



Evaluación de subproductos de *Solanum tuberosum* y *Daucus carota* mediante FES como alternativa en la alimentación animal

Evaluation of byproducts of *Solanum tuberosum* and *Daucus carota* by FES as an alternative in animal feed

Nidia Lorena Caro Cusba¹

Gabriel Fernando Saavedra Montañez²

Luis Miguel Borrás Sandoval³



DOI: <https://doi.org/10.19053/01228420.v18.n2.2021.12502>

RESUMEN: La creciente demanda de alimentos como maíz o soya ha favorecido la implementación de biotecnologías por medio del aprovechamiento de residuos agroindustriales con el fin de obtener dietas alternativas con alto valor biológico. Por esta razón, el objetivo de esta investigación fue elaborar una dieta a base de subproductos de cosecha de papa *Solanum tuberosum* y zanahoria *Daucus carota* tratados mediante Fermentación en Estado Sólido (FES). Se realizó análisis de calidad postcosecha, posteriormente, se mezclaron en proporción de 15% junto con palmiste (20%), cema de trigo (20%), torta de soya (10%), maíz (10%), cascarilla de café (5%), melaza (4%) y aditamentos como premezcla vitamínica (0,5%) e inoculante bacteriano (0,5%). A continuación, el alimento preparado se sometió a FES y se evaluó por medio de análisis composicional y microbiológico. Se realizó análisis estadístico descriptivo de las variables evaluadas y se obtuvo valores de MS de 66,7%, humedad 33,3%, proteína bruta 19,4%, cenizas 5,21%, extracto etéreo 6,35% y fibra cruda 16,9%. El análisis microbiológico determinó que el recuento de mesófilos aerobios fue mayor exponencialmente a las 48 horas respecto de las 72 horas ($110,67 \pm 23,44$), no se observó crecimiento de mohos y levaduras a las 48 horas y a las 72 horas se reportaron ($14,67 \text{ UFC/g} \pm 5,03$). Se concluye que mediante el uso de FES se puede incrementar el valor biológico de la papa y zanahoria en mezcla con otras materias primas para la obtención de dietas destinadas a la alimentación animal.

PALABRAS CLAVE: Alimento, fermentación, microbiología, nutrición animal, proteína

ABSTRACT: The growing demand for foods such as corn or soybeans has favored the implementation of biotechnologies through the use of agro-industrial waste in order to obtain alternative diets with high biological value. For this reason, the objective of this research was to develop a diet based on harvest by-products of potato *Solanum tuberosum* and carrot *Daucus carota* treated by Solid State Fermentation (FES). Postharvest quality analysis was carried out, subsequently, they were mixed in a proportion of 15% together with palm kernel (20%), wheat ceme (20%), soybean cake (10%), corn (10%), coffee husk (5%), molasses (4%) and additives such as vitamin premix (0.5%) and bacterial inoculant (0.5%). The prepared food was then subjected to FES and evaluated by compositional and microbiological analysis. Descriptive statistical analysis of the evaluated variables was performed and DM values of 66.7%, humidity 33.3%, crude protein 19.4%, ash 5.21%, ether extract 6.35% and crude fiber 16.9% were obtained. The microbiological analysis determined that the aerobic mesophil count was exponentially higher at 48 hours compared to 72 hours (110.67 ± 23.44), no growth of molds and yeasts was observed at 48 hours and at 72 hours they were reported ($14.67 \text{ CFU / g} \pm 5.03$). It is concluded that by using FES the biological value of potatoes and carrots can be increased in a mixture with other raw materials to obtain diets intended for animal feed.

ADDITIONAL KEY WORDS: Food, fermentation, microbiology, animal nutrition, protein.

FECHA DE RECEPCIÓN: 20 de febrero de 2021 **FECHA DE ACEPTACIÓN:** 19 de mayo de 2021

COMO CITAR ESTE ARTÍCULO: Caro Cusba, N., Saavedra Montañez, G., & Borrás Sandoval, L. (2021). Evaluación de subproductos de *Solanum tuberosum* y *Daucus carota* mediante FES como alternativa en la alimentación animal. *Cien. Agri.*, 18(2): 55-66. <https://doi.org/10.19053/01228420.v18.n2.2021.12502>

1 MVZ. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. Colombia. Autor de correspondencia: nidia.caro@uptc.edu.co
 <https://orcid.org/0000-0002-7622-5447>

2 M.Sc. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. Colombia. gabriel.saavedra@uptc.edu.co <https://orcid.org/0000-0003-0463-7722>

3 Ph. D. Ciencias veterinarias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. Colombia. luis.borras@uptc.edu.co
 <https://orcid.org/0000-0002-3284-027X>

I. Introducción

El incremento de la población mundial y con ello el aumento de la demanda de alimentos y fuentes de proteína para la alimentación humana, han generado insuficiencia en los suministros de materias primas para la fabricación de alimentos balanceados ocasionando un aumento en los costos en la producción pecuaria, donde se ha establecido que la alimentación representa el 70% de los costos de producción (Castillo-Badilla *et al.*, 2019). Por esta razón, la implementación de biotecnologías en la alimentación animal ha permitido la obtención de dietas con alto valor biológico, fácil acceso a menor costo especialmente en pequeños y medianos productores (de Araújo Sousa & Correia, 2010; FAO, 2016). Así pues, el aprovechamiento de subproductos agrícolas o de cosecha a través de procesos como FES permite mediante la acción de microorganismos la obtención de alimentos energético-proteicos, mejorando sus características físicas y de conservación (De Araújo & Correia, 2010), cuando se someten a determinadas condiciones de pH, humedad, aireación y temperatura (Borrás-Sandoval & Torres-Vidales, 2016), considerándose una fuente importante de biomasa en la alimentación animal (Prada, 2012).

El departamento de Boyacá se destaca en la producción agrícola del país, especialmente con la producción de tubérculos de *Solanum tuberosum* y hortalizas como *Daucus carota* L., siendo uno de los principales productores de zanahoria en Colombia, donde registró para el año 2018 una cifra récord de 6.669 ha sembradas (DANE, 2018). Paralelamente, la producción de papa en Boyacá en 2018 representó el 27% del área sembrada nacional de un total de 74.885 ha sembradas en todo el país (DANE, 2018). Bajo este contexto, se estima que en Colombia se pierde y desperdicia el 34% de los alimentos producidos siendo una alternativa de aprovechamiento con gran potencial con fines a la alimentación animal (Ajila *et al.*, 2012; FAO, 2016).

La papa se caracteriza por ser un alimento rico en carbohidratos, carotenos y ácido ascórbico, posee un alto contenido de humedad alrededor del 70%, no contiene grasas y un bajo contenido de proteína alrededor del 2-3%. La zanahoria se caracteriza por ser rica en carotenos, vitaminas del complejo B, vitamina A, E, potasio, fósforo, magnesio, yodo y calcio. Tanto papa como zanahoria, en estado fresco son bajas en contenido nutricional, razón por la cual se desea evaluar su desempeño al mezclarse con palmiste, cema de trigo, torta de soya, maíz, cascarilla de café y melaza a través de la acción de microorganismos fermentadores con el objetivo de determinar su potencial en la nutrición animal.

II. Materiales y Métodos

Ubicación geográfica

Los procedimientos analíticos de las materias primas *Solanum tuberosum* y *Daucus carota*, así como del alimento preparado se llevaron a cabo en el laboratorio de fisiología vegetal y laboratorio de nutrición animal de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), Tunja - Boyacá.

Muestra

Los ingredientes papa y zanahoria fueron adquiridos de forma comercial en centros de acopio locales del municipio de Tibasosa, Boyacá. Posteriormente, fueron lavadas y picadas a un tamaño aproximado de 5 milímetros (mm). Se realizó caracterización de calidad post cosecha, se evaluó firmeza, pH, sólidos solubles totales (°grados Brix) y acidez titulable (Tabla I). Además, se determinó firmeza del material vegetal (N) por medio de penetrómetro digital (PCE-PTR200, Tunja) con aproximación 0,05 N. Sólidos solubles totales (SST) se determinó a través de mediciones de grados Brix con un refractómetro digital (Hanna®, Tunja) de rango 0 a 85% con precisión 0,1 °Brix. pH se determinó tomando 1 mililitro (mL) de sustrato producto del macerado del material vegetal previamente mezclado y medido con un potenciómetro previamente calibrado con soluciones buffer de pH 7,0. Acidez titulable (ATT) se midió utilizando 1 mL de sustrato al cual se le adicionó 3 gotas de fenofaleína en una titulación potenciométrica hasta pH de 8,2.

TABLA I. Caracterización fisicoquímica de *Solanum tuberosum* y *Daucus carota*.

	Muestras	
	<i>Solanum tuberosum</i>	<i>Daucus carota</i>
Firmeza	70,69 ± 9,98	66,45 ± 7,44
pH	5,84 ± 0,24	6,00 ± 0,11
Solidos solubles (°Brix)	6,08 ± 1,02	3,8 ± 0,32
Acidez titulable (% Ac. Ascórbico)	0,19 ± 0,04	0,45 ± 0,07

Preparación del alimento

Se utilizó un inóculo bacteriano a base de bacterias ácido lácticas heterofermentativas desarrollado bajo la metodología (Borras-Sandoval *et al.*, 2015) utilizando cultivo comercial Liofast Y452B, SACCO® (Tabla II). Se elaboró una dieta a base de la mezcla de papa (15%) y zanahoria (15%), se agregó materiales secantes como palmiste (20%), cema de trigo (20%), torta de soya (10%), maíz (10%), cascarilla de café (5%), melaza (4%), aditamentos y minerales (0,5%) e inóculo bacteriano (0,5%) (Tabla III) de tal manera que la dieta

fuera isoproteica e isoenergética según tablas del *National Research Council* (NRC, 2012).

TABLA II. Componentes del preparado microbiano con actividad ácido láctica.

Componentes del preparado microbiano	Aportes de los componentes
Melaza	Fuente de azúcares fermentables
Harina de maíz	Fuente de energía
Harina de frijol	Fuente de proteína
Urea	Fuente de NNP para la fermentación
Sulfato de magnesio	Fuente de azufre
Premezcla mineral (Bovinos)	Fuente de elementos inorgánicos y minerales
Inóculo (Yogurt)	Fuente de BAL
Agua	Solvente del sistema

NNP= Nitrógeno no proteico; BAL= Bacterias con actividad ácido láctica.

Fuente: (Borrás-Sandoval *et al.*, 2017)

Los ingredientes se mezclaron hasta obtener un alimento uniforme, se preparó un total de 60 kg y se conservaron en bolsas selladas no herméticamente con capacidad de 20 kg a temperatura y humedad constante de 17 °C durante 72 horas. Se tomó una muestra que fue sometida a evaluación nutricional determinando materia seca, humedad, cenizas, fibra cruda, proteína bruta, extracto etéreo, fibra en detergente neutro, fibra en detergente ácido, extracto no nitrogenado, nitrógeno, calcio y fósforo, además de análisis microbiológico.

TABLA III. Composición porcentual del alimento preparado.

Materia prima	Inclusion(%)
<i>Daucus carota</i>	15
<i>Solanum tuberosum</i>	15
Palmiste	20
Cema de trigo	20
Torta de soya	10
Maiz	10
Cascarilla de café	5
Melaza	4
Premezcla vitamínica	0,5
Inoculante	0,5
Total	100

Análisis composicional

Se determinó el contenido de materia seca, humedad y ceniza se determinó por análisis gravimétrico. La proteína bruta se determinó por método de Kjeldahl, se utilizó éter para el extracto etéreo y análisis por gravimetría, fibra detergente cruda, fibra en detergente acida y fibra en detergente neutro por método de Van Soest (Van Soest *et al.*, 1991), se realizó análisis composicional de los ingredientes (Tabla IV).

TABLA IV. Análisis composicional de los principales ingredientes.

INGREDIENTE	Húmedad	MS	Ceniza	PB	EE	FC	FDN	FDA
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Solanum tuberosum</i>	35	65	8	7	0,5	15	7	2,9
<i>Daucus carota</i>	21,7	78,3	5,1	1,4	7,1	8,2	55,9	19,5
Harina de palmiste	9,8	90,2	4,5	16,3	1,8	20,2	63,8	40,2
Cema de trigo	10,0	90	1,6	13,8	2,0	2,9	11,9	3,9
Torta de soya	12	88	6,2	44	1,9	5,9	12,8	7,2
Maíz	12	88	8	9	8	14	19,3	5,8
Cascarilla de café	7,2	92,8	0,5	5,6	1,3	17,8	79,4	13,5

H: humedad; MS: materia seca; Ceniza; PB: proteína bruta; EE: extracto etéreo; FC: fibra cruda; FDN: fibra en detergente neutro; FDA: fibra en detergente ácida.

Fuente: Autor

Análisis microbiológico

Se realizó 48 horas y 72 horas después de la elaboración del producto final. Se utilizó el método recuento en placa NTC 4092 utilizando dilución 10^{-6} , el cultivo se realizó con los procedimientos Compact Dry para Mesófilos Aerobios® (UFC/g), mohos y levaduras® (UFC/g), incubados a 37 °C por 48 horas después de las 72 horas de fermentación de las dietas.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos del análisis composicional del alimento fes papa-zana-horia, así como el análisis microbiológico fueron ordenados en una hoja de cálculo de Microsoft Excel mediante la aplicación de estadística descriptiva y paquete estadístico *SPSS Statistics* versión 19.

III. Resultados y Discusión

Humedad y materia seca

El alimento preparado presentó una humedad de 33,3% y contenido en base materia seca fue de 66,7% (Tabla V). Resultados similares obtenidos por (Saavedra Montañez *et al.*, 2018), donde se sometió a fermentación dietas con porcentajes de inclusión de papa y zanahoria de 30% y se obtuvo valores de humedad a las 48 horas de 36.33% y 37.82% respectivamente permitiendo así una adecuada fermentación y condiciones óptimas para el crecimiento de los microorganismos. Por otra parte, difieren con lo obtenido por (Borras-Sandoval *et al.*, 2014), donde se elaboraron productos FES con 90% de inclusión de papa en la dieta sometiéndolos a fermentación a 20, 25 y 30°C y se obtuvo valores de humedad entre 61,4 – 80,7% a las 24 horas y posteriormente incrementaron 61,8 – 82,0%.

Proteína bruta

Se obtuvo un valor de proteína de 19,4% en el alimento preparado fes papa-zanahoria (ver Tabla V). El análisis composicional de los ingredientes demostró que el mayor valor proteico se encontró en la torta de soya, harina de palmiste y la cema de trigo con 44, 16,3 y 13,8% PB respectivamente, lo que indica que el aumento de PB tras el proceso de fermentación puede otorgarse al preparado microbiano con actividad ácido láctica como acelerante biológico (Borrás *et al.*, 2020) y a los procesos bioquímicos que se llevan a cabo mediante la degradación de una pequeña cantidad de proteínas solubles y degradables presentes que por acción de los ingredientes energéticos usados mediante proteasas de los microorganismos se degradan a péptidos como lo manifiesta (Pulido-Suárez *et al.*, 2016) citado de (Hristov *et al.*, 2005). En efecto, este resultado concuerda con lo reportado en productos fes con *Daucus carota* en inclusión del 35% cuyo valor inicial de PB fue de 1,4% y tras el proceso de fermentación se obtuvo 18,4% de PB en el tratamiento control, 15,2% en el FES 2 (sin repila de trigo) y 18,3% en el FES 3 (sin cascarilla de café) (Fonseca-López & Saavedra-Montañez, 2018).

Por otra parte, (Rodríguez-Salgado *et al.*, 2021) obtuvieron 27,80% en un producto fes papa-zanahoria a razón de 25% de inclusión en una dieta destinada para la alimentación de terneros, además se reportó valores de 27,51% PB con un producto fermentado con residuos agroindustriales de pera *Pyrus communis* (Pulido-Suárez *et al.*, 2016).

TABLA V. Composición química del producto FES - papa y zanahoria.

Parámetro	Resultado
Humedad (H)	33,3 %
Materia Seca (MS)	66,7 %
Cenizas	5,21 %
Proteína Bruta (PB)	19,4 %
Extracto etéreo (EE)	6,35 %
Fibra Cruda (FC)	16,9%
Fibra Detergente neutro (FDN)	42,9 %
Fibra detergente ácido (FDA)	18,9 %
Extracto no nitrogenado (ENN)	52,1 %
Nitrógeno (N)	3,11%
Fósforo	0,53 %
Calcio	0,78 %

Humedad; MS: materia seca; Ceniza; PB: proteína bruta; EE: extracto etéreo; FC: fibra cruda; FDN: fibra en detergente neutro; FDA: fibra en detergente ácido; FC: fibra cruda; ENN: extracto no nitrogenado; N: nitrógeno.

Cenizas

El valor obtenido de cenizas en el alimento fue de 5,21%. Ciertamente, con la inclusión de la papa en el preparado se genera un gran aporte de cenizas ya que en crudo presento un valor de 8,0%, similar al encontrado por (Fonseca-López & Borrás-Sandoval, 2014) donde se reportó un contenido de cenizas de 8,98% usado en estado fresco en la alimentación de vacas Holstein . No obstante, se debe tener en cuenta que los valores de ceniza dependen de la naturaleza del suelo donde fue cultivado el tubérculo (Borrás *et al.*, 2020) y a la adición de 0.5 % de premezcla mineral al sustrato para la fermentación (Miranda *et al.*, 2018). resultado similar al obtenido en un estudio con papa en la alimentación de vacas lecheras donde se reportó un aporte de cenizas del 8,98% (Borrás-Sandoval *et al.*, 2014).

Extracto etéreo

El valor de EE obtenido en el alimento FES papa - zanahoria fue 6,35% (ver Tabla V). Esta variable hace referencia a los compuestos extraídas con éter etílico entre los que se encuentran las grasas brutas o lípidos y todos los esteres de los ácidos grasos incluyendo vitaminas liposolubles, fosfolípidos, carotenoides entre otros compuestos. Resultados que difieren en lo encontrado por (Willan Caicedo *et al.*, 2019) al llevar a cabo un proceso de fes con tubérculos de taro *Colocasia esculenta* (L.) donde se obtuvo EE de 1,50%.

Los resultados de EE que se obtuvieron aquí son similares a los actualmente usados en concentrados comerciales de la región para especies monogástricas.

Fibra cruda

Se obtuvo un valor de 16,9% (Tabla V), teniendo en cuenta que ingredientes como harina de palmiste, cascarilla de café y *Solanum tuberosum* presentaron FC de 20, 2, 17,8 y 15% respectivamente, demostrando así, que la adición de ingredientes con valores altos de FC se relaciona directamente con el contenido de paredes celulares en relación al nivel de almidón de la materia prima utilizada (Saavedra Montañez *et al.*, 2018) citado de (Aranda *et al.*, 2012).

El contenido de fibra obtenido en la dieta fes papa-zanahoria es superior a los requerimientos de fibra para la animales de granja como los porcinos, debido a que ingredientes con alto contenido de fibra generan un mayor incremento de calor durante la digestión y de esta manera una mayor diferencia entre la ED y la EN si se compara con alimentos con niveles moderados de fibra en un ambiente termo neutral Por esta razón, dietas con alto de contenido de fibra no actúan en detrimento cuando especies monogástricas son sometidos a condiciones de invierno o de difícil control medioambiental en fases de crecimiento (W Caicedo *et al.*, 2018).

Análisis Microbiológico

Se realizó análisis microbiológico por triplicado del producto final a muestras obtenidas a 48 y 72 horas después de la elaboración.

TABLA VI. Resultado del análisis microbiológico producto final.

Análisis microbiológico	Resultados					
	48 horas			72 horas		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Mesófilos aerobios (UFC/g)	84*10 ⁶	120*10 ⁶	128*10 ⁶	7*10 ⁶	11*10 ⁶	5*10 ⁶
Mohos y levaduras (UFC/g)	0	0	0	14	10	20

UFC: Unidades formadoras de colonia.

El recuento de Mesófilos aerobios fue mayor exponencialmente a las 48 horas respecto de las 72 horas ($110,67 \pm 23,44$) (ver Tabla VI), esto debido principalmente a la estabilización del pH al generarse consumo de carbohidratos para la formación de proteína microbiana tras las 72 horas (Saavedra Montañez *et al.*, 2018). Adicionalmente, se destaca que con el aumento de mesófilos aerobios se ejerce un efecto inhibitorio de crecimiento de entero bacterias, debido principalmente a la acción ejercida por las bacterias ácido lácticas demostrando que es adecuado para mantener valores de pH bajos y a su capacidad de producir ácido láctico y peróxido de hidrogeno (Miranda-Yuquilema *et al.*, 2018) facilitando la eliminación de patógenos indeseables (Borrás *et al.*, 2020).

Las bacterias aerobias mesófilas expresan la carga total de microorganismos en presencia de oxígeno y a temperaturas que oscilan entre 15 y 45 °C, su importancia radica en que expresan la actividad microbiana total en un proceso de tipo biológico (Willan Caicedo *et al.*, 2019).

Para el caso de los mohos y levaduras, a las 48 horas no se observó crecimiento y a las 72 horas se reportó 14,67 UFC/g \pm 5,03 (Tabla VI), que puede atribuirse a bajo contenido de nitrógeno en forma de urea en la dieta <1% (Ajila *et al.*, 2012), ya que concentraciones por encima del 1% de urea como fuente de nitrógeno frena su crecimiento (Fonseca-López & Saavedra-Montañez, 2018). El resultado obtenido se encuentra dentro del rango esperado para el mantenimiento del proceso de fermentación como lo encontrado el encontrado en un preparado microbiano a base de bacterias ácido lácticas (Borrás-Sandoval *et al.*, 2017).

IV. Conclusiones

Factores como la humedad determinan la efectividad del proceso fermentativo, en este trabajo, se observó que la papa y zanahoria en estado fresco presentaron un contenido de 35 y 21,7% respectivamente y que al mezclarse en una dieta con palmiste, cema de trigo, torta de soya, maíz y cascarilla de café se obtiene una dieta con 33,3% de humedad limitando así el crecimiento de hongos y levaduras a las 48 horas de fermentación y estabilizándose a las 72 horas de fermentación. Así mismo, el valor proteico del producto fes papa-zanahoria incremento debido a la adición del inóculo bacteriano (0,5%), sin adición de urea en este alimento.

El contenido de minerales en este alimento preparado fue similar a los usados en alimentos balanceados comerciales, sin embargo, en dietas donde se incluye *Solanum tuberosum* puede presentar variaciones debido a la variedad y tipo de suelo donde se cultive.

El contenido de fibra del producto fes papa-zanahoria fue superior a los requerimientos de fibra para animales de granja, debido al uso de ingredientes con alto contenido de fibra generan un mayor incremento de calor durante la digestión, no obstante, puede interferir con el consumo de alimento.

Agradecimientos

Los autores manifiestan su agradecimiento a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, al laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Seccional Tunja y a las personas cuya colaboración fue imprescindible en la ejecución de este proyecto.

Referencias

- Ajila, C. M., Brar, S. K., Verma, M., Tyagi, R. D., Godbout, S., & Valéro, J. R. (2012). Bio-processing of agro-byproducts to animal feed. *Critical Reviews in Biotechnology*, 32(4), 382–400. <https://doi.org/10.3109/07388551.2012.659172>
- Aranda, E. M., Georgana, L. E., & Salgado, J. A. R. 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. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 46(2), 159–163. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193024447007.pdf>
- Borras-Sandoval, L. M., Iglesias, A. E., & Moyano-bautista, M. A. (2014). Efecto de la temperatura y el tiempo sobre los indicadores de la papa (*Solanum tuberosum*) fermentada en estado sólido Effect of temperature and time on indicators of potato (*Solanum tuberosum*), fermented in solid state. *Revista Ciencia y Agricultura*, 11(2), 31–38. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5178280>
- Borras-Sandoval, L. M., Iglesias, A. E., & Saavedra Montañez, G. F. (2015). Evaluación de la dinámica de conservación del producto final de un alimento obtenido por fermentación en estado sólido de la papa FES-papa. *Ciencia y Agricultura*, 12, 73–82. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5321703>
- Borrás-Sandoval, Luis M, & Torres-Vidales, G. (2016). Producción de alimentos para animales a través de fermentación en estado sólido – FES Producción de alimentos para animales a través de fermentación en estado sólido – FES Animal feed production by solid state fermentation – SSF Produção De Alimentos Para. *Orinoquia*, 20:2, 8. <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v20n2/v20n2a07.pdf>
- Borrás-Sandoval, Luis Miguel, Valiño-Cabrera, E. C., & Rodríguez-Molano, C. E. (2017). Preparado microbiano con actividad ácido láctica como acelerante biológico en los procesos de fermentación para alimento animal. *Ciencia y Agricultura*, 14(1), 7–13. <https://doi.org/10.19053/01228420.v14.n1.2017.6083>
- Borrás, L. M., Valiño, E. C., Elías, A., Martínez, J. J., Sanabria, A. M., Becerra, M. L., & Martínez, J. J. (2020). Solid-state fermentation of post-harvest wastes of *Solanum tuberosum* and a microbial preparation Fermentación en estado sólido de residuos poscosecha de *Solanum tuberosum* y un preparado microbiano. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54(4), 1–10. <http://scielo.sld.cu/pdf/cjas/v54n4/2079-3480-cjas-54-04-525.pdf>
- Caicedo, W, Sanchez, J., Tapuy, A., Vargas, J. C., Samaniego, E., Valle, S., Moyano, J., & Pujapat, D. (2018). Apparent digestibility of nutrients in fattening pigs (Largewhite x Duroc x Pietrain), fed with taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) meal. Technical note Digestibilidad aparente de nutrientes en cerdos de ceba (Largewhite x Duroc x Pietrain), a. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 52(2), 1–6. <https://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/795>
- Caicedo, Willan, Moya, C., Tapuy, A., Caicedo, M., & Perez, M. (2019). Composición química y digestibilidad aparente de tubérculos de taro procesados por fermentación en estado sólido (FES) en cerdos de crecimiento. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(2), 580–589. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i2.16078>
- Castillo-Badilla, G., Vargas-Leitón, B., Hueckmann-Voss, F., & Romero-Zúñiga, J. J. (2019). Factors that affect the production in first lactation of dairy cattle of Costa Rica. *Agronomy Mesoamerican*, 30(1), 209–227. <https://doi.org/10.15517/am.v30i1.33430>

- DANE. (2018). Boletín Técnico. Encuesta nacional agropecuaria ENA. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2018/boletin_ena_2018.pdf
- De Araújo Sousa, B. A., & Correia, R. T. P. (2010). Biotechnological reuse of fruit residues as a rational strategy for agro-industrial resources. *Journal of Technology Management and Innovation*, 5(2), 104–112. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242010000200010>
- FAO. (2016). Climate is changing. Food and agriculture must change. <http://www.fao.org/3/i5758e/i5758e.pdf>
- Fonseca-López, D. A., & Borrás-Sandoval, L. M. (2014). Evaluation effect of fresh potatoes included in a food based meal , on production and milk quality in Holstein cows. 11(c). *Revista Ciencia y Agricultura* 11(1), 55-65. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=560058658007>
- Fonseca-López, D., & Saavedra-Montañez, G. (2018). Elaboración de un alimento para ganado bovino a base de zanahoria (*Daucus carota* L.) mediante fermentación en estado sólido como una alternativa ecoeficiente Food preparation for carrot-based cattle (*Daucus carota* L.) using solid state fermentation fo. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1), 175–182. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/7416
- Hristov, A. N., Ropp, J. K., Grandeen, K. L., Abedi, S., Etter, R. P., Melgar, A., & Foley, A. E. (2005). Effect of carbohydrate source on ammonia utilization in lactating dairy cows. *Journal of Animal Science*, 83(2), 408–421. <https://doi.org/10.2527/2005.832408x>
- Miranda-Yuquilema, J. E., Marin-Cárdenas, A., Sánchez-Macías, D., & García-Hernández, Y. (2018). Obtaining, characterization and evaluation of two candidate preparations for probiotics developed with agroindustrial waste. *Revista MVZ Cordoba*, 23(1), 6487–6499. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1243>
- NRC, (National Research Council). (2012). Nutrient Requirements of Swine (11a ed.). *National Academies Press*. <https://www.nap.edu/catalog/13298/nutrient-requirements-of-swine-eleventh-revised-edition>
- Prada Ospina, R. (2012). Alternativa de aprovechamiento eficiente de residuos biodegradables: El caso de almidón residual derivado de la industrialización de la papa. *Revista EAN, ISSN 0120-8160*, 180–192. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602012000100012
- Pulido-Suárez, N. J., Borrás-Sandoval, L. M., & Rodríguez-Molano, C. E. (2016). Elaboración de un alimento energético-proteico para animales, basado en residuos de cosecha de pera (*Pyrus communis*). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(1), 7–16. https://doi.org/10.21930/rcta.vol17_num1_art:455
- Rodríguez-Salgado, Angela-Mireya Rodríguez-Molano, Carlos-Eduardo Borrás-Sandoval, L. M. (2021). Evaluación de parámetros zootécnicos en terneros suplementados con un alimento fermentado en estado sólido. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 19(1), 153–166. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(19\)153-166](https://doi.org/10.18684/bsaa(19)153-166)
- Saavedra Montañez, G. F., Cala Guerrero, D. C., & Rodríguez Molano, C. E. (2018). Evaluation of agricultural subproducts submitted to fermentation in a solid state. *Revista Bistua*, 16(1), 13–27. https://www.researchgate.net/publication/328590249_Evaluacion_de_subproductos_agricolas_sometidos_a_fermentacion_en_estado_solido

Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis .B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci*, 74(1), 3583–3597. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(91\)78551-2/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(91)78551-2/pdf)