

Fermentación en estado sólido de la cáscara de cacao, (*Theobroma cacao*. L).

Solid state fermentation of the cocoa husk, (*Theobroma cacao*. L).

Autores: M.V. Suset Hechavarría-Riviaux¹, Dr. C. Abel Ortiz-Milán², Dr. C. Arabel Elías-Iglesias², Lic. Martha Gisela Toro-Pérez¹

Organismo: Universidad de Guantánamo. Cuba¹. Instituto de Ciencia Animal. Mayabeque. Cuba².

Email: susethr@cug.co.cu

Resumen.

Con el objetivo de mejorar la composición bromatológica de la cáscara de cacao para la alimentación animal, se realizó un experimento con diferentes variantes de fermentación en estado sólido que incluyeron niveles de urea (0, 1 y 1,5 %) y tiempos de fermentación (24, 48 y 96 horas). Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial (3x3) con 3 repeticiones. Se evaluó la materia seca (MS), ceniza (Cz), proteína bruta (PB), calcio (Ca), fósforo (P), fibra ácida detergente (FAD) y fibra neutra detergente (FDN). Al final del proceso fermentativo hubo una disminución de la MS, del componente fibroso y un aumento de 9,49 y 10,19 unidades porcentuales de la PB a las 96 horas, al incluir 1 % y 1,5 % de urea, con respecto a la cáscara sin fermentar (9,12). Se concluye que la fermentación de este subproducto con la incorporación de urea, incrementa su concentración proteica.

Palabras clave: cáscara de cacao; composición bromatológica; fermentación en estado sólido,

Abstract.

In order to improve the bromatological composition of the cocoa husk for animal feed, an experiment was carried out with different variants of solid state fermentation that included urea levels (0, 1 and 1.5%) and fermentation times (24, 48 and 96 hours) A completely randomized design with factorial arrangement (3x3) with 3 repetitions was used. Dry matter (MS), ash (Cz), crude protein (PB), calcium (Ca), phosphorus (P), detergent acid fiber (FAD) and neutral detergent fiber (FDN) were evaluated. At the end of the fermentation process there was a decrease in the DM, the fibrous component and an increase of 9.49 and 10.19 percentage units of the PB at 96 hours, including 1% and 1.5% urea, regarding the unfermented husk (9.12). To conclude the study, it was evident that the fermentation of this by-product increases its protein concentration with the incorporation of urea.

Keywords: Cocoa husk; bromatological composition; solid state fermentation.

Introducción.

La fermentación en estado sólido (FES), es un proceso microbiológico que ocurre comúnmente en la superficie de materiales sólidos que absorben y contienen el agua, con o sin nutrientes solubles. Este proceso puede llevarse a cabo a escalas industriales, siendo una alternativa potencial para el uso económico de residuos agroindustriales, así como para disminuir el flujo de contaminantes al ambiente y permite, además, la obtención de alimentos para la producción animal, Pandey *et al.*, (2001).

En el oriente cubano, provincia Guantánamo, se pueden aprovechar los beneficios que brinda el cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.), donde el municipio de Baracoa resulta clave en el desarrollo del cultivo, el cual se cosecha todo el año y alcanza una producción total en el país de 2 058 t., ONEI, (2017). Para la producción de chocolate se utiliza solamente la almendra, que representa aproximadamente el 20 % del fruto de este cultivo, el resto lo constituye la cáscara, principal subproducto de esta industria la cual no se utiliza para la alimentación animal pues posee un bajo valor nutritivo.

En la actualidad se desarrollan diversas investigaciones para incrementar el valor nutricional de diferentes productos a través de la fermentación, con la cual se pueden obtener alimentos energético-proteicos biotransformados en sus diferentes variantes donde se incluyen fuentes energéticas y proteicas para mejorar la calidad y digestibilidad del producto que se fermenta así lo reconocen: Rodríguez, (2005); Becerra *et al.*, (2008); Elías y Herrera, (2008); Díaz, (2014) y Brea, (2016).

Esta tecnología permite el uso de residuos de subproductos agroindustriales y de cosechas en las fincas como materia prima para alimentación animal, implicando disminución en los costos de producción por reducción en la compra de alimentos comerciales que complementen la dieta, control en el impacto medioambiental por desechos orgánicos y un gran beneficio a nivel nutricional para los animales, Moyano, (2014).

El objetivo de la investigación fue mejorar la composición bromatológica de la cáscara de cacao para su uso como alimento animal, a través de la fermentación en estado sólido.

Desarrollo.

Materiales y métodos

Elaboración de la harina: las cáscaras se recolectaron en el municipio Baracoa, provincia Guantánamo, donde hay una temperatura promedio de 25 °C y precipitación media anual de 2701 mm. En los meses de marzo – abril de 2019 estas se rebanaron, en trozos pequeños no mayores a 5 cm de largo y 1 cm de ancho para exponer al aire la mayor superficie posible. El secado se realizó de forma natural, las rebanadas se esparcieron en bandejas de aluminio de tal manera que quedaron expuestas a la acción directa de la energía solar y al aire circundante, al llegar la noche el material se apiló en la parte más alta del plato de secado y se cubrió con una lona impermeable para protegerla de la lluvia o el rocío en las horas tempranas del día. El volteo se realizó cada 2 horas (hrs), (6 veces al día), fundamentalmente durante las primeras horas de secado, cuando pierde mayor cantidad de humedad. Todo este proceso de secado duró 72 hrs aproximadamente, (3 días soleados), tiempo suficiente para que el producto esté seco

(crujiente). Una vez secas se procedió al molinaje que se realizó en un molino de martillo hasta convertirlo en harina, con criba de 1 mm.

Para el proceso de fermentación se montaron 9 tratamientos que consistieron en la inclusión de 3 niveles de urea (0; 1 y 1,5) y los tiempos de fermentación (24; 48; y 96 hrs). La urea se diluyó en agua destilada y se ajustó la cantidad de líquido que se introdujo, para que todos los tratamientos tuvieran entre el 60 y el 70 % de humedad inicial. Se mezclaron 100 g de muestra y se depositaron en nylon, sellados con calor y se incubaron a temperatura ambiente (28 ± 2 °C) durante 24; 48 y 96 hrs, cada nylon constituyó una unidad experimental, ver Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos para la fermentación en estado sólido (FES), niveles de urea y tiempos de fermentación.

Tiempo (horas)	Niveles de urea %		
	0	1,0	1,5
24	T1	T4	T7
48	T2	T5	T8
96	T3	T6	T9

Después de la incubación, el contenido de los nylon se recolectó en su totalidad, se homogeneizó individualmente y se secó en una estufa a 60 °C hasta obtener peso constante, para el análisis bromatológico se enviaron las muestras al Laboratorio de Bromatología del Instituto de Ciencia Animal (ICA) para determinar: materia seca (MS), ceniza (Cz), proteína bruta (PB), fósforo (P) y calcio (Ca), según la metodología descrita por AOAC, (2000), fibra neutra detergente (FDN) y fibra ácida detergente (FDA) según Van Soest, *et al.*, (1991).

Una vez identificada la mejor variante de fermentación según su composición bromatológica, se comparó estadísticamente con la harina de cáscara de cacao sin fermentar como tratamiento control.

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial (3x3) con 3 repeticiones, siendo los factores o tratamientos, niveles de urea (0, 1.0, 1.5 %) y los tiempos de fermentación (24, 48 y 96 hrs). Se realizó un análisis de varianza simple para todas las variables y la diferencia entre las medias se calculó mediante la décima de comparación múltiple de Duncan (1955) para $P < 0,05$. Los datos fueron procesados en el paquete estadístico SPSS 15.0.

Resultados y discusión

La composición bromatológica de la harina de la cáscara de cacao (HCC) sin fermentar, presentó un bajo contenido proteico, típico de los subproductos agrícolas, (Tabla 2). Los componentes bromatológicos obtenidos, se encuentran en rangos determinados en otras investigaciones, Salazar, (2016); Chafra, (2016) y Villamizar *et al.*, (2017).

Tabla 2. Composición bromatológica de la harina de cáscara de cacao sin fermentar.

Nutrientes	% BS
MS (materia seca)	91,00
Cz (ceniza)	11,40
PB (proteína bruta)	9,12
FDN (fibra detergente neutra)	68,10
FDA (fibra detergente ácida)	52,72
Ca (calcio)	0,78
P (fósforo)	0,13

Aunque las cáscaras del fruto del cacao se tratan de utilizar para la alimentación animal, por su alto contenido en sustancias asimilables, Redgwell *et al.*, (2012), su inconveniente principal es el escaso contenido de proteína, los niveles de metabolitos secundarios y la baja digestibilidad de la fibra debido a que sus paredes celulares tienen alto contenido de hemicelulosa, celulosa y lignina, Abarca *et al.*, (2010).

Sin embargo, estas características bromatológicas posibilitan su uso como fuente de energía en procesos de fermentación en estado sólido para el enriquecimiento de alimentos con proteína unicelular, Bermúdez *et al.*, (2002).

Según Blandino, (2001), los desechos agroindustriales poseen características fisicoquímicas adecuadas para utilizarse como sustratos en los bioprocesos de FES. Su composición química caracterizada por la presencia de polisacáridos como celulosa y hemicelulosa, es de importancia fundamental como fuente de carbono para los microorganismos.

Las tablas 3 y 4 muestran la composición bromatológica de las variantes de FES, como se observa, no hubo interacción entre el nivel de urea añadido y el tiempo de fermentación para los siguientes indicadores: Cz, Ca, FAD pero sí para la PB, MS, FDN y P.

Tabla 3. Efecto de niveles de urea y el tiempo de fermentación en la concentración de FAD, Cz, Ca, y MO durante la FES de la HCC.

Factor	Cz%	Ca%	FAD%
Tiempo, hrs			
24	11,77 ^a	0,74 ^a	52,29 ^b
48	12,59 ^c	0,76 ^{ab}	53,21 ^c
96	12,09 ^b	0,78 ^b	50,76 ^a
EE±	0,12	0,001	0,27
Sig	p<0.001	P=0,012	p<0.001
Niveles de urea, %			
0	13,07 ^c	0,87 ^c	57,35 ^c
1,0	12,14 ^b	0,73 ^b	47,66 ^a
1,5	11,24 ^a	0,67 ^a	51,24 ^b
EE±	0,12	0,001	0,27
Sig	p<0.001	P=0,012	p<0.001

^{abc} Medias con letras distintas en cada columna difieren a P<0,05 según Duncan (1955)

El contenido de ceniza aumentó, a las 48 hrs de fermentación alcanza su máximo valor (12,59 %) para luego mostrar una ligera disminución a las 96 hrs, mientras que los niveles de urea manifestaron una disminución a medida que incrementó este factor. Las cenizas indican el contenido mineral de un alimento y es necesario para el metabolismo microbiano o animal. En FES de desechos de guayaba (*Psidium guajava*), Jauregui, (1992), obtuvo incrementos de 0,8 unidades, sin adición de premezcla minerales, durante los primeros 7 días de fermentación. La disminución del indicador sería el resultado de la utilización por parte de los microorganismos en su metabolismo, Por su parte, Pérez, (1996), en FES del mijo de perla (*Pennisetum glaucum*) obtuvo un incremento de 0,5 unidades a las 72 hrs como consecuencia del metabolismo celular, de igual forma Espinosa, (2018), en FES de la yuca, encontró incrementos en 3,2 unidades porcentuales durante el proceso.

La disminución del contenido de ceniza en los procesos fermentativos, puede además ser causa de la lixiviación de elementos minerales solubles que podría haber dado lugar a la descomposición de los componentes del sustrato en sus formas absorbibles, Igbabul, (2014). La elevación en los valores de cenizas con el tiempo de fermentación también fue reportada por Brea, (2016), en la FES de la harina de frutos del árbol del pan (*Artocarpus Altilis*. L) donde el contenido de cenizas ($P < 0,001$), aumentó en 0,82 unidades porcentuales a las 48 hrs con respecto a las cero horas.

El calcio mantuvo un comportamiento similar, pues este indicador aumentó proporcionalmente con el tiempo de fermentación y disminuyó con la inclusión de urea. Posiblemente se deba a la presencia de minerales de forma natural en la cáscara de cacao.

La fibra ácida detergente mostró un aumento a las 48 hrs de fermentación para luego disminuir a las 96 hrs, respecto a los niveles de urea añadidos se observó una disminución de este indicador y de forma marcada con la inclusión de 1,0 % (47,66) la disminución en el contenido celular, pudiera atribuirse a la utilización de los azúcares solubles de la harina de cáscara de cacao por la microbiota que se establece en el sistema. Sin embargo, en la literatura aparecen numerosos trabajos donde ocurren modificaciones significativas en los porcentajes de la fibra durante procesos de FES, Elías *et al.*, (1990) al elaborar Saccharina; Ramos, (2005), al combinar la caña de azúcar con otros subproductos y Moyano, (2014), en la FES de la papa.

Según Aranda *et al.*, (2012), el incremento de la fibra durante el tiempo de fermentación, puede deberse a que los microorganismos, que se desarrollan en el sistema, utilizan los azúcares simples que se encuentra en el contenido celular, lo que provoca un incremento en la concentración de paredes celulares.

El comportamiento del indicador pudiera atribuirse a que, en todo proceso de FES, los microorganismos utilizan casi la totalidad de los carbohidratos fermentables para su crecimiento y multiplicación, Carrasco *et al.*, (1997); Van Soest *et al.*, (1991), mencionaron que, en procesos como el ensilado, las alteraciones más apreciables son el aumento en las fracciones fibrosas: FDN y FDA. Este mismo autor refiere el posible ataque de la fracción fibrosa que ejercen algunos grupos microbianos celulolíticos, los cuales son capaces de degradar la celulosa hasta azúcares simples como la glucosa y esta hasta CO_2 y H_2O . Esto ocurre mediante complejos procesos enzimáticos; a pesar de la fuerte resistencia que estos ofrecen a la degradación microbiana, dado por la complejidad estructural del sustrato.

Tabla 4. Efecto de niveles de urea y el tiempo de fermentación en la concentración de PB, MS, FND y P durante la FES de la HCC.

Indicador	Tiempo (h)	Niveles de urea %			E± Signif.
		0	1,0	1,5	
MS	24	87,06 ^{bc}	88,45 ^e	86,86 ^b	0,63
	48	87,70 ^d	86,68 ^b	87,43 ^{cd}	P<0,001
	96	85,90 ^a	85,65 ^a	88,65 ^e	
PB	24	10,67 ^c	16,33 ^f	17,20 ^g	0,13
	48	10,13 ^a	16,10 ^e	15,75 ⁱ	P<0,001
	96	10,43 ^b	18,61 ^h	19,31 ^g	
FDN	24	66,79 ^e	64,75 ^b	63,56 ^a	0,31
	48	73,28 ⁱ	65,45 ^c	70,03 ^h	P<0,001
	96	66,43 ^d	67,30 ^f	66,56 ^{de}	
P	24	0,14 ^c	0,12 ^{abc}	0,11 ^{ab}	0,00
	48	0,13 ^{bc}	0,13 ^{bc}	0,10 ^a	NS
	96	0,12 ^{abc}	0,14 ^c	0,13 ^{bc}	

a, b, c, d, e, f, g,h,i Medias con letras distintas indican diferencias a P<0,05 según Duncan (1955).

En el estudio se observó una disminución de la MS con la inclusión de 0 y 1 % de urea, sin embargo, este indicador mostró un aumento al incluir 1,5 % de este factor a medida que transcurrió el tiempo de fermentación, lo que pudo deberse a que parte del agua contenida pudiera evaporarse por el calor metabólico que se genera durante el proceso de FES, lo que provocó concentraciones relativas a este indicador, Mitchell *et al.*, (2002); Pandey *et al.*, (2001).

Durante el curso de las fermentaciones, se ocasionan reducciones del nivel de humedad debido tanto a pérdidas por evaporación como a la propia actividad metabólica de los microorganismos, Pastrana, (1996). Las reducciones de MS en el proceso de FES de la HCC pueden deberse, fundamentalmente, a la utilización de los carbohidratos solubles (sacarosa, glucosa, fructosa) como fuentes energéticas de los procesos metabólicos, aunque, pudo producirse una pérdida de los metabolitos intermediarios que son volátiles a la temperatura (60 °C), a las que se someten las muestras durante el proceso de secado para este análisis.

En otras investigaciones, se obtuvieron resultados similares a este, empleando la caña de azúcar durante el proceso de la FES. La MS final disminuyó en 2,0 y 2,01 unidades percentiles con relación a la MS inicial para el Sacchasorgo y Sacchapulido, respectivamente, Ramos, (2005). Por otra parte, Rodríguez, (2005), encontró que la materia seca en Sacchaboniato disminuyó conforme se prolongó el tiempo de fermentación. También, se halló disminución de la materia seca en Saccharina en el tiempo de fermentación (0 y 24 hrs) Elías *et al.*, (1990) y en la FES de la harina del árbol del fruto del pan, Brea, (2016).

La reducción de la materia seca pudo provocar un efecto de concentración relativa del resto de los indicadores que se expresaron en valores porcentuales respecto a ella, como la PB, este indicador aumentó con la inclusión de urea y el tiempo de fermentación, aunque manifestó una disminución a las 48 hrs. independientemente de los niveles de urea, para luego aumentar las 96 hrs., con valores de 18,61 % y 19,31 % con la inclusión de 1 y 1,5 % respectivamente.

Otros investigadores emplearon urea en la fermentación de diferentes sustratos. Rodríguez-Muela *et al.*, (2010), al determinar el efecto del nivel de urea y pasta de soya en los desechos de manzana (*Malus domestica*), encontró que la proteína bruta aumentó con la adición de urea a la mezcla ($P < 0.01$), de 61,90 a 69,85 %, para los niveles de 1,5 y 2 % de urea, respectivamente, Moyano (2014), en la fermentación de la papa (*Solanum tuberosum*); Brea, (2016), en la harina de frutos del árbol del pan (*Artocarpus altilis*) y Chafla, (2016), en la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*.L)

El crecimiento de microorganismos en la FES está ligado a la incorporación de la urea existente en los sustratos, por su parte Elías *et al.*, (1990), demostraron el efecto positivo que tenía la adición de una fuente de nitrógeno no proteico como la urea, en la síntesis de proteína, y en las modificaciones de la bromatología de la caña durante su enriquecimiento proteico. Durante la fermentación en estado sólido la PB del sustrato se incrementa con la adición de nitrógeno no proteico, Becerra *et al.*, (2008) y Rodríguez-Muela *et al.*, (2010).

Las variaciones observadas en la FDN coinciden con otros procesos fermentativos, Cándido *et al.*, (1999) mencionan que el efecto benéfico de la adición de urea en los contenidos de FDN se atribuye principalmente a la solubilización de la hemicelulosa, compuesto que es abundante en la cáscara del fruto del cacao, Abarca *et al.*, (2010).

Según Loures *et al.*, (2015), La reducción de FDN puede atribuirse a las pérdidas por efluentes, especialmente de los componentes del contenido celular o a su vez puede ser atribuido al efecto de la urea, que, al formar puentes de hidrógeno, entre las moléculas de celulosa se quiebran, solubilizando parte de este componente de la pared celular, reflejando en consecuencia la reducción de la FDN. En el caso del P, este indicador no presentó variaciones en el proceso fermentativo.

A partir de los resultados bromatológicos obtenidos en la fermentación en estado sólido de la harina de cáscara de cacao, se realiza una comparación, el T9 (96 hrs. de fermentación con inclusión de 1,5 % de urea), con la harina sin fermentar (tratamiento control), como se observa en la tabla 5.

La incorporación de niveles de urea y el aumento del tiempo de fermentación, trajo consigo, un incremento en la PB de 10,19 unidades porcentuales con respecto a la harina sin fermentar, alcanzando un valor de 19,31 %. Según Chafla, (2016). La fermentación de la cáscara de cacao con una solución de 0,5 % sales minerales, 1,5 % de urea y 2 % de miel, produce aumentos de la concentración de hongos y levaduras que conllevan a incrementos notables de la proteína, modificaciones en la fibra y reducción de los polifenoles presentes, en un período de 48 hrs.

Por su parte Bermúdez, (2002), realizó la fermentación en estado sólido de la cáscara de cacao procedente del municipio Baracoa, provincia Guantánamo, mediante el hongo de pudrición blanca *Pleurotus ostreatus* var. Florida., y obtuvo un sustrato remanente con características promisorias para ser utilizado como alimento animal, donde hubo en el proceso de fermentación una disminución de la MS y un aumento de la PB en 7,08 unidades porcentuales con respecto al valor de la cáscara sin fermentar.

Tabla 5. Composición bromatológica de la harina sin fermentar y la HCC-FES (1,5 urea fermentada en 96 hrs.).

Indicadores	Harina Fermentar	sin HCC-FES	EE ±	Sign.
MS	91,03	88,65	0,63	P<0.001
PB	9,12	19,31	0,13	P<0.001
Cz	11,40	11,85	0,12	P=0.007
FDN	68,10	66,53	0,31	P<0.000
FDA	52,74	52,27	0,27	P=0.025
Ca	0,78	0,75	0,01	NS
P	0,12	0,13	0,00	NS

P<0,05* P<0,01** P<0,001*** Duncan (1955)

La elaboración de la harina de cáscara de cacao fermentada en estado sólido (HCC-FES), constituye un proceso poco complejo realizable por campesinos y empresas agropecuarias estatales, quienes con una mínima inversión pueden conservar gran cantidad de este alimento alternativo, que nutricionalmente brinda características aceptables para su uso en la alimentación de especies animales económicamente útiles al hombre, al mismo tiempo que disminuye el efecto negativo de este residual para el medio ambiente y contribuye a la sustitución de importaciones.

Conclusiones.

La FES de la harina de cáscara de cacao con la incorporación de 1,5 % de urea, mejora las características bromatológicas a las 96 horas, con incrementos en la concentración proteica.

Referencias Bibliográfica.

- Abarca, D., Martínez, R., Muñoz, J., Torres, M. & Vargas, G. (2010). Residuos de Café, Cacao y Cladodio de Tuna: Fuentes Promisorias de Fibra Dietaria. *Revista Tecnológica ESPOL – RTE*, 23(2), 63-69
- Aranda, E. , Georgana, L., Ramos, J. & Salgado, S. (2012). Elaboración de un alimento basado en caña de azúcar a partir de la fermentación en estado sólido y con diferentes niveles de zeolitas. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.*, 46(2).
- Becerra, A., Rodríguez, C., Jiménez, J., Ruiz, O., Elías A. & Ramírez, A. (2008). Urea y maíz en la fermentación aeróbica de bagazo de manzana para la producción de proteína. *Tecnociencia Chihuahua*, 2:7.
- Brea, O. (2016). *Obtención de un alimento energético-proteico a partir de la fermentación en estado sólido de la harina de frutos del árbol del pan (Artocarpus altilis) y su empleo en dietas para conejos y cerdos*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias. Inst. Ciencia Animal. Mayabeque, Cuba.
- Cándido, M., Neiva, J. & Pimentel, J. (1999). Avaliação do valor nutritivo do bagazo de caña de azúcar amonizado com uréia. *Rev. Bras. Zootec.*, 28(5), 928-935.
- Cuba, Oficina Nacional de Estadística e Información. (2017). *Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca*. Disponible en www.onei.cu

- Chafra, A. L. (2016). *Fermentación en estado sólido de la cáscara del fruto de cacao (Theobroma cacao. L) y su evaluación en dietas para cuyes (cavia porcellus) en etapa de crecimiento*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Inst. Ciencia Animal. Mayabeque, Cuba.
- Díaz, B. (2014). *Evaluación de residuos agrícolas pos-cosecha en ensilajes inoculados con preparados microbianos nativos para la alimentación de vacas lecheras en Ecuador*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal. Mayabeque, Cuba.
- Elías, A. & Herrera, F. R. (2008). Producción de alimentos para animales a través de procesos biotecnológicos sencillos con el empleo de microorganismos beneficiosos activados (MEBA). *Vitafert*, 8-13.
- Espinosa, J. D. (2018). *Evaluación de dos procesos para mejorar la calidad nutricional de la harina de yuca (raíces y follaje) como alimento para cerdos en la etapa de ceba*. Tesis de grado. Cali: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Buenaventur, 76p.
- Igbabul B. D, Amove J, & Twadue I. (2014). Effect of fermentation on the proximate composition, antinutritional factors and functional properties of cocoyam (*Colocasia esculenta*) flour. *Afr J Food Sci Technol.*, 5, 67-74.
- Loures, D. R. S., Nussio, L. G.; Paziani, & S. De F. (2015). Composição bromatológica e produção de efluente de silagens de capim-Tanzânia sob efeitos do emurchecimento, do tamanho de partícula e do uso de aditivos biológicos. *Rev. Bras. Zootec.*, 34(3), 726-735.
- Moyano, M. (2014). *Fermentación en estado sólido (FES) de la papa (Solanum tuberosum), como alternativa tecnológica para la alimentación animal*. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Esp. Msc Ciencias agropecuarias. Tunja, Colombia, 115p.
- Pandey, A., Soccol C. R., Rodríguez-León, J. A. & Nigam, P. (2001). Solid state fermentation in biotechnology. Fundamentals and applications. *Asia tech Publishers*, 56-65.
- Pastrana, L. (1996). Fundamentos de la fermentación en estado sólido y aplicación a la industria alimentaria. México. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 1(3), 4-12.
- Ramos, J. A. (2005). *Obtención de un concentrado energético- proteínico por fermentación en estado sólido de la caña de azúcar para bovinos en ceba*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal. Mayabeque. Cuba.
- Redgwell R., Curti, D., Hediger, S., Mane, A. Merinat, S. & Trovato, S. (2012). Dietary fibre in cocoa shell: characterization of component polysaccharides. *Food Chemistry.*, 80, 103-112.
- Rodríguez-Muela, C., D. Díaz, F. Salvador, O., Ruiz, C., Arzola, A., Flores, O., La O. & Elías, A. (2010). Efecto del nivel de urea y pasta de soya en la concentración de proteínas durante la fermentación en estado sólido de la manzana (*Malus domestica*). *Rev. Cubana de Cien. Agríc.*, 44(1), 23-26.
- Salazar, J., (2016). *Rendimiento de biomasa y Valoración nutrimental de residuos pos cosecha de cacao (Theobroma cacao L)*. Tesis en opción al grado de: Ingeniero Agropecuario Cevallos, Ecuador.
- Villamizar, Y., Rodríguez, J. & León. L, (2017). *Caracterización fisicoquímica, microbiológica y funcional de harina de cáscara de cacao (Theobroma cacao L.) variedad CCN-51, Cuaderno Activa N°9*.

Fecha de recibido: 9 oct. 2019
Fecha de aprobado: 8 dic. 2019