En total, se prepararon 20 laminillas (5 por estación) y se observaron 400 campos (20 por laminilla) utilizando un microscopio OMAX M82es 40X 2000X®, con objetivo de 10X y lente ocular de 10X. Además, durante los recorridos de campo, se recolectaron muestras vegetales que fueron identificadas y clasificadas in situ según su forma biológica y especie. Este material vegetal se sometió al mismo proceso de aclarado, molido y montaje que las muestras fecales. Todo esto contribuyó a la creación de un catálogo fotográfico de referencia con imágenes de las estructuras celulares vegetales. La composición estacional de la dieta del borrego cimarrón se determinó

comparando y cuantificando las estructuras celulares vegetales identificadas en las muestras fecales con las del catálogo de referencia (Sparks y Malechek 1968).

### Análisis estadístico

Se elaboró una matriz de frecuencias para cada especie de planta consumida, categorizándola según su forma biológica, estación del año y familia (Fracker y Brichle 1944). Posteriormente, se evaluó la diversidad estacional del forraje en función de la forma biológica de las especies consumidas mediante el índice de Shannon (1948). Asimismo, se estimó la correlación entre las especies consumidas, su forma biológica y su variación en el consumo por el borrego cimarrón de acuerdo con la estación del año. Para ello, se empleó un análisis de componentes principales (ACP), clasificando cada especie de planta consumida en todas las estaciones del año y su forma biológica. Las variables incluyeron las frecuencias estacionales de consumo de cada una de estas especies. El ACP implicó calcular la proporción individual y acumulada de cada componente principal, así como la correlación cofenética para evaluar el ajuste del modelo. La correlación cofenética varía de -1 a 1, donde 1 indica una alta correlación entre las variables del modelo, mientras que valores cercanos a -1 revelan una alta variación entre éstas, es decir, una baja o nula correlación. Para analizar la similitud en el consumo estacional de los distintos tipos de formas biológicas del forraje, se utilizó un análisis de cluster con el método de distancia Euclídeana y se estimó la correlación cofenética usando los porcentajes de consumo mediante el software Infostat®. También se evaluó el índice de selectividad del forraje (ISF), el cual se expresó cuantitativamente como la relación entre la frecuencia de consumo de cada especie y su correspondiente disponibilidad en el hábitat (Guerrero-Cárdenas *et al.* 2016). Los valores obtenidos de este cociente se clasificaron cualitativamente de acuerdo con la metodología propuesta por Ramírez-Lozano (2012): especies con un ISF mayor a 2.5 fueron preferidas sobre otras disponibles; de 2.49 a 1.31, especies de mantenimiento; 1.3 a 0.7, indica un consumo neutro, es decir, que no existe diferencia entre la proporción consumida de la especie y su disponibilidad; por último, las especies evitadas con un ISF menor a 0.7. Adicionalmente, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney ( $\alpha \leq 0.05$ ) para identificar la relación entre el consumo y disponibilidad estacional del forraje en función de su forma biológica.

## RESULTADOS

Se recolectaron 280 muestras fecales, distribuidas en 70 muestras por estación del año. La dieta estuvo constituida por 50 especies de plantas de 14 familias taxonómicas, las más comunes fueron Poaceae y Fabaceae, con 11 y 10 especies, respectivamente (Tabla 1).

La composición de la dieta fue principalmente de especies arbustivas ( $49.2 \pm 4.57\%$ ) y pastos ( $17.2 \pm 4.75\%$ ). Las suculentas representaron el  $14.9 \pm 6.48\%$  y las herbáceas el  $14.7 \pm 3.37\%$  de la ingesta anual. El ramoneo en árboles aportó el  $4 \pm 2.87\%$  del consumo total de forraje. El consumo de especies arbustivas fue más alto durante otoño e invierno, representando más del 50% de la dieta durante ese período. Mientras que, los pastos fueron más frecuentes durante la primavera (24%), disminuyendo en verano (13.58%) y volviendo a aumentar en otoño (17%). Las especies suculentas, principalmente nopales del género *Opuntia*, fueron más consumidas durante

el verano (23.2%). En contraste, las herbáceas y arbóreas fueron más comunes en la dieta invernal (17.61 y 6.31%, respectivamente) (Figura 2).

**Tabla 1.** Composición estacional de la dieta y disponibilidad de forraje en el hábitat del borrego cimarrón.

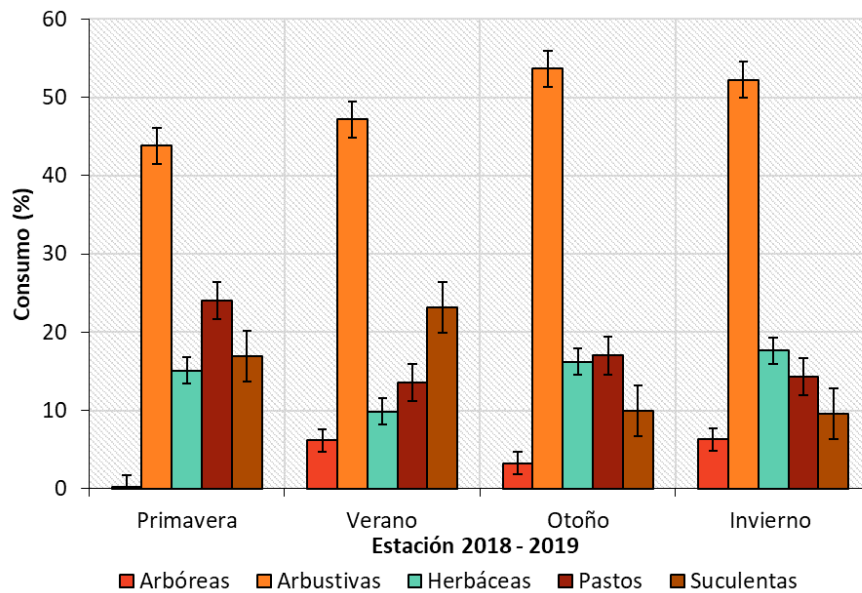
Familia	Especie	Disponibilidad	Consumo (%)				$\bar{x}$
			Primavera	Verano	Otoño	Invierno	
Arbóreas			H' = 0.74, disponibilidad = 10.35 (± 2.59) %				
Asteraceae	<i>Gochnatia hypoleuca</i>	2.07		3.7	2.47	1.96	2.03
Fabaceae	<i>Vachellia farnesiana</i>	1.42		0.99	0.38	1.74	0.78
Fabaceae	<i>Vachellia rigidula</i>	0.99		0.25			0.06
Fabaceae	<i>Prosopis glandulosa</i>		0.26	0.25	0.38		0.22
Zygophyllaceae	<i>Guaiaicum angustifolium</i>	1.44		0.99		2.61	0.9
Arbustivas			H' = 1.88, disponibilidad = 48.42 (± 3.56) %				
Asteraceae	<i>Sidneya tenuifolia</i>	0.34		1.98			0.5
Asteraceae	<i>Gymnosperma glutinosum</i>		8.33	11.11	11.22	13.91	11.14
Boraginaceae	<i>Tiquilia canescens</i>		19.11	17.78	19.92	14.38	17.8
Cordiaceae	<i>Cordia parvifolia</i>	5.76			0.19		0.05
Ephedraceae	<i>Ephedra antisiphilitica</i>	1.42		4.69	2.84	8.4	3.98
Ephedraceae	<i>Ephedra trifurca</i>	0.33	1.99				0.5
Euphorbiaceae	<i>Croton torreyanus</i>	0.34	1.57	1.23	3.99	2.83	2.41
Euphorbiaceae	<i>Croton punctatus</i>	2.36	4.71	2.22		1.9	2.21
Fabaceae	<i>Mimosa zygophylla</i>	0.04		0.99	2.9	1.3	1.3
Fabaceae	<i>Eysenhardtia texana</i>	0.65			2.52	0.43	0.74
Fabaceae	<i>Senegalia berlandieri</i>					0.22	0.06
Fabaceae	<i>Chamaecrista greggii</i>			0.25		1.9	0.54
Krameriaceae	<i>Krameria erecta</i>	0.43	0.26	0.25		0.22	0.18
Oleaceae	<i>Forestiera angustifolia</i>		5.19	1.23	1.33	0.43	2.05
Pteridaceae	<i>Astrolepis integerrima</i>	0.13				2.17	0.54
Rhamnaceae	<i>Karwinskia humboldtiana</i>	0.14		3.7	3.42	0.43	1.89
Scrophulariaceae	<i>Leucophyllum frutescens</i>	0.03				0.65	0.16
Simaroubaceae	<i>Castela texana</i>	0.51	0.26		3.42	2.17	1.46
Verbenaceae	<i>Aloysia macrostachya</i>	0.04			1.9	0.22	0.53
Verbenaceae	<i>Aloysia wrightii</i>	0.04		0.99			0.25
Verbenaceae	<i>Lippia graveolens</i>	1.41	2.36				0.59
Zygophyllaceae	<i>Larrea tridentata</i>	0.22		0.74		0.65	0.35
Herbáceas			H' = 1.43, disponibilidad = 1.95 (± 3.23) %				
Asteraceae	<i>Ambrosia dumosa</i>	0.52	2.31		1.14	1.52	1.24

Asteraceae	<i>Parthenium hysterophorus</i>		0.79	0.99	1.33	2.83	1.49
Fabaceae	<i>Medicago sativa</i>		7.85	5.19	6.89	7.83	6.94
Fabaceae	<i>Dalea bicolor</i>	9.4	1.31	0.99	0.38	1.3	1
Fabaceae	<i>Dalea aurea</i>	1.39	1.31	0.49	0.38	0.65	0.71
Malvaceae	<i>Abutilon wrightii</i>	0.66			5.7	2.61	2.08
Nyctaginaceae	<i>Allionia incarnata</i>	0.08	1.5	2.22	0.19	0.87	1.2
Solanaceae	<i>Solanum elaeagnifolium</i>	12.4			0.19		0.05
Pastos			H' = 1.71, disponibilidad = 11.52 (± 5.07) %				
Poaceae	<i>Aristida adscensionis</i>		0.26	0.25		1.3	0.45
Poaceae	<i>Aristida purpurea</i>		1.31	0.25	2.28	1.52	1.34
Poaceae	<i>Bouteloua eriopoda</i>			0.49	3.4	1.96	1.46
Poaceae	<i>Bouteloua hirsuta</i>	12.25	0.26			0.22	0.12
Poaceae	<i>Bouteloua</i> sp.			1.48	1.52	1.3	1.08
Poaceae	<i>Cenchrus ciliaris</i>	1.14	5.97	2.22	5.04	5	4.56
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i>	0.08	3.62	1.23	0.19	1.9	1.74
Poaceae	<i>Erioneuron pulchellum</i>		11.42	5.68	1.33	0.22	4.66
Poaceae	<i>Heteropogon contortus</i>		0.79	0.99	3.23	0.65	1.42
Poaceae	<i>Hilaria mutica</i>		0.36	0.99			0.34
Poaceae	<i>Setaria leucophylla</i>	0.89				0.22	0.06
Suculentas			H' = 0.85, disponibilidad = 27.76 (± 2.71) %				
Asparagaceae	<i>Agave lechuguilla</i>	4.04		1.23		0.87	0.53
Cactaceae	<i>Opuntia rufida</i>	6.65	9.95	14.6	8.6	5.89	9.76
Cactaceae	<i>Opuntia engelmannii</i>	1.77	5.45	4.44	0.19	0.65	2.68
Cactaceae	<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	0.26	1.5	2.93	1.14	2.17	1.94

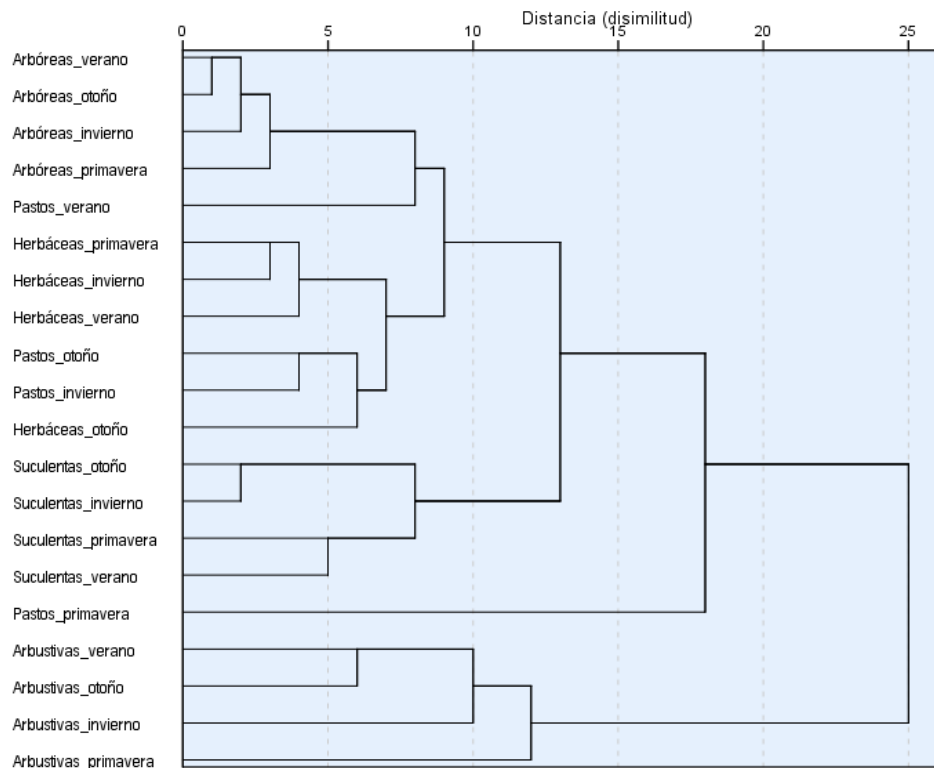
H' = Promedio del índice de diversidad de Shannon en relación con el consumo de forraje estacional.

En términos de diversidad de consumo de forraje, se observó que, en promedio, el consumo de arbustivas fue más variado ( $H' = 1.88$ ) en comparación con otros tipos de forraje. Se registró una mayor diversidad de consumo de arbustivas ( $H' = 2.05$ ), herbáceas ( $H' = 1.61$ ), pastos ( $H' = 1.91$ ) y suculentas ( $H' = 1.04$ ) durante la temporada de invierno. Sin embargo, se identificaron variaciones estacionales en la diversidad de consumo: las especies arbustivas y los pastos presentaron menor diversidad en la dieta durante la primavera ( $H' = 1.65$  y  $1.42$ , respectivamente), las herbáceas mostraron menor diversidad en verano ( $H' = 1.28$ ) y las suculentas en otoño ( $H' = 0.45$ ). Cabe destacar que el ramoneo de árboles representó la menor diversidad en el consumo de forraje a lo largo del año (Tabla 1). Aunque se registraron 50 especies en la dieta, más del 50% de la composición anual se concentró en: *Tiquilia canescens* ( $17.8 \pm 2.44\%$ ), *Gymnosperma glutinosum* ( $11.14 \pm 2.28\%$ ), *Opuntia rufida* ( $9.76 \pm 3.64\%$ ), *Medicago sativa* ( $6.94 \pm 1.25\%$ ) y *Erioneuron pulchellum* ( $4.66 \pm 5.08\%$ ) (Tabla 1). El análisis de cluster identificó cinco grupos según los tipos de consumo de forraje en función de la estación del año: 1) arbóreas, 2) pastos en verano, 3)

suculentas, herbáceas y pastos (otoño e invierno), 4) pastos en primavera y 5) arbustivas (Figura 3).



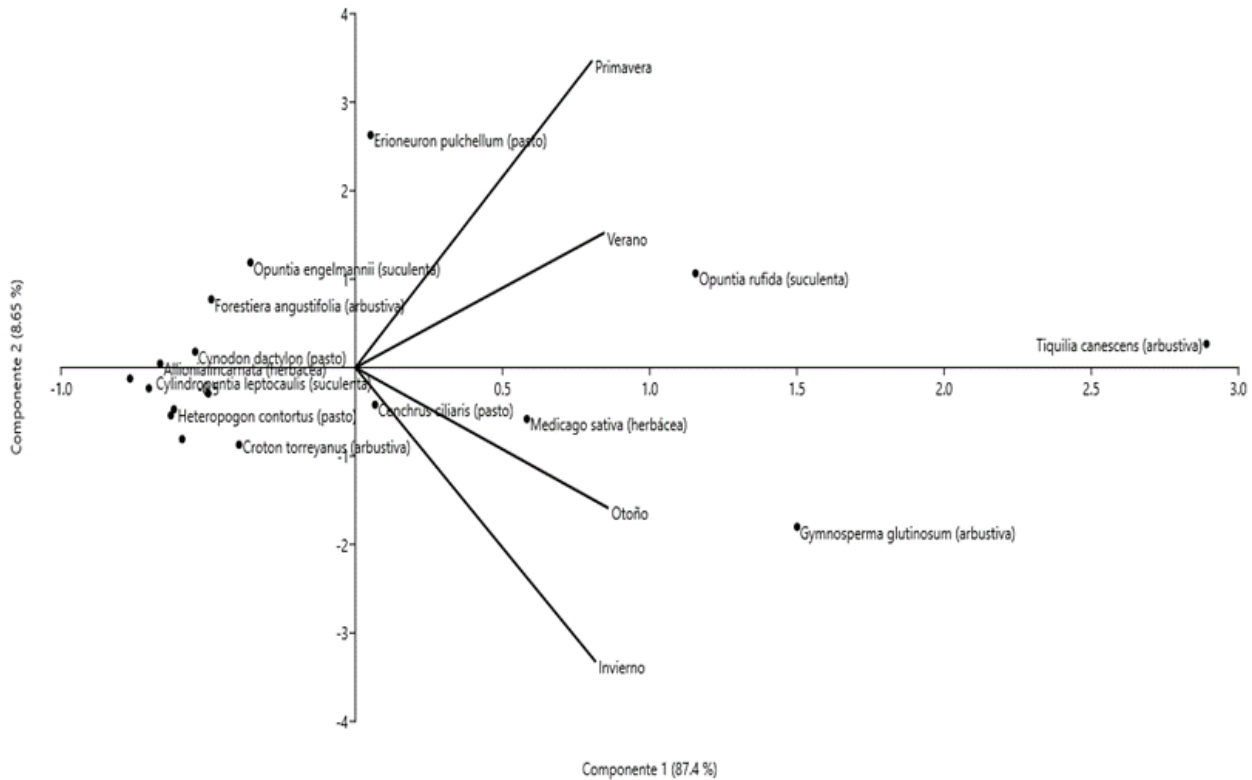
**Figura 2.** Composición estacional de la dieta del borrego cimarrón relacionada con las formas biológicas del forraje (las líneas verticales sobre las barras indican el error típico).



**Figura 3.** Dendrograma de similitud de la composición estacional de la dieta del borrego cimarrón de acuerdo con las formas biológicas del forraje.



La preferencia de pastos en verano y primavera se distinguió de los otros grupos debido a que mostró el menor (13.58%) y mayor (24%) aporte a la dieta, respectivamente (Figura 2). Además, esta preferencia alimentaria por los pastos representó el factor que más influyó en la variación estacional de la composición de la dieta ( $p \leq 0.05$ ). Sin embargo, la preferencia por las arbóreas, arbustivas, suculentas y herbáceas no mostró una variación significativa por estación del año. Los resultados del ACP indican que, la proporción acumulada de los dos primeros componentes explicó el 96.05% (CP1 = 87.4%, CP2 = 8.65%) de la correlación entre las frecuencias de las especies y formas biológicas en los registros de consumo por el borrego cimarrón (Figura 4).



**Figura 4.** Análisis de componentes principales sobre la dispersión de la frecuencia de consumo de las especies en la dieta del borrego cimarrón.

Este hallazgo fue consistente con la correlación cofenética, que exhibe un valor de 0.997, es decir, se presentó una correlación del 99.7% entre las frecuencias de consumo con respecto a la estación del año. Las especies más destacadas en la dieta del borrego cimarrón, es decir, aquellas que explican la mayor variación estacional en términos de especies consumidas y su frecuencia, fueron *T. canescens*, *O. rufida* y *E. pulchellum*. No se encontró asociación entre la estación del año y la variación en la frecuencia de consumo de las especies (Figura 2). Estas tres especies representaron el 32.22% de la dieta anual. De éstas, sólo se registró *O. rufida* una disponibilidad del 6.65%, lo cual, es un estimador indirecto de la baja disponibilidad de especies forrajeras importantes para el borrego cimarrón. Según la composición dietética y la evaluación de la disponibilidad estacional del forraje, el borrego cimarrón realiza una selección variable del forraje (Tabla 2), dependiendo de la forma biológica de las especies consumidas y de la estación del año.

**Tabla 2.** Índice de selectividad del forraje del borrego cimarrón con relación a la estación del año y las formas biológicas de las especies vegetales.

Especie	Estación 2018 - 2019	Consumo (%)	Disponibilidad (%)	Isf	Tipo de uso
<b>Árbóreas</b>					
<i>Gochnatia hypoleuca</i>	Verano	0.99	0.87	1.14	P
<i>Gochnatia hypoleuca</i>	Otoño	0.38	0.91	0.42	E
<i>Gochnatia hypoleuca</i>	Invierno	1.74	0.8	2.18	M
<i>Guaiaacum angustifolium</i>	Primavera	2.36	0.69	3.42	S
<i>Vachellia farnesiana</i>	Verano	4.69	1.92	2.44	M
<b>Arbustivas</b>					
<i>Aloysia macrostachya</i>	Primavera	0.26	1.72	0.15	E
<i>Aloysia macrostachya</i>	Otoño	3.42	1.52	2.25	M
<i>Aloysia macrostachya</i>	Invierno	2.17	0.8	2.71	S
<i>Castela texana</i>	Invierno	0.65	0.8	0.81	P
<i>Forestiera angustifolia</i>	Primavera	0.26	1.72	0.15	E
<i>Forestiera angustifolia</i>	Verano	0.25	1.57	0.16	E
<i>Forestiera angustifolia</i>	Invierno	0.22	0.3	0.73	P
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	Invierno	2.17	1.5	1.45	M
<i>Larrea tridentata</i>	Verano	0.74	0.17	4.35	S
<i>Larrea tridentata</i>	Invierno	0.65	0.1	6.5	S
<i>Leucophyllum frutescens</i>	Verano	3.7	3.85	0.96	P
<i>Leucophyllum frutescens</i>	Invierno	0.43	1.7	0.25	E
<i>Lippia graveolens</i>	Verano	0.99	12.41	0.08	E
<i>Mimosa zygophylla</i>	Otoño	3.99	0.15	26.6	S
<i>Senegalia berlandieri</i>	Invierno	0.43	2.8	0.15	E
<i>Sidneya tenuifolia</i>	Verano	3.7	3.32	1.11	P
<b>Herbáceas</b>					
<i>Parthenium hysterophorus</i>	Otoño	1.33	1.37	0.97	P
<b>Pastos</b>					
<i>Cenchrus ciliaris</i>	Primavera	4.97	2.93	1.7	M
<i>Cenchrus ciliaris</i>	Verano	2.22	5.24	0.42	E
<i>Cenchrus ciliaris</i>	Otoño	4.75	0.76	6.25	S
<b>Suculentas</b>					
<i>Agave lechuguilla</i>	Invierno	0.87	15	0.06	E
<i>Agave lechuguilla</i>	Verano	1.23	15.21	0.08	E
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	Invierno	2.17	0.1	21.7	S
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	Otoño	1.14	1.06	1.08	P
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	Primavera	1.05	1.03	1.02	P

<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	Verano	2.96	0.7	4.23	S
<i>Opuntia engelmannii</i>	Invierno	0.65	2.6	0.25	E
<i>Opuntia engelmannii</i>	Otoño	0.19	1.97	0.1	E
<i>Opuntia engelmannii</i>	Primavera	4.45	3.27	1.36	M
<i>Opuntia engelmannii</i>	Verano	4.44	4.55	0.98	P
<i>Opuntia rufida</i>	Invierno	5.87	5.8	1.01	P
<i>Opuntia rufida</i>	Otoño	7.03	6.07	1.16	P
<i>Opuntia rufida</i>	Primavera	9.95	9.64	1.03	P
<i>Opuntia rufida</i>	Verano	14.57	5.07	2.87	S

Isf = índice de selectividad, S = especies seleccionadas, P = especies utilizadas en proporción a su disponibilidad. M = especies de mantenimiento, E = especies evitadas.

Además, se identificaron diferencias significativas en la selección y la disponibilidad de todos los tipos de forraje ( $p \leq 0.05$ ), así como una correlación baja ( $R^2 \leq 0.6$ ) durante todas las estaciones del año. No obstante, se han detectado variaciones en la selección del forraje en función de la especie consumida y la estación del año. Por ejemplo, en el caso de una especie arbórea como *Gochnatia hypoleuca*, se observó que fue consumida en proporción a su disponibilidad en verano, mientras que, en otoño no fue consumida, y durante la estación de invierno, se le puede considerar una especie de mantenimiento. Con respecto a las plantas arbustivas, *Aloysia macrostachya* fue preferida o seleccionada únicamente en invierno, *Forestiera angustifolia* fue evitada durante primavera y verano, *Larrea tridentata* fue preferida en verano e invierno, y *Mimosa zygophylla* en otoño. En los pastos, se observó que el consumo de *Cenchrus ciliaris* varió por estación del año. Además, se identificaron especies suculentas que funcionaron como especies forrajeras de mantenimiento durante la mayor parte del año, por ejemplo, *Cylindropuntia leptocaulis* y *O. rufida*. No obstante que *A. lechuguilla* es una especie dominante en los matorrales desérticos rosetófilos, el borrego cimarrón evitó su consumo.

## DISCUSIÓN

En el Desierto Sonorense, México, el borrego cimarrón se alimentó de 41 especies en la Sierra El Viejo (Tarango et al. 2002) y 40 especies en la Sierra Noche Buena (Gastelum-Mendoza et al. 2021). Asimismo, en la Isla Tiburón, se encontraron 39 especies de plantas. Mientras que, en la Península de Baja California, prefirió 47 especies (Guerrero-Cárdenas et al. 2016). Resultados similares se encontraron en el presente estudio. Además, *Tiquilia canescens*, *G. glutinosum*, *O. rufida*, *M. sativa* y *E. pulchellum*, fueron las especies más frecuentes en la dieta. Sin embargo, constituyeron el 10% de la riqueza total de especies. Estas plantas se consideran forrajeras decrecientes para el borrego cimarrón, lo que implica que son palatables con baja disponibilidad por la presión herbívora (Fulbright y Ortega 2006). Al respecto, solo se registró la presencia de *O. rufida* (6.65%) durante el trabajo de campo. Además, *M. sativa* se utiliza como suplemento alimentario en lugar de ser un forraje natural.

La mitad de las especies (25) individualmente aportaron menos del 1% a la composición de la dieta. Estas especies, forrajeras crecientes, experimentan un incremento en su disponibilidad a través del tiempo en comparación con las especies decrecientes. Esta dinámica de consumo del forraje provoca un cambio en la composición y diversidad de la comunidad vegetal a largo plazo (Fulbright y Ortega 2006). Algunas de estas especies, como *L. tridentata*, *Leucophyllum frutescens*, *Prosopis glandulosa*, *Senegalia berlandieri* y *Vachellia farnesiana*, se consideran especies forrajeras para los herbívoros silvestres del norte de México (Ramírez-Lozano 2012, Lozano-Cavazos et al. 2020). En conjunto, estas especies representaron el 53.6% de la disponibilidad de forraje en el hábitat.

Además, la diversidad de la dieta fue mayor en invierno (3.12) y menor en primavera (2.73). En comparación con otros estudios, estos resultados representan una diversidad mayor que lo reportado para Sonora, México por Tarango et al. (2002) y Gastelum-Mendoza et al. (2021). Sin embargo, coinciden con la investigación de Guerrero-Cárdenas et al. (2016), quienes encontraron una diversidad en la dieta entre 2.8 y 3.3 en Baja California Sur. En términos de manejo del hábitat del borrego cimarrón, incrementar y conservar la diversidad de plantas es importante para proveer una dieta de calidad, ya que ninguna especie por sí sola puede satisfacer los requerimientos nutricionales de cualquier herbívoro (Ramírez-Lozano 2012).

Las poblaciones de borregos en el suroeste de los Estados Unidos de América y noroeste de México tienen una preferencia por el consumo de arbustos (Tarango et al. 2002, Guerrero-Cárdenas et al. 2016, O'Farrill et al. 2018, Gastelum-Mendoza et al. 2021). Los resultados de este estudio y diversas investigaciones respaldan este planteamiento. Al respecto, Miller y Gaud (1989) observaron un consumo promedio estacional de arbustos del 64% en las montañas Dome Rock y North Plomosa, Arizona. Mientras que, en el Desierto Sonorense, consumió 90% en la Isla Tiburón (O'Farrill et al. 2018). Del mismo modo, Tarango et al. (2002) encontraron que el 46% de la dieta de una población de borregos en la Sierra El Viejo se compuso de arbustivas. Además, Martínez y Galindo (2001) informaron un 38% de consumo de arbustivas en la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California. Más al sur, en la Sierra El Mechudo, Baja California Sur, Guerrero-Cárdenas et al. (2016) señalaron que, las especies arbustivas predominaron en la dieta del borrego con 62.1%. En este contexto, Bolen y Robinson (2002) afirman que, los herbívoros silvestres en zonas áridas tienen preferencia por el ramoneo de arbustos y árboles porque contienen más nutrientes digestibles que otras especies durante la mayor parte del año y están más disponibles que otros tipos de forraje (Gastelum-Mendoza et al. 2019). Sin embargo, el borrego realizó una selección fluctuante de especies arbóreas: las seleccionó en verano e invierno, y las evitó en primavera y otoño. El consumo de arbustivas fue neutro, es decir, el borrego las consumió según disponibilidad durante el año. No obstante, un análisis sobre selección de especies forrajeras revela una selección por *A. macrostachya* en invierno, *L. tridentata* en verano e invierno, y *M. zygophylla* en otoño.

Las especies arbustivas son importantes en la nutrición del borrego cimarrón (Guerrero-Cárdenas et al. 2018, Bautista-De-Luna et al. 2022). Mientras que Mazaikaw et al. (1992) y Memmott et al. (2011) explican que, los arbustos en zonas áridas destinan reservas de nutrientes durante su crecimiento para la formación de nuevos tejidos. Por este proceso, contienen más proteína cruda que algunas herbáceas y pastos. En una evaluación del perfil nutricional de algunas especies arbustivas del noreste de México se encontraron valores de proteína cruda (PC) de *V. farnesiana* uniformes a lo largo del año y lo suficientemente elevados para satisfacer los

requerimientos del borrego cimarrón, con valores promedios anuales de 18% (Ramírez-Lozano 2012). No obstante que *S. berlandieri* se considera una fuente suplementaria de nitrógeno (N) para la fauna silvestre, sus concentraciones altas de alcaloides, taninos y fenetilaminas (sustancias químicas utilizadas por las plantas contra el ramoneo) pueden causar efectos crónicos sobre las hormonas que regulan el crecimiento y la reproducción de los animales, si se ingiere por periodos prolongados (Barnes et al. 1991). Asimismo, Foroughbakhch et al. (2009) señalan que los árboles en ambientes desérticos contienen compuestos fenólicos, lo cual afecta el funcionamiento del rumen y, por ende, no son fácilmente digeribles. Esto explica el consumo bajo de árboles durante las cuatro estaciones del año.

Además de las especies arbustivas, el aporte de herbáceas a la dieta del borrego cimarrón fue importante y más frecuente en otoño e invierno. Este patrón de consumo corresponde a la época húmeda del año y al rebrote de hierbas anuales, con un contenido nutricional mayor (Ramírez-Lozano 2012, Gastelum-Mendoza et al. 2020). En contraste, durante el verano, se registró una disminución en el consumo de herbáceas (Figura 2). Durante la época húmeda, las herbáceas del noreste de México son importantes en la calidad de la dieta de los rumiantes silvestres (Bautista-De-Luna et al. 2022). Esto se debe a su porcentaje de digestibilidad alto y su contenido nutricional valioso (Guerrero-Cárdenas et al. 2018). Las herbáceas presentan un contenido nutricional superior en comparación con los arbustos, con un 35 a 40% más de energía, niveles similares de proteínas y un 40 a 45% más de fósforo. Además, las herbáceas de los matorrales desérticos dependen en gran medida de la humedad adecuada y temperaturas moderadas (Ramírez-Lozano 2012, Gastelum-Mendoza et al. 2020). Lo anterior, coincide con lo reportado por Estrada-Castillón et al. (2005), quienes indican que los matorrales desérticos rosetófilos en el noreste de México están compuestos mayormente por especies de las familias Cactaceae y Fabaceae, con escasa presencia de especies de porte herbáceo. En el Desierto Sonorense en México, el borrego cimarrón muestra un consumo mayor de herbáceas. Por ejemplo, en un estudio sobre dieta y segregación sexual, Gastelum-Mendoza et al. (2021) encontraron que tanto machos como hembras consumían principalmente herbáceas durante el periodo reproductivo en la Sierra Noche Buena, Sonora (38.6 y 47.6%, respectivamente). Mientras que, en la Sierra El Viejo, se reporta un consumo de herbáceas del 32% (Tarango et al. 2002), y en La Sierra El Mechudo, Baja California Sur, se identificaron 12 especies de herbáceas las cuales representaron el 26.9% de la dieta (Guerrero-Cárdenas et al. 2016).

Aunque en menor medida, el borrego cimarrón consumió los pastos. Lo anterior, coincide con lo reportado en la Sierra El Mechudo, Baja California Sur, donde solo se identificaron dos especies de pastos en la dieta (Guerrero-Cárdenas et al. 2016). Además, en el Desierto Sonorense, Tarango et al. (2002) en la Sierra El Viejo y O'Farrill et al. (2018) en la Isla Tiburón reportaron valores del 5% de pastos. Mientras que Gastelum-Mendoza et al. (2021) encontraron un aporte de 26.8% de pastos en la Sierra Noche Buena.

El borrego cimarrón mostró mayor preferencia hacia el consumo de herbáceas que de pastos ( $p < 0.05$ ). Este fenómeno se observó a pesar de que las herbáceas estuvieron menos disponibles (Tabla 1), y fueron más frecuentes en su dieta. A diferencia de otros herbívoros silvestres del noreste de México, como el venado cola blanca, que se han adaptado al ramoneo de arbustos (Ramírez-Lozano 2012, Lozano-Cavazos et al. 2020), el borrego cimarrón presenta dos características fisiológicas que le permiten optimizar el consumo de forraje: la longitud de su tracto

digestivo, que permite un tiempo mayor de digestión del forraje, y el tamaño de sus piezas dentales molares, que mejora la extracción de nutrientes y facilita la digestión de pastos con alto contenido de fibra (Guerrero-Cárdenas *et al.* 2018). Al respecto, Ramírez-Lozano (2012) señala que, en las zonas áridas del norte de México, los pastos tienen un contenido alto de celulosa y hemicelulosa (elementos estructurales), lo que limita su valor nutricional y los vuelve menos consumidos por los herbívoros silvestres. En este contexto, Guerrero-Cárdenas *et al.* (2018) encontraron que *Aristida adscensionis* y *Bouteloua* sp. presentaron valores de fibra detergente neutra (principalmente compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina) del 61.3% en 2010 y del 79.6% en 2011, considerándose forrajes de digestibilidad baja según Hoffman y Combs (2004). Durante la primavera, el borrego cimarrón mostró un consumo mayor de pastos (Figura 2), favoreciendo especies preferidas según el índice de selectividad (6.1,  $p \leq 0.05$ ). Sin embargo, durante el resto del año, el consumo de pastos varió según su disponibilidad. Por ejemplo, *C. ciliaris*, un pasto relevante en la dieta fue seleccionado en función de la estación del año. El consumo de pastos fue más alto en primavera, pero disminuyó en verano. Al respecto, Ramírez-Lozano (2012) menciona que el valor nutritivo de los pastos es más alto durante su crecimiento y disminuye cuando la planta madura. Esto se debe a que las hojas son más digestibles que los tallos; sin embargo, el porcentaje de hojas disminuye con la madurez de la planta. Además, a medida que los pastos crecen, la pared celular aumenta hasta un 80%, reduciendo su digestibilidad y consumo.

En los matorrales desérticos del norte de México, el consumo de especies suculentas por los herbívoros constituye una fuente de agua para sobrellevar los periodos secos del año (Tarango *et al.* 2002, Gastelum-Mendoza *et al.* 2020). Aunque algunos estudios sobre los hábitos forrajeros de herbívoros silvestres incluyen a las suculentas dentro del grupo de las arbustivas, resulta esencial analizar y explicar su consumo de forma independiente, debido a la especificidad de su aporte nutricional. En este estudio, las especies suculentas estuvieron mayormente representadas por nopales del género *Opuntia* y contribuyeron con un 23.2% a la dieta durante el verano. Estos resultados representan los valores más altos de consumo de suculentas registrados. Por ejemplo, en Sierra San Pedro Mártir, Baja California se identificaron 12% (Martínez y Galindo 2001); y en la Sierra El Mechudo, Baja California Sur 0.2% (Guerrero-Cárdenas *et al.* 2016). En Sonora, en la Sierra El Viejo y Sierra Noche Buena, se encontraron 18 y 1% de suculentas, respectivamente (Tarango *et al.* 2002, Gastelum-Mendoza *et al.* 2021). En el presente estudio, se observó un consumo mayor de suculentas en verano y menor en invierno. Esto se debe a que, en verano, el borrego cimarrón requiere un mínimo de consumo de agua equivalente al 4 o 5% de su peso corporal, y en invierno disminuye entre el 1 y 2% (Turner y Weaver 1980). Además, el borrego las consumió proporcionalmente en verano y en el resto del año, las evitó. Específicamente, seleccionó a *C. leptocaulis* en verano e invierno, y *O. rufida* en verano (Tabla 2). La UMA Rancho San Juan cuenta con dos abrevaderos artificiales, lo que reduce el consumo y la preferencia de suculentas. Al respecto, Álvarez-Cárdenas *et al.* (2005) observaron en la Sierra El Mechudo, Baja California Sur, que el 93% de los borregos permanecían a menos de 500 m de fuentes de agua permanentes o temporales. Además, las especies suculentas predominan en los matorrales desérticos rosetófilos del noreste de México y proporcionan una producción de forraje importante para los herbívoros silvestres. Por ejemplo, una hectárea de *Opuntia engelmannii* produce hasta 100 toneladas de cladodios (hojas del nopal) al año, en zonas con precipitaciones promedio de 150 mm anuales (Ramírez-Lozano 2012). Aunque se reporta que las plantas suculentas contienen niveles bajos de

nutrientes (Bautista-De-Luna *et al.* 2022), la importancia de su consumo radica en su aporte de agua, estrategia que la fauna silvestre utiliza ante lluvias escasas (Cain III *et al.* 2006, Nefzaoui *et al.* 2014). Por lo anterior, su presencia y disponibilidad son factores importantes para identificar y establecer zonas de reintroducción del borrego cimarrón en el noreste de México.

## CONCLUSIONES

El borrego cimarrón mostró una preferencia por las especies arbustivas, que predominaron en su hábitat a lo largo del año. Se identificaron 50 especies en su dieta, las más frecuentes fueron *T. canescens*, *G. glutinosum*, *O. rufida*, *M. sativa* y *E. pulchellum*. Las herbáceas predominaron en invierno, los pastos en primavera y las suculentas en verano. La diversidad de la dieta fue mayor a la que se ha reportado en otras investigaciones en Norteamérica. Exceptuando el patrón de consumo de pastos en primavera y verano, no se evidenció una influencia estacional significativa en la selección de forraje. El borrego mostró selectividad por las herbáceas en primavera y otoño, y por pastos en primavera. En específico seleccionó *Guaiaecum angustifolium*, *A. macrostachya*, *L. tridentata*, *M. zygophylla*, *C. ciliaris*, *C. leptocaulis* y *O. rufida*.

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen conflicto de interés.

## LITERATURA CITADA

- Álvarez-Cárdenas S, Lee R, Gallina-Tessaro P, Castellanos A (2005) Desert bighorn sheep distribution, abundance, and conservation estatus in Sierra el Mechudo, Baja California Sur, Mexico. *Desert Bighorn Council Transactions* 48: 72.
- Barnes TG, Blankenship LT, Varner LW, Gallagher JF (1991) Digestibility of guajillo for white-tailed deer. *Journal of Range Management* 44: 606-610. <https://eastfoundation.net/media/wrzwjwbol/guajillo-rem-article.pdf>
- Bautista-De-Luna M S, Tarango-Arámbula LA, Mendoza-Martínez G, Oropeza GO, Martínez-Montoya JF, Ugalde-Lezama S, Lánderos-Sánchez C (2022) Requerimientos y balance nutricional de fósforo y proteína cruda en plantas preferidas por el borrego cimarrón (*Ovis canadensis mexicana*). *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 21(1): 3-12. <https://doi.org/10.5154/r.rchsza.2021.21.1>
- Bolen EG, Robinson WL (2002) *Wildlife Ecology and Management*. 5th Edition. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, USA. 605p.
- Buchalski MR, Sacks BN, Gille DA, Penedo MCT, Ernest HB, Morrison SA, Boyce WM (2016) Phylogeographic and population genetic structure of bighorn sheep (*Ovis canadensis*) in North American deserts. *Journal of Mammalogy* 97(3): 823-838. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyw011>.
- Cain III JW, Krausman PR, Rosenstock SS, Turner JC (2006). Mechanisms of thermoregulation and water balance in desert ungulates. *Wildlife Society Bulletin* 34(3): 570-581. [https://doi.org/10.2193/0091-7648\(2006\)34\[570:MOTAWB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2193/0091-7648(2006)34[570:MOTAWB]2.0.CO;2).
- Canfield RH (1941) Application of the line interception method in sampling range vegetation. *Southwestern Forest and Range Vegetation. Journal of Forestry* 39(4): 388-394. <https://doi.org/10.1093/jof/39.4.388>.
- Chao A, Lee SM (1992) Estimating the number of classes via sample coverage. *Journal of American Statistical Association* 417: 210-217. <https://doi.org/10.2307/2290471>.

- Creeden PJ, Graham VK (1997) Reproduction, survival, and lion predation in the Black Ridge Colorado National Monument desert bighorn herd. *Desert Bighorn Council Transactions* 41: 37-43.
- Efron B (1979) Bootstrap methods: another look at the Jackknife. *The Annals of Statistics* 7(1): 1-26.
- Espinosa AT, Sandoval A, Contreras A (2006) Historical distribution of desert bighorn sheep (*Ovis canadensis mexicana*) in Coahuila, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 51(2): 282-288.
- Estrada-Castillón E, Villarreal-Quintanilla JA, Jurado E (2005) Leguminosas del norte del estado de Nuevo León, México. *Acta Botánica Mexicana* 73: 1-18. <https://www.scielo.org.mx/pdf/abm/n73/n73a1.pdf>
- Foroughbakhch R, Hernández PJ, Alvarado VM, Céspedes CE, Rocha EA, Cárdenas AM (2009) Leaf biomass determination on woody shrub species in semiarid zones. *Agroforestry Systems* 77: 181-192. <https://doi.org/10.1007/s10457-008-9194-6>.
- Fracker SB, Brichtle JA (1944) Measuring the local distribution of Ribes. *Ecology* 25: 283-303.
- Fulbright TE, Ortega JA (2006) White-tailed deer habitat: ecology and management in rangelands. Texas A&M University Press, College Station, Texas, EUA. 265p.
- Gallina-Tessaro S, Hernández-Huerta A, Delfín-Alfonso CA, González-Gallina A (2009) Unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre en México (UMA). Retos para su correcto funcionamiento. *Investigación Ambiental* 1(2): 143-152.
- García E (2004) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Serie Libros, Núm. 6. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. 97p.
- García-Hernández J, Jurado-Ybarra E (2008) Caracterización del matorral submontano con condiciones prístinas en Linares N. L., México. *Ra Ximhai* 14(1): 1-21.
- Gastelum-Mendoza FI, Serna-Lagunes R, Salazar-Ortiz J, Cantú-Ayala CM, González-Saldívar FN (2019) Dieta de herbívoros: técnica, importancia e implicaciones en el manejo de fauna silvestre. *Agroproductividad* 12(4): 17-23. <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.391>.
- Gastelum-Mendoza FI, Cantú- Ayala CM, Uvalle-Suaceda JI, Lozano-Cavazos EA, Serna-Lagunes JI, González-Saldívar FN (2020) Importancia del matorral desértico micrófilo para el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus* Mearns, 1898) en Coahuila. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 11: 136-156. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i62.747>.
- Gastelum-Mendoza FI, Tarango-Arámbula LA, Olmos-Oropeza G, Palacio-Núñez J, Valdez-Zamudio D, Noriega-Valdez R (2021) Diet and sexual segregation of the bighorn sheep (*Ovis canadensis mexicana* Merriam) in Sonora, Mexico. *Agroproductividad* 14(6): 31-39. <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i6.2043>.
- Guerrero-Cárdenas I, Gallina S, Corcuera P, Álvarez-Cárdenas S, Ramírez-Orduña R (2016) Diet composition and selection of the bighorn sheep (*Ovis canadensis*) in Sierra El Mechudo, Baja California Sur, Mexico. *Therya* 7(3): 423-437. <https://doi.org/10.12933/therya-16-394>.
- 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 (N.S.)* 34(1): 1-18. <https://doi.org/10.21829/azm.2018.3412113>.
- Hoffman PC, Combs D (2004) Use of digestibility of NDF in the formulation of rations. *Focus on Forage* 6(3): 1-5. <https://fyi.extension.wisc.edu/forage/files/2014/01/NDFD04-FOF.pdf>. Fecha de consulta: 10 de abril de 2023.
- Holechek JL, Vavra M, Pieper R (1982) Botanical composition determination of range herbivore diets: A review. *Journal of Range Management* 35: 309-315.
- Lozano-Cavazos EA, Gastelum-Mendoza FI, Reséndiz-Dávila L, Romero-Figueroa G, González-Saldívar F N, Uvalle-Suaceda JI (2020) Composición de la dieta del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus texanus* Mearns) identificada en contenido ruminal en Coahuila, México. *Agroproductividad* 13: 49-54. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1702>.
- Martínez RG, Galindo ME (2001) Feeding habits of bighorn sheep (*Ovis canadensis cremnobates*) in San Pedro Martir Sierra, Baja California, Mexico. *Desert Bighorn Council Transactions* 45: 111-123.
- Mazaika R, Krausman PR, Etchberger RC (1992) Nutritional carrying capacity of desert bighorn sheep habitat in the Pusch Ridge Wilderness, Arizona. *Southwestern Naturalist* 37: 372-378.
- McKinney S, Smith TW (2007) Diets of adults and lambs of desert bighorn sheep during years of varying rainfall in central Arizona. *The Southwestern Naturalist* 52(4): 520-527.



- Memmott KL, Anderson VJ, Fugal R (2011) Seasonal dynamics of forage shrub nutrients. *Rangelands* 6: 12-16. <https://doi.org/10.2111/1551-501X-33.6.12>.
- Miller GD, Gaud WS (1989) Composition and variability of desert bighorn diets. *Journal of Wildlife Management* 53: 597-606. <https://doi.org/10.2307/3809182>.
- Miranda F, Hernández-X E (1963) Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-179. <https://doi.org/10.17129/botsoci.1084>.
- Nefzaoui A, Louhaichi M, Ben-Salem H (2014) Cactus as a tool to mitigate drought and to combat desertification. *Journal of Arid Land Studies* 24(1): 121-124.
- O'Farril G, Medellín RA, Matter SF, Cameron GN (2018) Habitat use and diet of desert bighorn sheep (*Ovis canadensis mexicana*) and endemic mule deer (*Odocoileus hemionus nelsonii*) on Tiburon Island, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 63(4): 225-234. <https://doi.org/10.1894/0038-4909-63-4-225>.
- Ramírez-Lozano RG (2012) Alimentación del venado cola blanca: biología y ecología nutricional. Facultad de Ciencias Biológicas, Alimentos, Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolas de los Garza, Nuevo León, México. 354p.
- SEMARNAT (2010) Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental, especies nativas de México de flora y fauna silvestres, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Segunda sección. Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, México. 789p. [https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM\\_059\\_SEMARNAT\\_2010.pdf](https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf). Fecha de consulta: 25 de febrero de 2023.
- Shannon CE (1948) A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* 27: 379-423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>.
- Sparks DR, Malechek JC (1968) Estimating percentage dry weight in diets using a microscopic technique. *Journal of Range Management* 21(4): 264.
- Tarango LA, Krausman PR, Valdez R, Katting RM (2002) Research observation: desert bighorn sheep diets in north-western Sonora, Mexico. *Journal of Range Management* 55(6): 530-534. <https://doi.org/10.2307/4003995>.
- Turner JC, Weaver RA (1980) Water. In: Monson G, Sumner L (eds) *The desert bighorn: Its life history, ecology, and management*. University of Arizona Press. Tucson, EUA. pp. 100-112.
- Wehausen JD, Ramey RR (2000) Cranial morphometric and evolutionary relationships in the northern range of *Ovis canadensis*. *Journal of Mammalogy* 81(1): 145-161. [https://doi.org/10.1644/1545-1542\(2000\)081<0145:CMAERI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1644/1545-1542(2000)081<0145:CMAERI>2.0.CO;2).
- Whiting JC, Bowyer RT, Flinders JT (2009) Annual use of water sources by reintroduced Rocky Mountain bighorn sheep *Ovis canadensis canadensis*: effects of season and drought. *Acta Theriologica* 54: 127-136. <https://doi.org/10.1007/BF03193168>.