



Nova Scientia

E-ISSN: 2007-0705

nova_scientia@delasalle.edu.mx

Universidad De La Salle Bajío

México

Pérez-Sánchez, Rosa E.; Delgado-Sánchez, Lauro A.; García-Saucedo, Pedro A.; Pulido, Juan; Ortiz-Rodríguez, Ruy

Caracterización, modelación morfológica y análisis proximales de *Opuntia ficus-indica* y *O. atropes* durante las épocas de estiaje y lluvias

Nova Scientia, vol. 7, núm. 15, 2015, pp. 133-152

Universidad De La Salle Bajío

León, Guanajuato, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=203342741009>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Revista Electrónica Nova Scientia

Caracterización, modelación morfológica y análisis proximales de *Opuntia ficus-indica* y *O. atropes* durante las épocas de estiaje y lluvias
Characterization, morphological modeling and proximate analysis of *Opuntia ficus-indica* and *O. atropes* during the dry and rainy seasons

Rosa E. Pérez-Sánchez¹, Lauro A. Delgado-Sánchez², Pedro A. García-Saucedo¹, Juan Pulido³ y Ruy Ortiz-Rodríguez⁴

¹Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez” Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Uruapan, Michoacán

²Posgrado Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez” Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Uruapan, Michoacán

³Universidad Autónoma Chapingo. Campus Morelia, Michoacán

³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UMSNH, Morelia, Michoacán

México

Rosa Elena Pérez Sánchez. E-mail: rosaelenaperezsanchez@gmail.com

Resumen

El objetivo fue caracterizar y modelar esquemáticamente los indicadores morfológicos (largo, ancho y grueso) y análisis proximal de las especies *Opuntia atropes* y *O. ficus-indica* durante la época de estiaje y lluvias. La investigación se realizó en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UMSNH. Se obtuvieron cladodios de ambas especies y épocas del año de dos parcelas: parcela con prácticas culturales (PCP) y sin prácticas culturales (PSP). Se seleccionaron al azar 30 plantas/especie/parcela (15/época) y se muestrearon 60 cladodios: 50% por nivel (3^{er} y 4^{to} nivel); 40 de *O. ficus-indica* (20 en PCP y 20 en PSP), mientras que en *O. atropes*, fueron 20 cladodios en PSP. Se obtuvieron los indicadores morfológicos y bromatológicos/especie, nivel y época. El análisis estadístico se realizó mediante Modelos de Efectos Fijos y las diferencias estadísticas ($\alpha=0.05$) entre parcelas, especies y época, se obtuvieron a través de medias ajustadas por mínimos cuadrados. Se encontró que el peso fresco, en estiaje fue mayor ($P<0.05$) en *O. ficus-indica* en PSP (1.59 ± 0.25 kg) que en lluvias (0.85 ± 0.18 kg); sin embargo, el valor nutricional aumentó en el estiaje, específicamente en extracto etéreo ($2.97 \pm 1.04\%$) y en extracto libre de nitrógeno ($64.17 \pm 2.36\%$). Los cladodios de *O. atropes* presentaron indicadores morfológicos de menor magnitud ($P<0.05$) que *O. ficus-indica*. Las características nutricionales de *O. atropes* fueron similares a *O. ficus-indica* en el estiaje: proteína cruda, 4.70 y 5.64%; extracto etéreo, 0.53 y 0.57%; extracto libre de nitrógeno, 42.18 y 40.82% para *O. atropes* y *O. ficus-indica*, respectivamente. El peso fresco y la fibra cruda de *O. ficus-indica* disminuye en época de lluvias, mientras que el contenido de grasa y carbohidratos se incrementa en dicha época. Pero, la proteína cruda permanece estable en ambas épocas del año. Por su parte, *O. atropes* presenta características morfológicas de menor magnitud que *O. ficus-indica*. Sin embargo, sus características nutricionales son similares a esta, tanto en época de lluvias como en estiaje.

Palabras clave: *Opuntia* spp, prácticas culturales, análisis proximal, época

Recepción: 27-04-2015

Aceptación: 30-08-2015

Abstract

The aim of this research was to characterize and to model schematically morphological indicators (long, wide and thick) and the proximate analysis of the species *Opuntia atropes* and *Opuntia ficus-indica* during rainy and dry seasons. This research was made at the Faculty of Veterinary Medicine–UMSNH. Cladodes from both species and seasons were obtained from two plots: a plot with cultural practices (PCP) and a plot without cultural practices (PSP). 30 plants/species/plot (15/season) were selected randomly and 60 cladodes were sampled: 50% by level (3rd and 4th level); 40 of *O. ficus-indica* (20 in PCP and 20 in PSP) and 20 cladodes of *O. atropes* in PSP. The morphological and proximate indicators for each species, levels and seasons were obtained. The statistical analysis was performed by the Fixed Effect Model and statistical differences ($\alpha=0.05$), between plots, species and seasons, were calculated by comparing the least square means. Results showed that the mean fresh weight was greater during dry season ($P<0.05$) in *O. ficus-indica* in PSP (1.59 ± 0.25 kg) than in rainy season (0.85 ± 0.18 kg), however, the nutritional value increased during dry season, specifically in ether extract ($2.97 \pm 1.04\%$) and in nitrogen free extract ($64.17 \pm 2.36\%$). Cladodes of *O. atropes* showed morphological indicators of smaller magnitude ($P<0.05$) than *O. ficus-indica*. In addition to this, nutritional characteristics of both species were similar during dry season as follows: crude protein, 4.70 and 5.64%; ether extract, 0.53 and 0.57%; nitrogen free extract, 42.18 and 40.82% for *O. atropes* and *O. ficus-indica*, respectively. The fresh weight and the crude fiber of *O. ficus-indica* decreases in the rainy season, while the fat and carbohydrates is increased in that time, but the crude protein values remains stable for both seasons. Meanwhile, *O. atropes* showed morphological characteristics of lesser magnitude than *O. ficus-indica*. However, their nutritional characteristics are similar to this, both in rainy and dry season.

Keywords: *Opuntia* ssp, cultural practices, proximate analysis, season

Introducción

Algunas especies de cactáceas, en la actualidad, juegan un papel importante dentro de la alimentación humana (frutas y verduras) (Nerd *et al.*, 2002, 344) y de animales (Palacios, 2010, 10). En humanos y en animales, la especie *Opuntia ficus-indica* es la más utilizada comercialmente (Esquivel y Araya, 2012, 114). En México, cerca de 150,000 ha de cultivo de nopal son utilizadas como forraje para la alimentación animal (Palacios, 2010, 10), sobre todo en zonas marginadas y con periodos de sequía prolongados (Gebremeskel *et al.*, 2013, 1). Sin embargo, las cactáceas utilizadas como forraje para el ganado, generalmente sólo se ofrecen como alimento de emergencia (Zimmermann *et al.*, 2007, 10; Reveles y Flores, 2010, 133), puesto que, los valores de proteína (5.7% de PC) y energía (2.5 Mcal/kg) que presenta esta planta, son menores a otros forrajes convencionales para alimentación del ganado (Baraza *et al.*, 2008, 893; Vázquez *et al.*, 2008, 1). Así, una dieta complementada con 12 kg d⁻¹ de *O. ficus-indica* cabeza⁻¹, durante la época de estiaje produce: a) incremento de la producción láctea, b) mejora la calidad bacteriológica de leche cruda y queso fresco y, c) mejora la calidad organoléptica y el rendimiento del queso fresco (Ortiz *et al.*, 2012, 3411, 3412 y 3413).

En la actualidad, el nopal es una alternativa en la alimentación del ganado en zonas rurales con estiaje prolongado, sin embargo, *O. ficus-indica* es la especie más estudiada en comparación con *O. atropes*, especie nativa del estado de Michoacán, México (López *et al.*, 2008, 49); misma que, posiblemente posea cualidades que permitan su utilización en dietas para el ganado. Por ello, el objetivo fue caracterizar y modelar esquemáticamente los indicadores morfológicos (largo, ancho, grueso y peso) y análisis proximal de *O. atropes* y *O. ficus-indica* durante las épocas de estiaje y lluvias.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en Morelia, Michoacán, México, donde se obtuvieron cladodios de *Opuntia atropes* (*OA*) y *Opuntia ficus-indica* (*OFI*) durante las épocas de estiaje y lluvias. Las características climatológicas fueron: templado sub-húmedo, temperatura media anual entre 12° y 18°C, temperatura en invierno de 6 a 11°C, precipitación de 786 mm promedio anual; lluvias en invierno de 4 a 5 mm (CONABIO, 2008). Los cladodios de *OA* y *OFI* provenían de dos parcelas: en la primera parcela o parcela con prácticas culturales, se cultivó *OFI* en una superficie de 10 m²; las prácticas que se realizaron, en esta parcela, fueron: control de arvenses, poda de

formación y saneamiento. En la segunda parcela o parcela sin prácticas culturales, se cultivó *OA* y *OFI* en una superficie de 250 m²; 125 m² destinados a *OA* y 125 m² para *OFI*; en esta parcela no se realizaron prácticas de control de arvenses, poda de formación y saneamiento.

Para la caracterización de las dimensiones morfológicas del cladodio (largo, ancho y grueso) de ambas especies se seleccionaron al azar, del total de plantas/parcela/especie, 15 plantas/época: cinco de *O. ficus-indica* en PCP, cinco de *O. ficus-indica* en PSP y cinco de *O. atropes* en PSP. De cada planta se recolectó al azar un cladodio del 3^{er} nivel y uno del 4^{to} nivel y se registró: peso fresco (peso^F), éste se obtuvo con una báscula digital (Torrey; modelo L-EQ para lb, kg y oz: México); largo (largo^C) y ancho del cladodio (ancho^C), medidos con una cinta métrica (cm); grosor de la punta (grosor^P); grosor de la base (grosor^B) y grosor medio del cladodio (grosor^M), estas medidas se obtuvieron con un vernier (Somet Inox: 6 pulg/150 mm).

Obtenidas las dimensiones morfológicas por cladodio, se realizaron los análisis proximales o bromatológicos correspondientes, bajo la metodología descrita por la AOAC (1990). Se determinó: materia seca (MS), humedad (H), proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE), cenizas (C) y extracto libre de nitrógeno (ELN). Además, se estimó la producción de mucilago deshidratado (MD)/especie/parcela/época; a partir de muestras de 300 g de materia fresca. El MD se obtuvo mediante la metodología modificada por Rodríguez (2010, 17). La extracción de mucilago y el análisis proximal se realizaron en el laboratorio de investigación y desarrollo de alimentos (LIDA) de la Facultad de Químico Farmacobiología-UMSNH.

Para determinar la caracterización de las dimensiones morfológicas y bromatológicas se utilizó un diseño factorial: 2x2x2 exclusivamente para *OFI*: 2 épocas (lluvias y estiaje); 2 parcelas (PCP y PSP) y 2 niveles (3^{er} y 4^{to} nivel). Para la comparación de las dimensiones morfológicas y bromatológicas entre *OFI* y *OA* en PSP, se utilizó un factorial, 2x2x2; 2 especies (*OFI* y *OA*); 2 épocas (lluvias y estiaje) y 2 niveles (3^{er} y 4^{to} nivel). El análisis estadístico se realizó mediante la metodología de Modelos de Efectos Fijos (Littell *et al.*, 2006, 734) y, las diferencias estadísticas entre especie, parcela, época y nivel ($\alpha=0.05$) se obtuvieron mediante la metodología de medias ajustadas por mínimos cuadrados (Littell *et al.*, 2002, 192).

Para el diseño del modelo esquemático se consideró que, un modelo es un bosquejo que representa un conjunto real con cierto grado de precisión y en la forma más completa posible, pero sin pretender aportar una réplica de lo que existe en la realidad (Wadsworth, 1997, 1). Además, las características propias del cultivo de *Opuntia* spp dificultan su estudio, pues el

control de los eventos climáticos, bajo la producción en parcelas, fue prácticamente nulo; por lo tanto, se caracterizó y modeló el sistema de producción de nopal en parcela (con y sin prácticas culturales) y por época (estiaje y lluvias) bajo dos esquemas de organización: el primero tomó un enfoque de *caja negra*, en donde se obtuvieron los factores que pudieron condicionar el funcionamiento del sistema; en el segundo esquema, se consideró un enfoque con mayor formalidad en donde la información recabada se integró considerando los criterios de: i) homogeneidad interna con respecto a una propiedad del sistema; ii) interdependencia relativa de los componentes del sistema; iii) disciplinas afines como base para descomponer el sistema (Juárez *et al.*, 2008, 2). Para el diseño del modelo esquemático, que representó el comportamiento morfológico y bromatológico de los cladodios de ambas especies analizadas, se utilizó la metodología de las correlaciones de Pearson (SAS, 2010, 4).

Resultados y Discusiones

Los sistemas agrícolas se crean, operan y producen en función de las características de su contexto, puesto que éste determina en gran medida los insumos, la especie [plantas] presente en el sistema, las estrategias de producción, la tecnología y la inversión económica (Moreno *et al.*, 2012, 87). En lo que respecta al contexto (Figura 1) donde se cultivaban las especies analizadas (*O. ficus-indica* y *O. atropes*) éste fue diferente a su hábitat natural: *Opuntia* spp se desarrolla en climas áridos o semiáridos (Lozano, 2011, 38).

Como se puede observar en la Figura 1, tanto *OFI* como *OA* muestran un comportamiento diferente, de acuerdo a la época del año, en cuanto a sus dimensiones morfológicas y a su contenido nutricional. Además, *OFI* presenta diferente comportamiento en dichas variables cuando se somete a prácticas culturales o no. Sin embargo, ambas especies analizadas presentan mejor comportamiento en los indicadores morfológicos y bromatológicos en época de estiaje.

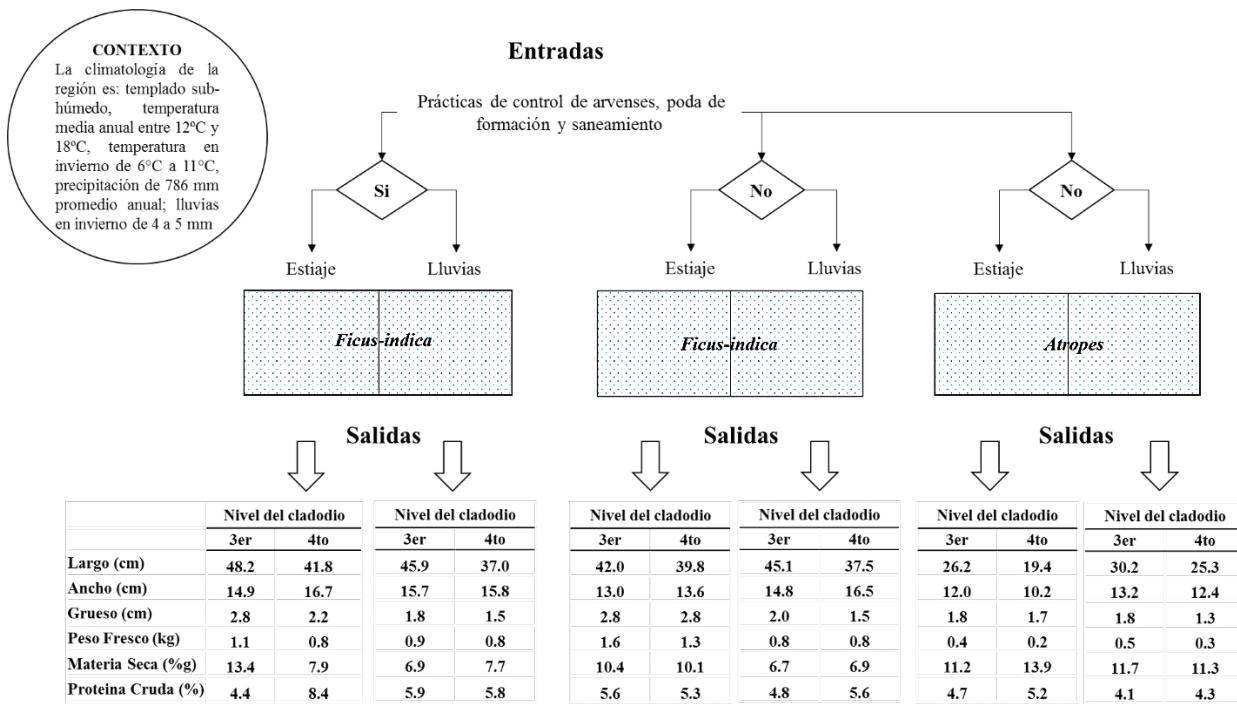


Figura 1. Modelo de *caja negra* para esquematizar las características morfológicas (largo, ancho, grueso y peso) y bromatológicas de los cladodios de *Opuntia ficus-indica* y *O. atropes*.

Hernández *et al.* (2007, 236), Muñoz *et al.* (2008, 2), Hernández *et al.* (2011, 1291) y Lozano (2011, 40) determinaron que, las diferencias morfológicas y bromatológicas entre nopaleras de la misma especie, pero diferente población, pueden deberse a efectos climáticos, tales como: humedad, temperatura, luz, tipo de suelo y elementos del suelo; así por ejemplo, la proteína cruda se incrementa en respuesta a la acides o salinidad de los suelos (Lozano, 2011, 40), mientras que, el peso del cladodio mejora con las prácticas agronómicas (Mondragón *et al.*, 2003, 1).

Al analizar los indicadores morfológicos de *O. ficus-indica*, se observó que, el largo del cladodio ($Largo^C$) del 3^{er} nivel fue de mayor magnitud ($P<0.05$) bajo parcela con prácticas culturales y durante la época de estiaje: 48.2 ± 6.6 cm. En época de lluvias, fue de 45.9 ± 3.1 cm en PCP y de 45.1 ± 4.0 cm en parcela sin prácticas culturales. En el 4^{to} nivel, el $Largo^C$ no fue afectado ($P>0.05$) por la época ni por el tipo de parcela (Tabla 1). En relación al ancho del cladodio ($Ancho^C$), se encontró que, durante el estiaje éste fue mayor en el 3^{er} (14.9 ± 2.4 cm) y 4^{to} nivel (16.7 ± 2.0 cm) en PCP. En lluvias, el $Ancho^C$ fue igual en ambas parcelas ($P>0.05$) (Tabla 1). Para grosor medio ($Grosor^M$) del cladodio no se observaron diferencias ($P>0.05$) por parcela, pero si por época; las mayores dimensiones ($P<0.05$) se encontraron en el estiaje (Tabla 1).

Finalmente, el peso fresco (Peso^F) de los cladodios de *O. ficus-indica* cambia ($P<0.05$) dependiendo del tipo de parcela, nivel del cladodio y época: cladodios del 3^{er} nivel presentaron menor peso^F ($P<0.05$) en época de lluvias: 0.830 a 0.850 kg; en estiaje fue de 1.11 ± 0.45 y 1.59 ± 0.25 kg en PCP y PSP, respectivamente. El peso^F del 4^{to} nivel, fue mayor durante el estiaje ($P < 0.05$) en PSP: 1.25 ± 0.28 kg (Tabla 1).

Tabla 1. Dimensiones morfológicas de *Opuntia ficus-indica* de acuerdo a época, tipo de parcela y nivel de cladodio.

Parcela	Variable	Época de estiaje			
		\bar{X} Nivel 3	\pm	\bar{X} Nivel 4	\pm
Con prácticas	Largo ¹	48.2 ^{a1}	6.6	41.8 ^{a2}	5.1
	Ancho ¹	14.9 ^{a1}	2.4	16.7 ^{a1}	2.0
	Grosor Medio ¹	2.8 ^{a1}	0.4	2.2 ^{a2}	0.4
	Grosor Punta ¹	2.4 ^{a1}	0.5	2.0 ^{a1}	0.7
	Grosor Base ¹	3.7 ^{a1}	0.4	2.8 ^{a2}	0.8
	Peso Fresco ^{&}	1.11 ^{a1}	0.4	0.85 ^{a2}	0.24
Sin prácticas	Largo ¹	42.0 ^{b1}	1.9	39.8 ^{a1}	4.8
	Ancho ¹	13.0 ^{b1}	1.7	13.6 ^{b1}	1.3
	Grosor Medio ¹	2.8 ^{a1}	0.4	2.8 ^{b1}	0.4
	Grosor Punta ¹	3.0 ^{b1}	0.7	2.2 ^{a2}	0.4
	Grosor Base ¹	4.2 ^{a1}	0.4	3.4 ^{b2}	0.5
	Peso Fresco ^{&}	1.59 ^{b1}	0.2	1.25 ^{b2}	0.28
Época de lluvias					
Con prácticas	Largo ¹	45.9 ^{b1}	3.1	37.0 ^{a2}	2.1
	Ancho ¹	15.7 ^{a1}	2.3	15.8 ^{a1}	1.4
	Grosor Medio ¹	1.8 ^{b1}	0.3	1.5 ^{c1}	0.2
	Grosor Punta ¹	2.0 ^{a1}	0.4	1.9 ^{a1}	0.5
	Grosor Base ¹	2.6 ^{b1}	0.6	2.5 ^{a1}	0.5
	Peso Fresco ^{&}	0.85 ^{c1}	0.2	0.77 ^{a1}	0.10
Sin prácticas	Largo ¹	45.1 ^{b1}	4.0	37.5 ^{a2}	2.4
	Ancho ¹	14.8 ^{a1}	1.7	16.5 ^{a1}	2.3
	Grosor Medio ¹	2.0 ^{b1}	0.6	1.5 ^{c1}	0.1
	Grosor Punta ¹	2.1 ^{a1}	0.5	1.8 ^{a1}	0.3
	Grosor Base ¹	2.7 ^{b1}	0.6	2.3 ^{a1}	0.4
	Peso Fresco ^{&}	0.83 ^{c1}	0.2	0.82 ^{a1}	0.16

[&]= kg; ¹= cm

^{a, b}= diferencias ($P<0.05$) dentro de columna

^{1, 2}= diferencias ($P<0.05$) dentro de fila.

Estos resultados sugieren que, *O. ficus-indica* se comporta mejor en estiaje y bajo prácticas culturales. Aspectos que no concuerdan con Nobel (2002, 61), Blanco y Leyva (2007, 21) y Reveles y Flores (2010, 137): en época de lluvias las cactáceas mejoran su comportamiento. Pero, las diferencias morfológicas en la misma especie se presentan bajo efectos climáticos y culturales

diferentes (Hernández *et al.*, 2007, 236; Muñoz *et al.*, 2008, 2). Respecto al peso^F, se ha establecido que, éste mejora con las prácticas agronómicas (Mondragón *et al.*, 2003, 1). No obstante, las arvenses mantienen: humedad, materia orgánica, nitrógeno e insectos, todos ellos benéficos para el cultivo del nopal (Doporto, 2014, 2). Camacho *et al.* (2007, 254) determinaron que la competencia por la humedad entre arvenses y *Opuntia* spp genera disminución de ésta en el suelo, lo que incrementa la producción de biomasa del nopal (5 a 25%). Lo que podría explicar el mayor contenido de materia fresca de *O. ficus-indica* en la época de estiaje y sin prácticas culturales (Tabla 1).

En cuanto a las dimensiones de *O. atropes*, se encontró que, el peso^F, largo^C, ancho^C, y grosor^M de cladodios del 3^{er} nivel no fueron afectados ($P>0.05$) por la época (Tabla 2). Reyes *et al.* (2005, 476), establecen que en *Opuntia* spp existen especies con menor grado de domesticación y, debido a su variabilidad genética, les permite expresar dimensiones morfológicas sin cambios observables de una época de año a otra. No obstante, en el 4^{to} nivel, el largo^C (25.3 ± 2.0 cm) y ancho^C (12.4 ± 0.9 cm) fueron mayores ($P<0.05$) en época de lluvias (Tabla 2). Aun así, las dimensiones de *O. atropes* fueron similares a lo encontrado por González *et al.* (1999, 73).

Al comparar las dimensiones morfológicas de los cladodios se pudo determinar que, *O. ficus-indica* posee mayores dimensiones que *O. atropes* en ambas épocas del año ($P<0.05$). Sin embargo, en lluvias *O. atropes* presentó dimensiones similares ($P>0.05$) a *O. ficus-indica* en cuanto a: ancho^C y grosor^M (Tabla 2). Posiblemente ésta similitud fue determinada por que *O. ficus-indica* se deshidrata menos que *O. atropes* en la época de estiaje; puesto que, *O. ficus-indica* se comportó mejor durante el estiaje y *O. atropes*, en época de lluvias.

Tabla 2. Dimensiones morfológicas de *Opuntia ficus-indica* y *O. atropes* de acuerdo a época y nivel de cladodio.

Especie	Variable	Época de estiaje		
		\bar{X} Nivel 3	\pm	\bar{X} Nivel 4
<i>O. ficus-indica</i>	Largo ¹	42.0 ^{a1}	1.9	39.8 ^{a1}
	Ancho ¹	16.0 ^{a1}	1.7	14.4 ^{a1}
	Grosor Medio ¹	2.8 ^{a1}	0.4	2.8 ^{a1}
	Grosor Punta ¹	3.0 ^{a1}	0.7	2.2 ^{a1}
	Grosor Base ¹	4.2 ^{a1}	0.4	3.4 ^{a2}
	Peso Fresco ^{&}	1.580 ^{a1}	0.251	1.150 ^{a2}
<i>O. atropes</i>	Largo ¹	26.2 ^{b1}	6.7	19.4 ^{b2}
	Ancho ¹	12.0 ^{b1}	1.9	10.2 ^{b1}
	Grosor Medio ¹	1.8 ^{b1}	0.2	1.7 ^{a1}
	Grosor Punta ¹	1.7 ^{b1}	0.1	1.2 ^{b1}
	Grosor Base ¹	2.8 ^{b1}	0.4	2.2 ^{b1}
	Peso Fresco ^{&}	0.430 ^{c1}	0.196	0.190 ^{c2}
Época de lluvias				
<i>O. ficus-indica</i>	Largo ¹	45.1 ^{a1}	4.0	37.5 ^{a2}
	Ancho ¹	14.6 ^{b1}	1.7	14.5 ^{a1}
	Grosor Medio ¹	2.0 ^{b1}	0.6	1.5 ^{a1}
	Grosor Punta ¹	2.1 ^{b1}	0.6	1.8 ^{b1}
	Grosor Base ¹	2.8 ^{b1}	0.6	2.2 ^{b1}
	Peso Fresco ^{&}	0.956 ^{b1}	0.191	0.620 ^{b2}
<i>O. atropes</i>	Largo ¹	30.2 ^{b1}	2.2	25.3 ^{c2}
	Ancho ¹	13.2 ^{b1}	0.7	12.4 ^{c1}
	Grosor Medio ¹	1.8 ^{b1}	0.5	1.3 ^{a1}
	Grosor Punta ¹	1.8 ^{b1}	0.3	1.5 ^{b1}
	Grosor Base ¹	2.6 ^{b1}	0.6	1.7 ^{b2}
	Peso Fresco ^{&}	0.468 ^{c1}	0.073	0.302 ^{c1}

[&]=km; ¹= cm^{a, b}=diferencias ($P<0.05$) dentro de columna^{1, 2}=diferencias ($P<0.05$) dentro de fila.

En cuanto a los valores del análisis bromatológico *O. ficus-indica*, se encontró que la materia seca (MS) fue mayor ($P<0.05$) en ambas parcelas durante el estiaje: $13.39 \pm 2.6\%$ en PCP y de $10.39 \pm 0.69\%$ en PSP. En época de lluvias, la MS fue igual ($P>0.05$) en ambas parcelas y ambos niveles: 6.72 a 7.72% (Tabla 3). Sáenz (2006, 9), encontró que en esta especie la MS es variable (9 a 12%) y su valor se incrementa con la madurez del cladodio.

Tabla 3. Características bromatológicas de *Opuntia ficus-indica* de acuerdo a tipo de parcela, época y nivel de cladodio.

Parcela	Variable	Época de estiaje			
		\bar{X} Nivel 3	\pm	\bar{X} Nivel 4	\pm
Con prácticas	Humedad ^{g%}	86.61 ^{a1}	2.67	92.08 ^{a2}	0.98
	Materia Seca ^{g%}	13.39 ^{a1}	2.67	7.92 ^{a2}	0.98
	Extracto Etéreo ^{g%}	0.27 ^{a1}	0.06	0.82 ^{a1}	0.10
	Fibra Cruda ^{g%}	31.70 ^{a1}	3.55	25.13 ^{a1}	0.73
	Proteína Cruda ^{g%}	4.38 ^{a1}	1.07	8.34 ^{a2}	0.09
	Cenizas ^{g%}	22.30 ^{a1}	1.06	25.07 ^{a1}	2.41
	E.L.N. ^{g%}	41.36 ^{a1}	2.34	40.64 ^{a1}	3.02
	Mucilago ^g	1.76 ^{a1}	0.42	1.56 ^{a1}	0.34
Sin prácticas	Humedad ^{g%}	89.62 ^{b1}	0.69	89.95 ^{b1}	1.07
	Materia Seca ^{g%}	10.38 ^{b1}	0.69	10.05 ^{b1}	1.07
	Extracto Etéreo ^{g%}	0.23 ^{a1}	0.13	0.57 ^{a1}	0.03
	Fibra Cruda ^{g%}	28.80 ^{a1}	5.04	32.90 ^{a1}	2.50
	Proteína Cruda ^{g%}	5.64 ^{b1}	0.53	5.29 ^{b1}	0.08
	Cenizas ^{g%}	24.50 ^{a1}	2.86	26.55 ^{a1}	2.27
	E.L.N. ^{g%}	40.82 ^{a1}	8.11	35.69 ^{a1}	0.51
	Mucilago ^g	2.66 ^{a1}	1.39	2.30 ^{a1}	0.31
Época de lluvias					
Con prácticas	Humedad ^{g%}	93.13 ^{c1}	0.83	92.28 ^{a1}	1.91
	Materia Seca ^{g%}	6.87 ^{c1}	0.83	7.72 ^{a1}	1.91
	Extracto Etéreo ^{g%}	2.97 ^{b1}	1.04	2.01 ^{b1}	1.21
	Fibra Cruda ^{g%}	18.57 ^{b1}	10.83	10.82 ^{b1}	1.13
	Proteína Cruda ^{g%}	5.92 ^{b1}	1.02	5.85 ^{b1}	0.94
	Cenizas ^{g%}	24.35 ^{a1}	3.60	23.42 ^{a1}	3.80
	E.L.N. ^{g%}	48.18 ^{a1}	13.16	57.89 ^{b1}	4.53
	Mucilago ^g	1.60 ^{a1}	0.59	1.35 ^{a1}	0.85
Sin prácticas	Humedad ^{g%}	93.28 ^{c1}	0.38	93.08 ^{a1}	0.48
	Materia Seca ^{g%}	6.72 ^{c1}	0.38	6.92 ^{a1}	0.48
	Extracto Etéreo ^{g%}	2.25 ^{b1}	1.65	0.72 ^{a2}	0.29
	Fibra Cruda ^{g%}	22.62 ^{b1}	9.11	8.04 ^{b2}	3.92
	Proteína Cruda ^{g%}	4.76 ^{b1}	1.55	5.61 ^{b1}	0.97
	Cenizas ^{g%}	22.22 ^{a1}	4.74	21.07 ^{a1}	2.43
	E.L.N. ^{g%}	47.51 ^{a1}	13.84	64.17 ^{b2}	2.36
	Mucilago ^g	1.75 ^{a1}	0.82	1.41 ^{a1}	0.20

^{g%}= porcentaje de muestra en gramos, ^g= gramos^{a, b}= diferencias ($P<0.05$) dentro de columna^{1,2}= diferencias ($P<0.05$) dentro de fila.

La fibra cruda (FC) de *O. ficus-indica* se incrementó ($P<0.05$) en ambas parcelas y niveles durante el estiaje: 25.13 a 32.90% (Tabla 3). Posiblemente la disminución de humedad del suelo provocó la acumulación de biomasa en esta cactácea; puesto que, la hemicelulosa, componente de FC, se incrementa entre 8 a 16% (Camacho *et al.*, 2007, 254). En cuanto al extracto libre de

nitrógeno, no se observaron diferencias ($P>0.05$) por parcela ni por época, en el 3^{er} nivel: 40.82 a 48.18%. Sin embargo, el 4^{to} nivel presentó mayor ELN en época de lluvias ($P<0.05$): 57.89 a 64.17% (Tabla 3); valores que concuerdan con Hernández *et al.* (2011, 1289): 42.9 a 60.7% de ELN en *O. ficus-indica*.

En relación a la proteína cruda de *O. ficus-indica*, se encontró menor porcentaje en el 3^{er} nivel ($P<0.05$), en la época de estiaje y bajo PCP ($4.38 \pm 1.07\%$) y, el valor máximo se encontró en el 4^{to} nivel, en la misma época y parcela: $8.34 \pm 0.09\%$. Hernández *et al.* (2011, 1291) sugieren que la PC en *Opuntia* spp se incrementa en respuesta a la acidez o salinidad de los suelos. Sin embargo, Torres (2011, 146) encontró 5.0% de PC en *O. ficus-indica*, variedad Redonda y 5.3% en la variedad Gigante. Valores inferiores al obtenido en el 4^{to} nivel, pero similares al resto de los resultados obtenidos (Tabla 3). Al respecto, Hernández *et al.* (2011, 1289) observaron 8.48% de PC en cladodios tiernos (450 g de Peso^F).

En lo referente a *O. atropes*, en esta especie la MS no fue afectada por época ($P>0.05$) en cladodios del 3^{er} nivel (11.7%), más no así para el 4^{to} nivel; en éste se encontró mayor MS ($P<0.05$) durante el estiaje: $13.93 \pm 2.20\%$ (Tabla 4). Sin embargo, estos valores están dentro del rango de las cactáceas (De Andrade *et al.*, 2012, 170). En *O. atropes*, el EE fue mayor ($P<0.05$) en el 3^{er} nivel durante las lluvias: $1.23 \pm 0.59\%$. En el 4^{to} nivel no se encontraron diferencias por época: 0.53 ± 0.14 y $0.90 \pm 0.60\%$ para estiaje y lluvias, respectivamente (Tabla 4). En *Opuntia* spp se han observado valores entre 0.40% a 1.73% de EE (Valdez *et al.*, 2008, 50; Guzmán y Chávez, 2007, 44).

De acuerdo con la Tabla 4, la FC en *O. atropes* mostró mayores valores ($P<0.05$) en época de estiaje, pero con variabilidad en el 3^{er} y 4^{to} nivel: 31.32 ± 2.46 y $28.62 \pm 2.72\%$, respectivamente. Los valores de FC registrados en *Opuntia* spp oscilan entre 7.2 a 22.8% (Baraza *et al.*, 2008, 893). Las diferencias por época podrían deberse a la relación inversa entre humedad del suelo y FC del cladodio (Camacho *et al.*, 2007, 254). El contenido de ELN fue mayor ($P<0.05$) en época de lluvias: $64.95 \pm 4.50\%$ y $68.29 \pm 5.69\%$, para 3^{er} y 4^{to} nivel, respectivamente. Valores similares a lo reportado por Kang'ara y Guitari (2009, 3): 58.16 a 68.89% en *Opuntia* spp. Finalmente, no se encontró diferencia ($P>0.05$) en PC de acuerdo a la época o nivel del cladodio, ésta osciló entre 4.10 a 5.21% (Tabla 4).

Tabla 4. Características bromatológicas de *Opuntia ficus-indica* y *O. atropes* en parcela sin prácticas culturales.

Especie	Variable	Época de estiaje			
		\bar{X} Nivel 3	±	\bar{X} Nivel 4	±
<i>O. ficus-indica</i>	Humedad ^{g%}	89.62 ^{a1}	0.69	89.95 ^{a1}	1.07
	Materia Seca ^{g%}	10.38 ^{a1}	0.69	10.05 ^{a1}	1.07
	Extracto Etéreo ^{g%}	0.23 ^{a1}	0.13	0.57 ^{a1}	0.03
	Fibra Cruda ^{g%}	28.80 ^{a1}	5.04	32.90 ^{a1}	2.50
	Proteína Cruda ^{g%}	5.64 ^{a1}	0.53	5.29 ^{a1}	0.08
	Cenizas ^{g%}	24.50 ^{a1}	2.86	26.55 ^{a1}	2.27
	E.L.N. ^{g%}	40.82 ^{a1}	8.11	35.69 ^{a1}	0.51
	Mucilago ^g	2.66 ^{a1}	1.39	2.30 ^{a1}	0.31
<i>O. atropes</i>	Humedad ^{g%}	88.85 ^{a1}	1.06	86.07 ^{b2}	2.20
	Materia Seca ^{g%}	11.15 ^{a1}	1.06	13.93 ^{b2}	2.20
	Extracto Etéreo ^{g%}	0.17 ^{a1}	0.03	0.53 ^{a1}	0.14
	Fibra Cruda ^{g%}	31.32 ^{a1}	2.46	28.62 ^{a1}	2.72
	Proteína Cruda ^{g%}	4.70 ^{a1}	0.40	5.21 ^{a1}	0.11
	Cenizas ^{g%}	21.70 ^{a1}	4.73	14.07 ^{b2}	1.42
	E.L.N. ^{g%}	42.18 ^{a1}	3.54	51.58 ^{b2}	3.90
	Mucilago ^g	3.96 ^{b1}	0.54	3.78 ^{b1}	0.88
Época de lluvias					
<i>O. ficus-indica</i>	Humedad ^{g%}	93.28 ^{b1}	0.38	93.08 ^{c1}	0.48
	Materia Seca ^{g%}	6.72 ^{b1}	0.38	6.92 ^{c1}	0.48
	Extracto Etéreo ^{g%}	2.25 ^{b1}	1.65	0.72 ^{a2}	0.29
	Fibra Cruda ^{g%}	22.62 ^{b1}	9.11	8.04 ^{b2}	3.92
	Proteína Cruda ^{g%}	4.76 ^{a1}	1.55	5.61 ^{a1}	0.97
	Cenizas ^{g%}	22.22 ^{a1}	4.74	21.07 ^{a1}	2.43
	E.L.N. ^{g%}	47.51 ^{c1}	13.84	64.17 ^{c2}	2.36
	Mucilago ^g	1.75 ^{a1}	0.82	1.41 ^{a1}	0.20
<i>O. atropes</i>	Humedad ^{g%}	88.26 ^{a1}	1.96	88.72 ^{a1}	1.22
	Materia Seca ^{g%}	11.74 ^{a1}	1.96	11.28 ^{a1}	1.22
	Extracto Etéreo ^{g%}	1.23 ^{c1}	0.59	0.90 ^{a1}	0.66
	Fibra Cruda ^{g%}	9.68 ^{c1}	1.08	6.51 ^{b1}	2.28
	Proteína Cruda ^{g%}	4.10 ^{a1}	1.26	4.33 ^{a1}	1.00
	Cenizas ^{g%}	20.05 ^{a1}	4.82	19.96 ^{a1}	5.14
	E.L.N. ^{g%}	64.95 ^{c1}	4.50	68.29 ^{c1}	5.69
	Mucilago ^g	3.24 ^{b1}	1.12	2.77 ^{b1}	0.77

^{g%}= porcentaje de muestra en gramos, ^g= gramos

^{a,b}= diferencias ($P<0.05$) dentro de columna

^{1,2}= diferencias ($P<0.05$) dentro de fila.

Cuando se comparan las especies analizadas, no se encontraron diferencias en PC por especie, época o nivel ($\leq 5.64\%$). En cambio, se observó que la MS fue mayor en *O. atropes* que en *O. ficus-indica* en ambos niveles durante la época de lluvias ($P<0.05$) (Tabla 4). En EE no se

encontraron diferencias ($P>0.05$) en época de estiaje entre especies. Sin embargo, en época de lluvias el EE fue mayor ($P<0.05$) en el 3^{er} nivel de *O. ficus-indica* ($2.25 \pm 1.65\%$) que en *O. atropes* (Tabla 4). La posible explicación de estos resultados, hasta cierto grado, es la madurez del cladodio (Guzmán y Chávez, 2007, 44; Guevara *et al.*, 2009, 429; Hernández *et al.*, 2011, 1289). En relación a FC, los cladodios de *O. ficus-indica* y *O. atropes*, en ambos niveles, fueron iguales en la época de estiaje ($P>0.05$): 28.62 a 32.90%. Pero en lluvias, *O. atropes* presentó menor FC que *O. ficus-indica* ($P<0.05$): 9.68 ± 1.08 y $6.51 \pm 2.28\%$, para 3^{er} y 4^{to} nivel, respectivamente (Tabla 4). El contenido del ELN fue mayor en *O. atropes* en ambas épocas ($P<0.05$) que en *O. ficus-indica*. Pinos *et al.* (2010, 249), Torres (2011, 144) y De Andrade *et al.* (2012, 170) señalan que las características bromatológicas de *Opuntia* spp varían de acuerdo a la especie, edad del cladodio, prácticas agronómicas, fertilidad del suelo y época del año.

En lo que respecta a la producción de mucilago deshidratado, *O. atropes* produjo entre 2.77 y 3.96 g de MD a partir de 300 g de Peso^F. Producción mayor ($P<0.05$) a *O. ficus-indica*: 2.66 g (Tabla 5). Rodríguez (2010, 54), encontró en *O. ficus-indica* 1.08 g de MD a partir de 200 g de Peso^F; lo que equivale a 1.62 g por ajuste de 200 a 300 g de Peso^F. Sin embargo, la cantidad de MD depende de: la edad del nopal, proceso de extracción, pérdidas en la molienda o centrifugación.

Finalmente, la reformulación del modelo esquemático (*caja negra*) para el establecimiento del comportamiento morfológico y análisis proximal de *O. ficus-indica* y *O. atropes*, por efecto de época y de parcela, permitió establecer que las dimensiones de los cladodios de *O. ficus-indica*, durante el estiaje y bajo prácticas culturales se expresan mejor: existe mayor número de asociaciones ($P<0.05$) entre largo, ancho y grueso con el peso^F, en comparación con PSP, en la misma época: en ésta, el grosor^M no se correlaciona ($P>0.05$) con el resto de las dimensiones analizadas (Figura 2). Sin embargo, en época de lluvias y bajo PCP, el grosor^M de los cladodios de *O. ficus-indica* se correlaciona ($P<0.05$) con el peso^F, pero no se asocia con el ancho^C ($P>0.05$). En PSP y en la misma época, ocurre algo similar; el ancho^C no se correlaciona ($P>0.05$) con el resto de las dimensiones analizadas ni con el peso^F (Figura 2).

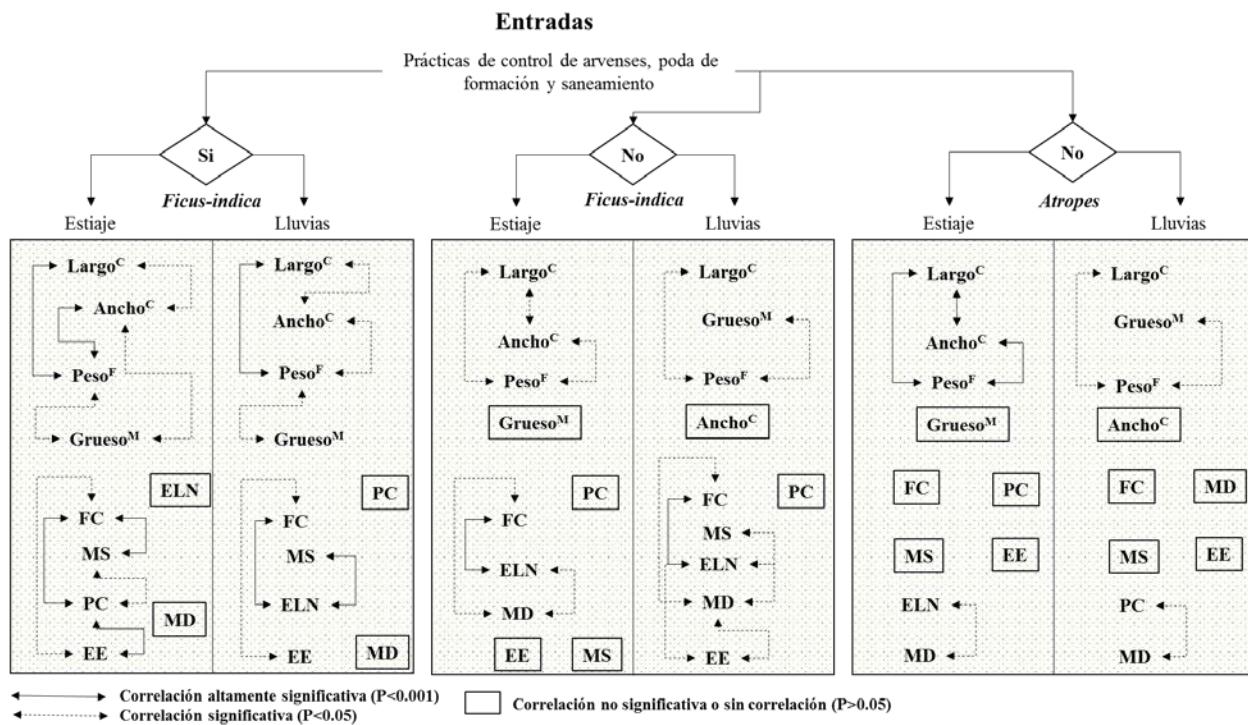


Figura 2. Reformulación de la *caja negra* para la modelación esquemática del efecto de época de año y de prácticas culturales sobre las dimensiones morfológicas y bromatológicas del cladodio de *Opuntia ficus-indica* y *O. atropes*.

Para el caso de *O. atropes*, analizada únicamente en PSP, se puede observar que, en la época de estiaje presenta un comportamiento similar al *O. ficus-indica* bajo PSP: asociación del peso^F con ancho^C y largo^C; mientras que, grosor^M no se correlaciona con ningún indicador morfológico. En la época de lluvias, *O. atropes* presenta el mismo comportamiento que *O. ficus-indica* cultivada en PSP: el ancho^C no se correlaciona ($P > 0.05$) con el resto de las dimensiones analizadas, ni con el peso^F (Figura 2).

El modelo esquemático sugieren que, tanto *O. ficus-indica* como *O. atropes* presentan un mayor equilibrio entre sus dimensiones morfológicas y el peso^F en la época de estiaje. Aunque si bien, esto fue más evidente para *O. ficus-indica* cultivada en PCP. Para el caso de la época de lluvias y en parcela sin prácticas culturales (PSP), tanto *O. ficus-indica* como *O. atropes* manifiestan desequilibrio entre el peso^F del cladodio y sus dimensiones morfológicas. Fenómeno que pudo deberse a exceso de humedad; puesto que, el ambiente natural donde se desarrolla *Opuntia* spp es árido o semiárido (Lozano, 2011, 38) y, la disminución de humedad en la parcela mejora su productividad (Camacho *et al.*, 2007, 254). Vázquez *et al.* (2007, 83) determinaron que, el

crecimiento es un proceso relacionado al incremento de tamaño (largo, ancho y grueso) unido al incremento de peso^F y, la ausencia de exceso de agua mejora los procesos de crecimiento del nopal (Nobel 2002, 64). Mientras que, Mondragón *et al.* (2003, 1) sugieren que el peso del cladodio de *Opuntia* spp se afecta por la competencia de las arvenses por la humedad, materia orgánica y nitrógeno. Aspectos que pudieran explicar el desequilibrio entre el peso^F y las dimensiones morfológicas de los cladodios analizados en PSP (Figura 2).

En cuanto al comportamiento de los indicadores del análisis proximal de *O. ficus-indica* y *O. atropes*, de acuerdo al modelo esquemático (Figura 2), se puede observar que, la cantidad de MD y ELN presentes en *O. ficus-indica* bajo PCP y durante el estiaje, no se correlacionan ($P>0.05$) entre ellas, ni con el resto de los indicadores bromatológicos analizados. No obstante, la PC se asocia ($P<0.05$) con MS y FC ($P<0.001$). Sin embargo, cuando *O. ficus-indica* se encuentra en PSP y en el estiaje, PC y MS no se correlacionan ($P>0.05$) entre ellas, ni con el resto de los indicadores analizados. En la época de lluvias, el comportamiento de *O. ficus-indica* cambia: PC y MD, no presentan asociación ($P>0.05$) entre ellas, ni con el resto de los indicadores analizados en PCP. Sin embargo, el comportamiento mejora en PSP, pues solamente la PC no se correlaciona ($P>0.05$) con el resto de las variables bromatológicas analizadas en esta época (Figura 2).

De acuerdo con el modelo esquemático (Figura 2) parece que, *O. ficus-indica* bajo PSP y en época de lluvias muestra cierto grado de estrés; puesto que, existe menor integración entre los indicadores bromatológicos: la PC no se asocia ($P<0.05$) con el resto de indicadores analizados. Blanco y Leyva (2007, 21) establecen que las arvenses son un fuerte competidor para las plantas por la humedad y nutrientes del suelo. Por lo que, posiblemente *Opuntia* spp al ser nativa de regiones con poca precipitación pluvial (Lozano, 2011, 38) se estrese al cultivarse en terrenos donde exista poco drenaje y el exceso de humedad provoque que el desequilibrio entre los indicadores bromatológicos.

En relación a *O. atropes*, se observa un cambio en las asociaciones entre las indicadores bromatológicos de una época a otra: en el estiaje, PC, MS, FC y EE no se correlacionaron ($P>0.05$) entre ellas, ni con los otros indicadores bromatológicos; únicamente se asociaron ELN y MD ($P<0.05$). En época de lluvias, MS, FC, ELN y EE no se correlacionan ($P<0.05$), sólo PC y MD se asocian ($P<0.05$) entre ellas (Figura 2). Este comportamiento sugiere que, las arvenses compiten por nutrientes (Blanco y Leyva, 2007, 21) con *O. atropes* y *O. ficus-indica*, durante el

estiaje. Pero, en la época de lluvias, tanto *O. atropes* como *O. ficus-indica* son afectadas por exceso de humedad reflejándose en la pérdida de relación entre sus indicadores bromatológicos (Esquema 2).

Conclusiones

En *O. ficus-indica*, el peso fresco del cladodio disminuye con las prácticas culturales y esto se acentúa durante época de lluvias. Mientras que, el ancho, largo y grosor del cladodio se modifica de acuerdo a la época del año; en estiaje, se incrementa el largo y, en lluvias, el ancho se incrementa. Pero, en esta especie, el contenido de grasa y carbohidratos se incrementa durante la época de lluvias, con o sin prácticas culturales y, disminuye fibra cruda. Finalmente, la proteína cruda y la materia seca no se modifican por efecto de época de año o por presencia o ausencia de prácticas culturales. Aspecto que sigue siendo una limitante para el nopal como parte de la alimentación animal.

O. atropes, presenta características morfológicas de menor magnitud que *O. ficus-indica*, pero sus características nutricionales son similares a esta, en ambas épocas del año. Sin embargo, presenta serias dificultades para adaptarse a terrenos de cultivo (parcela), tal como lo demuestra la desvinculación entre sus indicadores bromatológicos en ambas épocas del año. No obstante, *O. atropes* es apta para complementar las dietas de bovinos en cualquier época del año, de acuerdo a sus características bromatológicas, más que morfológicas.

Referencias

- AOAC. (1990).** Official Methods of Analysis. 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC. EUA.
- Baraza, R.E., Campos, S.A., García, P.A. y Valiente, B.A. (2008).** Nuevos recursos naturales como complemento de la dieta de caprinos durante la época seca, en el Valle de Tehuacán, México. Asociación Interciencia Venezuela, 33(12): 891-896.
- Blanco, Y., y Leyva, A. (2007).** Las arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. Cultivos Tropicales, 28(2): 21-28.
- Camacho O.C., Peña, V.C.B. y Sánchez, U.A.B. (2007).** Efecto del potencial hídrico del suelo en el crecimiento y contenido de polisacáridos estructurales de nopalito (*Opuntia* spp.) Rev. Fav. Agron. (LUZ). 24 (1): 254-259.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2008).** Catalogo de Metadatos Geográficos. México.

Caracterización, modelación morfológica y análisis proximales de *Opuntia ficus-indica* y *O. atropes* durante las épocas de estiaje y lluvias

<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (18 de marzo de 2014).

- De Andrade, F.M., Bispo, S.V., Rocha, F.R.R., Urbano, S.A., y Costa, C.T.F. (2012).** The use of cactus as forage for dairy cows in semi-arid regions of Brazil. *Organic Farming and Food Production*. 169- 189.
- Dopporto, A.R.A. (2014).** Arvense en una plantación de eucalipto (*Eucalyptus pellita* F. Muell) en Huimanguillo, Tabasco, México. Tesis como requisito para obtener el grado de Maestro en ciencias. Colegio de postgraduados. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. H. Cárdenas, Tabasco, México. 1- 6.
- Esquivel, P. y Araya, Q.Y. (2012).** Características del fruto de la pitahaya (*Hylocereus* sp.) y su potencial de uso en la industria alimentaria. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 3 (1): 113-129.
- Gebremeskel, G., Getachew A. and Firew T. 2013:** Assessment of the potential of cactus pear (*Opuntia ficus indica*) as livestock feed in Northern Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development. Volume 25:1-17, Article #26*. Retrieved July 18, 2015, from <http://www.lrrd.org/lrrd25/2/moen25026.htm>
- González, C.F., Llamas L.G. y Bonilla, A.J. (1999).** Utilización del nopal como sustituto parcial de alfalfa en dietas para vacas lecheras. *Tec. Pecuaria en México*. 36:73-81.
- Guevara, J. C., Suassuna, P. and Felker, P. (2009).** Opuntia Forage Production Systems: Status and Prospects for Rangeland. *Rangel and Ecology & Management*. 62(5): 428-434.
- Guzmán, L.C. y Chávez, J. (2007).** Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para el consumo humano. *Rev Soc Quím Perú*. 73 (1): 41-45.
- Hernández M., Terrazas T., Delgado, A.A. y Luna, C.M. (2007).** Los estomas de *Myrtillocactus geometrizans* (Mart. Ex. Pfeiff.) console (Cactaceae): variación en su área de distribución. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30: 235-240.
- Hernández, U.M.I., Pérez, T.E., y Rodríguez, G.M.E. (2011).** Chemical analysis of nutritional content of prickly pads (*Opuntia ficus-indica*) at varied ages in an organic harvest. *International journal of environmental research and public health*. 8(5): 1287-1295.
- Juárez, C. A., Ortiz, R.R, Pérez, S.R.E., Gutiérrez, V.E. y Val, A.D. (2008).** Caracterización y modelación del sistema de producción avícola familiar. *Livestock Research for Rural Development*. 20(25). Retrieved April 2, 2014, from <http://www.lrrd.org/lrrd20/2/juar20025.htm>
- Kang'ara, J.N.N. and Gitari, J.N. (2009).** Exploiting fodder potentials of Cactus (*Opuntia* spp) in Kenya for pastoral livestock feeding under a changing climate. 2-5.
- Littell, C.R., Milliken, A.G., Stroup, W.W., Wolfinger, D.R., Schabenberger, O. (2006).** SAS® for Mixed Models. Second Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 733-735.
- Littell, C.R., Stroup, W.W., Freund, J.R. (2002).** SAS® for Linear Models, Fourth Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 191-194.
- López, A.S., Nuño, R.R. y Torres, M.M.I. (2008).** Prueba de significancia de tres métodos para calcular el área de cladodios en plantas de nopal para verdura. *Avances en la*

- investigación científica. Centro universitario de ciencias biológicas y agropecuarias (CUCBA-UDG). Zapopan, Jalisco, México. 49- 55.
- Lozano, L. (2011).** Ecofisiología de la tuna (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). Horticultura Argentina. Universidad Nacional de Salta. 30(72): 37-52.
- Mondragón, J.C., Méndez, G.S. De J. y Olmos O.G., (2003).** El cultivo de *Opuntia* para la producción de forraje: de la reforestación al cultivo hidropónico. In: Mondragón, J.C. y Pérez, G.S. (Eds.), Estudio FAO-Producción y Protección Vegetal. Food & Agriculture Org. (FAO). Roma, Italia., 169. 129-146.
- Moreno, G.A., Herrera, A.G., Carrión, G.M., Álvarez, B.D., Pérez, S.R.E. & Ortiz, R.R. (2012).** Caracterización y modelación esquemática de un sistema familiar de bovinos productores de leche en la Ciénega de Chapala, México. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 20(3-4):85-94.
- Muñoz, U.A., Palomino, H.G., Terrazas, T., García, V.A., y Pimienta, B.E. (2008).** Variación anatómica y morfológica en especies y entre poblaciones de *Opuntia* en la porción sur del desierto chihuahuense. Boletín de la Sociedad Botánica de México, (83): 1-11.
- Nerd, A., Sitrit, Y., Kaushik, R. A., & Mizrahi, Y. (2002).** High summer temperatures inhibit flowering in vine pitaya crops (*Hylocereus* spp.). Scientia Horticulturae, 96(1): 343-350.
- Nobel, P. S. (Ed.). (2002).** Cacti: biology and uses. Univ of California Press. 57-74.
- Ortiz, R.R., Valdez, A.J.J., Gómez, R.B., López, M.J., Chávez, M.M.P., García, S.P.A., Pérez, S.R.E. (2012).** Yield and microbiological quality of raw milk and fresh cheese obtained from Holstein cows receiving a diet supplemented with nopal (*Opuntia ficus-indica*). African Journal of Microbiology Research. 6: 3409-3414.
- Palacios, R.M.P. (2010).** Efectos del cambio climático sobre la distribución de nopal (genero opuntia y nopalea: cactaceae) en la región central de México. Tesis para obtener el título de; Maestra en ciencias biológicas (biología ambiental). Universidad autónoma de México. Instituto de biología. México. D.F. 8-15.
- Pinos, R.J.M., Velázquez, J.C., González, S.S., Aguirre, J.R., García, J.C., Álvarez, G., y Jasso, Y. (2010).** Effects of cladode age on biomass yield and nutritional value of intensively produced spineless cactus for ruminants. South African Journal of Animal Science, 40(3): 245-250.
- Reveles, H.M. y Flores, O.M. (2010).** Producción de nopal forrajero de diferentes variedades y densidades de plantación. VIII Simposium-Taller Nacional y 1er. Internacional de “Producción y Aprovechamiento del Nopal. Escobedo, N.L. México. Noviembre 2010. Revista Salud Pública y Nutrición. Edición Especial. No. 5:130-210.
- Reyes, A.J.A., Aguirre, R.J.R. y Flores, F.J.L. (2005).** Variación morfológica de *Opuntia* (Cactaceae) en relación con su domesticación en la altiplanicie meridional de México. Interciencia. 30: 476-484.
- Rodríguez, G.S. (2010).** Efecto de la incorporación de mucílago de nopal sobre las propiedades sensoriales y texturales de una pasta a base de huitlacoche *Ustilago maydis*. Tesis de

Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo-Facultad de Químico Farmacobiología. Morelia, Michoacán. México. 34-54.

Sáenz, C. (2006). Características y composición química de los nopales. Utilización agroindustrial del nopal. *In: Utilización Agroindustrial del Nopal*. Rosell, C. (ed). Utilización agroindustrial del nopal. Boletín de Servicios Agrícolas. Food & Agriculture Org. (FAO). Roma, Italia. 162: 7 – 22.

SAS Institute Inc. 2010. Correlation of Pearson. In Chapter 2. The CORR Procedure. Base SAS® 9.2 Procedures Guide: Statistical Procedures, Third Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. pp. 3 – 59.

Torres, S.A. (2011). Composición química del nopal y sus implicaciones en la nutrición de rumiantes (experiencias de Brasil). VIII Simposium-Taller Nacional y 1er. Internacional de “Producción y Aprovechamiento del Nopal. Escobedo, N.L. México. Noviembre 2010. Revista Salud Pública y Nutrición. Edición Especial, 5: 143-151.

Valdez, C.R.D., Blanco, M.F., Vázquez, A.R.E. y Magallanes, Q.R. (2008). Producción y usos del nopal para verdura. Revista Salud Pública y Nutrición.14: 1-19.

Vázquez, A.R.E., Valdez, C.R., Gutiérrez, O.E. y Blanco, M.F. (2008). Caracterización e identificación de nopal forrajero en el noreste de México. Revista Salud Pública y Nutrición.14: 21-36.

Vázquez, V.C., Zúñiga, T.R., Orona, C.I., Murillo, A.B., Salazar, S.E., Vázquez, A.R., García, H.J.L., Troyo, D.E. (2007). Root Growth Rate Analysis in Four *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Varieties. Journal of the Professional Association for Cactus Development. 9: 82-90.

Wadsworth J. (1997). Análisis de sistemas de producción animal: las herramientas básicas. Estudio FAO Producción y sanidad animal 140/2. pp. 1 - 13. <http://www.fao.org/docrep/w7452s/w7452s00.htm> (15 de marzo del 2014).

Zimmermann, H.G., Bloem, S. y H. Klein. (2007). Biología, historia, amenaza, monitoreo y control de la palomilla del nopal, *Cactoblastis cactorum*. IAEA. pp. 96.