



ANÁLISIS DEL CONTENIDO NUTRICIONAL DE PLANTAS CONSUMIDAS POR CAPRINOS EN UNA LOCALIDAD DE LA CAÑADA, OAXACA¹

[ANALYSIS OF NUTRITIONAL CONTENT OF PLANTS CONSUMED BY GOATS IN A LOCATION IN THE CAÑADA, OAXACA]

Anna R. Landa-Becerra¹, Salvador Mandujano^{2,*}, Nieves S. Martínez-Cruz¹, Elvia López³

¹ Facultad de Química Farmacéutica Biológica, Universidad Veracruzana, Xalapa 91500, Veracruz, México.

² Red Biología y Conservación de Vertebrados, Instituto de Ecología A.C., km 2.5 Carretera Antigua Coatepec No. 351, Congregación del Haya, Xalapa 91070, Veracruz, México. Email: salvador.mandujano@inecol.mx

³ Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, Edo. México, México.

*Corresponding author

SUMMARY

Results of the nutritional content of some consumed plants species by goats (*Capra hircus*) in San Gabriel Casa Blanca in the Cañada region within the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve are reported. In November 2012 (rainy season) and May 2013 (dry season) 16 plants species commonly consumed by goats were collected. The parameters determined were crude protein, dry matter, ash, crude fat, crude fiber, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, calcium, phosphorus, *in vitro* dry matter digestibility and metabolizable energy. The results were compared by multivariate analysis. From the rainy season analyzed species *Ceiba parvifolia*, *Waltheria indica*, *Prosopis leavigata*, *Solanum* sp. and *Sanvitalia procumbens* contributed with high content of crude protein, acid detergent fiber, nitrogen-free extract, phosphorus and crude fat; while in the dry season *Acacia farnesiana*, *Prosopis leavigata* and *Ziziphus pedunculata* were important source of crude protein, metabolizable energy and *in vitro* dry matter digestibility. These results may have implications for management goats in the study region.

Key words: tropical dry forest; Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve; nutritional composition; seasonal variation; multivariate analysis.

RESUMEN

Se reportan los resultados del contenido nutricional de algunas plantas consumidas por caprinos (*Capra hircus*) en la localidad de San Gabriel Casa Blanca en la región de la Cañada dentro de la Reserva de Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. En noviembre de 2012 (época de lluvias) y en mayo de 2013 (época de seca) se colectaron 16 especies de plantas consumidas frecuentemente por los caprinos. Los parámetros determinados fueron: contenido de proteína cruda, materia seca, cenizas, grasa cruda, fibra cruda, fibra detergente neutra, fibra detergente ácido, calcio, fósforo, digestibilidad *in vitro* de la materia seca y energía metabolizable. Los resultados se compararon por análisis multivariado. De las especies analizadas en época de lluvias *Ceiba parvifolia*, *Waltheria indica*, *Prosopis leavigata*, *Solanum* sp. y *Sanvitalia procumbens* aportaron mayor cantidad de proteína cruda, fibra detergente ácida, extracto libre de nitrógeno, fósforo y grasa cruda; mientras que de las colectadas en la época de secas *Acacia farnesiana*, *Prosopis leavigata* y *Ziziphus pedunculata* fueron fuente importante de proteína cruda, energía metabolizable y digestibilidad *in vitro* de la materia seca. Estos resultados pueden tener implicaciones para el manejo del alimento de los caprinos en la región de estudio.

Palabras clave: bosque tropical seco; Reserva de Biósfera Tehuacán-Cuicatlán; composición nutricional; variación estacional; análisis componentes principales.

¹ Submitted August 03, 2016 – Accepted September 14, 2016. This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INTRODUCCIÓN

El ganado caprino representa una de las principales fuentes de proteínas principalmente en zonas áridas y semiáridas del norte y centro de México (Mellado et al., 1991; Ramírez-Orduña et al., 2008; Guerrero-Cruz, 2010; Rebollar et al., 2012; Zárate, 2012). En particular, la producción de caprinos es una práctica ampliamente extendida en el estado de Puebla (Hernández, 2000; Hernández-Ortega et al., 2008); en contraste, la producción de caprinos es menor en Oaxaca (Mendoza y Ortega-Sánchez, 2009). La Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC), en Puebla y Oaxaca, se caracteriza por una alta biodiversidad de especies y endemismos (Dávila et al., 2002). Dentro del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, se estiman alrededor de 5000 productores de ganado caprino (Baraza y Estrella-Ruiz, 2008) y predomina la práctica de ganadería extensiva de subsistencia (Hernández-Ortega et al., 2008). La producción caprina familiar o a pequeña escala han estado presentes desde su introducción en el período colonial y actualmente representan una de las principales actividades productivas en muchas localidades dentro y alrededor de la RBTC (Hernández, 2000).

Se han realizado numerosos estudios sobre los hábitos alimentarios de los caprinos en diversas regiones del mundo dominadas principalmente por arbustivas (Provenza et al., 2003; Papachristou et al., 2005; Goetsch et al., 2009). En particular, en las zonas áridas del norte de México (Genin y Pijoan, 1993; López-Trujillo y García-Elizondo, 1995; Sánchez et al., 2004; Armenta-Quintana et al., 2011; Hernández-Calva et al., 2011), en la Mixteca Poblana (Franco-Guerra et al., 2005; Hernández-H et al., 2008) y recientemente en la selva baja caducifolia en el trópico subhúmedo (González-Pech et al., 2015). Dentro de la RBTC se han estudiado a los caprinos principalmente en la región de Zapotitlán dominada por matorrales xerófilos y cactáceas columnares (Reséndiz-Melgar et al., 2005; Baraza et al., 2008); en contraste, se conoce poco sobre estos aspectos en la región de La Cañada en Oaxaca dominada por bosque tropical seco. El objetivo del presente estudio fue evaluar el contenido nutricional de algunas especies de plantas consumidas por el ganado caprino en la comunidad de San Gabriel Casa Blanca dentro de la RBTC. Los resultados de este estudio se podrían relacionar con la conducta alimentaria de los caprinos en sistemas extensivos de bosques tropicales secos así como también proporcionar datos para elaborar un alimento para estos ungulados durante los periodos de escases de alimento en la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio corresponde a los Bienes Comunales de San Gabriel Casa Blanca perteneciente al municipio

de San Antonio Nanahuatipam, en el estado de Oaxaca. Se encuentra localizada al inicio norte de la región de la Cañada en los límites de la Mixteca Oaxaqueña (Ramos, 2008) y forma parte de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC) en los estados de Puebla y Oaxaca entre las latitudes 17° 39' - 18° 53' N y longitudes 96° 55' - 97° 44' W (CONANP, 2013). En la localidad de estudio domina el bosque tropical seco y matorral crassicaule (Barrera-Salazar et al., 2015).

Se colectaron muestras de plantas que forman parte de la dieta de los caprinos en noviembre de 2012 (época de lluvias) y mayo de 2013 (época de secas). La colecta se hizo en ocho sitios dentro de un área aproximada de 2000 ha donde previamente se ha observado los rebaños de caprinos para estudiar su conducta alimentaria (Barrera-Salazar y Mandujano, 2013). Se colectaron muestras para su determinación taxonómica en el herbario y para los análisis de contenidos nutricionales. Las partes analizadas incluyen hojas, ramas tiernas, frutos y vainas. Sin embargo, dado el bajo número de especies colectadas con frutos y vainas, para el presente estudio se omitieron analizar esas muestras y solo se incluyeron muestras de hojas y ramas tiernas. Se colectaron muestras de varias plantas (2 a 5) de una misma especie las cuales se mezclaron para su análisis. Las plantas se congelaron a -50°C hasta su posterior análisis.

Se emplearon dos criterios para seleccionar las especies para los análisis nutricionales: 1) información proporcionada por gente local y 2) observaciones directas en campo (Barrera-Salazar y Mandujano, 2013). Para el primer caso, se aplicaron encuestas semi-estructuradas a 11 personas con el fin de obtener información sobre el manejo de los caprinos en cada localidad; entre las preguntas una era concerniente a las especies de plantas que ellos consideraban importantes en la dieta de los caprinos. Para el segundo caso, se hicieron observaciones en campo de varios individuos de ocho rebaños en las épocas de lluvias y de secas (Mandujano y Barrera-Salazar, en revisión). Con base en esta información las especies analizadas durante ambas épocas del año fueron: *Aegopogon* sp. (Aeg_sp), *Agrostis stolonifera* (Agr_sto), *Ceiba parvifolia* (Cei_par), *Opuntia* sp. (Opu_sp), *Prosopis laevigata* (Pro_lae), *Sanvitalia procumbens* (San_pro) y *Zea mays* (Zea_may). Las especies analizadas solo durante la época de lluvias fueron: *Mimosa* sp. (Mim_sp), *Solanum tridynamum* (Sol_tri), *Viguiera dentata* (Vig_den) y *Waltheria indica* (Wal_ind); mientras que las de época de secas fueron: *Acacia farnesiana* (Aca_far), *Bursera fagaroides* (Bur_fag), *Euphorbia rossiana* (Eup_ros), *Leucaena esculenta* (Leu_esc) y *Ziziphus pedunculata* (Ziz_ped).

Las muestras secas se molieron en un molino con criba de 2 mm para su posterior análisis. Se determinó materia seca (MS) y cenizas (ce) totales de acuerdo a los métodos de la AOAC (1990). La proteína cruda (PC) se analizó de acuerdo a la AOAC (1995). Para la fibra cruda (FC) se empleó el método Weende (AOAC 1978). La grasa cruda (GC) se determinó con el método soxhlet de la AOAC 991.36 (Thiex et al., 2003). La fibra detergente neutra (FDN) y la fibra detergente ácida (FDA) fueron analizadas usando el método de Van Soest y Wine (1967). Para el análisis de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) se empleó la técnica de Ricci y Toranzos (1998) explicada en Gómez-Castro et al. (2013), la fórmula utilizada fue: Digestibilidad (%) = $88.9 - (0.779 \times \text{FDA})$. Para determinar el contenido de calcio (Ca) se empleó el método descrito por McDowell et al. (1979) con un espectrofotómetro de absorción atómica (modelo Perkin-Elmer 4000). Para la determinación del fósforo (P) se siguieron las recomendaciones de Harris y Popat (1954) usando un espectrofotómetro UV/VIS Lambda 35 marca Perkin-Elmer a 660nm. El extracto libre de nitrógeno (ELN) se calculó sumando los valores porcentuales de grasa cruda, fibra cruda, proteína cruda y cenizas. Finalmente, para estimar la concentración de energía metabolizable (EM) expresada en Mcal/kg MS, los resultados de DIVMS se multiplicaron por el factor 0.036 (Gaggiotti et al., 1996). Para controlar posible variación en las determinaciones éstas se realizaron por triplicado pero no consideraron como réplicas con fines de análisis estadísticos posteriores.

Para ordenar las especies de plantas de acuerdo a su similitud en composición química se empleó el Análisis de Componentes Principales (ACP). Los datos se organizaron en forma de matriz considerando las variables nutricionales para cada especie en cada época del año. Dado que las variables están expresadas en diferentes unidades de medida, se empleó la matriz de correlación para realizar los ACP. Se siguieron los procedimientos descritos por Bocard et al. (2011) los cuales incluyen el empleo de los paquetes *ade4*, *vegan*, *gclus* y *ape* en el programa R. Para definir el número de componentes principales e interpretar los resultados, se empleó el modelo de la “vara partida” con la función *evplot* y se interpretaron solo los ejes con eigenvalores más grandes. Para graficar apropiadamente los ACP, se muestran las especies de plantas como puntos y las variables nutricionales como flechas rojas. Finalmente, para explicar las diferencias entre los grupos de especies de plantas, se emplearon gráficos tipo

agrupamiento/ordenación usando las funciones *hclust* y *ordicluster* (Bocard et al., 2011). Todos los análisis se realizaron en R versión 3.2.3 (R Development Core Team, 2015).

RESULTADOS

Los resultados de los análisis de contenido nutricional de cada especie en las épocas de lluvias y de secas se presentan en la tabla 1. Las especies con mayor contenido de proteína (>18%) fueron *Mimosa* y *Prosopis* en la época de lluvias y *Ziziphus* y *Prosopis* en la época de secas. Las especies que destacan por el mayor (>70%) de digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS) fueron *Mimosa*, *Opuntia* y *Viguiera* en la época de lluvias, y *Euphorbia*, *Opuntia*, *Prosopis* y *Ziziphus* en la de secas. De manera general, el componente principal 1 con el mayor porcentaje de explicación de la variación, separa en ambas épocas las especies de plantas con mayor contenido de fibras (CF, NDF, ADF) y ELN) de aquellas con mayor cantidad de DIVMS y EM. Mientras que el componente principal 2 separa a las plantas con mayor contenido de proteína y fósforo, de aquellas con mayor contenido de cenizas y calcio (Fig.1a, Anexo 1). De acuerdo al análisis de componentes principales, durante la época de lluvias los tres primeros componentes explicaron el 87.8% de la variación total de los datos (Anexo 1). Se obtuvieron tres grupos de acuerdo a su contenido nutricional: Grupo 1 (*Agrostis*, *Zea* y *Aegopogon*) se correlacionó con contenidos altos de fibra cruda y fibra detergente neutra; Grupo 2 (*Ceiba*, *Waltheria*, *Prosopis*, *Solanum* y *Sanvitalia*) se correlacionó con la fibra detergente ácida, extracto libre de nitrógeno, fósforo, proteína cruda y grasa cruda; y Grupo 3 (*Mimosa*, *Opuntia* y *Viguiera*) se correlacionó con el calcio, digestibilidad *in vitro* de la materia seca, energía metabolizable y cenizas (Fig. 1b).

Durante la época seca los tres primeros componentes explicaron el 79.3% de la variación total de los datos (Anexo 1) y se obtuvieron tres grupos: Grupo 1 (*Acacia*, *Prosopis* y *Ziziphus*) se correlacionó con contenidos altos de proteína cruda, energía metabolizable y digestibilidad *in vitro* de la materia seca; Grupo 2 (*Agrostis*, *Zea*, *Aegopogon*, *Sanvitalia*, *Ceiba*, *Bursera* y *Leucaena*) se correlacionó con el fósforo, fibra detergente neutra y fibra detergente ácida; y Grupo 3 (*Euphorbia* y *Opuntia*) se correlacionó con el calcio, cenizas y extracto libre de nitrógeno (Fig. 1b).

Tabla 1. Composición nutricional (%) y energía metabolizable (Mcal/kg MS) de especies vegetales colectadas en época de lluvias y secas que consume el ganado caprino.

Especies	PC	GC	FC	FDA	FDN	ce	Ca	P	ELN	DIVMS	EM
Época de Lluvias											
<i>Aegopogon</i> sp.	6	2	29	52	68	11	0.5	0.2	52	48	2
<i>Agrostis stolonifera</i>	7	2	35	54	75	7	0.5	0.1	49	47	2
<i>Ceiba parvifolia</i>	14	1	16	53	52	10	1	0.4	58	48	2
<i>Mimosa</i> sp.	18	4	20	22	42	15	10	0.2	44	72	3
<i>Opuntia</i> sp.	4	2	9	22	42	51	13	0.1	34	72	3
<i>Prosopis laevigata</i>	22	3	23	33	42	9	0.5	0.2	43	63	2
<i>Sanvitalia procumbens</i>	12	2	26	38	53	21	3	0.3	39	59	2
<i>Solanum tridynamum</i>	14	4	22	38	59	20	11	0.3	40	60	2
<i>Viguiera dentate</i>	15	4	9	22	31	35	14	0.4	37	72	3
<i>Waltheria indica</i>	15	5	15	47	56	17	9	0.5	49	52	2
<i>Zea mays</i>	6	1	34	51	65	9	0.5	0.2	50	49	2
Época de secas											
<i>Acacia farnesiana</i>	13	1	25	21	50	3	0.5	0.3	58	73	3
<i>Aegopogon</i> sp.	4	2	28	46	79	13	0.5	0.2	53	53	2
<i>Agrostis stolonifera</i>	6	1	29	39	82	12	0.5	0.3	51	59	2
<i>Bursera fagaroides</i>	8	18	24	35	65	6	0.5	0.2	44	61	2
<i>Ceiba parvifolia</i>	15	8	24	62	65	7	0.5	0.3	46	41	1
<i>Euphorbia rossiana</i>	3	1	11	11	36	8	7	0.1	77	81	3
<i>Leucaena esculenta</i>	6	1	33	62	60	9	0.5	0.1	51	40	1
<i>Opuntia</i> sp.	3	3	8	18	35	32	27	0.1	54	75	3
<i>Prosopis laevigata</i>	20	3	21	24	42	4	0.5	0.2	52	70	3
<i>Sanvitalia procumbens</i>	8	1	25	41	51	14	10	0.3	52	57	2
<i>Zea mays</i>	6	2	28	30	84	7	0.5	0.2	56	65	2
<i>Ziziphus pedunculata</i>	23	1	13	20	32	11	2	0.2	52	73	3

Abreviaciones: Proteína cruda (PC), grasa cruda (GC), fibra cruda (FC), fibra detergente ácida (FDA), fibra detergente neutra (FDN), ceniza (ce), calcio (Ca), fósforo (P), extracto libre de nitrógeno (ELN), digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS) y energía metabolizable (EM).

DISCUSIÓN

Similar a otros bosques tropicales secos o selvas bajas caducifolias de México (Torres-Acosta et al., 2016), en la región de La Cañada los rumiantes como los caprinos (Mandujano y Barrera-Salazar, en revisión) y el venado cola blanca *Odocoileus virginianus* (Vasquez et al., 2015) pueden seleccionar una amplia variedad de especies arbóreas, arbustivas, cactáceas, gramíneas y herbáceas debido a la alta diversidad en la región (Dávila et al., 2002). Además, este tipo de vegetación se caracteriza por una marcada estacionalidad en la fenología de las plantas determinada principalmente por la cantidad y distribución de la precipitación (González-Pech et al.,

2015). Esta dinámica tiene como consecuencia una variación tanto espacial como temporal en la cantidad y calidad de los recursos alimenticios para los herbívoros (Torres-Acosta et al., 2016). Particularmente, los caprinos poseen ciertas características que les permiten sobrevivir con éxito en áreas donde las condiciones son adversas en cuanto a la disponibilidad y calidad de los recursos alimentarios y agua (Lu, 1988; Papachristou et al., 2005). Esto se debe a su relativa baja masa corporal y bajos requerimientos metabólicos lo que permite a las cabras minimizar los gastos de mantenimiento; mientras que su conducta de forrajeo y su eficiente sistema digestivo les permite a estos animales maximizar el alimento ingerido (Silanikove, 2000).

Como consecuencia, los caprinos han sido clasificados como “consumidores mixtos oportunistas” ya que están adaptados a condiciones geográficas y estacionales muy adversas (Lu, 1988). En este contexto, los resultados del presente estudio

contribuyen en el conocimiento del forrajeo de estos ruminantes particularmente en la región de La Cañada, y en bosques tropicales secos (González-Pech et al., 2015).

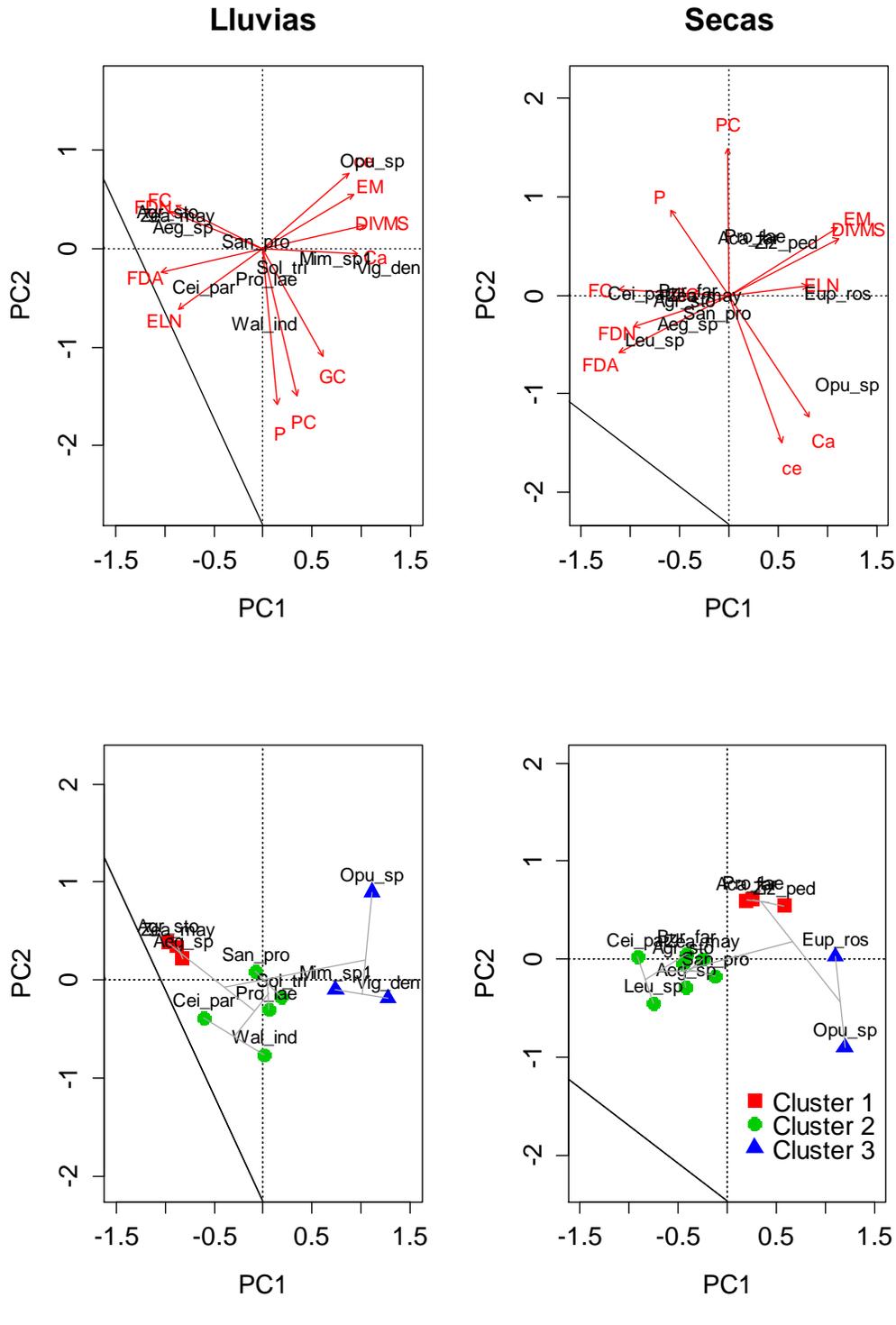


Figura 1. Ordenación y agrupamiento de las especies analizadas de acuerdo a su contenido nutricional durante las épocas de lluvia (a) y de secas (b). Las abreviaciones de las variables nutricionales y especies vegetales, se presentan en el texto en la sección de métodos.

En este trabajo hemos empleado el análisis de principales componentes (PCA) para ordenar las especies de plantas consumidas por el ganado caprino de acuerdo a su similitud en composición nutricional durante las épocas de lluvias y de secas en una localidad de la RBTC. El objetivo de los métodos multivariados de ordenación es representar los datos a lo largo de un número reducido de ejes ortogonales, contruidos de tal manera que representan, en orden decreciente, las principales tendencias de los datos (Bocard et al., 2011). En particular, la comparación del análisis de agrupamiento y de ordenación puede ser muy útil para explicar o confirmar las diferencias entre los grupos. En este sentido, nuestros resultados sugieren que las 11 especies de plantas analizadas en las épocas de lluvias y las 12 especies de la época de secas, se pueden agrupar en tres grupos de plantas con base en su similitud en su contenido nutricional. Este agrupamiento no necesariamente está relacionado con la forma de vida o hábito de la planta (arbusto, pasto, hierba) aunque en ambas épocas las tres especies de gramíneas analizadas siempre quedaron en el mismo grupo. Para que el ganado caprino obtenga el mayor contenido de nutrientes en ambas épocas necesita consumir plantas de los tres grupos. De manera general, de las especies analizadas en época de lluvias *Ceiba parvifolia*, *Waltheria indica*, *Prosopis leavigata*, *Solanum* sp. y *Sanvitalia procumbens* aportaron mayor cantidad de proteína cruda, fibra detergente ácida, extracto libre de nitrógeno, fósforo y grasa cruda; mientras que de las colectadas en la época de secas *Acacia farnesiana*, *Prosopis leavigata* y *Ziziphus pedunculata* fueron fuente importante de proteína cruda, energía metabolizable y digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

De acuerdo a estos resultados existen tanto en época de secas como en época de lluvias especies de plantas que cumplen con los requerimientos de proteína para el ganado caprino. De las plantas analizadas el mayor contenido de fibra se presenta en *Agrostis* colectada en época de lluvias. La FDA debe ser entre 18-20% para una producción alta de leche durante la lactancia, se recomienda para el crecimiento de las cabras de entre 4 y 8 meses de edad el 23% de FDA además de 41% de FDN (Lu et al., 2005). De las plantas colectadas en época de lluvias que tienen FDA y FDN cercanos a los recomendados por Lu et al., 2005 son: *Mimosa*, *Opuntia*; y de las colectadas en época de secas son: *Prosopis laevigata*. Las especies que tienen FDA entre 18 y 20% son: *Mimosa*, *Opuntia* y *Viguiera dentate* de época de lluvia y *Acacia farnesiana*, *Opuntia*, *Ziziphus pedunculata* de época de seca. Las especies arbustivas de los géneros *Prosopis*, *Mimosa* y *Acacia* mostraron energía metabolizable alta en comparación con algunas herbáceas, arbóreas y cactáceas (Guerrero et al., 2010), los resultados obtenidos para energía metabolizable de los géneros *Prosopis* (3 Mcal/Kg

MS) y *Acacia* (3 Mcal/Kg MS) colectadas en época de seca también son altos y superan los requerimientos del ganado caprino (2 Mcal/Kg MS; NRC, 2007), la mayoría de las especies colectadas en época de seca cumplen el requerimiento mínimo y de las colectadas en época de lluvias también todas cumplen este requerimiento.

CONCLUSIONES

De las especies analizadas en época de lluvias *Ceiba parvifolia*, *Waltheria indica*, *Prosopis leavigata*, *Solanum* sp. y *Sanvitalia procumbens* aportaron mayor cantidad de proteína cruda, fibra detergente ácida, extracto libre de nitrógeno, fósforo y grasa cruda; mientras que de las analizadas en la época de secas *Acacia farnesiana*, *Prosopis leavigata* y *Ziziphus pedunculata* fueron fuente importante de proteína cruda, energía metabolizable y digestibilidad *in vitro* de la materia seca. Estos resultados pueden tener implicaciones para el manejo del alimento de los caprinos en la región de estudio; sin embargo, se sugiere ampliar y profundizar este tipo de análisis considerando por un lado un mayor número de especies y otras determinaciones nutricionales.

Agradecimientos

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) otorgó beca (18407) para trabajo de tesis de A. R. Landa-Becerra. El trabajo forma parte del proyecto CONACYT (130702). La Red de Biología y Conservación de Vertebrados del instituto de Ecología A.C. brindó apoyo logístico. Particularmente a E. López Tello, A. Barrera-Salazar, S. Chávez y F. Rodríguez por su apoyo en el trabajo de campo, y a J. I. Flores por su apoyo en el laboratorio. Agradecemos a la población de San Gabriel Casa Blanca.

REFERENCIAS

- Association of official Analytical Chemist (AOAC). 1978. Official Methods of Analysis of AOAC. 9th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Association of official Analytical Chemist (AOAC). 1990. Official method of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Association of official Analytical Chemist (AOAC). 1995. Official Methods of Analysis of AOAC. International. 16th ed. 2. Arlington, VA.
- Armenta-Quintana, J. A., Ramírez-Orduña, R., Ramírez, R. G., Romero-Vadillo, E. 2011. Organic matter and crude protein

- Puebla (Mexico) livestock production: goat contribution and production systems. *Archivos de Zootecnia*, 49, 341-352. <http://www.uco.es/publicaciones/az/articulos/2000/187/pdf/5hernandez.pdf>
- Hernández-Calva, L.M., J.E. Ramírez-Bribiesca, J. Salinas-Chavira, A. Ducoing-Watty, R.G. Ramírez. 2011. Nutritive value of browse plants selected by range goats in the Mexican plateau. *Journal of Applied Animal Research*, 39:4, 320-323, DOI: 10.1080/09712119.2011.607941
- Hernández-H., J. E., Franco, F. J., Villarreal-Espino, O. A., Aguilar, L.M., Sorcia, M. G. 2008. Identificación y preferencia de especies arbóreo-arbustivas y sus partes consumidas por el ganado caprino en la Mixteca Poblana, Tehuaxtla y Maninalcingo, México. *Zootecnia Tropical*, 26, 379-382. http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692008000300049
- Hernández-Ortega, R., P. R., Zavala, H. J.A., Baca, D. M. J., Martínez, A. M. A. 2008. Diagnóstico ambiental y estrategias campesinas en la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán municipio de Zapotitlán, estado de Puebla. *Revista de Geografía Agrícola*, 41, 55-71. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75711472005>
- López-Trujillo, R., García-Elizondo, R. 1995. Botanical composition and diet quality of goats grazing natural and grass reseeded shrub-lands. *Small Ruminant Research*, 16, 7-37. doi:10.1016/0921-4488(94)00046-A
- Lu, C.D., 1988. Grazing behavior and diet selection of goats. *Small Ruminant Research*, 1, 205-216.
- Lu, C. D., Kawas, J. R., Mahgoub, O. G. 2005. Fibre digestion and utilization in goats. *Small Ruminant Research*, 60, 45-52. doi: 10.1016/j.smallrumres.2005.06.035
- McDowell, K. R. L. R., Miles, P. H., Wilkinson, N. S., Funk, J. D., Conrad, J. H., Valdivia, R. 1979. *Métodos de Análisis de Minerales para Tejidos de Plantas y Animales*. 2ed. Universidad de Florida, Gainesville, Florida.
- Mellado, M., Foote, R. H., Rodriguez, A., Zárate, P. 1991. Botanical composition and nutrient content of diets selected by goats grazing on desert grassland in northern Mexico. *Small Ruminant Research*, 6, 141-50. doi: 10.3923/javaa.2011.235.240
- Mendoza, A., Ortega-Sánchez, J. L. 2009. Capriculture characterization in the municipality of Tepelmeme Villa de Morelos, Oaxaca, Mexico. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 8, 75-80. doi: dx.doi.org/0000
- National Research Council (NRC). 2007. *Nutrient Requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids*. Washington, DC, USA. National Academy Press, p. 362. doi: 10.17226/11654
- Papachristou, T. G., Dziba, L. E., Provenza, L. E. 2005. Foraging ecology of goats and sheep on wooded rangelands. *Small Ruminant Research*, 59, 141-156. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.05.003>
- Provenza, F.D., Villalba, J.J., Dziba, L.E., Atwood, S. B., Banner, R.E. 2003. Linking herbivore experience, varied diets, and plant biochemical diversity. *Small Ruminant Research*, 49, 257-274. doi:10.1016/S0921-4488(03)00143-3
- R Development Core Team. 2015. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Obtenido de: <https://www.r-project.org/>
- Ramírez-Orduña, R., Ramírez, R. G., Romero-Vadillo, E., González-Rodríguez, H., Armenta-Quintana, J. A., Ávalos-Castro, R. 2008. Diet and nutrition of range goats on a sarcocaulous shrubland from Baja California Sur, Mexico. *Small Ruminant Research*, 76, 166-176. doi: 10.1016/j.smallrumres.2007.12.020
- Ramos, A. L. 2008. Perfil socioeconómico del municipio de San Antonio Nanahuatipam en el estado de Oaxaca. Tesis Licenciatura, Universidad de Málaga, España.
- Rebollar, S., Hernández-Martínez, J., Rojo-Rubio, R., Guzmán-Soria, E. 2012. Gastos e ingresos en la actividad caprina extensiva en México. *Agronomía Mesoamericana*, 23, 159-165. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43723963017>
- Reséndiz-Melgar, R. C., Díaz, M. J., Lemos-Espinal, J. A. 2005. Forrajeo de ganado caprino en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. *Revista Ciencia Forestal en Mexico*, 30, 45-92 <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/Forestales/article/view/69/60>
- Ricci R, Toranzos M. 1998. Índice de calidad de cuatro gramíneas tropicales en cuatro estados

- fenológicos. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Tucuman, Argentina.
- Sánchez, C. M., Gómez, G., Álvarez, M., Daza, H., Garmendia, J. 2004. Nutritional characterization of goat forage resources in extensive systems. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 12, 63-66.
http://ojs.alpa.org.ve/index.php/ojs_files/article/view/451
- Silanikove, N., 2000. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. Small Ruminant Research, 35,181-193.
- Thiex, N. J., Shirley, A., Gildemeister, B. 2003. Crude fat, hexanes extraction, in feed, cereal grain, and forage (Randall/Soxtec/Submersion method): collaborative study. Journal of AOAC Interciencia, 86, 899-908.
- Torres-Acosta, J.F.J., P.G. González-Pech, G.I. Ortiz-Ocampo, I. Rodríguez-Vivas, J. Tun-Garrido, J. Ventura-Cordero, G.S. Castañeda-Ramírez, G.I. Hernández-Bolio, C.A. Sandoval-Castro, J.I. Chan-Pérez, and A. Ortega-Pacheco. 2016. Revalorizando el uso de la selva baja caducifolia para la producción de rumiantes. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 19, 73-80.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93945700009>
- Van Soest, P. J., Wine, R. H. 1967. Use of detergents in analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. J. A.O.A.C.
- Vasquez, Y., Tarango, L., López-Pérez, E.N., Herrera, J., Mendoza, G., Mandujano, S., 2016. Variation in the diet composition of the white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Ambientales, 22, 87-98.
- Zárate, J. L. 2012. Livestock and natural resources in a nature reserve in south Sonora, Mexico. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 15, 187-197.
<http://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/1215>

ANEXO 1: Valores y contribución a la correlación de los tres componentes principales (CP), los valores de las variables nutricionales y de especies variable scores. En negrillas los valores más altos. No analizado (na).

Variables	Época de lluvias			Época de secas		
	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
Eigenvalor	6.49	2.11	1.05	5.15	2.15	1.43
% explicado	59.0	19.2	9.6	46.8	19.5	13.0
% acumulado	59.0	78.2	87.8	46.8	66.3	79.3
PC	0.40	-1.75	1.59	-0.01	1.75	-1.35
GC	0.71	-1.28	0.16	-0.44	0.02	-1.57
FC	-1.04	0.51	1.23	-1.31	0.08	0.86
FDA	-1.21	-0.27	-0.86	-1.31	-0.68	-0.23
FDN	-1.12	0.43	-0.43	-1.13	-0.37	0.90
ce	1.02	0.90	-1.23	0.64	-1.75	-0.79
Ca	1.13	-0.06	-0.90	0.96	-1.45	-0.77
P	0.17	-1.85	-1.49	-0.70	1.01	-0.40
ELN	-1.01	-0.72	-0.48	0.94	0.12	1.91
DIVMS	1.21	0.27	0.84	1.31	0.68	0.25
EM	1.08	0.64	0.03	1.29	0.80	-0.01
Aca_far	na	na	na	0.20	0.60	0.19
Aeg_sp	-0.83	0.22	-0.11	-0.43	-0.28	0.26
Agr_sto	-0.97	0.38	0.12	-0.46	-0.05	0.22

Variables	Época de lluvias			Época de secas		
	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
Bur_far	na	na	na	-0.41	0.05	-0.47
Cei_par	-0.61	-0.38	-0.29	-0.92	0.02	-0.39
Eup_ros	na	na	na	1.10	0.03	0.59
Leu_div	na	na	na	-0.75	-0.45	0.22
Mim_sp	0.74	-0.10	0.45	na	na	na
Opu_sp	1.11	0.89	-0.28	1.20	-0.90	-0.42
Pro_lae	0.05	-0.30	0.64	0.26	0.61	-0.17
San_pro	-0.08	0.08	0.08	-0.13	-0.17	-0.08
Sol_tri	0.18	-0.18	-0.03	na	na	na
Vig_den	1.27	-0.19	-0.15	na	na	na
Wal_ind	0.01	-0.76	-0.41	na	na	na
Zea_may	-0.87	0.34	0.00	-0.25	0.00	0.41
Ziz_ped	na	na	na	0.58	0.54	-0.36