

## Bromatological characterization of three agricultural wastes of interest in ruminants feeding, in Sinaloa, Mexico. Technical note

### Caracterización bromatológica de tres esquilmos agrícolas de interés en la alimentación de rumiantes, en Sinaloa, México. Nota técnica

H. de J. López<sup>1</sup>, Bertha B. Chongo<sup>2</sup>, O. La O<sup>2</sup>, J.E. Guerra<sup>1</sup>, H. López<sup>1</sup> and Maribel Luna<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Eje de Producción Animal de la Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Sinaloa, Apartado Postal 80007, Culiacán de Rosales, Sinaloa, México

<sup>2</sup>Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de Las Lajas, La Habana  
Email: ebrio\_1288@hotmail.com

In order to characterize the bromatological composition of three agricultural wastes: maize (*Zea mays*), sorghum (*Sorghum sp.*) and chickpea (*Cicer arietinum*) in Sinaloa state, Mexico, selected for their possibilities of use in ruminants feeding, was determined to the samples (n = 21) of these by-products the percentage of crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, hemicellulose and cellular content. The crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and cellular content showed differences (P < 0.0001) between treatments, while hemicellulose was similar in the three agricultural wastes. The obtained results show that the chickpea waste has a better chemical composition than the rest. They also suggest performing physiological tests on ruminants to determine the inclusion levels and potential use of wastes, in order to determine their nutritional value.

Key words: *chemical composition, harvest wastes, maize, sorghum, chickpea*

In Sinaloa state, approximately 5 million tons of agricultural wastes are generated per year, which can be used to feed livestock. However, it is far from achieving an efficient use of these resources, since the average use of these by-products in livestock feeding approaches 45 % of the total available (SIACON-SIAP 2017). The vast majority is simply burns in the field, causing serious problems of environmental pollution, or is underused due to ignorance of its nutritional value and limitations, in terms of the response of the animals to their inclusion in the diet.

The wastes are characterized by being fibrous materials rich in structural carbohydrates of low digestibility and content of protein, minerals and vitamins. They are composed by the fraction of lower digestibility and nutritional value, because as the plant ages and finish its productive cycle, it stores in the fruit the nutrients. However, they can be used as supplements in diets or rations of ruminants, especially in critical times due to lack of forage and food (Reyes *et al.* 2013). They can also be used as a complement in exploitation systems, where the energy demand is lower in some productive phase of these animals.

There is a great variation in the chemical composition of the different wastes, and this, in turn, has marked

Para caracterizar la composición bromatológica de tres esquilmos agrícolas: maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum sp.*) y garbanzo (*Cicer arietinum*) en el estado de Sinaloa, México, seleccionados por sus posibilidades de uso en la alimentación de rumiantes, se determinó a las muestras (n=21) de estos subproductos el porcentaje de proteína bruta, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, hemicelulosa y contenido celular. La proteína bruta, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y contenido celular presentaron diferencias (P < 0.0001) entre los tratamientos, mientras que la hemicelulosa fue similar en los tres esquilmos agrícolas. Los resultados obtenidos indican que el esquilmo de garbanzo tiene mejor composición química que los restantes. Sugieren además, realizar pruebas fisiológicas en rumiantes para determinar los niveles de inclusión y potencial de uso de los esquilmos, con el propósito de determinar su valor nutritivo.

Palabras clave: *composición química, residuos de cosecha, maíz, sorgo, garbanzo*

En el estado de Sinaloa se generan al año, aproximadamente, 5 000 000 t de esquilmos agrícolas que pueden ser utilizados para alimentar el ganado. Sin embargo, se está lejos de lograr un uso eficiente de estos recursos, ya que el promedio de aprovechamiento de estos subproductos en la alimentación del ganado se aproxima al 45 % del total disponible (SIACON-SIAP 2017). La gran mayoría simplemente se quema en el terreno, provocando graves problemas de contaminación ambiental, o se subutiliza por el desconocimiento de su valor nutritivo y limitaciones, en cuanto a la respuesta de los animales ante su inclusión en la dieta.

Los esquilmos se caracterizan por ser materiales fibrosos, ricos en carbohidratos estructurales de baja digestibilidad y contenido de proteína, minerales y vitaminas. Están compuestos por la fracción de menor digestibilidad y valor nutritivo, porque al envejecer la planta y terminar su ciclo productivo, almacena en el fruto las sustancias nutritivas. Sin embargo, pueden ser utilizados como suplementos en dietas o raciones de los rumiantes, sobre todo en épocas críticas por falta de forraje o alimento (Reyes *et al.*, 2013). También se pueden emplear como complemento en sistemas de explotación, en los que la demanda de energía es menor en alguna fase productiva de estos animales.

Existe una gran variación en la composición química

effects on the degree of use by the animal, since the cell wall plays an important role in the efficiency of use of the structural polysaccharides by ruminants. This variability must be taken into account if it is desired to make a more efficient use of the nutritional potential of these wastes (Tirado, 2011).

In the region of Sinaloa state up today, there are no comprehensive chemical characterization studies of agricultural wastes, which allow determining the main differences between their bromatological characteristics. This information would allow designing adequate feeding programs for the tropical zones, when knowing the strategic nature of these by-products as an unconventional source of food.

The objective of this study was to characterize the bromatological composition of three agricultural wastes: maize (*Zea mays*), sorghum (*Sorghum sp.*) and chickpea (*Cicer arietinum*) from Sinaloa state, Mexico, selected for their possibilities of use in ruminants feeding.

The research was carried out in the zootechnical area and in the laboratory of animal nutrition from Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa, México. This facility is located in the center of the state, in Culiacán municipality, at a longitude of 107° 24' and latitude 24° 49' north and height of 62 m o.s.l. The annual average temperature is of 24.9 °C, being the minimum of 19.4 °C in January, and the maximum of 29.3 °C in May. The climate is warm and semi-dry, with an annual rainfall of 671.7 mm.

It worked with three agricultural wastes (maize, sorghum and chickpea), from Unión Ganadera Regional de Sinaloa (UGRS). This government agency is located in the capital of (Culiacán) state and is responsible for receiving in its warehouses agricultural wastes produced in the different municipalities of Sinaloa state. In order to obtain representative samples from all over the state, the wastes were sampled at random by the use of sample taker when they arrived at the storage site in the UGRS.

A total of twenty-one random samples were taken for the chemical analyzes of the wastes. The dry, unprocessed material was milled in a Thomas Willey # 4 mill, for which a 1 mm mesh sieve was used. The samples were packed in glass bottles, hermetically sealed and stored at room temperature until their analysis (Herrera *et al.* 1986).

The analyzes corresponding to crude protein (CP) were determined by AOAC (2016). The neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), hemicellulose (HEMI) and cellular content (CC) according to Goering and van Soest (1970).

A completely randomized design was used for the variables CP, NDF, ADF, HEMI and CC. The treatments were the wastes of maize, chickpea and sorghum. The results were processed using the Infostat statistical package (Di Rienzo *et al.* 2012). Duncan (1955) test was

de los diferentes esquilmos, y esta, a su vez, tiene efectos marcados en el grado de aprovechamiento por parte del animal, ya que la pared celular desempeña una función importante en la eficiencia de utilización de los polisacáridos estructurales por parte de los rumiantes. Esta variabilidad se debe tomar en cuenta, si se desea hacer un uso más eficiente del potencial nutricional de estos residuos (Tirado 2011).

Hasta la fecha, en la región del estado de Sinaloa, no existen estudios integrales de caracterización química de los esquilmos agrícolas, que permitan determinar las principales diferencias entre sus características bromatológicas. Esta información permitiría diseñar programas de alimentación adecuados para las zonas tropicales, al conocer el carácter estratégico de estos subproductos como fuente de alimento no convencional.

Este trabajo tuvo como objetivo caracterizar la composición bromatológica de tres esquilmos agrícolas: maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum sp.*) y garbanzo (*Cicer arietinum*), del estado de Sinaloa, México, seleccionados por sus posibilidades de uso en la alimentación de rumiantes.

La investigación se realizó en la posta zootécnica y en el laboratorio de bromatología y nutrición animal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa, México. Esta instalación se halla en el centro del estado, en el municipio Culiacán, a una longitud 107° 24' y latitud 24° 49' norte y altura de 62 msnm. La temperatura media anual es de 24.9 °C, siendo la mínima de 19.4 °C en enero, y la máxima de 29.3 °C en mayo. El clima es cálido y semiseco, con precipitación anual de 671.7 mm.

Se trabajó con tres esquilmos agrícolas (maíz, sorgo y garbanzo), procedentes de la Unión Ganadera Regional de Sinaloa (UGRS). Esta dependencia gubernamental radica en la capital del estado (Culiacán) y se encarga de recibir en sus bodegas a los esquilmos agrícolas producidos en los diferentes municipios. Con la finalidad de obtener muestras representativas de todo el estado, los esquilmos se muestrearon al azar mediante el uso de caladores cuando llegaron al sitio de almacenamiento en la UGRS.

Se tomaron 21 muestras aleatorias para los análisis químicos de los esquilmos. El material seco, sin procesar, se molió en un molino Thomas Willey # 4, para lo cual se utilizó un cedazo con malla de 1 mm. Las muestras se envasaron en frascos de cristal, con cierre hermético y se almacenaron a temperatura ambiente hasta su análisis (Herrera *et al.* 1986).

Los análisis correspondientes a la proteína bruta (PB) se determinaron por AOAC (2016). La fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa (HEMI) y contenido celular (CC) según Goering y van Soest (1970).

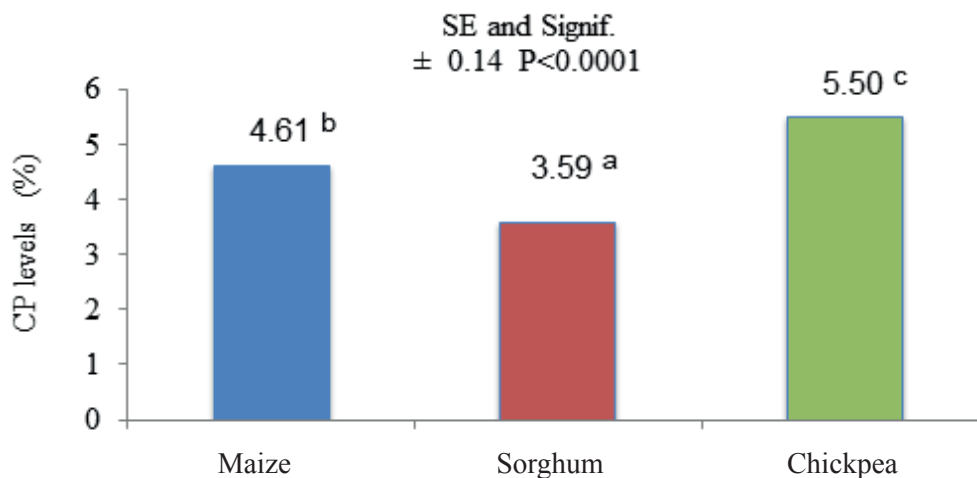
Se utilizó un diseño completamente aleatorizado para las variables PB, FDN, FDA, HEMI y CC. Los tratamientos fueron los esquilmos de maíz, garbanzo y sorgo. Los resultados se procesaron mediante el paquete estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.* 2012). Se aplicó

applied for means comparison ( $P < 0.05$ ). The samples were analyzed in triplicate.

The results of the chemical characterization of the different wastes showed a higher CP content for the chickpea waste (figure 1). The values of the chickpea were highly significant with respect to those of maize

décima de Duncan (1955) para la comparación de medias ( $P < 0.05$ ). Las muestras se analizaron por triplicado.

Los resultados de la caracterización química de los diferentes esquilmos evidenciaron mayor contenido de PB para el esquilmo de garbanzo (figura 1). Los valores del garbanzo fueron altamente significativos con



<sup>a, b, c</sup> Means with different letters differ to  $P < 0.05$  for Duncan (1955)

Figure 1. Performance of CP (%) among agricultural wastes.

and sorghum.

The CP results are comparable with those of Sánchez *et al.* (2012), when analyzing maize stubble. However, they differ from those obtained by Aghajanzadeh *et al.* (2012) with chickpea straw. Generally, the CP results for agricultural wastes were low. In this regard, Serrato *et al.* (2013) refers the low nutritional value of these by-products, which corresponds with the results obtained in this study.

According to Macías (2015), there is great variation in the chemical composition of wastes, due to the species. The higher protein levels in chickpea waste may be related to the influence of this factor on nutritional quality. Legume straws generally contain more protein than cereal straws (Aghajanzadeh *et al.* 2012).

These results show that the quality, measured according to the CP content, is given by the type of forage species. Although the CP content can also vary depending on the season of the year, climate and agronomic management (Macías 2015).

The percentages of NDF, ADF, HEMI and CC of the agricultural wastes evaluated are shown in table 1. The agricultural waste of chickpea showed lower ( $P < 0.0001$ ) fibrous content (NDF = 68.38 %, ADF = 42.86 %) and higher cellular content (CC = 31.60 %) with respect to the rest of the evaluated materials. The maize waste was the crop residue that showed the highest ( $P < 0.0001$ ) cell wall content (NDF = 72.23 %), lignocellulosic complex (ADF = 47.11 %) and cellular content (CC = 27.71 %). The hemicellulose (HEMI) showed no differences between treatments.

The results obtained in this experiment, in terms

respecto a los de maíz y sorgo.

Los resultados de PB son comparables con los de Sánchez *et al.* (2012), al analizar el rastrojo de maíz. Sin embargo, difieren de los obtenidos por Aghajanzadeh *et al.* (2012) con paja de garbanzo.

De forma general, los resultados de PB para los esquilmos agrícolas fueron bajos. Al respecto, Serrato *et al.* (2013) refieren el poco valor nutritivo de estos subproductos, lo que se corresponde con los resultados obtenidos en el presente estudio.

Según Macías (2015), existe gran variación en la composición química de los esquilmos, debido a la especie. Los niveles superiores de proteína en el esquilmo de garbanzo pudieran estar relacionados con la influencia de este factor en la calidad nutricional. Las pajas de las leguminosas contienen, generalmente, más proteína que las pajas de los cereales (Aghajanzadeh *et al.*, 2012).

Estos resultados indican que la calidad, medida en función del contenido de PB, está dada por el tipo de especie forrajera. Aunque el contenido de PB también puede variar en dependencia de la época del año, clima y manejo agronómico (Macías 2015).

Los porcentajes de FDN, FDA, HEMI y CC de los esquilmos agrícolas evaluados se observan en la tabla 1. El esquilmo agrícola de garbanzo presentó menor ( $P < 0.0001$ ) contenido fibroso (FDN=68.38 %; FDA=42.86%) y mayor contenido celular (CC=31.60 %) respecto al resto de los materiales evaluados. El esquilmo de maíz fue el residuo de cosecha que presentó mayor ( $P < 0.0001$ ) contenido de pared celular (FDN= 72.23 %), complejo lignocelulósico (FDA=47.11 %) y contenido celular (CC=27.71%). La hemicelulosa (HEMI) no mostró diferencias entre tratamientos.

Table 1. Performance of the fibrous fractions (%) among agricultural wastes

Variables	Wastes			SE and Sign.
	Maize	Sorghum	Chickpea	
NDF	72.23 <sup>c</sup>	69.98 <sup>b</sup>	68.38 <sup>a</sup>	±0.18 P<0.0001
ADF	47.11 <sup>c</sup>	44.06 <sup>b</sup>	42.86 <sup>a</sup>	±0.34 P<0.0001
HEMI	25.13	25.91	25.54	±0.60 P=0.7214
CC	27.71 <sup>a</sup>	30.02 <sup>b</sup>	31.60 <sup>c</sup>	±0.18 P<0.0001

<sup>a, b, c</sup> Means with different letters in the same row differ to P <0.05 for Duncan (1955)

of fibrous fractions, are comparable with those of Sánchez *et al.* (2012), who reported NDF contents between 70.54 and 72.04 % and 42.60 and 46.53 % of ADF for maize stubble. However, they are superior to those of Serrato *et al.* (2013), who reported figures of 66 % (NDF) and 40 % (ADF) for the agricultural waste of sorghum, values that are typical of foods of low nutritional quality, which can be as a complement in rations for ruminants at times of the year in which the base grass is scarce.

The developed studies allowed identifying differences from the quantitative point of view among the wastes, in terms of chemical composition. In addition, they showed that the chickpea waste had a higher nutritional quality than maize and sorghum. However, physiological studies and of interaction with the animal are necessary to determine the nutritional value and the possible differences that may exist between the wastes and its potential in ruminants feeding as an alternative of use, when the availability of nutrients is low.

Los resultados obtenidos en este experimento, en cuanto a las fracciones fibrosas, son comparables con los de Sánchez *et al.* (2012), quienes informaron contenidos de FDN entre 70.54 y 72.04 % y 42.60 y 46.53 % de FDA para el rastrojo de maíz. Sin embargo, son superiores a los de Serrato *et al.* (2013), quienes refirieron cifras de 66 % (FDN) y 40 % (FDA) para el esquilmo agrícola de sorgo, valores que resultan propios de alimentos de baja calidad nutritiva, que pueden servir de complemento en raciones para rumiantes en épocas del año en las que escasea el pasto base.

Los estudios desarrollados permitieron identificar diferencias desde el punto de vista cuantitativo entre los esquilmos, en cuanto a la composición química. Además, demostraron que el esquilmo de garbanzo tuvo mayor calidad nutritiva con respecto al maíz y sorgo. Sin embargo, se hacen necesarios estudios fisiológicos y de interacción con el animal para determinar el valor nutricional y las posibles diferencias que pudieran existir entre los esquilmos y su potencialidad en la alimentación de rumiantes como alternativa de uso, cuando la disponibilidad de nutrientes es baja.

## References

- Aghajanzadeh, G. A., Maheri, S. N., Baradaran, H. A., Asadi, D. A., Mirzaei, A. A. & Dolgari, S. J. (2012) Determining Nutrients Degradation Kinetics of Chickpea (*Cicer arietinum*) Straw Using Nylon Bag Technique in Sheep. *Open Veterinary Journal*, 2, 54-57.
- AOAC. 2016. Official methods of analysis of AOAC International. 20. ed. ed., Rockville MD: AOAC International., Latimer, George W. Jr., ISBN: 9780935584875, Available: <<http://www.worldcat.org/title/official-methods-of-analysis-of-aoac-international/oclc/981578728?referer=null&ht=edition>>, [Consulted: April 5, 2018].
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. & Robledo, C.W. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Available: URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Duncan, D. B. 1955. "Multiple Range and Multiple F Tests." *Biometrics*, 11(1): 1-42, ISSN: 0006341X, DOI: 10.2307/3001478.
- Goering, H. K. & Van Soest, P. J. 1970. "Forage fiber analysis". *Agriculture handbook*, (379): 1-19, ISSN: 0015-5691.
- Herrera, R.S., González, S.B., García, M., Ríos C. & Ojeda, F. 1986. Análisis químico del pasto. In: *Los pastos en Cuba*. Vol. 1. Producción, 2da Ed. Capítulo XVI. La Habana. p. 701.
- Macías, E. 2015. Aplicación de celulasas o xilanasas para mejora en la digestión ruminal *in vitro* en tres residuos de cosecha. PhD Thesis. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.
- Reyes, L., Camacho, T. C. & Guevara, F. 2013. Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico Núm. 7. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. I-viii, 1-242 p.
- Sánchez, A. E., Ortega, C. M. E., Mendoza, M. G., Montañez, V. O. & Buntinx, D. S. E. 2012. Rastrojo de maíz tratado con urea y metionina. *Interciencia*, 37:5.
- Serrato J. S., Minor H. T. I., García S. H. & Minor H. A. 2013. Digestibilidad aparente de rastrojo de maíz y soca de sorgo en cabras en crecimiento suplementadas con pollinaza- melaza. *Agrofaz*. 13:1.

SIACON-SIAP. (2017). SIACON 1980-2016. Distrito Federal, México: SIAP. Base de datos Available.: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=286:iacon&catid=62:portada&Itemid=428](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=286:iacon&catid=62:portada&Itemid=428). (Consulted: June 18, 2017).

Tirado, G. (2011). Efecto de preparaciones enzimáticas y aditivos químicos sobre la digestibilidad del rastrojo de maíz *in vitro* e *in vivo*. PhD Thesis. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México.

**Received: May 29, 2018**





