

Caracterización nutricional del cactus nopal (*Opuntia ficus-indica*) bajo diferentes tratamientos de fertilización

Nutritional characterization of the cactus nopal (*Opuntia ficus-indica*) under different fertilization treatments

Carlos Eduardo Rodríguez M.* y César Eduardo Amézquita S.**

Resumen

Nuestro planeta se enfrenta actualmente a grandes cambios en su ambiente natural, no sólo como consecuencia de su evolución, sino también del acelerado proceso de degradación antrópica. Dentro de este contexto se origina la necesidad de buscar soluciones que mitiguen el bajo nivel de vida del campesino, dadas las precarias condiciones de muchos de los actuales ecosistemas, que no permiten implementar los modelos tradicionales de explotación desmesurada de los recursos. El cactus nopal (*Opuntia ficus-indica*) ofrece ventajas en la producción animal, presentándose como una alternativa agroecológica, fácil de implementar en zonas semiáridas bajo condiciones adversas y con un mínimo de insumos agropecuarios. El objetivo de este estudio fue evaluar el desempeño nutricional del cactus nopal bajo cuatro tipos de fertilización, mediante el análisis proximal de alimentos, implementado en el laboratorio de nutrición animal de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC sede Tunja, en los especímenes de cactus nopal existentes en el jardín botánico de la misma. Se utilizaron cuatro tipos de tratamientos para la fertilización: 1. Químico, 2. Orgánico, 3. Químico + Orgánico y 4. Testigo, aplicados en intervalos de veinte (20) días, por tres veces, aplicando también agua en un riego semanal; tiempo al cabo del cual se realizó la valoración nutricional, en donde el Tratamiento 2 (Orgánico) fue el de mejor desempeño, seguido por el Tratamiento 3, luego el tratamiento 1 y, por último, el tratamiento 4 (testigo).

Palabras claves adicionales: Cactáceas, producción animal

Abstract

Our planet faces big changes at the moment in its natural atmosphere, not only as consequence of its evolution, but also of the quick anthropic degradation process. Under this context arises the necessity to look for solutions to mitigate the low life's standard of the farmers, due to the precarious conditions of many of the current ecosystems that don't allow to implement the traditional models for exploitation of the resources. The cactus nopal (*Opuntia ficus-indica*) offers advantages in the animal production, presenting an agroecological alternative, easy to implement in semi-arid areas under adverse conditions and with a minimum of agricultural inputs. The objective of this study was to evaluate the nutritional behavior of the cactus nopal (*Opuntia ficus-indica*) under four fertilization levels, through a foods proximal analysis, made in the Laboratory of Animal Nutrition of the Pedagogical and Technological University of Colombia in Tunja, in cactus nopal plants growing in the Botanical Garden of the this university. Four treatments were used for fertilization: Chemical, organic, chemical + organic and control without fertilization; they were applied in intervals of twenty 20 days, for three times; watering was done weekly; at end of the experiment the nutritional evaluation was carried out. As result, the organic treatment showed a better performance, followed by the chemical + organic, and the organic treatment. Plants presented a poor.

Additional key words: Cactaceous, animal production.

* Zootecnista, Especialista en Bioquímica. Profesor auxiliar en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC en Tunja-Boyacá. E-mail: ceromol@gmail.com.

** Médico Veterinario Zootecnista de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC, en Tunja-Boyacá. E-mail: sanchoceas@yahoo.com.

Introducción

La mayoría de los sistemas de producción pecuarios tienen baja productividad debido a la disponibilidad limitada de alimento y la calidad deficiente de los mismos, especialmente en áreas desérticas y semiáridas, susceptibles a la sequía, donde se presentan grandes dificultades para la subsistencia de todo tipo de animales y, por ende, del género humano (Reynolds et al., 2003).

Consecuentemente, hay necesidad de obtener alimentos que provean proteína para suplementar de manera inmediata las necesidades de los animales. Los expertos recomiendan plantar árboles y arbustos para proveer de fuentes vivas de forraje, de modo que los animales puedan sobrevivir los períodos de escasez asociados con sequías prolongadas (Anzola et al., 2002).

Claramente, otras especies de cactáceas se pueden comportar como cultivos forrajeros en regiones áridas y semiáridas, como resultado de su apertura estomática nocturna que se asocia con absorción neta nocturna de CO_2 . La planta presenta una eficiencia de uso de agua (EUA) que es 3 a 5 veces más alta que las especies C3 y C4 (plantas altamente productivas: alfalfa, algodón, trigo, maíz y caña de azúcar). Este vegetal es sensible a temperaturas de congelación, pero extremadamente tolerante a altas temperaturas; su tasa de absorción neta de CO_2 y el crecimiento son generalmente mejorados por la fertilización nitrogenada. Basados en el conjunto de características ecofisiológicas, la planta tiene posibilidades de mayor utilización como cultivo forrajero en regiones áridas y semiáridas, así como en el combate de la desertificación (Nobel, 1999).

El objetivo de este estudio fue establecer los valores nutricionales que posee el Cactus nopal bajo diferentes niveles de fertilización, mediante la evaluación de su análisis bromatológico en parámetros específicos como proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, humedad, materia orgánica, materia inorgánica y materia seca.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el jardín botánico de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC, localizado en Tunja (Boyacá), a una altitud de 2.750 msnm, a una latitud de $05^\circ 32'$ Norte, longitud $73^\circ 21'$ Oeste, una temperatura promedio de $13,7^\circ\text{C}$, 73% HR y precipitación de $689.9 \text{ mm.año}^{-1}$. Se evaluó como especie arbustiva con potencial forrajero el cactus nopal, luego de tres (3) aplicaciones de fertilizante, bajo cuatro niveles de fertilización; cada aplicación tuvo un intervalo de 20 días, que suman 60 días, entre la primera fertilización y la recolección de especímenes para estudio. El material forrajero se analizó en el laboratorio de bioquímica y nutrición animal de la UPTC en Tunja. Se colectaron cladodios de cactus nopal; se secaron bajo sombra a temperatura ambiente hasta obtener un peso constante, se molieron en un molino simple, a través de una malla de 1 mm y se almacenaron en frascos de vidrio estériles, herméticamente sellados y protegidos de la luz directa.

Se realizó un análisis de suelo, efectuado en el laboratorio de diagnóstico de suelos y aguas de la UPTC, con el que se determinó la presencia de suelos con textura moderadamente fina y bajo porcentaje de materia orgánica. De otra parte, los suelos del Jardín Botánico de la UPTC presentan altos niveles de calcio y potasio que pueden inducir deficiencias de magnesio y boro. También se resalta el alto nivel de pH (6,9 a 7,0), lo que puede disminuir la asimilación de fósforo, hierro, manganeso, boro, zinc y cobre. Lo anterior presupone suelos con altos niveles de Calcio (8.64-8.92 meq x 100g de suelo), teniendo como rango de referencia 3-6 meq x 100g de suelo. Se recomendó la aplicación de 13-26-10-3MgO-3S como fertilizante químico. Los niveles de fertilización, así como los tipos en este estudio, fueron planteados en cuatro tratamientos según recomendación técnica, que son los siguientes:

Tratamiento 1: Este tratamiento se realizó mediante la aplicación de un fertilizante químico

de aplicación en praderas y pasturas, el "13-26-10-3MgO-3S", 250g por planta, en cada una de las tres aplicaciones, con periodicidad de 20 días.

Tratamiento 2: Realizado a partir de un abono orgánico (humus de lombriz proveniente de estiércol de cerdo y residuos vegetales), 5000g por planta, en cada una de las tres aplicaciones, cada 20 días.

Tratamiento 3: Realizado a partir de una combinación de los tratamientos uno y dos, en proporción 50% de fertilizante químico (del tratamiento 1) y 50% de fertilizante orgánico, 125 g de fertilizante químico (13-26-10-3MgO-3S) y 2500 g de fertilizante orgánico (humus de lombriz proveniente de estiércol de cerdo y residuos vegetales), en cada una de las tres aplicaciones, cada 20 días.

Tratamiento 4: Realizado como tratamiento testigo; este tratamiento únicamente incluyó las labores culturales de las plantas (deshierba, aporque y riego), en cada una de las tres aplicaciones de los anteriores tratamientos, cada 20 días.

Se hizo un estudio bromatológico de diagnóstico de los especímenes que integraban los cuatro tratamientos, para determinar su estado antes de iniciar con el estudio; en los parámetros nutricionales de % de humedad, % de materia seca y % de proteína cruda (tanto en materia seca como en fresco).

Para la realización de los distintos tratamientos se partió del deshierbe a las plantas, luego la fertilización respectiva para cada tratamiento, posteriormente el aporque y un riego semanal; pasados 20 días, se procedió a repetir el anterior procedimiento; así hasta completar las tres fertilizaciones. Por último, al cabo de 60 días, se tomaron varios cladodios, en cada uno de los tratamientos, para realizar la caracterización nutricional a cada tratamiento y luego analizar los resultados.

A las muestras de cada tratamiento, incluido el

de diagnóstico, se les tomó una muestra, la cual se utilizó para determinar su contenido de humedad, en el Laboratorio de Bioquímica y Nutrición. Animal. Posteriormente los forrajes se introdujeron en la estufa de secado en bolsas de manila a una temperatura de 60°C durante 72 h. Las muestras secas se molieron en un molino marca UDY Corporation, que ofrece un tamaño de partícula de 1 mm; las muestras molidas se empacaron en frascos de vidrio completamente herméticos, para evitar que ganaran humedad.

En el laboratorio se implementaron los procedimientos de análisis proximal para realizar la determinación de porcentaje de humedad, porcentaje de materia seca, porcentaje de materia orgánica, porcentaje de cenizas, porcentaje de fibra cruda, porcentaje de proteína bruta y porcentaje de grasa. Estas pruebas se realizaron en el laboratorio de bioquímica y nutrición animal de la escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnista MVZ de la UPTC.

Se utilizó una distribución de los tratamientos completamente al azar. Para el análisis estadístico se realizaron tres repeticiones, donde el factor fue los distintos materiales de abonado utilizados; las variables independientes fueron las plantas de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y los tratamientos fueron cada uno de los niveles de fertilización por utilizar (incluido el tratamiento testigo). A su vez, las variables dependientes fueron los resultados del análisis proximal, el cual se le realizó tres veces a cada factor para contar con suficientes grados de libertad del error experimental.

Resultados y discusión

Los valores obtenidos para los parámetros proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), ceniza (C), grasa (EE), y materia orgánica (MO), se presentan en la tabla 1.

En el análisis bromatológico llevado a cabo para el cactus nopal, bajo distintos tratamientos de fertilización, se observa que el tratamiento 2

(tabla 1) presentó un contenido de humedad menor 89,718% que el reportado por Cantwell (1991) y Neri (1991);(citados por Pimienta, 1993). En general, los demás tratamientos se

encuentran dentro de los valores reportados por otros autores, específicamente para el género en estudio (Woodward, et al., 1915; Nefzaoui et al., 1995).

Tabla 1. Análisis Bromatológico del cactus nopal (*Opuntia ficus-indica*) bajo diferentes niveles de fertilización

Tratamiento	Humedad (%)	Proteína (%)	Fibra cruda (%)	Ceniza (%)	Grasa (%)	Materia Orgánica (%)
1	91,03	10,50	14,16	21,35	2,60	78,64
2	89,71	15,22	16,49	26,87	3,54	73,12
3	92,20	12,64	14,13	23,13	3,00	76,87
4	91,67	3,82	7,52	17,88	1,82	82,11

El análisis realizado en cuanto a humedad (tabla 2), muestra un valor significativamente alto, comparado con el análisis final, dentro de los límites reportados por Cantwell (1991) y Neri (1991);(ci-

tados por Pimienta, 1993). Estas diferencias en los resultados, se pueden deber al periodo en que fue hecho el estudio en relación con los periodos lluviosos secos y con diferencias de temperaturas.

Tabla 2. Análisis de materia seca y humedad del cactus nopal. Estudio diagnóstico, antes de la aplicación de los cuatro tratamientos de fertilización.

Tratamiento	Humedad %	Materia seca %
1	94,18	5,81
2	91,67	8,32
3	92,82	7,17
4	92,32	7,68

La literatura reporta que el cactus nopal posee bajo contenido de PC (De Kock, 1998). En contraste, algunos autores han informado al nopal como una fuente de contenido moderado de PC (Nobel, 1999; Retamal et al., 1987; Neri, 1991; citados por Pimienta, 1992).

Los análisis de proteína de este estudio arrojaron datos interesantes, en cuanto al contenido presentado por los distintos tratamientos bajo los diferentes niveles de fertilización, siendo el más significativo el presentado por el tratamiento 2 (orgánico), el cual reportó 15,22 % de proteína; este valor es mayor a los reportados por Nefzaoui

et al. 1995, para el género *Opuntia*, específicamente en *O. engelmannii* y *O. lindheimeri*; sin embargo, también es significativamente mayor al reportado por Bauer y Flores (1969), con un 3,66%; Lastras y Pérez (1978), con un 6,81%; Fuentes (1996), 5,1%; Nerd y Nobel (1995) 2% (este último en suelos fertilizados), para *Opuntia ficus-indica* específicamente. Coinciden, por otra parte, los niveles de proteína reportados por los demás tratamientos, en cuanto al incremento de la proteína cruda, con la aplicación de fertilizantes, en más del 11% (en los tratamientos 2 y 3), según lo reportado por Gregory y Felker (1992). En la totalidad de los tratamientos se

presenta lo reportado por González (1989), quien encontró que los fertilizantes nitrogenados y fosfóricos incrementaron el contenido de proteína en los cladodios de 4,5% a 10,5% de la MS; hallazgo que se evidencia en este estudio,

al observar los resultados del análisis de proteína. Diagnóstico que se practicó antes de iniciar los tratamientos respectivos, en el cual la proteína cruda reportó una media de 1,36% para análisis en fresco y 3,81% para análisis en seco (tabla 3).

Tabla 3. Análisis de Proteína Cruda (P.C) del cactus nopal (*Opuntia ficus-indica*). Estudio diagnóstico, antes de la aplicación de los cuatro tratamientos de fertilización. (A): análisis en fresco (B): análisis en materia seca.

Tratamiento	(A)		(B)	
	Nitrógeno (mg)	Proteína (%)	Nitrógeno (mg)	Proteína (%)
1	1,6818	1,3664	17,518	3,45
2	1,4015	1,1525	19,270	3,78
3	1,4015	1,2268	19,270	3,84
4	1,6818	1,6981	21,022	4,17
	Media (A): % 1,360 P.C		Media (B): % 3,81 P.C	

La edad de los cladodios es un factor que también influyó considerablemente, por cuanto los cladodios en el análisis de proteína final del estudio, promediaban una edad de 45 días; tiempo de mayor actividad metabólica según Nobel (1999), donde la proteína cruda oscila entre 10,6 a 15,0% como lo reportan Retamal et al., (1987). Por otra parte, los cladodios del análisis de proteína diagnóstico tenían edades que oscilaban entre seis meses y un año, lo que confirma que *Opuntia sp* se comporta como un forraje regular, de manera que el contenido de materia seca y fibra es directamente proporcional a la edad del cladodio, pero el contenido de materia cruda tiene un comportamiento inverso.

Conclusiones y Recomendaciones

Opuntia ficus-indica responde correctamente a la aplicación de fertilizantes, lo cual mejora significativamente parámetros nutricionales claves para la alimentación animal.

La fertilización orgánica a base de humus de lombriz (tratamiento 2), para *Opuntia ficus-indica*, mostró el mejor rendimiento y aumentó parámetros nutricionales como la proteína cruda

(P.C), el extracto etéreo (E.E) y la ceniza, por encima de algunos reportes en estudios efectuados.

El tratamiento tres (abono orgánico + fertilizante químico) para *Opuntia ficus-indica* registró el segundo lugar en desempeño en los análisis nutricionales efectuados para este tratamiento; esto superó los parámetros nutricionales hallados en los análisis diagnósticos.

El tratamiento testigo (tratamiento 4, sin fertilizar), para *Opuntia ficus-indica*, no registró cambios significativos en los parámetros nutricionales hallados en los análisis diagnósticos.

La planta en estudio se comportó como los forrajes comúnmente utilizados; conforme la edad del cladodio aumenta, el contenido de materia seca y de fibra también aumenta y el de proteína cruda disminuye.

El contenido extremadamente alto de agua de la planta, puede afectar el consumo total de Materia Seca de los animales, especialmente durante la temporada de lluvias, cuando el agua no es un factor limitante para la producción animal; razón por la cual se debe incrementar el consumo de

MS, mediante la inclusión de forrajes fibrosos y fuentes proteicas.

Opuntia ficus-indica no es una dieta completamente balanceada; por tanto, no debe usarse como fuente única de alimento y debe ser usada en asociación con forrajes fibrosos (heno, paja, arbustos). También es necesario suplementarlo con una fuente apropiada y económica de proteína, como alfalfa u otras leguminosas o con nitrógeno no proteico, agregado a la ración en diversas formas (bloques nutricionales).

El agua es escasa en las zonas áridas y su suministro a los animales representa un problema serio durante el verano y los períodos de sequía. Los animales gastan mucha energía para llegar a los abrevaderos y la degradación del pastizal es un riesgo serio en el área que los rodea. Por tanto,

el alto contenido de agua de *Opuntia ficus-indica* podría ayudar a mitigar el problema de abrevar los animales en las zonas áridas.

Surge la necesidad de realizar estudios sobre el impacto que tiene *Opuntia sp* en relación con el suelo y con el medio ambiente, al ser implementado como cultivo de fruta o como forraje.

Es necesario la elaboración de un plan de implementación de *Opuntia sp* ya sea como forraje o como fruta pues la capacidad de adaptación y rápida expansión de *Opuntia sp* han causado problemas, principalmente en donde se introdujo y se ha desarrollado con la ausencia de enemigos naturales y manejo apropiado, para convertirse en maleza nociva en varios países (Australia, entre otros).

Literatura citada

- Anzola, H.; M. Giraldo; M. Franco. 2002. Evaluación in situ de Procesos Sostenibles. Sistemas agroforestales para la zona marginal alta. Coordinación bioseguridad y recursos genéticos pecuarios ICA. 200 p.
- Bauer, R. R.; C. Flores V. 1969. Análisis bromatológico de cuatro variedades de *Opuntia ficus-indica* en Chapingo. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.
- De Kock, G.C. 1998. The use of cactus pear (*Opuntia spp.*) as a fodder source in the arid areas in Southern Africa. p.83-95, En: Proc. International Symposium on Cactus Pear and Nopalitos Processing and Uses. Universidad de Chile, Santiago, and FAO International cooperation Network on Cactus Pear.83-95p
- Fuentes, R. J. M. 1996. El nopal forrajero en el norte de México. Taller Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal y del Mezquite. CINVESTAV-Irapuato. Irapuato, Gto. México.
- Gonzalez, C.L. 1989. Potential of fertilization to improve nutritive value of prickly pear cactus (*Opuntia lindheimerii* Engelm.). Journal of Arid Environments, 16: 87-94.
- Gregory, R.A.; P. Felker. 1992. Crude protein and phosphorus contents of eight contrasting *Opuntia* forage clones. Journal of Arid Environments, 22, 323-331p.
- Lastra, E. J.; S. Perez P. 1978. Digestibilidad in vivo y in vitro de ensilaje de nopal (*Opuntia ficus-indica*). Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.
- Nefzaoui, A.; H. Ben Salem; L. Ben Salem. 1995. Ewe-lambs feeding with cactus-based diets. Effect of the type of nitrogen supplement. IV International Symposium on the Nutrition of Herbivores - Satellite "Ruminant use of fodder resources in warm climate countries." Montpellier, France.
- Nerd, A.; P.S. Nobel. 1995. Accumulation, partitioning, and assimilation of nitrate in *Opuntia ficus-indica*. J. Plant Nutrition 18, 2533-2549.
- Nobel, P.S. 1999. Physicochemical and environmental plant physiology. 2nd ed. San Diego, CA: Academic Press.
- Pimienta, B. E. 1993. Vegetable cactus pear (*Opuntia spp.*). En: Underutilized crops, pulses and vegetables. Chapman & Hall. 177-191 pp.

Pimienta, B. E. 1993. Vegetable cactus pear (*Opuntia* spp). In: Underutilized crops, pulses and vegetables. Chapman & Hall. 177-191 pp.
Retamal, N., J.M. Duran; J. Fernandez. 1987. Seasonal variations of chemical composition of prickly

pear (*Opuntia ficus-indica*). J. Science of Food and Agriculture 38, 303-311.
Woodward, T.E.; W.F. Turner; D. Griffiths. 1915. Prickly pear as a feed for dairy cows. J. Agr. Res. 4, 405-450.

Fecha de Recepción: 21 de abril de 2007
Fecha de Aceptación: 01 de agosto de 2007