

Caracterización organoléptica, nutricional, microbiológica y digestibilidad *in vitro* de ensilados con diferentes niveles de inclusión de desperdicios de alimentos

V. M. Ramírez-Navarro^{1*}, L. M. Peñuela-Sierra², Y. M. García-Saavedra³,
M. D. R. Pérez-Rubio³

Artículo recibido: 8 de enero de 2019 · Aprobado: 10 de diciembre de 2019

RESUMEN

Objetivo: caracterización organoléptica, nutricional, microbiológica y digestibilidad *in vitro* de ensilados de desperdicios de alimentos recolectados en un restaurante de un centro de estudios técnicos y tecnológicos con subproductos de cosecha. **Metodología:** se realizó un análisis organoléptico, microbiológico, proximal de la composición y digestibilidad *in vitro* de ensilajes con diferentes niveles de inclusión de desperdicios de alimentos. **Resultados:** se evidencian características de olor, color y textura óptimas para su palatabilidad, valores nutricionales favorables para el 30, 35 y 40% de inclusión de desperdicios, bajos promedios de proteína, pero con niveles de energía superiores a los del maíz, sorgo y soya. La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) fue mejor para el 35% de inclusión. Así mismo, la Unidad Formadora de Colonias UFC/g para el día 21 fue 1×10^1 (*Escherichia coli*), que se ajusta a las normas para alimentos de animales. **Conclusiones:** la utilización de ensilados con un 35% de inclusión de desperdicios de alimento puede ser una importante herramienta de suplementación para la alimentación porcina.

Palabras clave: desperdicio de alimentos, digestibilidad *in vitro*, ensilaje, suplementación.

Organoleptic, nutritional, microbiological characterization and *in vitro* digestibility of silage with different levels of inclusion of food waste

ABSTRACT

Aim: characterize organoleptic, nutritional, microbiological and *in vitro* digestibility of food waste silage collected in a restaurant of a technical and technological studies center with harvest by-products. **Methodology:** it has been make organoleptic analysis, microbiologic, proximal composition, *in vitro* digestibility of silages with different levels of inclusion of food waste. **Results:** it is evidenced characteristics of smell, color and texture optimal so as to palatability, favorable nutritional values for 30, 35 and 40% inclusion of waste, low protein levels, but with high energy levels superior to corn, sorghum and soybeans. The dry mater *in vitro* digestibility

¹ Grupo de Investigación en Sistema Agroforestales Pecuarios, Universidad del Tolima. / Universidad Cooperativa de Colombia. Cr. 14 Nro. 107 – 59, Ibagué (Colombia).

² Grupo de Investigación en Sistemas Agroforestales, Universidad del Tolima. Ibagué (Colombia).

³ Grupo de Investigación en Análisis Estadístico, Universidad del Tolima. Ibagué (Colombia).

³ Grupo de Investigación Universidad Cooperativa de Colombia. Cr. 14 Nro. 107 – 59. Ibagué (Colombia).

* Autor para correspondencia: viviana.ramireznc@campusucc.edu.co.

(DIVMS) was better for 35% inclusión. Moreover, In addition, the UFC/g colony forming units for 21th day was 1×10^1 (*Escherichia coli*), that conforms to the standards for animal feed.

Conclusions: to use silages with 35% inclusion of food waste may be one important tool of supplementation for swine feeding.

Keywords: *In vitro* digestibility, Food Waste, Silage, Supplementation

INTRODUCCIÓN

La evaluación de nuevas fuentes de alimentación animal debe ir dirigida al aprovechamiento de alimentos alternativos fiables, que permitan su utilización en dietas eficientes para lograr los parámetros productivos e indicadores económicos (Kumar *et al.* 2014). El uso de desperdicios de plato ha sido implementado en la alimentación animal, especialmente en porcinos (Diniz *et al.* 2014), ya que son una gran fuente de proteína, vitaminas y energía, y que, bajo un adecuado manejo, permiten ser aprovechados fácilmente evitando problemas de salubridad (Diaz 2015). Sin embargo, para Hudson y Mesa (2016) el empleo de los desperdicios por parte de los pequeños productores porcinos da origen a graves falencias, ineficiente capacidad de competición y deprimentes estatus sanitarios (Domínguez 2000; García-Contreras *et al.* 2012; López 2012). En todos los casos el manejo y depósito de los alimentos producidos debe ser cuidadoso para evitar su contaminación y las consecuencias que traen para la salud humana y la productividad animal (Chrobog 2014; INTA 2009); convirtiéndose en una responsabilidad de toda la cadena productiva (Cabella y Eguren 2012).

Si bien es cierto que el consumo de cerdo ha aumentado y se espera que para el año 2022 se duplique, los poricultores reportan que los costos totales de productividad relacionados con la alimentación representan hasta un 80% (INTA 2009), debido a la constante dependencia de productos balanceados y a la estructura

arancelaria del maíz y soya, materias primas que se utiliza en la alimentación de los cerdos (Asociación Porkcolombia 2017), ya que se destina aproximadamente el 45% del grano que se cosecha para tal fin; lo cual constituye un indicativo de competencia por los granos básicos entre el humanos y animales domésticos (Avilés *et al.* 2009; Diaz 2015). Por ende, se busca evaluar fuentes alimenticias que estén al alcance del productor y así mismo, cumplan con controles de calidad alimenticia (Castellanos *et al.* 2004), sea sostenible, viable y enmarcado dentro de las economías locales y regionales (Cuellar y Reyes 1991; Martínez *et al.* 2012; Ruiz 2012).

A la fecha, los estudios que existen en el uso de desperdicios en la alimentación porcina (FAO 2012) no contemplan los índices sanitarios y productivos de la granja (Guerrero y Posada 2015), ni la baja calidad e inocuidad de los cerdos producidos con este tipo de alimento, lo que genera una mayor preocupación, debido a que mundialmente el desperdicio de alimentos es uno de los factores altamente perjudiciales (FAO 2014; 2016) para fuentes naturales y genera consecuencias negativas alrededor del medio ambiente (FAO 2013). Por lo tanto, para el uso de ingredientes no tradicionales en la dieta de los cerdos se debe generar información nutricional pertinente que no afecte el potencial productivo de los cerdos y garantice inocuidad del producto final (Avilés *et al.* 2009).

El objetivo de este estudio fue determinar las características organolépticas,

nutricionales, microbiológicas y la digestibilidad *in vitro* de ensilajes realizados a partir de residuos de plato generados en el restaurante del Centro Agropecuario la Granja del SENA, más residuos de cosecha de la zona y evaluar su potencial para ser utilizado en la alimentación de cerdos.

METODOLOGÍA

Los desperdicios del almuerzo y cena se seleccionaron y pesaron siguiendo la metodología propuesta por Zhang *et al.* (2007) excluyendo la proteína animal y el agua. Los ensilajes se prepararon empelando la técnica a pequeña escala con el uso de un colador industrial de 20 cm de diámetro; los desperdicios se pre-secaron por 30 minutos y posteriormente se pesaron y adicionaron en los diferentes niveles de inclusión por evaluar (30, 35 y 40%), mezclados con los demás ingredientes (salvado de maíz, aceite refrito, melaza y harina de arroz) hasta obtener una mezcla homogénea (Tabla 1). Los ensilajes se empacaron en bolsas calibre 6, con dimensiones de 12” x 18”, aproximadamente de 6,5 kg y baldes plásticos de 5 galones; este empaque se hizo al vacío con extracción de aire por presión mecánica, creando un ambiente anaerobio adecuado para permitir una buena fermentación buscando dietas isoprotéicas e isoenergéticas (Benitez y Poveda 2011; Villa 2008). Se excluyó todo material de desperdicios en el tratamiento control como se muestra en la Tabla 1.

Una vez obtenidos los ensilajes se realizó la determinación de la materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra detergente neutra (FDN) y energía bruta (EB) como indicadores de calidad nutricional (Maza *et al.* 2011) según el método de Van Soest *et al.* (1991) comparando los días 7 y 21 de fermentación.

TABLA 1. Niveles de inclusión de desperdicios y porcentajes de materias primas utilizadas.

Desperdicio de alimento	Materias primas			
	0%	30%	35%	40%
Salvado de Maíz	58,8	40	40	40
Harina de Arroz	17,6	12	12	12
Melaza	17,6	14	8	1,5
Aceite refrito	6	4	5	6,5

Para el análisis de las características físicas del ensilaje se evaluaron muestras provenientes de los cuatro niveles de inclusión de los desperdicios de plato utilizados en los ensilajes (0, 30, 35 y 40%) y subproductos de cosecha en 4 tiempos de fermentación diferentes, a los 0, 7, 14 y 21 días. Para evitar apreciaciones subjetivas en el análisis se elaboró una encuesta a 60 personas con algún conocimiento en ensilajes, escogidas al azar según la metodología utilizada por Benítez y Poveda (2011) para un total de 30 muestras. Las características analizadas se muestran en la Tabla 2 (Bermúdez *et al.* 2013; Maza *et al.* 2011).

Se hizo una comparación de dos tiempos de fermentación, 7 y 21 días, en cada nivel de inclusión, para los que se utilizaron 3 repeticiones de cada muestra. Estas muestras se llevaron al Laboratorio de Ecofisiología de la Universidad del Tolima, donde se pesaron 100 gr de ensilaje fresco, que luego se deshidrataron a 60°C durante 120 horas. Posteriormente, la muestra seca se molió en un tamiz de 0,5 mm para el cálculo de la cantidad de materia seca parcial contenida en el ensilaje, cenizas (CN) y extracto etéreo (EE) mediante el análisis químico proximal, según los métodos establecidos por la AOAC (2005); para proteína bruta (PB) se usó el método Kjeldahl y Van Soest

TABLA 2. Evaluación organoléptica de los ensilajes con diferentes niveles de inclusión desperdicios de comida.

Parámetro	Excelente	Bueno	Malo
Color	Café	Naranja	Negro – Blanco
Olor	Agradable: miel, olor a fruta madura	Ligeramente agradable: ligero olor a vinagre	Desagradable: fuerte ácido olor putrefacto
Textura	Suave: las partículas se conservan y son continuas	Grumoso: las partículas se separan con facilidad, con conservación de partículas	Duro: las partículas del alimento contienen fluidos en su exterior y son indefinidas

(1991). Así mismo, se determinó en estufa materia seca ASA según la metodología utilizada por Silva y Queiroz (2002) y Cação (2011). La energía bruta (EB) se determinó por bomba calorimétrica en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad de Nariño.

El análisis microbiológico se realizó en el Laboratorio de Diagnóstico Veterinario de la Universidad del Tolima según la norma ISO 6579:2002–Método horizontal para la detección de *Salmonella* spp. y NTC 4574–Método horizontal detección de *Salmonella* spp. microbiología de alimentos y alimentos para animales. Se analizaron muestras de 25 gr cada una de material fresco (desperdicios frescos) y material ensilado para cada nivel de inclusión (30, 35 y 40%) y para los días 0, 7, 14 y 21 de fermentación, para un total de 60 muestras.

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) prececal se realizó con pepsina y pancreatina, usando el método de Boisen y Fernández (1997) y el Manual de Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira (Leterme y Estrada 2006).

Uno de los mayores costos ligados a la alimentación de los animales son

las necesidades energéticas, debido a su aporte para el mantenimiento de funciones fisiológicas como productivas (Noblet 2014). Para su determinación fue necesaria la utilización de ecuaciones a partir de resultados de laboratorio propuestas por Martínez (2011), como se muestra a continuación:

$$EB \text{ (Mcal/kg MS)} = 5,7 \times PB + 9,4 \times GB + 4,7 \times FB + 4,7 \times ELN$$

Donde:

EB= Energía bruta

PB= proteína bruta

GB= Grasa bruta

ELN= Extracto libre de nitrógeno

$$\text{Calculando el ELN} = 100 - (\text{humedad} + \text{proteína} + \text{EE} + \text{FB} + \text{Ceniza})$$

Donde:

EE=Extracto etéreo

FB= Fibra bruta

A pesar de que la energía bruta (EB) no es utilizada en su totalidad por los animales, ya que una parte se pierde con los productos de excreción (heces, orina y gases) y otra parte en forma de calor (Martínez 2011), para estimar la energía

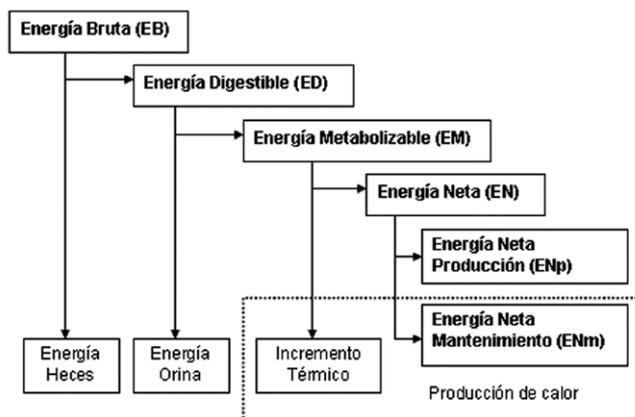


FIGURA 1. Utilización de la energía por el cerdo.

digestible (ED) se tuvo en cuenta la energía bruta del alimento menos la energía bruta de las heces, que en cerdos representa el 18–20%, ya que la energía fecal supone la mayor pérdida de energía ingerida (Martínez 2011). Por su parte, la energía metabolizable (EM) representa la energía bruta que queda disponible para los procesos metabólicos, si la ración no aporta energía en exceso las pérdidas no exceden el 2–3% en la orina, así mismo, los gases de fermentación suponen un 0,4–1% de la EB (Noblet y Jaguelin-Peyraud 2007; Noblet 2014;) ver Figura 1.

Para el análisis de las observaciones de este experimento bifactorial completamente al azar se utilizó el siguiente modelo lineal:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \delta_{ij} + \varepsilon_{ijk};$$

$$i=1,2; j=1,2,3,4 \text{ y } k=1,2,\dots,a$$

Donde y_{ijk} representa la respuesta observada en el i -ésimo nivel del factor tiempo, j -ésimo nivel del factor nivel de inclusión y k -ésima repetición; representa la media general de la variable respuesta; τ_i , el efecto

del i -ésimo nivel del factor tiempo; γ_j , el efecto del j -ésimo nivel del factor nivel de inclusión; δ_{ij} , el efecto de interacción entre los niveles del factor tiempo y los niveles del factor nivel de inclusión, y ε_{ijk} , el error aleatorio con $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$.

Así mismo, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para materia seca, proteína bruta, extracto éter, fibra bruta, energía y cenizas con un intervalo altamente significativo (95%) y una comparación de medias a través del test de LSD Fisher ($p < 0,05$). Los datos se sometieron al paquete estadístico infoStat® desarrollado por la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los residuos de cocina frescos (desperdicios de alimentos) mostraron ser un producto con un elevado contenido de humedad (Tabla 3) como lo reportan diferentes autores con estudios similares (Ramírez 2011; San Martín *et al.* 2016); igualmente, el contenido de grasa fue elevado pero bajo en proteína y fibra bruta aceptable,

TABLA 3. Porcentaje de composición nutricional de desperdicios de comida frescos.

Contenido	Porcentaje (%)
Materia seca	26,5
Proteína bruta	10,0
Extracto etéreo	14,1
Fibra bruta	2,5
Cenizas	4,0
ELN	64,3

muy similar a los encontrados en otros estudios (Chae *et al.* 2000; Ramírez 2011; San Martín *et al.* 2016), por otra parte, llama la atención el alto contenido de ELN (extracto libre de nitrógeno) en la composición de los desperdicios frescos de comida.

Los análisis organolépticos son considerados apreciaciones subjetivas del ensilaje a través de los sentidos (Urdaneta y Borges 2011), con el fin de evitar ese sesgo en el presente estudio se analizó la encuesta realizada, la cual arrojó que con el uso de los desperdicios de comida ensilados con niveles de inclusión del 30, 35 y 40%, se apreciaron mejores características organolépticas a partir del día 7 de fermentación, a diferencia del 0% que mantuvo su color naranja durante todo el tiempo de observación (Tabla 4);

resultados similares a los observados por Bermúdez *et al.* 2013, esto debido a la interacción química entre los desperdicios de comida, en su mayoría carbohidratos, con los demás componentes de la mezcla como harina de arroz, que aportan entre 44% (Rodríguez 2007) hasta un 76% de carbohidratos (Huertas y Díaz 2014) y benefician la generación de un color café o naranja y un olor dulzón agradable o ligeramente agradable como lo descrito por Benítez *et al.* (2011), especialmente el 35% de inclusión a partir del día 7; a diferencia del verde olivo generado por el ensilaje a base de pasturas (Maza *et al.* 2011; Villalba *et al.* 2011; Valencia 2016).

Según Benítez y Poveda (2011) es importante mencionar que los ensilajes no deben presentar un color negro ya que se relaciona con la producción indeseable de amoníaco y el inicio de su degradación y putrefacción (Urdaneta y Borges 2011) algo que no tuvo ninguno de los tiempos y niveles de adición del presente estudio, así mismo, se debe recordar que ningún aditivo puede substituir un buen manejo del proceso del ensilaje (Mannetje 2005).

A lo largo de las diferentes etapas del proceso, con una duración total de 21 días, se mostró una reducción del pH

TABLA 4. Variables organolépticas caracterizadas en los diferentes niveles de inclusión (NI) de desperdicios de comida ensilados en cada tiempo de fermentación (Tf).

Tf	Día 0			Día 7			Día 14			Día 21			
	NI	Color	Olor	Textura									
0%	N	LA	G	N	LA	G	N	LA	G	N	LA	G	G
30%	N	LA	G	CA	A	G	CA	A	G	CA	A	S	S
35%	N	A	G	CA	A	G	CA	A	S	CA	A	S	S
40%	N	LA	G	N	LA	S	CA	A	S	CA	A	S	S

Color: café (CA), naranja (N), negro o blanco (NB). **Olor:** agradable (A), ligeramente agradable (LA), desagradable (De). **Textura:** suave (S), grumosa (G), dura (D).

para los diferentes niveles de inclusión (Tabla 5), lo cual podría deberse a que algunos de los microorganismos que se desarrollan en el proceso de ensilado acidifican la mezcla (disminuyen el pH) desde el inicio del proceso de anaerobiosis (Valencia 2016). Las bacterias que hacen este proceso posible no se caracterizaron en este trabajo, sin embargo, se cree que tienen un comportamiento similar con el ensilaje de forraje, donde las primeras bacterias (*Klebsiella* spp. y *Acetobater* spp.) emplean como sustrato hidratos de carbono (Mier 2009) los cuales se transforman en anhídrido carbónico o ácido acético de poca capacidad acidificante; luego, 24 a 48 horas después aparecen bacterias como *Leuconostoc* spp. y *Streptococcus* spp. (Villa 2008) que utilizan y transforman los azúcares en ácido láctico reduciendo el pH. Cerca del tercer y quinto día las concentraciones de ácido son más abundantes gracias a las bacterias homofermentativas, especialmente *Lactobacillus* y *Pedicoccus* que forman ácido láctico en grandes cantidades (Villa *et al.* 2010)

y pueden lograr mantenerlo (Mannetje 2005); de modo que si el pH se reduce a valores de 4,2 o inferiores garantizan un periodo de conserva indefinido. En el análisis realizado en este estudio para la diferencia del nivel de inclusión y el tiempo 0, se obtuvo un pH medio igual al del tiempo 7 (5,02) y se mantuvo a lo largo del tiempo de observación, debido a la ausencia de azúcares fermentables (Mier 2009), lo cual impide la proliferación de las bacterias productoras de ácido láctico y por ende, que el pH no disminuya (Dunière *et al.* 2013).

Por su parte, la temperatura se mantuvo en un rango óptimo para los tratamientos con niveles de inclusión del 30, 35 y 40% de desperdicios de comida; resultados similares han sido reportados por Villa *et al.* (2010) quienes aseguraron que benefician el crecimiento de bacterias benéficas o ácido lácticas (BAL), así como la estabilidad del producto (Intriago y Paz 2000). Como se muestra en la Tabla 5 no se encontró ninguna interacción entre pH y temperatura.

TABLA 5. Variables pH y temperatura de ensilajes con diferentes niveles de fermentación de desperdicios de alimentos dependientes del tiempo de fermentación.

Tiempo de fermentación (días)	Nivel de inclusión de desperdicios			
	0%	30%	35%	40%
pH				
0	5,01 ± 0,01	5,04 ± 0,01	4,98 ± 0,07	5,08 ± 0,01
7	5,02 ± 0,01	4,09 ± 1,01	4,03 ± 0,006	4,17 ± 0,06
14	5,02 ± 0,01	4,07 ± 0,06	4,07 ± 0,06	4,00 ± 0,01
21	5,01 ± 0,01	4,07 ± 0,06	4,03 ± 0,06	4,00 ± 0,10
Temperatura °C				
0	26 ± 0,00	26,00	27 ± 0,00	27 ± 0,00
7	26 ± 0,00	24 ± 0,00	23 ± 0,00	24 ± 0,58
14	25 ± 0,58	23 ± 0,00	23 ± 0,00	23 ± 0,00
21	25 ± 0,00	23 ± 0,00	23 ± 0,00	23 ± 0,00

Test de LSD Fisher (p ≥ 0,05).

TABLA 6. Valores bromatológicos de ensilajes con diferentes niveles de fermentación de desperdicios de alimentos dependientes del tiempo de fermentación.

Composición nutricional	Tiempo de Fermentación							
	7				21			
	Nivel de inclusión (NI)							
	0%	30%	35%	40%	0%	30%	35%	40%
Materia seca	89,42 ± 0,24 ^a	93,80 ± 0,44 ^b	91,34 ± 0,84 ^{cd}	91,48 ± 0,24 ^a	96,48 ± 0,24 ^{bc}	90,24 ± 0,44 ^{bc}	90,34 ± 0,84 ^{bcd}	92,33 ± 0,93 ^{de}
Proteína bruta	9,34 ± 0,11 ^a	12,70 ± 0,11 ^b	12,16 ± 0,13 ^c	13,44 ± 0,11 ^a	8,78 ± 0,26 ^a	10,26 ± 0,26 ^b	10,91 ± 0,29 ^b	10,73 ± 0,26 ^b
Extracto etéreo (%)	12,44 ± 0,003 ^b	15,26 ± 0,640 ^a	14,76 ± 0,404 ^a	14,367 ± 0,487 ^a	12,72 ± 0,003 ^b	11,71 ± 0,640 ^{bc}	11,08 ± 0,404 ^c	12,11 ± 0,487 ^{bc}
Fibra bruta	38,25 ± 1,13 ^a	36,13 ± 0,45 ^b	33,94 ± 0,50 ^b	35,09 ± 0,70 ^{bc}	42,43 ± 1,13 ^a	15,28 ± 0,45 ^b	13,84 ± 0,50 ^c	13,21 ± 0,70 ^c
Cenizas	5,58 ± 0,07 ^a	5,96 ± 0,07 ^a	6,06 ± 0,07 ^b	5,63 ± 0,07 ^c	7,62 ± 0,07 ^a	5,12 ± 0,07 ^b	5,69 ± 0,07 ^c	5,26 ± 0,07 ^b
Energía bruta (kcal)	467,80 ^f	467,20 ^f	470,20 ^e	478,60 ^d	461,80 ^a	567,80 ^b	557,80 ^b	567,20 ^a
DIVMS*	33,37 ± 1,64 ^{ab}	20,81 ± 1,30 ^d	22,35 ± 2,51 ^{cd}	12,53 ± 2,76 ^e	25,09 ± 1,64 ^c	31,16 ± 1,30 ^{ab}	36,74 ± ,51 ^b	27,25 ± 2,76 ^{bc}

Medias seguidas con letras diferentes dentro de la misma línea son diferentes entre sí por el Test de LSD Fisher (P > 0,05). *DIVMS: Digestibilidad in vitro de la materia seca

TABLA 7. Valoración Niveles Energéticos (MJ) de los ensilajes de desperdicios de alimentos por kilogramo de materia seca para los tratamientos en el día 21.

Nivel de inclusión	EB MJ/Kcal	ED MJ/kg*	EM MJ/kg**
0%	18,36	15,85	15,22
30%	23,35	19,15	18,38
35%	22,47	18,42	17,69
40%	23,74	19,47	18,69

NI: nivel de inclusión, EB: energía bruta, ED: energía digestible, EM: energía metabólica

*valores estimados a partir de lo reportado por Noblet (2014):

Energía digerible = 17.5 - 9.1 x ceniza + 1.9 x proteína cruda + 3.9 x grasa cruda - 3.6 x fibra detergente neutra

** Valores estimados a partir de lo reportado por Noblet (2014) por Kg de Materia seca:

Energía metabolizable = 0.977 x energía digerible - 0.68 x proteína cruda + 0.23 x grasa bruta.

Al realizar la comparación de los análisis nutricionales de los desperdicios de comida con el tratamiento control y los diferentes porcentajes de desperdicios ensilados (Tabla 6), se demostró que tuvieron un mayor contenido de materia seca ($\geq 89\%$). Para Martínez *et al.* (2012) dichos valores generan un producto ensilado de buena calidad y con las exigencias nutricionales que requieren los cerdos en producción. El contenido de cenizas obtenido fue inferior al 6% para todos los niveles de inclusión de ensilados, excepto para el tratamiento control el día 21 ($\geq 6\%$), al respecto, estudios realizados en ensilajes recomiendan que el porcentaje de cenizas entre un 5 y 10% es necesario para inhibir el crecimiento de microorganismos (bacterias y hongos) (Guzmán *et al.* 2012; Villa y Hurtado 2016), característica encontrada en los ensilajes independientemente del tiempo de fermentación y nivel de inclusión (Valencia 2016).

Los niveles de proteína en los productos ensilados en el día 7 fueron mayores ($\geq 12\%$) en comparación con el día 21, no obstante, son valores muy bajos comparados con los requerimientos para cada una de las fases productivas de los cerdos (Díaz 2015). En cuanto a los valores de fibra bruta del día 7, el nivel de contenido estuvo por encima ($\geq 35\%$) respecto del día 21 (entre un 13,21 y 15,28%) (Tabla 6), resultado que se relacionan posiblemente con el uso de las materias primas utilizadas, especialmente salvado de maíz (Gerrits y Verstegen 2006) y subproductos de arroz (Stein *et al.* 2016). Por otra parte, la disminución de la fibra para el día 21 probablemente se da por la ruptura de la hemicelulosa que se encuentra en la pared celular, deseable en ensilajes de buena calidad, debido a la cantidad de azúcares solubles que se encuentran en la

melaza y que estimulan la proliferación de bacterias ácido lácticas (Boschini-Figueroa *et al.* 2014). Adicionalmente, la inclusión de fibras fácilmente fermentables incitan la producción de ácidos grasos volátiles (AGV) indispensables para el desarrollo epitelial del colon y el incremento en la superficie de absorción de nutrientes (Álvarez 2009) que se resisten a la digestión enzimática en el intestino delgado (Duke 2016). Igualmente, a pesar de que la energía no es considerada técnicamente un nutriente, existen excelentes fuentes energéticas en dietas para cerdos (Stein *et al.* 2016) utilizadas generalmente en lactancia (INTA 2009); los ensilajes de desperdicios de alimento podrían incluirse en este grupo ya que los desperdicios ensilados de este estudio mostraron mejor nivel energía para los primeros 21 días, reduciéndose el contenido de extracto etéreo en el día 21 respecto al día 7 de fermentación, resultados que pueden explicarse dado que el consumo de energía se incrementa proporcionalmente con una consecuente disminución de los niveles de extracto etéreo (Apráez-Guerrero *et al.* 2012).

Al respecto, los valores de extracto etéreo de los ensilajes estuvieron por encima de los encontrado por Pajoy (2017) quien evaluó ensilajes con un 50% de pulpa de café y encontró un promedio de 3,34% entre 90 a 240 días de ensilado, a diferencia de Bermúdez y Poveda (2013) que incluyeron 40% de pulpa de café junto con materias primas similares a los empleados en este estudio y alcanzaron niveles en promedio de 11,22 y 9,46% para los días 1 y 21 de fermentación. Por otra parte, Díaz (2015) evaluó desperdicios de comedor y cocina deshidratados dirigido a hembras gestantes y lactantes con un nivel de inclusión máximo del 20%,

encontrando valores entre 5,15 y 3,42%. En nuestro caso los NI de 30, 35 y 40% de desperdicio, alcanzaron niveles promedio de 14,20% en el día 7 y una reducción al 11,90% de extracto etéreo en el día 21 de fermentación (Tabla 6). No obstante, altos niveles de extracto etéreo puede ser contraproducentes ya que se ha sugerido que el uso de dietas enriquecidas con grasas y desperdicios de comida pueden influir en los niveles séricos de triglicéridos y colesterol (Hernández *et al.* 2016).

De otra parte, los valores de energía bruta de los ensilajes estuvieron por encima de lo reportado por Araujo (2016), quien estimó en base seca, el contenido de EB de ensilaje de yuca en 15,88 MJ/kg, valor ligeramente superior de energía bruta que la contenida en el maíz de 14,52 MJ/kg (Rostagno 2017). En los ensilajes del presente estudio la energía digestible (19,47MJ/kg) y la energía metabolizable (18,69 MJ/kg), para el 40% de nivel de inclusión, también fueron mayores que en el maíz y la harina de soya (Tabla 7) (NRC 2012) y por debajo de lo encontrado (21,8MJ/kg ED y 21,5MJ/kg EM) por Jinno *et al.* (2018), quienes evaluaron la fermentación enzimática de desperdicios para alimentar cerdos en crecimiento.

Aunque en cierta medida es positivo el alto contenido de grasa en el desperdicio de alimentos debido a que proporciona más energía a los animales, incrementa palatabilidad de la dieta, mejora el rendimiento durante el periodo de crecimiento y finalización (Kerr *et al.* 2015), también se deben considerar los posibles impactos negativos ya que los altos niveles de grasa en los alimentos incrementan la peroxidación lipídica, lo que afecta directamente la tasa de crecimiento, la salud y la calidad de la carne del ganado (Liu *et al.* 2014; Tavárez *et al.* 2018).

Los mejores valores nutricionales de los ensilajes estudiados a partir de los nutrientes presentes en el alimento y que son potencialmente absorbidos (digestibilidad), corresponden al nivel de inclusión del 35% en el día 21 de fermentación (Tabla 6) y coinciden con otros estudios de ensilajes con el mismo tiempo de fermentación (Schroeder 2004). También se pudo verificar que existe una relación positiva entre el tiempo de empacado y el porcentaje DIVMS ($p \geq 0,05$) independiente del nivel de inclusión (Benitez y Poveda 2011; Bermúdez *et al.* 2013) debido a la degradabilidad de la fibra (Intriago y Paz 2000).

Los valores microbiológicos obtenidos ponen de manifiesto que los microorganismos patógenos son inhibidos, principalmente por la condición de acidez de los ensilados generada por bacterias ácido-lácticas. Según Martínez-Fernández *et al.* (2014), el pH crítico para una estabilización de las poblaciones de enterobacterias se consigue cuando desciende a 4,35. Pese a que los silos tuvieron un pH cercano a este valor al día 7, se estabilizaron una semana después. De acuerdo con los valores establecidos por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA 1999) (DIP-30-100-003) para el conteo total de bacterias coliformes tolerables en alimentos para animales (Tabla 8), los conteos para los ensilajes del presente estudio se encontraban por debajo de los valores permitidos (San Martín *et al.* 2016).

La preocupación de alimentar animales con desperdicios de alimentos es su relación con agentes altamente patógenos, como *E. coli*, *Salmonella* spp., *Leptospira* (Mota *et al.* 2004; INTA 2009; Pereira de Sales 2009; Kim *et al.* 2011; Buzby y Hyman 2013; Dou *et al.* 2017) y con causantes de enfermedades vesiculares (Westendorf *et al.* 1993); sin embargo, se ha demostrado que un proceso óptimo de fermentación

TABLA 8. Análisis microbiológicos del alimento fresco y ensilado.

Parámetro Microbiológico	Días analizados en fresco y ensilado			
	FRESCO	7	14	21
Aislamiento <i>Escherichia coli</i> 25 g	14	4	2	1
Ausencia <i>Escherichia coli</i> 25 g	0	10	12	13
Aislamiento <i>Salmonella</i> sp. 25 g	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Recuento de coliformes totales UFC/g	-	30 x 10 ¹	2 x 10 ¹	1 x 10 ¹

puede reducir o eliminar el riesgo de contaminación por estos microorganismos patógenos (Álvarez 2009).

CONCLUSIONES

En el presente estudio la inclusión de desperdicios de alimentos en un 35% mostró mejor composición nutricional, digestibilidad, características organolépticas e inocuidad al ajustarse a las normas microbiológicas y puede ser una alternativa de suplementación en la alimentación para cerdos en pequeñas y medianas producciones.

Agradecimientos

Al equipo de trabajo de los laboratorios de Nutrición y Diagnóstico Veterinario de la Universidad del Tolima y del Centro Agropecuario La Granja - SENA, Espinal, Tolima. A Lina Peñuela y Clemencia Fandiño por creer en mi trabajo y especialmente a Dra. María del Rocío Pérez Rubio por su apoyo y respaldo durante todo el proceso. Dios los bendiga siempre.

REFERENCIAS

Álvarez D. 2009. Eficiencia de la fermentación in vitro de los tractos gastrointestinales del monogástrico y del rumiante [tesis de maestría]. [Palma (CO)]: Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/3325/7405001.2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Apráez-Guerrero JE, Insuasty-Santacruz EG, Portilla-Melo JE, Hernández-Vallejo WA. 2012. Composición nutritiva y aceptabilidad del ensilaje de avena forrajera (*Avena sativa*), enriquecido con arbustivas: acacia (*Acacia decurrens*), chilca (*Bracharis latifolia*) y sauco (*Sambucus nigra*) en ovinos. *Vet Zootec.* 6(1): 25–35.

Araújo DD, Amorim AB, Saleh MAD, Curcelli F, Perdig PL. 2016. Nutritional evaluation of integral cassava root silages for growing pigs. *Animal Nutrition.* 2: 149–153. Doi: 10.1016/j.aninu.2016.04.006.

AOAC. 2005. Official method of Analysis. 18th Edition. Washington DC: Association of Officiating Analytical Chemists.

Asociación Porkcolombia [Internet]. 2017. Análisis de coyuntura del sector porcicultor del año 2016 y perspectivas 2017, 1–15. [updated 2016 May 19; cited 2016 June 30]. Disponible en: <https://docplayer.es/140574512-Contenido-analisis-de-coyuntura-del-sector-porcicultor-del-ano-2016-y-perspectivas-octubre-de-2016-pag-1-ia-manera-de-introduccion.html>.

Avilés E, Espinosa J, Rentería J, Mejía C, Mariscal G, Cuarón J. 2009. Disponibilidad de ingredientes no tradicionales con potencial de ser usados en la alimentación de cerdas gestantes en el Bajío mexicano. *Vet Mex.* 40(4): 357–370.

Benitez SY, Poveda CA. 2011. Evaluación nutricional de ensilajes con diferentes niveles de inclusión de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) y digestibilidad in vivo como alternativa energética para alimentación de cerdos. *Rev Col Cien Anim.* 4(1): 20–28.

Bermúdez P, Santos M, Poveda C. 2013. Caracterización organoléptica, química y digestibilidad

- de ensilajes de cereza de café para cerdos. Agroforestería Neotropical. (3): 62–70.
- Boisen S, Fernández JA. 1997. Prediction of the total tract digestibility of energy in feedstuffs and pig diets by in vitro analyses. *Anim Feed Sci Techn.* 68: 277-286. Doi: 10.1016/S0377-8401(97)00058-8.
- Boschini-Figueroa B, Pineda-Cordero C, Chacón-Hernández P. 2014. Evaluación del Ensilaje de pasto ratana, con tres diferentes aditivos. *Agron Mesoam.* 25(2): 297-311.
- Buzby J, Hyman J. 2013. Total and per capita value of food loss in the United States—Comments. *Food Policy.* 41(5), 63–64. Doi: 10.1016/j.foodpol.2013.04.003.
- Cabella D, Eguren E. 2012. Buenas prácticas en la elaboración de alimentos para animales. Montevideo (UR): División Protección de Alimentos Vegetales, Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca - Uruguay.
- Caçao V. 2011. Bromatologia Aplicada À Produção Animal [Internet]. São Paulo (BR): Universidade Estadual Paulista; [citado 2018 nov. 14]. Disponible en: http://sgcd.dracena.unesp.br/Home/Especializacao/EstrategiasIntegradas-paraPecuariadeCorte284/bromatologia_aplicada_prod_animal.pdf
- Castellanos R, Villamil J, Romero P. 2004. Incorporación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control en la legislación alimentaria. *Rev Salud Pública.* 6(3): 289–301.
- Chae BJ, Joo JH, Shim YH, Kwon IK, Kim SH. 2000. Effects of feeding dried food waste on growth and nutrient digestibility in Growing–Finishing Pigs. *Asian Australasian J of Animal Science.* 13(9): 1304-1308. Doi: 10.5713/ajas.2000.1304.
- Chrobog CK. 2014. Wasted: understanding the economic and social impact of food waste [tesis]. [Rio de Janeiro (BR)]: Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Fundação Getulio Vargas.
- Cuellar P, Reyes G. 1991. Utilización de lavazas enriquecidas en alimentación de cerdos de levante–ceba (30–90 Kg). *Acta Agronómica* 42(1): 1-4.
- Díaz E. 2015. Efecto de dietas con desperdicio de comedor y cocina deshidratado sobre la grasa dorsal, peso corporal y rendimiento productivo de cerdas en gestación y lactación [tesis de maestría]. [Saltillo (MX)]: Universidad Autónoma Agraria Antonio Navarro.
- Diniz T, Granja-Salcedo YT, De Oliveira Z, Viegas CR. 2014. Uso de subproductos da bananicultura na alimentação animal. *Rev Col Cien Anim.* 6(1): 194–212.
- Domínguez PL. 2000. Producción porcina a pequeña escala y reciclaje de nutrientes [Internet]. La Habana (CU): Instituto de Investigaciones Porcinas; [citado 2018 nov. 14] Disponible en: http://www.actaf.co.cu/index.php?option=com_mtree&task=att_download&link_id=620&cf_id=24.
- Dou Z, Toth JD, Westendorf ML. 2017. Food waste for livestock feeding: Feasibility, safety, and sustainability implications. *Global Food Security.* 17: 154-161. Doi: 10.1016/j.gfs.2017.12.003.
- Dunière L, Sindou J, Chaucheyras-Durand F, Chevallier I, Thévenot-Sergentet D. 2013. Silage processing and strategies to prevent persistence of undesirable microorganisms. *Animal Feed Science and Technology.* 182(1–4): 1–15. Doi: 10.1016/j.anifeedsci.2013.04.006.
- Duque JC. 2016. Digestibilidad y contenido energético de alimentos con niveles crecientes de fibra para perros [tesis de maestría]. [Medellín (CO)]: Universidad de Antioquia.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2012. Huella del despilfarro de alimentos. Contabilidad ambiental de las pérdidas y desperdicio de alimentos—Documento de exposición de conceptos [Internet]. Roma (IT): FAO; [citado 2018 nov. 14]. Departamento de Gestión de Recursos Naturales y Medio Ambiente—FAO; Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/sustainability_pathways/docs/Food_Wastage_Concept_Note_web_es.pdf.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2013. Foro sobre contabilidad del costo total del despilfarro de alimentos Semana 4 (11–17 de noviembre). Ocupación y degradación de tierras [Internet]. FAO; [citado 2018 nov. 14]. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/sustainability_pathways/docs/Land_FCA_Input_Paper_Spanish.pdf.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2014. Save Food: Global Initiative on Food Losses and

- Waste Reduction [Internet]. Roma (IT): FAO; [citado 2018 nov. 14]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i2776e/i2776e00.pdf>.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2016. Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe—Reducir a la mitad las pérdidas y desperdicios de alimentos per cápita en 2015, un compromiso de la región [Internet]. Roma (IT): FAO; [citado 2018 nov. 14]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5504s.pdf>.
- García-Contreras A, De Loera Ortega Y, Yagüe A, Guevara González J, García Artiga C. 2012. Alimentación práctica del cerdo feeding practices for pigs. Rev Complutense de Ciencias Veterinarias. 6: 21-51.
- Gerrits WJJ, Verstegen MWA. 2006. El papel de la fibra dietética en la alimentación porcina. En: Memorias—XXII Curso de Especialización FED-NA; 2006 oct. 16 y 17; Barcelona. p. 441-456.
- Guerrero J, Posada C. 2015. Mejorar el manejo de lavazas con las que se alimentan a los cerdos de la granja porcícola de la cárcel de Palmira [tesis]. [Palmira (CO)]: Universidad Nacional Abierta y a Distancia—UNAD.
- Guzmán O, Lemus C, Martínez S, Bonilla J, Plascencia A, Ly J. 2012. Chemical characteristics of silages of mango (*Mangifera indica* L.) for animal feeding in Nayarit, Mexico. Cuban J of Agricultural Sci. 47(3): 369-374.
- Hernández L, González M, Carrillo A. 2016. Uso de aceites de oleaginosas en la producción de grasa de cerdo con diferente perfil lipídico y estabilidad oxidativa. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 1(2): 559-564.
- Hudson U, Messa M. 2016. Documento de posición sobre las pérdidas y desperdicios alimentarios [Internet]. Slow Food; [citado 2018 dic. 10] Disponible en: https://www.slowfood.com/slowlife/wp-content/uploads/SPA_position_paper_foodwaste.pdf.
- Huertas N, Díaz W. 2014. Evaluación del uso de harina de alfalfa, harina de arroz y salvado de trigo, sobre los parámetros productivos en conejos de ceba en el municipio de garagoa [tesis de pregrado]. [Tunja (CO)]: Universidad Nacional Abierta y a Distancia—UNAD.
- [ICA] Instituto Colombiano Agropecuario. 1999. Directivas Técnicas de alimentos Para Animales y Sales Mineralizadas [Internet]. [Citado 2019 ene. 8]. Disponible en internet: <http://www.ica.gov.co/getdoc/7d27ee5e-cfe4-47a2-868e7c53f4e49473/Directivastecnicasalimentosanimales.aspx>.
- [INTA]. 2009. Nutrición y alimentación: eficiencia de conversión. En: Buenas prácticas pecuarias para la producción y comercialización porcina familiar. 167-184. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_porcinos_capviii.pdf.
- Intriago F, Paz S. 2000. Ensilaje de cáscara de banano maduro con microorganismos eficaces como alternativa de suplemento para gando bovino [tesis]. [Guácimo (CR)]: Universidad Earth.
- Jinno C, He Y, Morash D, McNamara E, Zicari S, King A, Stein HH, Liu Y. 2018. Enzymatic digestion turns food waste into feed for growing pigs. Animal Feed Science and Technology. 242: 48-58. Doi: 10.1016/j.anifeeds.2018.05.006.
- Kerr BJ, Kellner TA, Shurson GC. 2015. Characteristics of lipids and their feeding value in swine diets. J Animal Science Biotech. 6: 1-23. Doi: 10.1186/s40104-015-0028-x.
- Kim MH, Song YE, Song HB, Kim JW, Hwang SJ. 2011. Evaluation of food waste disposal options by LCC analysis from the perspective of global warming: Jungnang case, South Korea. Waste Management. 31(9-10): 2112-2120. Doi: 10.1016/j.wasman.2011.04.019.
- Kumar A, Roy B, Lakhani GP, Jain A. 2014. Evaluation of dried bread waste as feedstuff for growing crossbred pigs. Veterinary World. 7(9): 698-701. Doi: 10.14202/vetworld.2014.698-701.
- Leterme P, Estrada F. 2006. Análisis de los alimentos y forrajes destinados a los animales. Notas de Laboratorio. Manual Laboratorio de Nutrición animal. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira.
- Liu P, Kerr T, Weber E, Chen C, Johnston J, Shurson C. 2014. Influence of thermally oxidized vegetable oil an animal fats on intestinal barrier function and immune variables in young pigs. Journal of Animal Science. 92(7): 2971-2979. Doi: 10.2527/jas.2012-5710.
- López N. 2012. Alimentación de cerdos. Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal.
- Mannetje L. 2005. Introducción a la conferencia sobre el uso del ensilaje en el trópico [Internet].

- Wageningen (PB): Department of Plant Sciences, Wageningen University; [citado 2018 nov. 14]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/X8486S/x8486s03.htm>.
- Martínez A. 2011. Valoración energética de alimentos [Internet]. Asociación Iberoamericana de Zootecnia / Universidad de Córdoba [citado 2018 nov. 14]. Disponible en: http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/17_17_30_Valoracion_de_Alimentos.pdf
- Martínez RM, Mezquita PC, Bermúdez P. 2012. Use of food wastes for the production of lactic silage. 55(1): 115–126. Doi: 10.1590/S1516-89132012000100015.
- Martínez-Fernández A, Argamentoría A, De-La Rosa B. 2014. Manejo de forrajes para ensilar [Internet]. Asturias (Esp): Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentaria (SERIDA); [citado 2018 nov. 14]. Disponible en: <http://www.serida.org/pdfs/6079.pdf>.
- Maza AL, Vergara OG, Paternina ED. 2011. Evaluación química y organoléptica del ensilaje de maralfalfa (*Pennisetum* sp.) más yuca fresca (*Manihot esculenta*). Revista MVZ Cordoba. 16(2): 2528–2537. Doi: 10.21897/rmvz.1017
- Mier MDA. 2009. Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero [tesis de maestría]. Córdoba (Esp): Universidad de Córdoba.
- Mota D, Alonso-Spilsbury M, Ramírez-Necochea R, Císneros M, Torres V, Trujillo ME. 2004. Efecto de la pérdida de grasa dorsal y peso corporal sobre el rendimiento reproductivo de cerdas prim íparas lactantes alimentadas con tres diferentes tipos de dietas. Rev Científica. 14(1): 13-19.
- [NRC] National Research Council. 2012. Nutrient Requirements of Swine. Eleventh Revised Edition. Washington, D.C.: National Academic Press.
- Noblet J. 2014. Sistemas de estimación del valor energético de los alimentos para porcino, En: Memorias–X Curso de especialización Fedna; 1994 nov. 10-11; Madrid
- Noblet J, Jaguelin-Peyraud Y. 2007. Prediction of digestibility of organic matter and energy in the growing pig from an in vitro method. Animal Feed Science and Technology. 134(3–4): 211–222. Doi: 10.1016/j.anifeedsci.2006.07.008.
- Pajoy HO. 2017. Evaluación de las ganancias de peso en cerdos alimentados con ensilaje de pulpa de café en la finca el cabuyo de la vereda alto cañada del municipio de La Plata, Huila [tesis]. [La Plata, Huila (CO)]: UNAD.
- Pereira de Sales GL. 2009. Diagnóstico da geração de resíduos sólidos em restaurantes públicos populares do município do rio de janeiro: contribuição para minimização de desperdícios [tesis]. [Rio de Janeiro (BR)]: Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Ramírez G. 2011. Comportamiento de cerdos de traspatio en etapa de crecimiento alimentados con dietas a base de desperdicio de comedor y cocina [tesis]. [Buenavista (MX)]: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Rodríguez MB. 2007. Determinación de la Composición Química y Propiedades Físicas y Químicas del Pulido de Arroz (*Oryza sativa* L.) [tesis]. [Valdivia (CH)]: Universidad Austral de Chile.
- Rostagno HS, editor. 2017. Tablas Brasileñas Para Aves y Cerdos—Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales [Internet]. Viçosa, MG (BR): Departamento de Zootecnia, Universidad Federal de Viçosa; [citado 2018 nov. 14]. Disponible en: <http://www.lisina.com.br/arquivos/Geral%20Espa%C3%B1ol.pdf>.
- Ruiz M. 2012. Caracterización de residuos sólidos en la Universidad Iberoamericana Ciudad de México. Rev. Int. Contam. Ambient. 28(1): 93-97.
- San Martin D, Ramos S, Zuffia J. 2016. Valorisation of food waste to produce new raw materials for animal feed. Food Chemistry. 198: 68–74. Doi: 10.1016/j.foodchem.2015.11.035.
- Schroeder JW. 2004. Silage Fermentation and Preservation [Internet]. Fargo, North Dakota: North Dakota State University; [citado 2018 nov. 14]. Disponible en: <https://library.ndsu.edu/ir/bitstream/handle/10365/5102/as1254.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Silva DJ, Queiroz AC. 2002. Análise de alimentos: método químico e biológico. 3a ed. Editora UFV. 235p.
- Stein HH, Lagos LV, Casas GA. 2016. Nutritional value of feed ingredients of plant origin fed to pigs. Animal Feed Science and Technology. 218: 33–69. Doi: 10.1016/j.anifeedsci.2016.05.003.
- Tavárez MA, Boler DD, Bess N, Zhao J, Yan F, Dilger AC, Mckeith F. 2018. Effect of anti-

- oxidant inclusion and oil quality on broiler performance, meat quality, and lipid oxidation. 90(4): 922–930. Doi: 10.3382/ps.2010-01180.
- Urdaneta J, Borges J. 2011. Características organolépticas, fermentativas y nutricionales de ensilajes mixtos de *Pennisetum* spp. hibridum. San Felipe (VZ): Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). 2: 58–63.
- Van Soest P, Robertson J, Lewis B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Animal Science*. 74: 3583-3597.
- Valencia AF. 2016. Los ensilajes: una mirada a esta estrategia de conservación de forraje para la alimentación animal en el contexto colombiano [tesis de pregrado]. [Bogotá (CO)]: Programa Dd Zootecnia, Universidad de La Salle.
- Villa F. 2008. Estudio microbiológico y calidad nutricional de ensilaje de maíz cosechado en dos ecorregiones de Colombia [tesis de maestría]. [Bogotá (CO)]: Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/2612/1/780151.2008.pdf>.
- Villa A, Meléndez A, Carulla J, Pabón M, Cárdenas E. 2010. Estudio Microbiológico y calidad nutricional del ensilaje de maíz en dos ecorregiones de Colombia. *Rev Col Cienc Pecu*. Doi: 23: 65-77.
- Villa R, Hurtado J. 2016. Evaluación nutricional de diferentes ensilajes para alimentar conejos. *Rev Ciencias Agríc*. 33(2): 76–83. Doi: 10.22267/rcia.163302.54.
- Villalba DK, Holguin VA, Acuña JA, Varon RP. 2011. Calidad bromatológica y organoléptica de ensilajes de residuos orgánicos del sistema de producción café. *Rev Colo Cien Anim*. 4(1): 47–52.
- Westendorf M, Schuler T, Zirkle EW. 1993. Nutritional quality of recycled food plate waste in diets fed to swine. *The Professional Animal Scientist*. 15(2): 106–111. Doi: 10.15232/S1080-7446(15)31737-X.
- Zhang R, El-Mashad HM, Hartman K, Wang F, Liu G, Choate C, Gamble P. 2007. Characterization of food waste as feedstock for anaerobic digestion. 98(4): 929–935. Doi: 10.1016/j.biortech.2006.02.039.

Article citation

Ramírez-Navarro YM, Peñuela-Sierra LM, Garcia-Saavedra YM, Pérez-Rubio MDR. 2019. Caracterización organoléptica, nutricional, microbiológica y digestibilidad *in vitro* de ensilados con diferentes niveles de inclusión de desperdicios de alimentos. [Organoleptic, nutritional, microbiological characterization and *in vitro* digestibility of silage with different levels of inclusion of food waste]. *Rev Med Vet Zoot*. 66(3): 245-259. Doi: 10.15446/rfmvz.v66n3.84261.