



Similitud de especies de plantas consumidas por rebaños de cabras en el bosque tropical seco de la Cañada, Oaxaca



Salvador Mandujano ^{a*}

Ariana Barrera-Salazar ^a

Antonio Vergara-Castrejón ^b

^a Instituto de Ecología A.C. Red Biología y Conservación de Vertebrados, km 2.5 Carretera Antigua Coatepec No. 351, Congregación del Haya, Xalapa 91070, Veracruz, México.

^b Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Escuela de Ingeniería Agrohidráulica, Unidad Chiautla de Tapa. Puebla, México.

* Autor de correspondencia: salvador.mandujano@inecol.mx

Resumen:

El manejo de caprinos (*Capra hircus*) en sistemas extensivos es una práctica común en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC), México. En el presente estudio se analizó la similitud de las especies de plantas consumidas por los caprinos de diferentes rebaños en un paisaje de la Cañada en Oaxaca. Se siguió a ocho rebaños en diferentes localidades durante las épocas de lluvias 2012 y la de seca 2013. Para determinar la similitud espacial y temporal entre los rebaños dependiendo de las plantas consumidas, se emplearon métodos de análisis multivariado, específicamente de agrupamiento jerárquico en el programa R. Los caprinos consumieron 84 especies, de las cuales 30 constituyen el 75 % de la dieta. De acuerdo a los análisis de similitud, *Mimosa* sp. y *Acacia cochiliacantha* fueron las especies consumidas con mayor frecuencia por todos los rebaños; mientras que *Eleusine indica*, *Prosopis leavigata* y *Opuntia* sp. fueron las siguientes en importancia. El rebaño de la localidad Tecomovaca fue el menos similar al resto de los rebaños estudiados. Estos resultados contribuyen al entendimiento de los hábitos de forrajeo de los caprinos en región tropical seca, donde la disponibilidad de recursos es marcadamente estacional.

Palabras clave: *Capra hircus*, Sistema extensivo, Métodos multivariados, Reserva de Biósfera Tehuacán-Cuicatlán.

Recibido: 18/02/2017

Aceptado: 23/03/2018

En México, las cabras representan una fuente importante de proteínas^(1,2). Por ejemplo, el censo nacional de 2011 estimó una población de 9 millones de cabras⁽³⁾. El manejo de cabras es una práctica particularmente extendida en el estado de Puebla^(4,5), pero está menos desarrollada en Oaxaca⁽⁶⁾. La Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC) en los estados de Puebla y Oaxaca en el centro de México se caracteriza por una alta biodiversidad de especies y endemismo⁽⁷⁾. Dentro del valle de Tehuacán-Cuicatlán, se estima que hay alrededor de 5,000 caprinocultores⁽⁸⁾, que practican principalmente la agricultura de subsistencia⁽⁹⁾. Las cabras han estado presentes desde su introducción durante el período colonial y actualmente la caprinocultura representa una de las principales actividades productivas en muchas poblaciones en y alrededor de la RBTC⁽⁴⁾. Al igual que en otras regiones áridas y semiáridas^(2,3), el sistema extensivo es la práctica principal en la RBTC. Este sistema consiste en dirigir los rebaños a lo largo de rutas fijas o migratorias para navegar en las colinas, los bordes de las carreteras y las áreas ribereñas⁽⁴⁾.

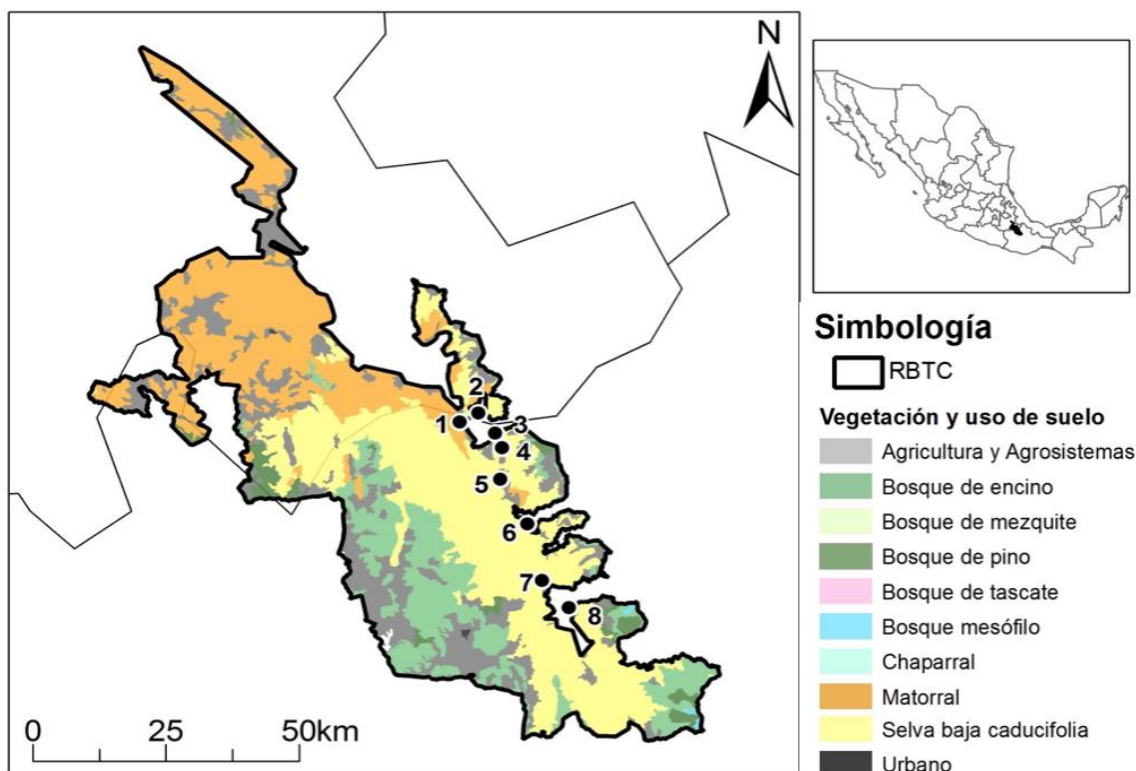
Partiendo de que la RBTC es un área natural protegida, es importante evaluar la influencia de las cabras en la estructura de la vegetación^(2,10,11) e identificar posibles interacciones competitivas con ungulados silvestres como el venado de cola blanca *Odocoileus virginianus*⁽¹²⁾. En este contexto, este estudio analiza la similitud en la planta consumida por los rebaños de cabras en el paisaje de la región de Cañada, Oaxaca, mediante el uso de métodos de agrupamiento de aglomerados jerárquicos. Para determinar las similitudes entre los rebaños en términos de las especies de plantas consumidas, en este estudio se utilizaron métodos de agrupamiento jerárquico aglomerado a través de análisis de grupos multivariados⁽¹³⁾. El objetivo del agrupamiento es reconocer los subconjuntos discontinuos en un entorno que a veces es discreto y, en la mayoría de los casos, se percibe como continuo en la ecología⁽¹⁴⁾. Específicamente, la agrupación consiste en dividir la colección de objetos en estudio. Para este propósito, se han empleado varios índices de similitud, como por ejemplo Sørensen, Jaccard y Morisita, para calcular la similitud o disimilitud entre los objetos de colección por pares. Los métodos de agrupación, como por ejemplo, vinculación simple, vinculación completa, aglomeración media y varianza mínima de Ward, se utilizan para aglomerar objetos en base a la distancia de pares dadas las similitudes o diferencias, dependiendo de cada caso⁽¹³⁾. Para interpretar y comparar los resultados de agrupamiento jerárquico, se calcularon las distancias de correlación cofenética para cada agrupamiento. Brevemente, el índice cofenético entre dos objetos en un dendograma es la distancia a la que los objetos se convierten en miembros del mismo grupo. La interpretación de este índice es

similar al coeficiente de correlación r de Pearson⁽¹⁴⁾. Por lo tanto, para probar la hipótesis del presente estudio, se aplicaron métodos de agrupamiento jerárquico.

El estudio se realizó en la región de la Cañada en Oaxaca, dentro de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC) en México. La RBTC se ubica en el extremo sureste del estado de Puebla y noreste de Oaxaca, entre los 17 ° 39 ' - 18 ° 53' N y los 96 ° 55 ' - 97 ° 44' O. Tiene 490,187 ha de superficie y la altitud varía entre los 600 y los 2,950 msnm. La temperatura media anual va de 18 a 22 °C, mientras que la precipitación anual varía entre 250 y 500 mm⁽¹⁵⁾. Los principales tipos de vegetación en la región son: matorral crasicaule dominado por cactus columnares del género *Neobuxbaumia* (8 % del territorio de reserva) y matorral rosetófilo (10 %), principalmente en el parte norte de la RBTC; mientras que el bosque seco tropical (29 %) domina principalmente en la región de Cañada; bosque de robles y pinos en las montañas altas (21 %); así como otros tipos de vegetación (10 %). El uso de la tierra es principalmente para la agricultura, ganadería y silvicultura (22 %)⁽¹⁵⁾.

El estudio se llevó acabo en ocho localidades: Coxcatlán, en el estado de Puebla, y Casa Blanca, Teotitlán, Toxpalan, Los Cues, Tecomavaca, Cuicatlán y Chicozapotes, en el estado de Oaxaca (Figura 1). En cada lugar, se siguió al mismo rebaño una vez durante la temporada de lluvias (de septiembre a noviembre de 2012) y una vez más en la estación seca (de abril a junio de 2013). La selección de estos rebaños dependió del interés de los criadores de cabras en participar en el estudio. Tradicionalmente, el sistema extensivo consiste en mover el rebaño diariamente a sitios de alimentación a lo largo de rutas predefinidas. Además, el tamaño de la bandada y el tiempo total de alimentación depende de la experiencia del propietario, entre otros factores⁽⁶⁾. En los sitios de estudio, el tamaño medio del rebaño y el tiempo de forraje fueron 70 cabras y 4.2 h, respectivamente.

Figura 1: Localización geográfica de los sitios de estudio en La Cañada dentro de la Reserva de Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, México. Sitios: Casa Blanca (1), Coxcatlán (2), Teotitlán (3), Toxpalan (4), Los Cues (5), Tecomavaca (6), Cuicatlán (7) y Chicozapotes (8)



Para determinar las principales plantas consumidas por las cabras, se observó directamente a los animales durante el pastoreo⁽¹⁷⁾. La selección de estos rebaños dependió del interés de los pastores en participar en el estudio. En el sitio de estudio, los criadores de cabras mueven sus animales para pastorear fuera de las aldeas casi todos los días. Por lo tanto, las cabras están acostumbradas a la presencia de personas, lo que elimina la posibilidad de sesgos durante la observación de las actividades de pastoreo⁽¹⁸⁾. Cada 20 min, se seleccionó un animal focal diferente y se registró el número de plantas de cada especie consumida durante un período de 10 min. Para cada rebaño, se registró el número de especies de plantas consumidas por el rebaño durante las estaciones lluviosa y seca^(18,19). El número de animales focales varió en función del tiempo de recorrido del rebaño muestreado ($n= 57$ y 58 cabras para las estaciones lluviosas y secas, respectivamente). Simultáneamente, se recolectaron plantas para la determinación taxonómica en el herbario y por otras fuentes⁽²⁰⁾. Sin embargo, la topografía accidentada, la vegetación densa y la velocidad de movimiento de las cabras hicieron imposible recolectar todas las plantas consumidas.

Las cabras observadas individualmente no pueden ser réplicas verdaderas, ya que no toman decisiones de pastoreo de forma independiente unas de otras⁽²¹⁾. Por lo tanto, la información se agrupó considerando el rebaño como replicado. Se calculó la curva acumulativa del número de especies consumidas por las cabras durante las estaciones lluviosas y secas. Se empleó un método abreviado relativamente arbitrario del 75 % para determinar las principales especies de plantas y se utilizó una prueba de Ji cuadrada para evaluar las diferencias entre estaciones⁽²²⁾.

Para determinar las similitudes entre los ocho rebaños en términos de las especies de plantas consumidas, se utilizaron métodos de agrupación jerárquica aglomerada a través de análisis de agrupación multivariada⁽²³⁾. Para este propósito, las especies que representaron 75 % del total de plantas consumidas se emplearon para agrupar los rebaños. Este porcentaje de atajo es subjetivo, pero representa el punto en el que la curva acumulativa de la relación entre el número de especies consumidas comienza a alcanzar la asíntota. Los análisis se realizaron por separado para cada temporada. El índice de similitud Horn-Morisita se seleccionó para el número de plantas consumidas por las especies en este estudio. Se calcularon cuatro métodos de agrupamiento: enlace simple, enlace completo, aglomerante promedio (UPGMA) y varianza mínima de Ward⁽²³⁾. Para examinar el contenido de especies de los grupos en función de las membresías del grupo, se utilizó el paquete vegano R⁽²³⁾. Este paquete proporciona herramientas para la ecología de la comunidad descriptiva. Específicamente, tiene las funciones más básicas de análisis de diversidad, ordenación de la comunidad y análisis de disimilitud. Finalmente, los resultados de estos análisis se presentan como un mapa de color de la tabla doblemente ordenada de las plantas consumidas, con un dendrograma de sitios agrupados. Todos los análisis en este estudio se realizaron en la versión R 3.2.3⁽²⁴⁾.

Las cabras consumieron 82 y 65 especies durante la estación lluviosa y seca, respectivamente (Cuadro 1). Sin embargo, según la curva acumulativa, el 75 % de la dieta estaba constituida por 30 especies: 24 especies durante la temporada de lluvias y 20 especies en la estación seca (Figura 2). Las principales especies en ambas estaciones fueron *Mimosa* sp., *Acacia cochiliacantha* y *Eleusine indica*; durante la temporada de lluvias fue *Dalea carthagenensis*; mientras que en la estación seca fueron *Prosopis leavigata*, *Opuntia* sp. y *Ceiba parvifolia*, que difirió significativamente (Figura 3; $P=0.0001$).

Cuadro 1: Lista de especies de plantas consumidas por cabras durante las estaciones de lluvia y seca en La Cañada, Oaxaca

Especie	Abreviatura	Epoca lluviosa		Epoca seca	
		No.	% *	No.	%
<i>Eleusine indica</i>	<i>Elin</i>	56	8.6	28	5.4
<i>Mimosa</i> sp.1	<i>Misp</i>	51	7.8	50	9.6
<i>Acacia cochliacantha</i>	<i>Acco</i>	49	7.5	61	11.7
<i>Dalea carthagenensis</i>	<i>Daca</i>	27	4.2	10	1.9
<i>Agrostis stolonifera</i>	<i>Agst</i>	21	3.2	10	1.9
<i>Viguiera dentata</i>	<i>Vide</i>	16	2.5	18	3.4
<i>Cordia curassavica</i>	<i>Cocu</i>	16	2.5	5	1.0
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	<i>Eypo</i>	14	2.2	8	1.5
<i>Senna wislizeni</i>	<i>Sewi</i>	14	2.2	10	1.9
<i>Aegopogon</i> sp.	<i>Aesp</i>	13	2.0	16	3.1
<i>Opuntia</i> sp.	<i>Opsp</i>	13	2.0	24	4.6
<i>Ceiba parvifolia</i>	<i>Cepa</i>	12	1.8	22	4.2
<i>Waltheria indica</i>	<i>Wain</i>	12	1.8	14	2.7
<i>Amphipterygium</i>	<i>Amad</i>	9	1.4	3	0.6
<i>adstringens</i>	<i>Ligr</i>	8	1.2	-	-
<i>Lippia graveolens</i>	nd	8	1.2	-	-
nd	<i>Phau</i>	8	1.2	2	0.4
<i>Phragmites australis</i>	<i>Papr</i>	7	1.1	16	3.1
<i>Parkinsonia praecox</i>	<i>Prle</i>	7	1.1	43	8.2
<i>Prosopis leavigata</i>	<i>Zipe</i>	7	1.1	11	2.1
<i>Ziziphus pedunculata</i>	<i>Buli</i>	7	1.1	2	0.4
<i>Bursera linanoe</i>	<i>Glg</i>	7	1.1	2	0.4
<i>Glycyrrhiza glabra</i>	nd	6	0.9	5	1.0
nd	<i>Busp</i>	6	0.9	6	1.1
<i>Bursera</i> sp.	<i>Sapr</i>	5	0.8	-	-
<i>Sanvitalia procumbens</i>	nd	5	0.8	4	0.8
nd	<i>Crpr</i>	5	0.8	-	-
<i>Cyrtocarpa procera</i>	<i>Ledi</i>	5	0.8	12	2.3
<i>Leucaena diversifolia</i>	nd	5	0.8	6	1.1
nd	<i>Mame</i>	4	0.6	-	-
<i>Malpighia mexicana</i>	<i>Ipsp</i>	4	0.6	4	0.8
<i>Ipomoea</i> sp.	<i>Cili</i>	4	0.6	5	1.0
<i>Citrus limon</i>	<i>Pool</i>	3	0.5	-	-
<i>Portulaca oleracea</i>	<i>Brde</i>	3	0.5	3	0.6

<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Laca</i>	3	0.5	3	0.6
<i>Lantana camara</i>	<i>Sosp</i>	3	0.5	-	-
<i>Solanum</i> sp.	<i>Agho</i>	3	0.5	2	0.4
<i>Agave horrida</i>	<i>Ages</i>	3	0.5	1	0.2
<i>Ageratina espinosarum</i>	<i>Lyac</i>	3	0.5	4	0.8
<i>Lysiloma acapulcense</i>	<i>Lyte</i>	3	0.5	4	0.8
<i>Lysiloma tergeminum</i>	nd	3	0.5	-	-
nd	<i>Pafo</i>	3	0.5	-	-
<i>Passiflora foetida</i>	<i>Plru</i>	3	0.5	7	1.3
<i>Plumeria rubra</i>	<i>Sotr</i>	3	0.5	-	-
<i>Solanum tridynamum</i>	<i>Tudi</i>	3	0.5	-	-
<i>Turnera diffusa</i>	<i>Maza</i>	2	0.3	2	0.4
<i>Manilkara zapota</i>	<i>Sila</i>	2	0.3	-	-
<i>Simsia lagascaeformis</i>	<i>Acfa</i>	2	0.3	12	2.3
<i>Acacia farnesiana</i>	<i>Anle</i>	2	0.3	-	-
<i>Antigonon leptopus</i>	<i>Busp1</i>	2	0.3	2	0.4
<i>Bursera</i> sp.1	<i>Caza</i>	2	0.3	-	-
<i>Calea zacatechichi</i>	<i>Guul</i>	2	0.3	7	1.3
<i>Guazuma ulmifolia</i>	<i>Lele</i>	2	0.3	9	1.7
<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Matr</i>	2	0.3	3	0.6
<i>Matelea trachyantha</i>	<i>Pawe</i>	2	0.3	3	0.6
<i>Pachycereus weberi</i>	<i>Pidu</i>	2	0.3	11	2.1
<i>Pithecellobium dulce</i>	<i>Plsp</i>	2	0.3	-	-
<i>Platanus</i> sp.	<i>Plbu</i>	2	0.3	-	-
<i>Plocosperma buxifolium</i>	<i>Posp</i>	2	0.3	-	-
<i>Polygonum</i> sp.	<i>Saal</i>	2	0.3	2	0.4
<i>Salix alba</i>	<i>Sppu</i>	2	0.3	11	2.1
<i>Spondias purpurea</i>	<i>Amhy</i>	1	0.2	4	0.8
<i>Amaranthus hybridus</i>	<i>Titu</i>	1	0.2	2	0.4
<i>Tithonia tuberosa</i>	<i>Alch</i>	1	0.2	2	0.4
<i>Allionia choisyi</i>	<i>Cnte</i>	1	0.2	1	0.2
<i>Cnidoscolus tehuacanensis</i>	<i>Acco</i>	1	0.2	1	0.2
<i>Acacia coulteri</i>	<i>Acme</i>	1	0.2	1	0.2
<i>Acrocomia mexicana</i>	<i>Agke</i>	1	0.2	1	0.2
<i>Agave kerchovei</i>	<i>Agpo</i>	1	0.2	1	0.2
<i>Agave potatorum</i>	<i>Bufa</i>	1	0.2	1	0.2
<i>Bursera fagaroides</i>	<i>Cesp</i>	1	0.2	1	0.2
<i>Ceiba</i> sp.	<i>Cepa</i>	1	0.2	2	0.4
<i>Celtis pallida</i>	<i>Cosc</i>	1	0.2	-	-
<i>Commicarpus scandens</i>	<i>Come</i>	1	0.2	1	0.2

<i>Condalia mexicana</i>	<i>Hete</i>	1	0.2	2	0.4
<i>Hechtia tehuacana</i>	<i>Mool</i>	1	0.2	1	0.2
<i>Moringa oleifera</i>	<i>Psan</i>	1	0.2	1	0.2
<i>Pseudosmodingium andrieuxii</i>	<i>Scba</i>	1	0.2	2	0.4
<i>Schinopsis balansae</i>	nd	1	0.2	1	0.2
<i>Solanum rostratum</i>	nd	1	0.2	1	0.2
nd	<i>Asvi</i>	-	-	5	1.0
nd	<i>Pade</i>	-	-	2	0.4
<i>Astianthus viminalis</i>	<i>Stpr</i>	1	0.2	4	0.8
<i>Panicum decolorans</i>					
<i>Stenocereus pruinosus</i>					

(*) porcentaje del total en cada estación, (nd) no determinada.

Figura 2: Curva acumulativa de la relación entre el número de especies consumidas por cabras durante las épocas de secas y de lluvias. Las líneas rojas punteadas muestran que, considerando un corte arbitrario del 75 %, 20 y 24 especies plantas fueron consumidas en cada época

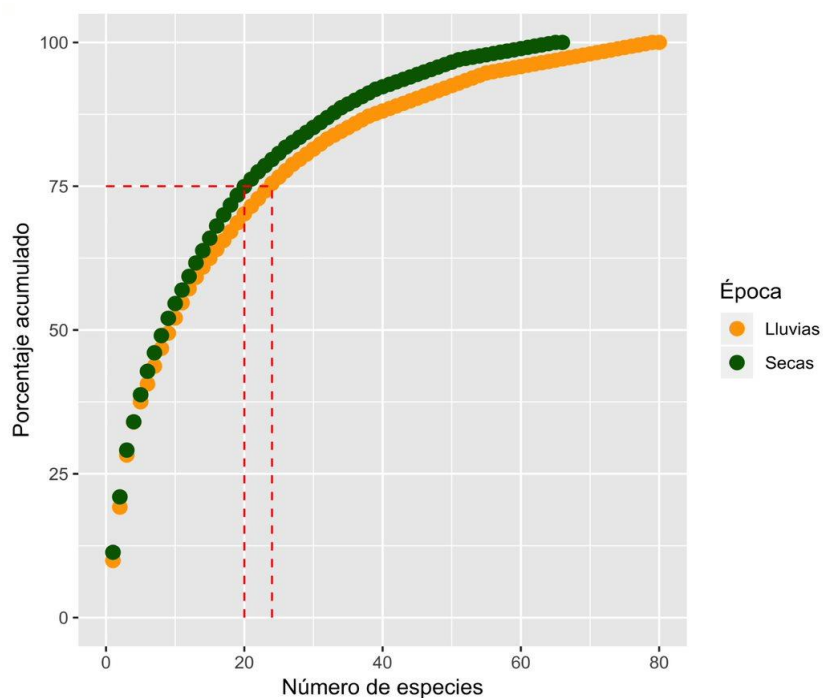
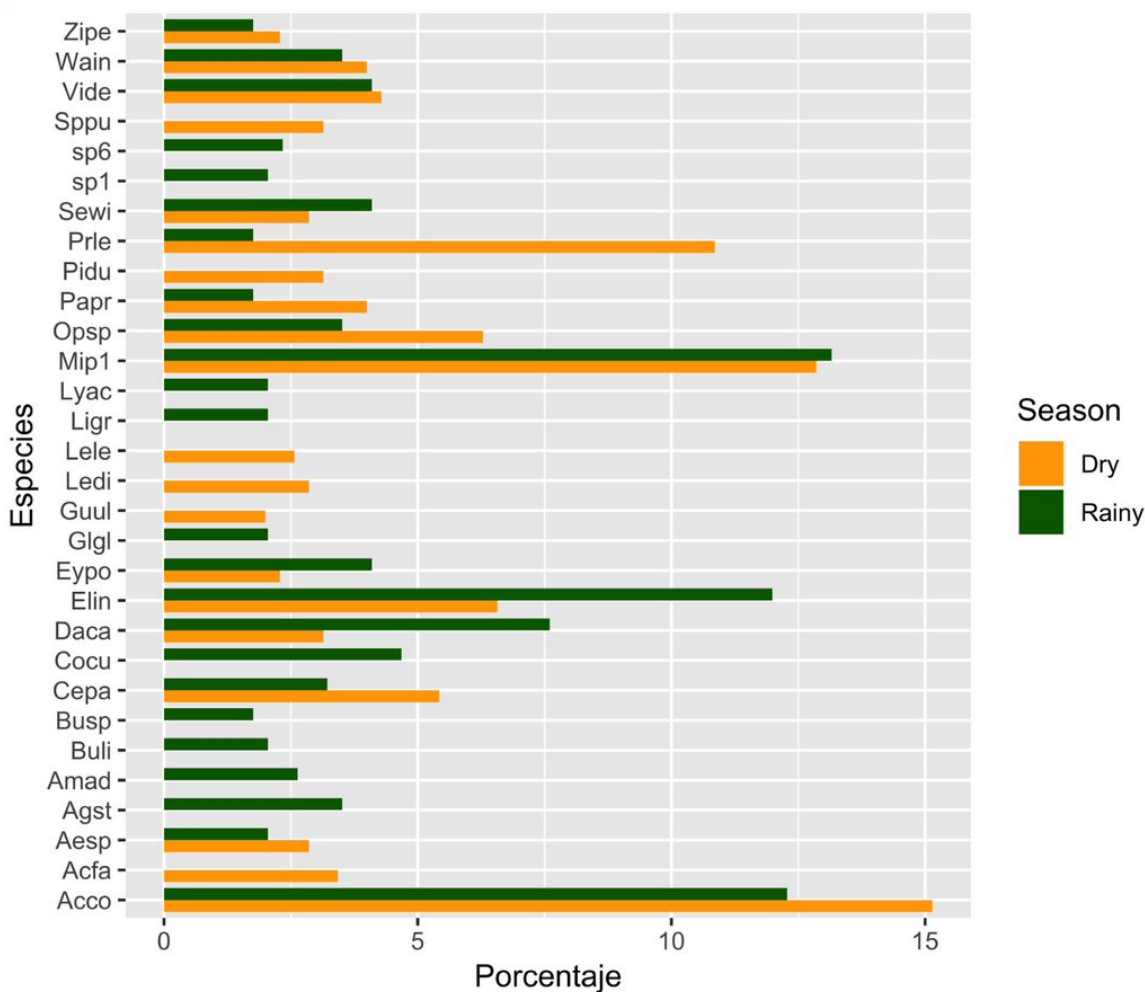


Figura 3: Porcentaje de las especies principales (75 % del total) consumida por cabras durante las estaciones secas y lluviasas



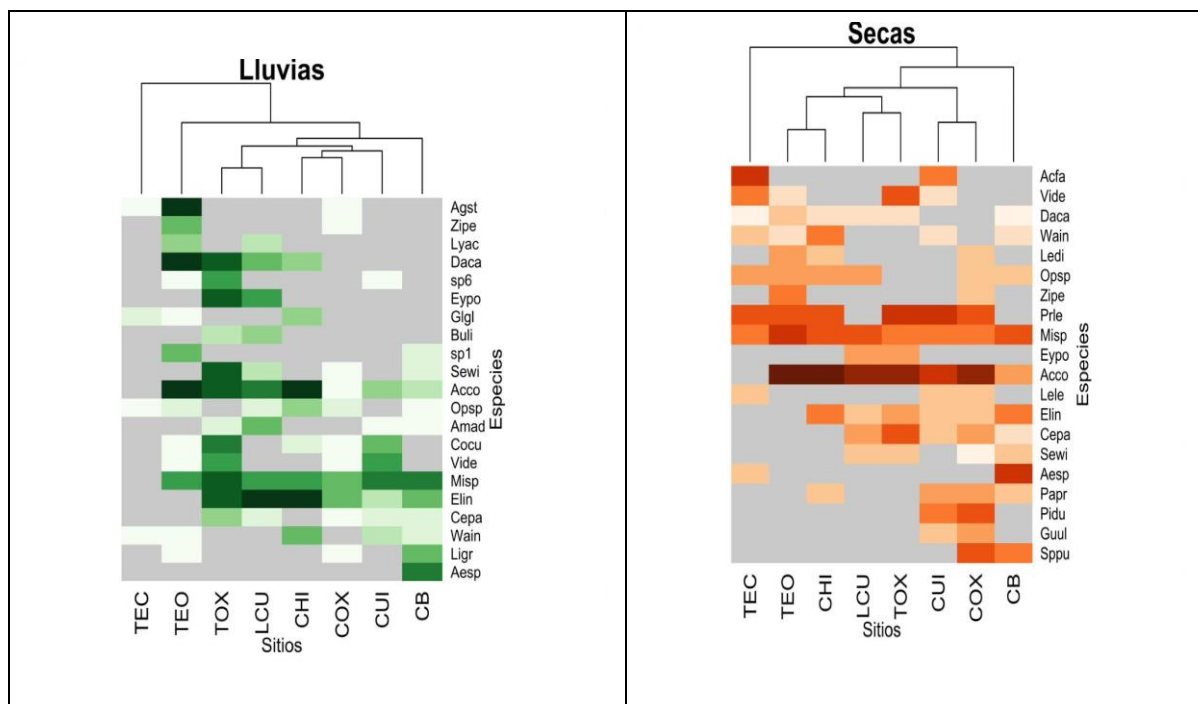
Los cuatro métodos de agrupamiento (enlace único, enlace completo, UPGMA y Ward) produjeron dendrogramas ligeramente diferentes. El cálculo del coeficiente de correlación de la distancia cofenética ($r= 0.92$ en la estación lluviosa y $r= 0.86$ en la estación seca) sugirió que UPGMA era el método de agrupamiento óptimo para los datos de la matriz. Los coeficientes de similitud de Horn-Morisita variaron entre las ubicaciones por pares y las estaciones (Cuadro 2). *Mimosa* sp. y *Acacia cochiliacantha* fueron las especies consumidas por todos los rebaños en ambas estaciones; mientras que *Eleusine indica*, *Prosopis leavigata* y *Opuntia* sp. fueron los siguientes más importantes, dependiendo de la temporada. Durante la temporada de lluvias, los rebaños de Tecomavaca y Teotitlán mostraron una menor similitud con respecto a los otros rebaños; mientras que, en la estación seca, los rebaños de Tecomavaca y Casa Blanca mostraron una menor similitud con respecto a las otras bandadas (Figura 4).

Cuadro 2: Coeficientes de similitud de Morisita-Horn entre pares durante las estaciones lluviosas y secas

	CB+	CHI	COX	TOX	CUI	LCU	TEO
Epoca lluviosa							
CHI	0.582						
COX	0.707	0.72					
TOX	0.471	0.604	0.601				
CUI	0.536	0.640	0.694	0.685			
LCU	0.549	0.723	0.664	0.800	0.499		
TEO	0.353	0.547	0.401	0.481	0.401	0.495	
TEC	0.080	0.369	0.138	0	0.088	0.04	0.256
Epoca seca							
CHI	0.610						
COX	0.590	0.685					
TOX	0.480	0.678	0.611				
CUI	0.454	0.718	0.808	0.700			
LCU	0.633	0.705	0.579	0.761	0.526		
TEO	0.456	0.844	0.669	0.675	0.617	0.673	
TEC	0.381	0.477	0.35	0.463	0.615	0.275	0.511

Coxcatlán (COX), Casa Blanca (CB), Teotitlán (TEO), Toxpalan (TOX), Los Cues (LCU), Tecomavaca (TEC), Cuicatlán (CUI) and Chicozapotes (CHI).

Figura 4: Clasificación de sitios de acuerdo con la similitud de las especies de plantas consumidas por las cabras durante las épocas de secas y de lluvias. El gradiente de color de intenso a ligero representa el grado de consumo de las especies. Un consumo muy bajo o nulo es representado por el color gris. En la parte superior se presenta el dendograma de los sitios estudiados clasificados por el método de agrupamiento UPGMA



La riqueza de especies de las plantas consumidas por las cabras en la región de La Cañada fue similar a la reportada en las regiones vecinas de la RBTC. Por ejemplo, en la región norte, entre 40 y 80 especies han sido consumidas por las cabras en las estaciones seca y lluviosa, respectivamente^(5,25). Entre los principales géneros consumidos por las cabras están *Bursera*, *Jatropha*, *Fouquieria*, *Leucaena*, *Pithecellobium*, *Acacia guazuma* y *Prosopis*^(25,26). En otra región tropical se ha informado que, de las 19 especies de árboles consumidas durante el año, *Mimosa* fue, con mucho, la especie seleccionada con mayor frecuencia; el pasto fue un componente importante de la dieta de la cabra en el período húmedo temprano, mientras que las hojas fueron una fuente importante de forraje durante los períodos secos⁽²⁸⁾. En particular, la estación seca es la fase más crítica para el mantenimiento de los rebaños en esta región. Se ha documentado que las cabras pierden peso corporal significativamente durante este período debido a deficiencias en la proteína dietética y el fósforo⁽²⁹⁾. Los animales ramonean, principalmente, las leguminosas durante la estación seca⁽³⁰⁾.

Durante los períodos de escasez de forraje, las cabras suelen aumentar su esfuerzo de búsqueda a medida que disminuye la ingesta de nutrientes. El aumento del consumo de

especies leñosas observado durante este período aumenta la presión de pastoreo sobre la vegetación local⁽²⁹⁾. Por este motivo, como *Opuntia* spp. y *Agave salmiana* se han sugerido como suplementos dietéticos, junto con los frutos de *Yucca periculosa* y las vainas de *Prosopis laevigata* y *Acacia subangulata* combinadas con el tradicional rastrojo de maíz⁽²⁹⁾. En otras regiones semiáridas, *Prosopis laevigata* y *Opuntia* sp. se utilizan como suplementos, teniendo en cuenta sus características nutricionales y su capacidad de crecimiento en condiciones de baja disponibilidad de agua⁽³¹⁾. En particular, los cladodios de los cactus y sus frutos se utilizan como fuente de alimentos de emergencia, proporcionando energía y agua en épocas de sequía, mientras que las plantas herbáceas proporcionan proteínas en la temporada de lluvias⁽³⁾.

Los rumiantes pequeños, como las cabras y ovejas, e incluso los animales silvestres como el venado de cola blanca, seleccionan su dieta de una amplia gama de especies de plantas, que difieren en términos de contenido de nutrientes y disponibilidad a lo largo del año⁽¹⁹⁾. Al final del otoño y principios del invierno, hay una falta de forraje de calidad, por lo que es necesario complementar la dieta de las cabras. La deficiencia de proteína cruda en la dieta de las cabras limita la digestión de fibra y minerales de los animales, lo que provoca un crecimiento lento, una función inmunológica reducida, anemia, edema y muerte⁽³²⁾. De las especies de plantas consumidas, las que reúnen los mayores contenidos de proteínas (>20 %) son *Ziziphus pedunculata*, *Prosopis laevigata* y *Ceiba parvifolia*; otras especies que cumplen con los requisitos mínimos para las cabras son *Mimosa* sp., *Viguiera dentata*, *Walteria indica* y *Solanum tridynamum*⁽³³⁾. La fibra contribuye significativamente a equilibrar los requerimientos nutricionales^(32,34). De las plantas analizadas, el mayor contenido de fibra lo presenta *Agrostis stolonifera* recolectado en la temporada de lluvias. De las plantas consumidas, aquellas con la mayor cantidad de fibra detergente neutro, la fibra detergente ácido fueron *Mimosa* sp., *Opuntia* sp., *Viguiera dentata*, *Acacia farnesiana* y *Ziziphus pedunculata*⁽³³⁾. Las especies de arbustos de los géneros *Prosopis*, *Mimosa* y *Acacia* presentaron alta energía metabolizable en comparación con algunos árboles, cactus y plantas herbáceas⁽³⁾. La energía metabolizable en *Prosopis* y *Acacia* durante la estación seca superó los requerimientos de las cabras⁽³⁵⁾.

Los métodos de agrupación jerárquica aglomerada a través de análisis de agrupación multivariable⁽¹³⁾ permitieron determinar similitudes entre los ocho rebaños en función de las especies de plantas consumidas. Estos métodos son comunes en estudios taxonómicos y ecológicos⁽¹⁴⁾. Con base en el 75 % de las principales especies consumidas y los mapas de calor, los ocho rebaños estudiados se clasificaron en diferentes grupos en cada temporada. Específicamente, el rebaño de Tecmovaca mostró una menor similitud en comparación con los otros rebaños. Las diferencias locales en la abundancia de especies de plantas y la presencia de algunas especies específicas explicaron el agrupamiento de los rebaños en las estaciones lluviosas y secas.

Finalmente, los resultados del presente estudio contribuyen a mejorar el conocimiento sobre los hábitos de pastoreo de las cabras en paisajes tropicales secos, donde la estacionalidad de los recursos es muy opuesta, como es el caso en la Cañada, que ha sido poco estudiada en comparación con las zonas áridas y semiáridas de México. Algunas de las plantas consumidas podrían ser utilizadas en la producción de ensilaje por microempresas familiares para alimentar a las cabras con plantas nativas. Debido a su disponibilidad en la zona, así como a su contenido nutricional, las especies *Ceiba parvifolia*, *Waltheria indica*, *Prosopis leavigata*, *Solanum* sp. y *Sanvitalia procumbens* podrían recolectarse en la temporada de lluvias para el henaje o el ensilaje y su posterior uso como complemento alimenticio en la estación seca o cuando los animales estén confinados. Estos resultados son valiosos para el manejo y la conservación de los hábitats estudiados, ya que fomentan la comprensión del hábitat de las cabras y la selección de la dieta en diferentes períodos.

Los rebaños de cabras estudiados consumieron de 65 a 82 especies de plantas durante las estaciones secas y lluviosas en la región de Cañada en el estado de Oaxaca. Sin embargo, las principales especies fueron *Mimosa* sp., *Acacia cochiliacantha*, *Eleusine indica*, *Dalea carthagenensis*, *Prosopis laevigata*, *Opuntia* spp. y *Ceiba parvifolia*. Algunas de estas especies han sido registradas en otras regiones. Los métodos de agrupación jerárquica aglomerada a través de análisis de agrupación multivariada permitieron la determinación de similitudes entre los ocho rebaños según la especie de planta consumida. Estos análisis muestran que las cabras de diferentes lugares en la región de Cañada consumieron especies de plantas relativamente similares.

Agradecimientos

El estudio recibió apoyo financiero y logístico de los proyectos CONACYT CB-2009-01-130702 y CB-2015-01-256549; y la Red de Biología y Conservación de Vertebrados del Instituto de Ecología A. C. Agradecemos también a T. Pérez-Pérez, R. Rodríguez y A. Sandoval-Comte. Agradecemos a las autoridades y personas de los sitios estudiados. K. MacMillan revisó la versión en inglés del manuscrito.

Literatura citada:

1. Rebollar S, Hernández J, Rojo R, Guzmán E. Gastos e ingresos en la actividad caprina extensiva en México. *Agron Mesoam* 2012;23(1):159-165.
2. Zárate JL. Livestock and natural resources in a nature reserve in south Sonora, Mexico. *Trop Subtrop Agroecosyst* 2012;15(2):187-197.
3. Guerrero-Cruz MM. La caprinocultura en México, una estrategia de desarrollo. *Rev Universt Digital Cienc Soc* 2010;1(1):2-7.

4. Hernández-H ZJS. The goat farming in the Puebla (Mexico) livestock production: goat contribution and production systems. *Arch Zootec* 2000;49(187):341-352.
5. Hernández-H JE, Franco FJ, Villarreal- Espino OA, Aguilar LM, Sorcia MG. Identificación y preferencia de especies arbóreo-arbustivas y sus partes consumidas por el ganado caprino en la Mixteca Poblana, Tehuaxtla y Maninalcingo, México. *Zootec Trop* 2008;26(3):379-382.
6. Mendoza A, Ortega-Sánchez JL. Capriculture characterization in the municipality of Tepelmeme Villa de Morelos, Oaxaca, Mexico. *Rev Chapingo Zonas Áridas* 2009;8(1):75-80.
7. Dávila P, Arizmendi MC, Valiente-Banuet A, Villaseñor JL, Casas A, Lira R. Biological diversity in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Biodivers Conserv* 2002;11(3):421-442.
8. Baraza E, Estrella-Ruiz JP. Manejo sustentable de los recursos naturales guiado por proyectos científicos en la mixteca poblana mexicana. *Ecosistemas* 2008;17(2):3-9.
9. Ortega RH, Ortega-Paczka R, Zavala-Hurtado JA, Baca del Moral J, Martínez-Alfaro MA. Diagnóstico ambiental y estrategias campesinas en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, municipio de Zapotitlán, estado de Puebla. *Rev Geografía Agr* 2008;41(1):55-71.
10. Baraza E, Valiente-Banuet A. Efecto de la exclusión de ganado en dos especies palatables del matorral xerófilo del Valle de Tehuacán, México. *Rev Mex Biodivers* 2012;83(4):1145-1151.
11. Castro HG, Figueroa DG, Hernández FG, de Coss AL, Ruiz RP. Evaluación de áreas ganaderas en la zona de amortiguamiento de una reserva natural en Chiapas, México. *Rev Asoc Interprofesional Desarrollo Agrario* 2013;1(1):69-85.
12. Vasquez Y, Tarango L, López-Pérez EN, Herrera J, Mendoza G, Mandujano S. Variation in the diet composition of the white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve. *Rev Chapingo S Cienc Forestales Ambientales* 2016;22(3):87-98.
13. Bocard D, Gillet F, Legendre P. *Numerical Ecology with R*. Springer. 2011
14. Legendre P, Legendre L. *Numerical ecology*. 2nd Eng ed. Amsterdam: Elsevier; 1998.
15. Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CONANP). Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, DF. 2013.

16. Reséndiz-Melgar RC, Díaz MJ, Lemos-Espinal JA. Forrajeo de ganado caprino en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. *Rev Mex Cienc Forest* 2005;30(1):45-92.
17. Agreil C, Meuret M. An improved method for quantifying intake rate and ingestive behavior of ruminants in diverse and variable habitats using direct observation. *Small Ruminant Res* 2004;54(1-2):99-113.
18. González-Pech PG, Torres JFJ, Sandoval CA. Adapting a bite coding grid for small ruminants browsing a deciduous tropical forest. *Trop Subtrop Agroecosyst* 2014;17(1):63-70.
19. Franco-Guerra F, Gómez G, Villarreal-Espino OA, Camacho JC, Hernández J, Rodríguez EL, Marcito O. Bites rate on native vegetation by trashumance goats grazing in mountain rangeland in nudo mixteco, Mexico. *Trop Subtrop Agroecosyst* 2014;17(2):249-253.
20. Dávila P, Villaseñor JL, Medina R, Ramírez A, Salinas A, Sánchez-Ken J, Tenorio P. Listado Florístico del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Listados Florísticos VIII. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México; 1993.
21. Goetsch AL, Gipson TA, Askar AR, Puchala R. Feeding behavior of goats. *J Anim Sci* 2014;88(1)361–373.
22. Crawley MJ. *The R Book*. U.K: John Wiley & Sons; 2013.
23. Oksanen J, Blanchet FG, Kindt R, Legendre P, O'Hara B, Simpson GL, Solymos P, Stevens MHH, Wagner H. *vegan: Community ecology package*. R package version 1.17-3; 2010.
24. R Development Core Team. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL [http://www.R-project.org/](http://www.R-project.org;); 2015.
25. Franco-Guerra F, Gómez G, Mendoza G, Barcena R, Ricalde R, Plata F, Hernández J. Influence of plant cover on dietary selection by goats in the Mixteca region of Oaxaca, Mexico. *J Appl Anim Res* 2005;27(2):95-100.
26. Sánchez CM, Gómez G, Álvarez M, Daza H, Garmendia J. Nutritional characterization of goat forage resources in extensive systems. *Archivos Latinoamericano Prod Anim* 2004;12(4):63-66.
27. Ramírez-Orduña R, Ramírez RG, Romero-Vadillo E, González-Rodríguez H, Armenta-Quintana JA, Ávalos-Castro R. Diet and nutrition of range goats on a sarcocaulous shrubland from Baja California Sur, Mexico. *Small Ruminant Res* 2008;76(3):166-176.

28. Kronberg SL, Malechek JC. Relationships between nutrition and foraging behavior of free-ranging sheep and goats. *J Animal Sci* 1997;75(7):1756-1763.
29. Baraza E, Ángeles S, García A, Valiente-Banuet A. Nuevos recursos naturales como complemento de la dieta de caprinos durante la época seca en el Valle de Tehuacán, México. *Interciencia* 2008;33(12):891-896.
30. Kanani J, Lukefahr SD, Stanko RL. Evaluation of tropical forage legumes (*Medical sativa*, *Dolichos lablab*, *Leucaena leucocephala* and *Desmanthus bicornutus*) for growing goats. *Small Ruminant Res* 2006;65(1-2):1-7.
31. Andrade-Montemayor HM, Cordova-Torres AV, García-Gasca T, Kawas JR. Alternative foods for small ruminants in semiarid zones, the case of Mesquite (*Prosopis laevigata*) and Nopal (*Opuntia* sp). *Small Ruminant Res* 2011;98(1-3):83-92.
32. Darrell L, Rankins JR, Debra CR, Pugh DG. Feeding and Nutrition. In: Pugh DG, Baird NN editors. *Sheep & goat medicine.*, Missouri: Elsevier Health Sciences; 2012.
33. Landa-Becerra A, Mandujano S, Martínez-Cruz NS, López E. Análisis del contenido nutricional de plantas consumidas por caprinos en una localidad de la Cañada, Oaxaca. *Trop Subtrop Agroecosyst* 2016;19(3):295-304.
34. Lu CD, Kawas JR, Mahgoub, OG. Fibre digestion and utilization in goats. *Small Ruminant Res* 2005;60(1-2):45-52.
35. National Research Council (NRC). *Nutrient Requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids.* Washington, DC, USA. National Academy Press; 2007.