

Efecto del Tratamiento Alcalino (NaOH) en la Digestibilidad de la Materia Seca y Proteína de la Totora (*Scirpus californicus*) en Cuyes (*Cavia porcellus*)

ALKALINE TREATMENT (NaOH) EFFECT IN THE DRY MATTER AND PROTEIN DIGESTIBILITY OF CALIFORNIA BULRUSH (*Scirpus californicus*) IN GUINEA PIGS (*Cavia porcellus*)

Jorge Castro Bedriñana^{1,2}, Doris Chirinos Peinado¹, Clever Páucar Quevedo²

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del tratamiento alcalino de la totora (*Scirpus californicus*) con hidróxido de sodio (NaOH) al 2, 3 y 4% base seca sobre la digestibilidad de la materia seca y proteína en cuyes (*Cavia porcellus*). Las pruebas de digestibilidad se realizaron en 16 cuyes machos de 4 meses de edad de la línea Inti (cuatro cuyes por tratamiento): (T1): totora sin tratamiento alcalino, (T2) con NaOH al 2%, (T3) con NaOH al 3% y (T4) con NaOH al 4%. Los coeficientes de digestibilidad (%) para la materia seca de T1 a T4 fueron de 63.46, 65.27, 69.88 y 70.86%, respectivamente, donde T1 y T2 fueron diferentes a T3 y T4 ($p<0.01$). En el caso de la proteína total fue de 73.86, 75.06, 78.46 y 81.25%, respectivamente, donde T3 y T4 fueron superiores, y a su vez diferentes entre sí ($p<0.01$). Se concluye que el tratamiento de la totora con NaOH fue efectivo en mejorar la digestibilidad de la materia seca y proteína cruda, obteniéndose un mejor efecto al emplear NaOH al 4%.

Palabras clave: digestibilidad, totora, hidróxido de sodio, proteína total, materia seca, cuyes

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the effect of alkaline treatment of the California bulrush (*Scirpus californicus*) treated with sodium hydroxide (NaOH) at 2, 3 and 4% on a dry basis, on dry matter and protein digestibility in guinea pigs (*Cavia porcellus*). The

¹Laboratorio de Nutrición Animal, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú

² Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú

³ E-mail: jorgecastrobe@yahoo.com

Recibido: 10 de junio de 2016

Aceptado para publicación: 31 de octubre de 2016

digestibility tests were conducted on 16 adult male guinea pigs of the Inti genetic line. Four animals were used per treatment: (T1): California bulrush without alkaline treatment, (T2) with 2% NaOH, (T3) with 3% NaOH, and (T4) with 4% NaOH. The digestibility coefficients of dry matter in T1 to T4 were 63.46, 65.27, 69.88 and 70.86% respectively, where T1 and T2 were significantly different from T3 and T4 ($p < 0.01$). In the case of total protein, the digestibility values were 73.86, 75.06, 78.46 y 81.25% respectively, where T3 and T4 were greater and different between each other ($p < 0.01$). It is concluded that the treatment of California bulrush with NaOH was effective in improving the digestibility of dry matter and crude protein, especially at the level of 4% NaOH.

Key words: digestibility, California bulrush, sodium hydroxide, total protein, dry matter, guinea pigs

INTRODUCCIÓN

La condición de herbívoro del cuy (*Cavia porcellus*) permite alimentarlo con todo tipo de forrajes, desde las leguminosas como la alfalfa, hasta especies fibrosas como el caso de la totora (*Scirpus californicus*). Esta planta, en las condiciones de Lachoc, Tucumachay y Paturpampa, Huancavelica, Perú, es un recurso disponible, pero para su empleo técnico adecuado se debe conocer su composición química, aporte de nutrientes digestibles y consumo voluntario (Castro y Chirinos, 2007).

La composición química de un alimento indica solo su contenido bruto, mas no su digestibilidad. Este es uno de los indicadores de importancia para determinar la calidad de las proteínas, la cual puede estar influenciada por la presencia de componentes no proteicos que afectan el consumo y la digestión como es el contenido de fibra que afecta el tránsito intestinal, interfiriendo en los procesos enzimáticos de liberación de los aminoácidos y afectando el valor nutricional de los materiales vegetales destinados a los animales (Church *et al.*, 2002; Shimada, 2007). La prueba de digestibilidad permite cuantificar los nutrientes consumidos y la respectiva cantidad eliminada en las heces, calculándose por diferencia el grado de desaparición de los nutrientes debido a la absorción (Castro y Chirinos, 2007). En el caso de la fracción

proteica, la digestibilidad es ‘aparente’ cuando no se hacen correcciones del nitrógeno que no proviene de la dieta, sino de la desca-mación del tubo digestivo, de los jugos y secreciones y de la flora intestinal, el cual constituye una pérdida inevitable de nitróge-no (Church *et al.*, 2002).

Los coeficientes de digestibilidad se pueden determinar *in vivo*, empleando animales y la colección total de la excreta (método convencional) o mediante el uso de marcadores, así como con métodos *in vitro*, donde se utilizan técnicas de laboratorio mediante el empleo de enzimas digestivas (FAO/OMS, 1992). En este último caso, se puede emplear una técnica directa cuando el insumo en estudio constituye el 100% de la ración (Church *et al.*, 2002; Castro y Chirinos, 2007).

Castro y Chirinos (2007) proporcionan un esquema práctico para la realización en ensayos de digestibilidad *in vivo* por el método directo; es decir, cuando el insumo en evaluación constituye el único en la dieta. Para esto se seleccionan animales de pesos homogéneos, de preferencia machos, para facilitar la recolección de heces y orina por separado. Los animales son dispuestos en jaulas metabólicas. En la fase preexperimental, usualmente de cinco días, se habitúa al animal a la ración en estudio y se ajusta el consumo. En la fase experimental (8 a 10 días), se realiza la medición del consumo y la pro-

ducción fecal correspondiente. Generalmente se asume que las heces colectadas en un día corresponden al material indigestible del alimento consumido el día anterior. El análisis químico del alimento y de las heces permite calcular la diferencia entre la cantidad de un nutriente consumido por el animal y la cantidad excretada.

Diversos reportes indican las ventajas del tratamiento de alimentos vegetales con NaOH en la mejora del valor nutritivo de insumos fibrosos como los pastos secos, pajas de cebada, trigo, maíz, avena y otros. El tratamiento alcalino rompe los enlaces de hidrógeno entre la celulosa, hemicelulosa y lignina (Chesson *et al.*, 1983; Sundstol, 1988; Jami *et al.*, 2014), facilitando la digestión de los componentes del forraje (Berger *et al.*, 1994; Jami *et al.*, 2014), mejorando la digestibilidad en 5-10% e incrementando el consumo en 25-50% (Preston, 1995). Respuestas favorables se han reportado en paja de trigo (Haddad *et al.*, 1994, 1998), paja de cebada (Zaman y Owen, 1995), paja de trigo (Ng'ambi y Campling, 1991) y rastrojo de maíz (Jami *et al.*, 2014). Similarmente, el tratamiento de granos de trigo, cebada y avena, con NaOH ha dado resultados positivos al ser utilizados en la alimentación animal (De Campeneere *et al.*, 2006; Hetta *et al.*, 2013).

En este contexto, el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto del tratamiento de la totora con diferentes concentraciones de NaOH sobre los coeficientes de digestibilidad de la materia seca y proteína en cuyes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras y Tratamiento de la Totora

Totora en inicio de floración (5%) fue picada en porciones de 25 a 30 mm y se determinó el contenido de materia seca (AOAC, 1995). El forraje fue tratado con soluciones de NaOH al 2, 3 y 4%, a base de materia

seca, con un tiempo de reacción de 24 horas y oreado por dos horas antes de ofrecerla a los cuyes.

El análisis químico proximal de la totora y de las heces de los cuyes que recibieron el alimento fue realizado en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional del Centro del Perú, siguiendo los protocolos de la AOAC (1995).

Digestibilidad *in vivo*

Se utilizaron 16 cuyes machos de la línea Inti, de cuatro meses de edad, de pesos similares, distribuidos aleatoriamente en cuatro grupos de cuatro cuyes cada uno. Los animales fueron alojados en jaulas metabólicas individuales ubicados en la sala de digestibilidad de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional de Huancavelica y se sometieron a un proceso previo de adaptación por siete días, en el que se sustituyó el forraje que venían consumiendo (alfalfa) por la totora convencional y las tratadas con NaOH. El periodo experimental fue de siete días, en que se recogieron las heces y el alimento sobrante en forma diaria. Las heces fueron desecadas, pesadas y trituradas para el análisis del contenido de N mediante el método de micro Kjeldahl (AOAC, 1995).

La digestibilidad aparente (DA) para cada animal se calculó mediante la fórmula siguiente: $DA = [(Cantidad\ del\ componente\ ingerido - Cantidad\ del\ componente\ en\ heces) / Cantidad\ del\ componente\ ingerido] \times 100$, donde los componentes fueron la materia seca y la proteína cruda ($N \times 6.25$).

Análisis Estadístico

Los coeficientes de digestibilidad de la materia seca y de la proteína fueron sometidos a un análisis de variancia en un diseño completamente randomizado, utilizando el paquete estadístico SPSS 16. Las diferencias estadísticas entre medias fueron determinadas aplicando la prueba de Tukey, con un ni-

vel de confianza del 95%. Previo a los análisis estadísticos, los valores porcentuales de digestibilidad fueron transformados angularmente a $\text{ArcSeno}^{\sqrt{}}\%$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de materia seca y proteína total de la totora utilizada en los ensayos de digestibilidad fue 30.87 y 13.87%, respectivamente. El contenido de materia seca fue similar al reportado por Castro y Chirinos (2008), quienes para la totora sin inflorescencia y con inflorescencia reportaron contenidos de materia seca de 30.69 y 31.53%, respectivamente, y para proteína total de 14.68 y 11.91%, respectivamente.

En el Cuadro 1 se muestra la digestibilidad aparente de la materia seca de la totora tratada con hidróxido de sodio en las cuatro concentraciones.

Los niveles de 3 y 4% de NaOH presentaron una mejor digestibilidad de la materia seca. Es así que los tratamientos con 2, 3 y 4% del NaOH mejoraron la digestibilidad de la totora seca en 2.8, 10.1 y 11.7%, respectivamente. La NaOH permitió una solubilización parcial de los componentes de la fibra (Chesson *et al.*, 1983; Sundstol, 1988; Jami *et al.*, 2014), facilitando la digestión de los componentes orgánicos y, por ende, mejorando la digestibilidad de la materia seca del forraje y la respuesta animal (Berger *et al.*, 1994; De Campeneere *et al.*, 2006).

El incremento de la digestibilidad de la materia seca se encuentra dentro del rango reportado por Preston (1995), quien indica que se puede esperar incrementos entre el 5 y 10%. Jami *et al.* (2014) obtuvieron resultados positivos al emplear rastrojo de maíz tratado con NaOH; similarmente, Katergile *et al.* (1981), al comparar el uso de combinaciones de hidróxidos (sodio y calcio) sobre la digestibilidad del rastrojo de maíz, reportan que utilizando 5% de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ se mejora

significativamente la digestibilidad de la materia seca. Por otro lado, otros estudios reportan incrementos del 20 al 30% con el uso de NaOH en pajas de trigo (Haddad *et al.*, 1994, 1998) y de cebada (Zaman *et al.*, 1995), e inclusive de 60% empleando bagazo de caña (Martín, 1988).

Los resultados muestran una mejora significativa del tratamiento químico de la totora sobre la digestibilidad de la proteína cruda de la totora en los cuyes (Cuadro 2). El aporte de proteína digestible al tratar a la totora con NaOH al 4% mejoró en 10.1% con respecto a la totora sin tratamiento, lo cual puede permitir una mejor respuesta productiva de los cuyes. Este resultado está en línea con las observaciones de Preston (1995), quien refiere que el tratamiento alcalino de insumos fibrosos mejora la digestibilidad de sus componentes orgánicos hasta en 10%. Asimismo, Ng'ambi y Campling (1991) obtuvieron un aumento en la digestibilidad de la materia orgánica de 13% para paja de avena, 24% para paja de trigo y 36% para paja de cebada cuando fueron tratadas con NaOH al 4%. Si bien estos estudios eran dirigidos hacia la alimentación de rumiantes, en el presente estudio se evidencia que este tipo de tratamientos también puede ser de mucha utilidad en la alimentación de herbívoros menores, como los cuyes.

Finalmente, se indica que la digestibilidad de materia seca y proteína de la totora sin tratar (63.46 y 73.86%, respectivamente) tiene relación con los reportes de Castro y Chirinos (2008), quienes para la totora sin inflorescencia y con inflorescencia obtienen coeficientes de digestibilidad de la materia seca de 76.67 y 64.62%, respectivamente, y para la proteína de 83.69 y 77.05%, respectivamente, observándose los mayores coeficientes de digestibilidad en el caso de la totora sin inflorescencia, ya que al madurar la planta disminuye significativamente su digestibilidad, debido a que se enriquece de fibra y disminuye la fracción proteica y, en el presente estudio, la totora se encontraba en inicio de floración.

Cuadro 1. Efecto del tratamiento de la totora (*Scirpus californicus*) con cuatro niveles de NaOH sobre la digestibilidad de la materia seca en cuyes

Tratamientos	Coefficiente de digestibilidad	Intervalo de confianza (95%)	
	Promedio $\pm$ d.e.	Límite superior	Límite inferior
Sin NaOH	63.46 $\pm$ 1.02 ^b	61.83	65.98
NaOH al 2%	65.27 $\pm$ 1.12 ^b	63.49	67.05
NaOH al 3%	69.88 $\pm$ 1.18 ^a	67.99	71.75
NaOH al 4%	70.85 $\pm$ 1.62 ^a	68.28	69.17

^{a,b} Valores promedio con superíndices diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.01$)

Cuadro 2. Efecto del tratamiento de la totora (*Scirpus californicus*) con cuatro niveles de NaOH sobre la digestibilidad de la proteína en cuyes

Tratamientos	Coefficiente de digestibilidad	Intervalo de confianza (95%)	
	Promedio $\pm$ d.e.	Límite superior	Límite inferior
Sin NaOH	73.86 $\pm$ 0.83 ^c	72.53	75.18
NaOH al 2%	75.06 $\pm$ 1.09 ^c	73.32	76.79
NaOH al 3%	78.46 $\pm$ 1.93 ^b	75.38	81.54
NaOH al 4%	81.25 $\pm$ 0.96 ^a	79.71	82.78

^{a,b} Valores promedio con superíndices diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.01$)

CONCLUSIONES

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca y proteína de la totora mejoró al ser tratada químicamente con NaOH, especialmente en la concentración de 4%.

LITERATURA CITADA

1. **AOAC International. 1995.** Official methods of analysis of AOAC International. 16th ed. Arlington, VA, USA: Association of Analytical Communities.
2. **Berger LL, Fahey Jr. GC, Bourquin LD, Titgermeyer EC. 1994.** Modification of forage quality after harvest. In: Fahey GC Jr (ed). National Conference on Forage Quality, Evaluation and Utilization. University of Nebraska, Lincoln, USA. p 922-966.
3. **Castro J, Chirinos D. 2008.** Manual de formulación de raciones balanceadas para animales. Concytec. 230 p.
4. **Castro J, Chirinos D. 2007.** Nutrición animal. 2^a ed. Huancayo, Perú: Ind. Gráfica. 220 p.
5. **Chesson A, Gordon AH, Lomax JA. 1983.** Substituent groups linked by alkali-labile bonds to arabinose and xylose

- residues of legume, grass and cereal straw cell walls and their fate during digestion by rumen microorganisms. *J Sci Food Agr* 34: 1330-1340. doi: 10.1002/jsfa.2740341204
6. **Church DC, Pond WG, Pond KR. 2002.** Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. 2ª ed. México DF: Ed. Limusa. 635 p.
7. **De Campeneere S, De Boever JL, De Brabander DL. 2006.** Comparison of rolled, NaOH treated and ensiled wheat grain in dairy cattle diets. *Livestock Sci* 99: 267-276. doi: 10.1016/j.livprodsci.2005.08.003
8. **[FAO/OMS] Organizaciòn de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación / Organización Mundial de la Salud. 1992.** Evaluación de la calidad de las proteínas: informe de una consulta de expertos. Roma: FAO. 57 p.
9. **Haddad SG, Grant RJ, Klopfenstein TJ. 1994.** Digestibility of alkali-treated wheat straw measured *in vitro* or *in vivo* using Holstein heifers. *J Anim Sci* 72: 3258-3265.
10. **Haddad SG, Grant RJ, Kachman SD. 1998.** Effect of wheat straw treated with alkali on ruminal function and lactational performance of dairy cows. *J Dairy Sci* 81: 1956-1965. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(98)75769-8
11. **Hetta M, Tahir MN, Krizsan SJ, Puranen A, Huhtanen P. 2013.** Effects of NaOH-treated wheat and a mixture of barley and oats on the voluntary feed intake and milk production in dairy cows. *Livestock Sci* 154: 103-111. doi: 10.1016/j.livsci.2013.03.015
12. **Jami E, Shterzer N, Yosef E, Nikbachat M, Miron J, Mizrahi I. 2014.** Effects of including NaOH-treated corn straw as a substitute for wheat hay in the ration of lactating cows on performance, digestibility, and rumen microbial profile. *J Dairy Sci* 97: 1623-1633. doi: 10.3168/jds.2013-7192
13. **Katargile JA, Urio NA, Sundstol F, Mzihirwa YG 1981.** Simplified method for alkali treatment of low-quality roughages for use by small-holders in developing countries. *Anim Feed Sci Technol* 6: 133-143. doi: 10.1016/0377-8401(81)90044-4
14. **Martín PC. 1988.** Bagazo como alimento para rumiantes (sugar cane stalks as feed for ruminants). In: Sugar cane feed. FAO. Animal Production and Health. Paper N.º 72. Rome: FAO. p 134-145.
15. **Ng'ambi JW, Campling RC. 1991.** Effects of sodium hydroxide and of energy and protein supplements on the voluntary intake and digestibility of barley, oat and wheat straw by cattle. *J Agric Sci* 117: 251-256. doi: 10.1017/S0021859600065357
16. **Preston TR. 1995.** Tropical animal feeding - A manual for research workers. Rome: FAO. Italy. 154 p.
17. **Shimada AM. 2007.** Nutrición animal. México: Ed Trillas. 388 p.
18. **Sundstol F. 1988.** Straw and other fibrous by-products. *Livest Prod Sci*. 19: 137-158. doi: 10.1016/0301-6226(88)90088-7
19. **Zaman MS, Owen E. 1995.** The effect of calcium hydroxide and urea treatment of barley straw on chemical composition and digestibility *in vitro*. *Anim Feed Sci Technol* 51: 165-171.