



APROVECHAMIENTO

DEL ENSILAJE DE PULPA DE CAFÉ (COFFEA ARÁBICA) EN LA ALIMENTACIÓN PORCINA COMO ESTRATEGIA DE GENERACIÓN DE VALOR EN LA CADENA INTERNA DE PRODUCCIÓN.

*Manuel Fernando Cordoba Porras
Experto Tecnoparque Nodo Socorro
mfcordoba@sena.edu.co*

Resumen

Los altos costes de producción de la carne de cerdo, asociado a un incremento exponencial en los insumos alimenticios requeridos para su proceso de levante y engorde, han conllevado a una migración hacia alternativas que buscan aumentar la rentabilidad en la operación del negocio de la carne. De este modo, el aprovechamiento de residuos agroindustriales como la cáscara de café, para la alimentación porcina ha cobrado cada vez más importancia para los porcicultores en el territorio nacional. No obstante, una de las limitantes para su aprovechamiento en la alimentación en los cerdos, es su contenido en antinutrientes como lo es la cafeína, razón por la cual, resulta necesario someter la pulpa a un proceso de ensilado con aditivos, para así reducir su contenido a través de degradación fermentativa. Teniendo en cuenta la problemática anterior, se realizó una caracterización bromatológica de un ensilado de

pulpa de café con urea y melaza como aditivos, evaluando su contenido en ceniza (9.50 ± 0.01 %), humedad (17.64 ± 0.01 %), grasa (1.65 ± 0.01 %), proteína (30.14 ± 0.01 %), fibra cruda (11.76 ± 0.01 %), FDN (88.91 ± 0.01 %), FDA (30.17 ± 0.01 %) y cafeína (4.97 ± 0.01 mg/g). Finalmente, se evaluaron diferentes porcentajes de sustitución de ensilado de pulpa de café (EPC) de 10%, 20% y 30% y se obtuvo que cualquiera de los porcentajes seleccionado, ofrecería similar conversión a la del tratamiento control. Por ende, se realizó un análisis financiero, a partir del cual se concluyó que incluir un porcentaje de sustitución del 30% de EPC de 30% en la dieta de los cerdos en su etapa de precebos, genera un aumento significativo en la utilidad del proceso de producción de carne porcina.

Palabras Clave: Pulpa de café, ensilados, compuestos bioactivos, cerdos.



Abstract

The high production costs of pork, associated with an exponential increase in the feed inputs required for the raising and fattening process, have led to a shift towards alternatives aimed at increasing profitability in the pork business operation. Thus, the utilization of agro-industrial waste such as coffee pulp for pig feeding has gained increasing importance for pig farmers in the national territory. However, one of the limitations for its use in pig feeding is its content of antinutrients such as caffeine. Therefore, it is necessary to subject the pulp to a silage process with additives to reduce its content through fermentative degradation. Considering the issues, a bromatological characterization was conducted on a coffee pulp silage with urea and molasses as additives, evaluating its ash content ($9.50 \pm 0.01\%$), moisture ($17.64 \pm 0.01\%$), fat ($1.65 \pm 0.01\%$), protein ($30.14 \pm 0.01\%$), crude fiber ($11.76 \pm 0.01\%$), NDF ($88.91 \pm 0.01\%$), ADF ($30.17 \pm 0.01\%$), and caffeine (4.97 ± 0.01 mg/g). Finally, different percentages of substitution of coffee pulp silage (CPS) at 10%, 20%, and 30% were evaluated, and it was found that any selected percentage would offer a similar conversion to that of the control treatment. Therefore, a financial analysis was conducted, from which it was concluded that including a 30% substitution of CPS in the diet of pigs during their pre-fattening stage generates a significant increase in the profitability of the pork production process.

Keywords: Coffee pulp, silage, bioactive compounds, pigs.



El sector cafetero en Colombia posee una gran importancia debido al alto impacto económico y social que este genera en el país (Federación Nacional de Cafeteros, 2014). Así, el territorio nacional posee 844.744 hectáreas sembradas de café con una productividad cercana a las 19,4 cargas de café verde por hectárea.

Además, el proceso de producción del grano de café involucra a 546.382 familias en el país que se encuentran ubicadas en 23 departamentos y 604 municipios (Navarro, 2021). Ahora, por cada millón de sacos de café de almendra que se exportan, se producen aproximadamente 162.900 toneladas de pulpa de café fresca (Ocampo et al., 2017). De este modo, la pulpa representa el 46,3% del fruto fresco, la cual además es rica en compuestos bioactivos (ver tabla 1) que la convierten en un residuo agroindustrial de alto valor agregado (Murphy & Naidu, 2012).

Tabla 1. Principales compuestos bioactivos presentes en la pulpa de café *Coffea Arábica* (Córdoba Porras , et al., (2021).

COMPUESTO	NMC* [mg·Kg ⁻¹]	Concentración [mg·Kg ⁻¹]
<i>Teobromina</i>	0.01	26.5
<i>Teofilina</i>	0.01	18.0
<i>Cafeína</i>	0.01	813.3
<i>Epicatequina (EC)</i>	0.01	6.0
<i>Catequina (C)</i>	0.01	1.8
<i>Naringenina</i>	0.01	0.51
<i>Pinocembrina</i>	0.01	0.44
<i>Quercetina 3-glucósido</i>	0.01	90.9

* NMC, Nivel mínimo de cuantificación.

Dentro del contexto regional, el volumen de residuos es significativo y se deben plantear estrategias de aprovechamiento dentro del contexto de economía circular para reintegrarlos dentro de la cadena de generación de valor, aumentando así, la rentabilidad en la producción agropecuaria y evitando un mal manejo sanitario de estos residuos (Ortiz et al., 2020). Así pues, se ha demostrado los beneficios económicos y metabólicos, que trae la implementación de la pulpa de café en los costos de producción de carne roja y blanca en sus diferentes cortes, según el tipo de animal. Sin embargo, su aprovechamiento tiene restricciones, asociadas principalmente a los altos valores en taninos y cafeína (Iriundo-DeHond et al., 2017).

Por esta razón, el ensilaje con otros recursos alimenticios como la urea, la melaza, la torta de soya, entre otras, se ha convertido en una de las mejores alternativas para conservar y mejorar el valor nutricional de la pulpa, pues los procesos fermentativos que ocurren durante la aplicación de esta técnica, conllevaban a reducción parcial de la anti-fisiológicos como la cafeína, el ácido clorogénico y los derivados taninos (Marcel et al., 2011)

En este mismo contexto, el proceso de ensilaje puede llevarse a cabo en seco o húmedo y con

o sin la presencia de aditivos. No obstante, se ha demostrado que el aprovechamiento húmedo de la pulpa de café otorga mejores características nutritivas y una mejor calidad final del ensilado, así como también la mezcla con aditivos como la urea y la melaza, mejoran su palatabilidad y digestibilidad en animales como porcinos, bovinos y ovinos (Encalada et al., 2017). La urea es un compuesto químico orgánico nitrogenado, que potencializa la correcta síntesis metabólica de la proteína presente en el forraje, pues actúa evitando caídas abruptas del pH, restringiendo de este modo el crecimiento de microorganismos indeseables como levaduras y hongos filamentosos, lo cual es indicador de una correcta degradación de las proteínas a péptidos y aminoácidos (Santos et al., 2018)

La adición de la urea al ensilado provee una mejor conservación de los sustratos obtenidos de la fermentación, pues actúa como agente estabilizador del pH. Lo anterior se constituye como una característica especialmente importante para los ensilajes, pues se ha demostrado que en aquellos ensilajes cuyo pH es inestable, predomina una baja concentración de carbohidratos solubles, bajo contenido en materia seca y alta capacidad buffer, lo cual genera el desarrollo y proliferación de bacterias indeseables.



Todos estos factores, tienen como resultado, el catabolismo excesivo del ácido láctico y su transformación posterior a ácido butírico, así como también la degradación de componentes nitrogenados a nitrógeno amoniacal, entre muchos otros compuestos, característicos de un ensilaje de baja calidad (Demanet, 2018).

Por otro lado, la melaza como aditivo en el proceso de ensilado, es un subproducto de la industria azucarera, siendo esta, la parte líquida que queda como residuo de la cristalización de la mayor parte de los azúcares del jugo de la caña (Carrera et al., 1963). La melaza es un aditivo importante para el ensilaje, pues posee un gran contenido en carbohidratos fácilmente fermentables, lo cual es combustible y/o fuente esencial para que la producción de ácido láctico durante la fermentación (Guney et al., 2007). Así mismo, se ha demostrado que su adición no solo incrementa el contenido total de energía alimentaria del ensilado sino también el contenido en proteína cruda y materia seca (Aksu et al., 2006).

El propósito general del presente proyecto consiste en analizar la viabilidad del uso del ensilaje de pulpa de café con aditivos (melaza y urea) como alternativa de alimentación de bajo coste para el levante de cerdos de engorde, disminuyendo de este modo, la utilización de alimentos concentrados comerciales que actualmente presentan un alto costo en el mercado nacional colombiano. Para lograr lo anterior, se evaluó la composición química del ensilado, obtenido por fermentación anaeróbica, así como su potencial conversión alimenticia en cerdos de las razas Pietrain y Landrace.

2.METODOLOGÍA



El presente proyecto se desarrolla en tres fases principales, la primera consiste en la elaboración del ensilaje, la segunda en la realización de las pruebas de laboratorio para la evaluación de la composición fisicoquímica del ensilado y la tercera en el monitoreo de la influencia de incorporar este ensilado como sustituto de alimentos concentrados en porcinos de la raza Pietrain y Landrace en su fase de crecimiento o levante.

2.1. Formulación y elaboración del ensilado de pulpa de café (EPC).

Ingredientes y materiales

Para la preparación del ensilado se emplea café arábico de la variedad Castillo, una de las variedades más comercializadas en el territorio colombiano. Se utilizó pulpa fresca recién recolectada de la Finca Villa Alegría, ubicada en la zona veredal del municipio del Páramo, Santander (7°15'23''N, 72°52'54''O, 1200 msnm) con una temperatura promedio ambiental de 23 °C y humedad relativa promedio de 77%. La pulpa empleada, se encuentra fresca, pues bajo esta condición, se ha demostrado la existencia de un alto contenido en carbohidratos fermentables que contribuyen a una mejora en el perfil nutricional y la percepción organoléptica del ensilado (Bohkernfod et al., 1974).

Además de lo anterior, se emplean como agentes aditivos urea y melaza, en una proporción de 1.5% y 3.0% respectivamente, en relación con el ensilado. Lo anterior, teniendo en cuenta que, a estos niveles de concentración, se ha demostrado un efecto positivo en la digestibilidad, perfil nutricional y palatabilidad del producto final (Encalada et. al., 2017).

Preparación del ensilado de pulpa de café con la inclusión de aditivos.

El ensilado consiste en un proceso de fermentación anaeróbica controlada, en el cual se genera activamente ácidos carboxílicos volátiles y no volátiles producto de la interacción entre bacterias anaeróbicas y 6n carbohidratos solubles, que utilizan este último como principal sustrato químico (Rodríguez, 2003). Para ello, se dispone la materia prima en una bolsa de ensilado, se retira

parcialmente el oxígeno mediante prensado, se cierre y se alberga durante 30 días bajo ciertas condiciones de presión y temperatura.

2.2. Caracterización fisicoquímica del ensilado de la pulpa de café deshidratada (EPC)

Luego de los 30 días de fermentación anaeróbica bajo las condiciones mencionadas anteriormente, se procede a abrir la bolsa del silo y se separan manualmente los residuos que puedan encontrarse en el mismo, tales como hojas, ramas, entre otros. Así pues, se somete a secado natural bajo sombra a condición ambiente en el mismo lugar donde se realizó su preparación, hasta lograr la total deshidratación del material ensilado y así obtener las muestras listas para procesamiento en el laboratorio.

Tras obtener las muestras se realiza la determinación de humedad por método gravimétrico, cuantificación del contenido en grasas bajo extracción tipo Soxhlet, cuantificación del contenido en fibra cruda, fibra detergente ácida y neutra, determinación del contenido en proteína por Kjeldahl y determinación del contenido en cafeína utilizando HPLC-UV/VIS. Todos los protocolos y/o técnicas anteriormente mencionadas, se desarrollan bajo la metodología dispuesta por la AOAC (Asociación Internacional de Químicos Analíticos).



2.3. Monitoreo de la implementación de la pulpa de café como sustituto a los alimentos concentrados en cerdos de la raza Landrace y Pietrain

El sitio experimental para la alimentación de los cerdos está ubicado a una altura de 1300 MSNM, tiene una precipitación pluvial anual promedio de 2754 mm distribuidos principalmente en los meses de abril a octubre, una temperatura promedio de 24°C. y una humedad relativa promedio de 85%. Dichas condiciones climatológicas sitúan al Socorro, Santander como bosque húmedo tropical (Rodríguez, 2017). Los corrales tenían una dimensión de 5x4 metros, totalmente cubiertos con techo de Eternit 2. Además, contaban con 7 bebedero automático equipado con chupete tipo mordillo, comedero en piedra anclado al piso y un piso de cemento sin recubrimiento. Durante la experimentación, los corrales serán sometidos a un aseo semanal y tanto el alimento como el agua se suministrarán según el plan de alimentación dispuesto por Itacol S.A. para cerdos en su etapa de precebos.

Se realizó un monitoreo semanal del peso de los cerdos durante 7 semanas, en las cuales se les suministró alimento concentrado junto con EPC en diferentes tratamientos y/o porcentajes de sustitución. El ensilado se agrega en su estado anhidro o deshidratado, pues se ha demostrado una mejor respuesta en relación con la ganancia en peso del precebo bajo esta condición (Braham et al., 1978). Así mismo, la adición en seco previene la proliferación de hongos y bacterias no deseadas en la mezcla (concentrado + ensilado), dada su actividad de agua. Siendo así, cada uno de los corrales, tendrá un tratamiento alimenticio diferente según lo expuesto en la tabla 2 y cuya cantidad de concentrado y ensilado variará

semanalmente de acuerdo con los requerimientos expuestos por la plan alimenticio de ITALCOL S.A.

Tabla 2. Niveles o tratamientos de cada uno de los corrales según su porcentaje de sustitución de EPC.	
Corrales	Porcentaje de Sustitución
Tratamiento Control (T0)	0%
Tratamiento 2 (T1)	10%
Tratamiento 3 (T2)	20%
Tratamiento 4 (T3)	30%

Siguiendo con lo anterior, el plan de alimentación óptimo sugiere la utilización de dos alimentos concentrados, cerdito preiniciador y cerdito iniciación de la línea naranja. El primero, se suministra durante las primeras 3 semanas del tratamiento o cuando el cerdito está entre los 7 y 12 kilogramos de peso vivo, lo que primero ocurra. Las siguientes 4 semanas se sugiere alimentar con el segundo producto o lo que es lo mismo, cuando el cerdito posee entre 12 y 30 kilogramos de peso vivo. Por otro lado, los dos alimentos 8 poseen la composición proximal expuesta en la tabla 3, la cual satisface los requerimientos nutricionales y la correcta evolución enzimática y fisiológica del tracto digestivo del lechón.



Tabla 3. Composición Proximal de los Alimentos Concentrados Utilizados en la Alimentación de Precebos (Italcol, 2021).

Parámetro	Cerdito Preiniciador	Cerdito Iniciación
Humedad (%)	13	13
Grasa (%)	5	5
Ceniza (%)	8	9
Proteína (%)	20.5	20
Fibra (%)	4	4

Teniendo en cuenta el anterior planteamiento, los datos fueron analizados a través de un análisis de varianza de un solo factor (ANOVA) acoplado con la prueba de comparación múltiple de Dunnet. De este modo, los resultados se expresan como promedio y desviación estándar (DE). Además, los datos se analizaron con un intervalo de confianza del 95% usando el software estadístico Minitab 21[®]. Vale la pena destacar aquí, que el conjunto de datos registrado, satisfacen el supuesto de homocedasticidad, normalidad e independencia de residuos.



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados Análisis Físicoquímicos

Tabla 4. Resultados de los Análisis Bromatológicos Realizados en una Muestra de (EPC)

Parámetro	Valor
Humedad	17.65 ± 0.01 %
Ceniza	9.50 ± 0.01 %
Proteína	9.50 ± 0.01 %
Grasas Totales	1.65 ± 0.01%
Cafeína	4.97 ± 0.01 mg/Kg
Fibra Cruda	11.76 ± 0.01 %
Fibra Detergente Ácida	88.91 ± 0.01 %
Fibra Detergente Neutra	30.17 ± 0.01%

El contenido en humedad es uno de los parámetros de calidad más importantes y utilizados en el procesamiento y análisis de alimentos, pues incide directamente en el sabor, la textura, peso y apariencia, además de factores que afectan la vida útil, frescura, calidad y resistencia del producto a la contaminación bacteriana. Por tal razón, el exceso de agua en un producto alimenticio puede generar un aumento en la tasa de crecimiento microbiana, lo cual entorpece la calidad del producto antes de llegar a su consumidor final. Además, disminuye notablemente el tiempo que puede permanecer fresco, lo cual se ve reflejado en inconvenientes durante el almacenamiento de este (Pomeranz, 1994).

El contenido en cenizas representa el residuo remanente luego de la ignición o la oxidación completa de la materia orgánica presente a la muestra de interés. El residuo inorgánico comprende principalmente la cantidad de minerales presentes en la muestra del silo (Ismail, 2017). Además, la determinación de cenizas permite detectar posibles contaminaciones por metales presentes en los alimentos, las cuales pueden ocurrir durante su proceso de producción tras el contacto entre la maquinaria y el producto o durante el almacenamiento de estos en enlatados que pueden llegar a contaminar el alimento, como consecuencia de procesos oxidativos o contaminación con microorganismos productores de ácidos que alteren la inocuidad del empaquetamiento (Harris et al., 2017).

El contenido proteico representa un factor clave dentro de la dieta de los cerdos en su fase de precebo, pues su consumo óptimo y balanceado, influye directamente en el rendimiento del crecimiento del cerdo y la producción de la carne de canal y/o carne luego del sacrificio.

De este modo, la función más importante de la proteína se desarrolla en torno a la fabricación, regeneración y renovación continua de los tejidos, lo cual promueve el adecuado crecimiento del cerdo (Dourmad, et al., 2015) La cafeína es un alcaloide que genera efectos negativos en el crecimiento de los cerdos, a determinada cantidad y/o concentración suministrada en su dieta o plan de alimentación. La literatura, ha demostrado que la inclusión de valores superiores a 1.5 g de cafeína por cada kilogramo de insumo alimenticio, genera un incremento en la retención de nitrógeno y va en detrimento de la conversión alimentaria, lo cual se traduce en una reducción significativa de la ganancia en peso de éste. Usualmente, para concentraciones iguales o superiores a la mencionada, los cerdos desarrollan enfermedades cutáneas, fisiológicas e inclusive puede conllevar a la muerte del animal (Braude, et al., 1958).



La fibra corresponde a un compuesto de polisacáridos poco o nada digeribles, que poseen cierta afinidad por el agua. Lo anterior provoca que, tras su ingesta, ocurra un aumento del volumen en los jugos digestivos, lo que hace que exista una evacuación gastrointestinal sin desgaste. Por esta razón, es que se recomienda un aumento en el consumo de fibra, ante episodios de estreñimiento en animales monogástricos (Escudero et al., 2006). Por otro lado, los valores de la FDN y FDA sirven como estándar esencial para la caracterización de forrajes. Pues el primero, sirve como indicador que refleja la cantidad de forraje que puede consumir el cerdo y el segundo se relaciona con la capacidad que tiene el animal para digerir el forraje (FOSS, 2018).



3.2. Resultados de Evaluación de Ganancia en Pesos de los Cerdos

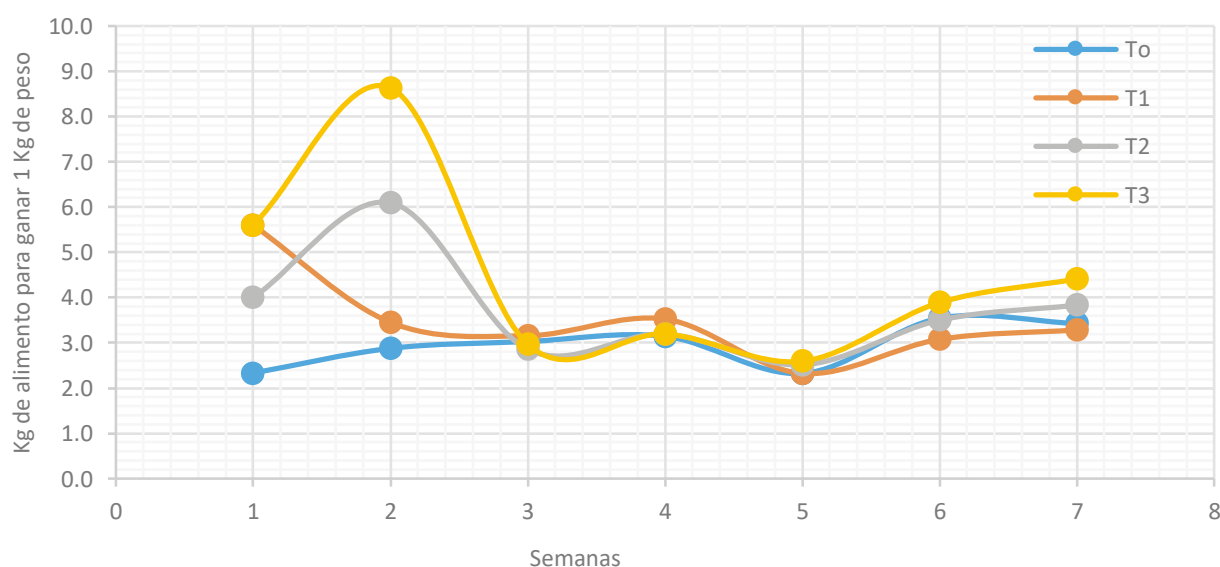
La evaluación de la ganancia en peso vivo para cada uno de los tratamientos se realizó a través de un análisis de varianza de un solo factor (ANOVA) con comparación múltiple de

Dunnet, a través del software Minitab 21[®], con un intervalo de confianza del 95% y nivel de significancia (α) del 5%. Siendo así, se definen los diferentes porcentajes de sustitución como factor de estudio y se plantea un diseño experimental de 3 niveles con un nivel de control, para una única variable de respuesta que corresponde ganancia semanal promedio en peso vivo del cerdo (GSP). Aquí, resulta destacable el hecho de que se trató de un diseño balanceado, lo cual implica que el tamaño de las muestras es igual en cada uno de los tratamientos.

Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado, la hipótesis nula del problema de investigación plantea que no existe diferencia significativa entre las medias de cada uno de los tratamientos en relación con la ganancia en peso vivo del cerdo, respecto a la muestra control. Mientras que la hipótesis alterna, sugiere que al menos uno de los tratamientos difiere significativamente del tratamiento control. Finalmente, se introducen los datos en Minitab 21. Los resultados, permiten inferir con un intervalo de confianza de 95% y un nivel de significancia (α) del 5% que cada uno de los tratamientos a los que se sometieron los cerdos, no difieren significativamente del tratamiento control.

Por lo tanto, cualquiera que sea el tratamiento seleccionado, otorgará una ganancia en peso vivo semanal promedio (GSP) similar a la que otorgaría la dieta únicamente con alimento concentrado, según el plan de alimentación estipulado por Italcol S.A. No obstante, al observar el valor de diferencia entre medias para cada tratamiento respecto al nivel de control, se puede observar que T1 (10% 12 de sustitución) es aquel que posee mayor cercanía con la ganancia en peso vivo que ofrece el nivel de control, tal y como se evidencia también en la figura 1.

Figura 1. Gráfico de comportamiento del GSP para cada tratamiento durante el tiempo de estudio en función de la conversión alimentaria.



Ahora, la figura 1 permite observar que, durante las primeras semanas, todos los tratamientos presentaron una variabilidad pronunciada respecto a la tasa de conversión alimentaria, lo cual se vio reflejado en una disminución abrupta en la GSP. Lo anterior se debe a la presencia de un alto desgaste gastrointestinal y pérdida de electrolitos, asociada a episodios de diarrea, los cuales se consideran normales dentro del proceso de adaptación de los lechones a la nueva dieta con EPC. Además de esto, el destete de los cerdos es un proceso que requiere de una adaptabilidad progresiva, por lo tanto, un destete abrupto requiere de un plan de alimentación balanceado y especializado. Por tal razón en la muestra control, este comportamiento de la gráfica no se observó, pues el plan de alimentación de Italcol S.A. se encuentra diseñado para satisfacer los requerimientos nutricionales del cerdo ante un destete abrupto a las 21 días de su nacimiento.

La evidencia estadística y la experimentación en campo, llevada a cabo con los 8 cerdos de Raza

Pietrain y Landrace, ponen de manifiesto que la inclusión de la pulpa de café en la dieta de estos animales no presenta diferencia significativa respecto a la ganancia en peso vivo, con aquella muestra control que sólo recibió alimento concentrado. Aquí, es importante señalar que lo anterior también se puede argumentar con que luego de las semanas de acople, se observa un aumento progresivo en el GSP, indicador de una adecuada recuperación del desgaste de las primeras semanas. Además, la apariencia física y la salubridad o bienestar integral del cerdo alimentado con EPC, no difiere del cerdo alimentado únicamente con concentrado.

En síntesis, seleccionar cualquiera de los tratamientos de sustitución, ofrece los mismos resultados que si sólo se criaran los cerdos con únicamente alimentos concentrados, según el plan de alimentación anteriormente mencionado.



CONCLUSIONES

En términos generales, se puede asegurar que el ensilado de pulpa de café (EPC), contribuye de forma sustancial a reducir los costos de producción de carne porcina, promoviendo y conservando la salud de estos animales, para garantizar su adecuado crecimiento en proporciones similares a como lo haría una dieta balanceada con alimentos concentrados. Así mismo, bajo las condiciones de elaboración del ensilado, se puede afirmar que estas contribuyen a la generación de un ensilado de alta calidad, lo que se traduce también en altos valores nutritivos del mismo. Estos valores nutritivos quedaron evidenciados en los niveles de fibra cruda (FC) , FDN, FDA, proteína, grasa, ceniza y humedad medidos en laboratorio, los cuales justifican el porqué del buen desempeño y conversión alimentaria de los cerdos tratados con diferentes porcentajes de sustitución, en comparación con los cerdos que fueron alimentados únicamente con alimento concentrado para la etapa de precebos.

Así mismo, aunque el contenido en cafeína no deja de ser un factor importante y limitante en el uso de la pulpa de café, vale la pena destacar, que la reducción de su contenido en la matriz alimentaria (vía degradación fermentativa) convierte a la técnica de ensilaje, en un complemento fundamental para el aprovechamiento de este residuo de la producción del grano de café. Finalmente, se puede poner de manifiesto que la pulpa de café resulta en un subproducto de alto valor para la industria de producción de carne porcina, pues contribuye a la mejora de la rentabilidad en la operación, lo que se traduce en mayor bienestar y prosperidad para el productor.

4. REFERENCIAS

- C T., Baytok, E., Karslı, M. A., & Muruz, H. (2006, January). Effects of formic acid, molasses and inoculant additives on corn silage composition, organic matter digestibility and microbial protein synthesis in sheep. *Small Ruminant Research*, 61(1), 29–33. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.12.013>
- AOAC (2016). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. The moisture in meat and poultry products (39.1.03). Chapter 39 (1). Maryland: USA.
- AOAC (2005a). *Official Methods of Analysis*. 18th Ed., Gaithersburg, MD, Method 942.05.
- AOAC (2005b) *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL*, 18th Ed., AOAC INTERNATIONAL,
- Gaithersburg, MD (13) *AOCS Official Method 978.10*. *Official Methods and Recommended Practices of the AOCS*, The American Oil Chemists' Society, Champaign.
- AOAC (2012). *Official Method 948.22*. Fat (crude) in nuts and nut products. Gravimetric methods, in: *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 19th ed., AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- AOAC (1995). *Official Methods of Analysis 920.152*. 13th ed. AOAC International, Washington, DC.
- Braham J. & R. Bressani (1978). Coffee Pulp. Composition, Technology and Utilization. Institute of Nutrition of Central America and Panama. Inter. Develop. Res. Centre. Ottawa, Canadá.
- Braude, R. and Townsend, M. J. (1958). A large-scale test of the effects of food restriction on the performance of fattening pigs. *J. Agr.Sci.* 51: 208-217.
- Bohkernford, B y Fonseca, H., (1974). Calidad del ensilado con pulpa de café conteniendo humedad y varios aditivos. Informe Final. Primera reunión Internacional sobre la utilización de sub-productos de café en la alimentación y otras aplicaciones agrícolas e industriales. CATIE. Turrialba.Costa Rica.
- Carrera, C., Muñoz, H.M., & Solares, L.R. (1963). Melaza de caña como suplemento en el engorde de bovinos en zacate Guinea. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 31-34.
- Córdoba, M., & Hernandez M., (2021). Elaboración de una bebida funcional a partir del aprovechamiento de la cáscara deshidratada del café como alternativa de valorización de subproductos. Repositorio Institucional, Trabajo de Grado, Universidad de los Andes.
- Demanet Flippi, R. (2018). Nitrógeno amoniacal en ensilajes. Plan Lechero Watt's. Recuperado en septiembre 19, 2022, de <https://www.watts.cl/docs/default-source/charlas-a-productores/nitrogenoamoniacal-en-ensilajes.pdf?sfvrsn=4>
- Encalada, M. et al., (2017). Ensilaje de pulpa de café con la aplicación de aditivos en el cantón Loja.
- Bosques Latitud Cero, 7(2) : 71 – 82. Recuperado el 8 de agosto de 2022 de <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/322/293>
- Escudero, E., & González, P. (2006). La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, 21(Supl. 2), 61-72. Recuperado en 02 de diciembre de 2022, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000500007&lng=es&tlng=es.

- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia –FNC (2014). La política cafetera 2010-2014. https://www.federaciondecafeteros.org/static/files/1La_politica_cafetera_2010-2014.pdf
- Forbes (2021). Colombia espera exportar 12.5 millones de sacos de café en 2022. Forbes Colombia. Recuperado el 8 de agosto de 2022 de <https://forbes.co/2021/12/01/economia-y-finanzas/colombia-esperaexportar-125-millones-de-sacos-de-cafe-en-2022/>
- FOSS (2018). El análisis de la fibra en el pienso animal. FDA, FDN, los estándares y las opciones de automatización (1era. Edición). Nils Foss Allé, Dinamarca: Analytics Beyond Measure.
- Frómeta, R. A., Sánchez, J. L., & García, J. M. (2020). Evaluation of coffee pulp as substrate for polygalacturonase production in solid state fermentation. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 117. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i2.2068>
- García, E., & Fernández, I. (n.d.). Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación. Universidad Politécnica De Valencia. Recuperado Octubre 2, 2022, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16339/Determinaci%C3%B3n%20de%20humedad.pdf>
- Guney, M., Murat D., Sibel, C., Yunus, B., & Taner, L. (2007). Effects of Urea, Molasses and Urea Plus Molasses Supplementation to Sorghum Silage on the Silage Quality, in vitro Organic Matter Digestibility and Metabolic Energy Contents. *Journal of Biological Sciences*, 7(2), 401–404. <https://doi.org/10.3923/jbs.2007.401.404>.
- Harris, G.K., Marshall, M.R. (2017). Ash Analysis. In: Nielsen, S.S. (eds) *Food Analysis*. Food Science Text Series. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45776-5_16
- Hewavitharana, G. G., Perera, D. N., Navaratne, S. B., & Wickramasinghe, I. (2020). Extraction methods of fat from food samples and preparation of fatty acid methyl esters for gas chromatography: A Review. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(8), 6865–6875. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.06.039>
- Ismail, B. P. (2017). Ash Content Determination. *Food Analysis Laboratory Manual*, 117–119. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44127-6_11
- Iriondo-DeHond, A., del Castillo, M. D., Martinez-Saez, N., Fernandez-Gomez, B., Iriondo-DeHond, M., & Zhou, J. R. (2017). Applications of recovered compounds in food products. *Handbook of Coffee Processing By-Products*, 171–194. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811290-8.00006-2>
- Instituto Colombiano Agropecuario - ICA (2020). Resolución 61252 del 2020. Consultado 04 de Octubre de 2022 de <https://www.ica.gov.co/getattachment/f7b59ff6-7bfc-477a-8110-40a14b80bd4e/2020R61252.aspx>
- Italcol (2021). Manual de Alimentación Linea Naranja. Recuperado el 12 de Octubre de 2022 de <https://italcol.com/tus-lineas-de-productos/porcicultura-linea-naranja/>
- Jiang, B., Tsao, R., Li, Y., & Miao, M. (2014). Food Safety: Food Analysis Technologies/Techniques. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*, 273–288. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-52512-3.00052-8>
- Jørgensen H, Fernández JA. Composición química y valor energético de diferentes fuentes de grasa para cerdos en crecimiento. *Acta Agric Scand Sect A Anim Sci*. 2000;50:129–36

- Kung, L., Shaver, R. D., Grant, R. J., & Schmidt, R. J. (2018). Silage Review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4020–4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
- Liu, Y., Kil, D. Y., Perez-Mendoza, V. G., Song, M., & Pettigrew, J. E. (2018). Supplementation of different fat sources affects growth performance and carcass composition of finishing pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0274-9>
- Lizcano, F., & Valenzuela, C. (2020, July). Impacto del consumo de carne magra de cerdo sobre el riesgo cardiovascular. *Revista Colombiana De Cardiología*, 27(4), 337–343. <https://doi.org/10.1016/rccar.2020.01.01>
- Lindberg, J.E. (2014) “Fiber effects in nutrition and gut health in Pigs,” *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 5(1). Available at: <https://doi.org/10.1186/2049-1891-5-15>.
- Mazzafera, P. (2002). Degradation of caffeine by microorganisms and potential use of decaffeinated coffee husk and pulp in animal feeding. *Scientia Agricola*, 59(4), 815–821. <https://doi.org/10.1590/s0103-90162002000400030>
- Marcel, B.K., Andr, K.B., Viviane, Z., & Sraphin, K. (2011). Potential Food Waste and By-products of Coffee in Animal Feed. *Electronic Journal of Biology*, 7.
- Murthy, P., & Naidu, M. M. (2012). Sustainable management of coffee industry by-products and value addition—A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 66, 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.005>
- Mortensen AB, Wallin H, Appelqvist LA, Everitt G, Gref CG, Jacobsen J, Jensen K, Jepsen OM, Johansen IL, Julshamn K, et al., (1989). Gravimetric determination of ash in foods: NMKL collaborative study. *J Assoc Off Anal Chem*.72(3):481-3. PMID: 2745374.
- Minitab 2018 , «Soporte Técnico Minitab 2018,» Minitab, 2018. [En línea]. Available: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/help-and-how-to/statisticalmodeling/anova/supporting-topics/multiple-comparisons/what-is-dunnets-method/> [Último acceso: 18 11 2022].
- Navarro, R. (2021). “La cosecha cafetera para este 2021 podría cerrar en \$10 billones de pesos”: Ministro Rodolfo Zea Navarro. Consultado el 8 de agosto de 2022, de [https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/%E2%80%9CLa-cosecha-cafetera-para-este-2021-podr%C3%ADa-cerrar-en-\\$10-billones-de-pesos%E2%80%9D-Ministro-Rodolfo-Zea-Navarro---.aspx](https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/%E2%80%9CLa-cosecha-cafetera-para-este-2021-podr%C3%ADa-cerrar-en-$10-billones-de-pesos%E2%80%9D-Ministro-Rodolfo-Zea-Navarro---.aspx)
- Noriega Salazar, Adrianelya, Silva Acuña, Ramón, & García de Salcedo, Moraima. (2008). Revisión: Utilización de la pulpa de café en la alimentación animal. *Zootecnia Tropical*, 26(4), 411-419. Recuperado en 10 de agosto de 2022, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S079872692008000400001&lng=es&tlng=es.
- Odegard, I. Y. R., & van der Voet, E. (2014). The future of food — scenarios and the effect on natural resource use in agriculture in 2050. *Ecological Economics*, 97, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.10.005>
- Ocampo Lopez, O. L., & Alvarez-Herrera, L. M. (2017). Trend in Coffee Production and Consumption in Colombia. *Apuntes del Cenes*, 36(64), 139–165. <https://doi.org/10.19053/01203053.v36.n64.2017.5419>

- Oliveira, L.S., Franca, A.S., 2015. An overview of the potential uses for coffee husks. In: Preedy, V.R.(Ed.), *Coffee in Health and Disease Prevention*. Academic Press, San Diego, CA, (Chapter 31).
- Ortiz, J., González, D., Mejía, Y., García-Alzate, L., & Cifuentes-Wchima, X. (2020). Evaluación de la biomasa residual (cereza) de café como sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. *Revista ION*, 33(1). <http://www.scielo.org.co/pdf/rion/v33n1/2145-8480-rion-33-01-93.pdf>
- Palacio, A. (2016). Evaluación de costos con tres diferentes planes de alimentación para cerdos en etapa de ceba en una granja de Donmatías (Antioquia). Recuperado el 8 de agosto de 2022, de http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1740/1/Evaluacion_costos_alimentacion_cerdos.pdf
- Peña, J.M., Gregorio, O. and Barrera, B.E. (2018) Los métodos experimentales que permiten el estudio de las macromoléculas de la vida: Historia, Fundamentos y Perspectivas, Educación química. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. Available at:https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2013000200009 (Acceso: November 18, 2022).
- Porkcolombia (2022). Estadísticas Sectoriales de Consumo de Carne de Cerdo. Recuperado Septiembre 22, 2022, de <https://porkcolombia.co/estadisticas-sectoriales/>
- Porkcolombia (2021). Economía Porcícola. Recuperado Septiembre 29, 2022 de <https://www.porkcolombia.co/wp-content/uploads/2021/03/ED-257-PORKCOLOMBIA-DIGITAL-1.pdf>
- Pokhrel, P., Shrestha, S., Rijal, S. K., & Rai, K. P. (2016). A simple HPLC method for the determination of caffeine content in tea and coffee. *Journal of Food Science and Technology Nepal*, 9, 74–78. <https://doi.org/10.3126/jfstn.v9i0.16200>
- Pomeranz, Y., & Meloan, C. E. (1994). Determination of Moisture. *Food Analysis*, 575–601. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6998-5_34
- Porres C, Alvarez D, Calzada J. Caffeine reduction in coffee pulp through silage. *Biotechnol Adv*. 1993;11(3):519-23. doi: 10.1016/0734-9750(93)90020-n. PMID: 14545673.
- Price, H., Williamson, S., Henson, J., and Mc Keith, A. G. (2019). Effects of various levels of protein, lysine, fat, and fiber on swine growth and pork quality. *Meat and Muscle Biology*, 1(3), 157-157. <https://doi.org/10.221751/rmc2017.152>
- Rodríguez, N., (2003). Avances Técnicos Cenicafé. Federación Nacional de Cafeteros. Recuperado el 10 de agosto de 2022 de <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0313.pdf>
- Rodríguez, Y. (2017). Características de la fauna y flora del Socorro Santander. Repositorio Universidad Libre. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/19700>
- Santos, A. P. M. D., Santos, E. M., Oliveira, J. S. D., Ribeiro, O. L., Perazzo, A. F., Martins Araújo Pinho, R., Macêdo, A. J. D. S., & Pereira, G. A. (2018). Effects of urea addition on the fermentation of sorghum (*Sorghum bicolor*) silage. *African Journal of Range & Forage Science*, 35(1), 55-62. <https://doi.org/10.2989/10220119.2018.1458751>
- Dourmad, J., & van Milgen, J., (2015). Concept and application of ideal protein for pigs. *Journal of animal science and biotechnology*, 6(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0016-1>

- Saucedo-Castañeda G., J.M. Romano-Machado, G. Gutiérrez-Sánchez, G. Ramírez-Romero e I. PerraudGaime. 1999. Evaluación técnico-económica de subproductos de la agroindustria del café en México.
- Memorias Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. Congreso Latinoamericano de Biotecnología y Bioingeniería. Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería. México. pp. 1-7.
- Vega, S. Reyes, J. De Leon y A. Bonilla, «Cuantificación de cafeína en cafés comerciales de panamá,» Ciencia y Tecnología, vol. 30, nº 2, pp. 57-64, 2014.
- Fotografías: www.freepik.com



UTILIZATION

of coffee pulp silage (*Coffea Arabica*) in pig feeding as a strategy for value generation in the internal production chain.

Manuel Fernando Cordoba Porras
Experto Tecnoparque Nodo Socorro
mfcordoba@sena.edu.co

1. INTRODUCTION



The coffee sector in Colombia holds great importance due to the high economic and social impact it generates in the country (National Coffee Growers Federation, 2014). The national territory has 844,744 hectares planted with coffee, yielding approximately 19.4 loads of green coffee per hectare. Additionally, the coffee production process involves 546,382 families in the country, located in 23 departments and 604 2 municipalities (Navarro, 2021). Now, for every million sacks of coffee beans exported, approximately 162,900 tons of fresh coffee pulp are produced (Ocampo et al., 2017). Thus, the pulp represents 46.3% of the fresh fruit and is rich in bioactive compounds (see Table 1), making it a high-value-added agro-industrial residue (Murphy & Naidu, 2012).

Table 1. Main bioactive compounds present in the pulp of coffee *Coffea Arabica* (Córdoba Porras, et al., (2021).

Compound	MQL* [mg·Kg ⁻¹]	Concentration [mg·Kg ⁻¹]
<i>Theobromine</i>	0.01	26.5
<i>Theophylline</i>	0.01	18.0
<i>Theophylline</i>	0.01	813.3
<i>Epicatechin (EC)</i>	0.01	6.0
<i>Catechin (C)</i>	0.01	1.8
<i>Naringenin</i>	0.01	0.51
<i>Pinocembrin</i>	0.01	0.44
<i>Quercetin 3-glucoside</i>	0.01	90.9

* MQL, Minimum Quantification Level.

Within the regional context, the volume of waste is significant, and strategies for utilization should be devised within the framework of a circular economy to reintegrate them into the value generation chain.

This would increase profitability in agricultural production and prevent improper sanitary management of these residues (Ortiz et al., 2020). Thus, the economic and metabolic benefits of implementing coffee pulp in the production costs of red and white meat in various cuts have been demonstrated, depending on the type of animal. However, its utilization is constrained, primarily due to high levels of tannins and caffeine (Iriundo-DeHond et al., 2017). For this reason, ensilage with other food resources such as urea, molasses, soybean cake, among others, has become one of the best alternatives to preserve and enhance the nutritional value of the pulp. The fermentative processes occurring during the application of this technique lead to a partial reduction of physiological inhibitors such as caffeine, chlorogenic acid, and tannin derivatives (Marcel et al., 2011).

In this context, ensilage process can be carried out in dry or wet conditions, with or without the presence of additives. Nevertheless, it has been demonstrated that the wet utilization of coffee pulp provides better nutritional characteristics and a higher final quality of silage. Additionally, the mixture with additives such as urea and molasses improves its palatability and digestibility in animals such as pigs, cattle, and sheep (Encalada et al., 2017). Urea is a nitrogenous organic chemical compound that enhances the proper metabolic synthesis of protein present in the forage. It does so by preventing abrupt pH drops, thereby restricting the growth of undesirable microorganisms like yeasts and filamentous fungi. This is indicative of the correct degradation of proteins into peptides and amino acids (Santos et al., 2018).

The addition of urea to the silage provides better conservation of the substrates obtained from fermentation, acting as a stabilizing agent for pH. This is particularly important for silages because it has been shown that those with unstable pH exhibit low concentrations of soluble



carbohydrates, low dry matter content, and high buffer capacity, leading to the development and proliferation of undesirable bacteria. All these factors result in excessive catabolism of lactic acid, its subsequent transformation into butyric acid, as well as the degradation of nitrogenous components to ammonia nitrogen, among many other compounds characteristic of low-quality silage (Demanet, 2018).

On the other hand, molasses, as an additive in the ensilage process, is a byproduct of the sugar industry, representing the liquid part left as a residue from the crystallization of most sugars in sugarcane juice (Carrera et al., 1963). Molasses is an important additive for ensilage, as it has a high content of easily fermentable carbohydrates, serving as fuel and/or an essential source for lactic acid production during fermentation (Guney et al., 2007). Likewise, its addition has been shown not only to increase the total energy content of the silage but also the content of crude protein and dry matter (Aksu et al., 2006).

The general purpose of this project is to analyze the feasibility of using coffee pulp silage with additives (molasses and urea) as a low-cost feeding alternative for fattening pigs. This aims to reduce the reliance on currently expensive commercial concentrated feeds in the Colombian national market. To achieve this, the chemical composition of the silage, obtained through anaerobic fermentation, was evaluated, along with its potential feed conversion in pigs of Pietrain and Landrace breeds.

2. METHODOLOGY



The current project unfolds in three main phases. The first involves the preparation of the silage, the second entails conducting laboratory tests to assess the physicochemical composition of the silage, and the third encompasses monitoring the impact of incorporating this silage as a substitute for concentrated feed in pigs of Pietrain and Landrace breeds during their growth or fattening phase.

2.1. Formulation and Preparation of Coffee Pulp Silage (CPS).

Ingredients and Materials

For the preparation of the silage, Arabica coffee of the Castillo variety, one of the most commercialized varieties in Colombian territory, is used. Fresh pulp recently harvested from Villa Alegría Farm, located in the rural area of the municipality of Páramo, Santander (7°15'23"N, 72°52'54"W, 1200 meters above sea level), was employed. The average environmental temperature in this area is 23 °C, with an average relative humidity of 77%. The used pulp is fresh because under these conditions, a high content of fermentable carbohydrates has been demonstrated, contributing to an improvement in the nutritional profile and organoleptic perception of the silage (Bohkernfod et al., 1974).

In addition, urea and molasses are employed as additive agents, in a proportion of 1.5% and 3.0%, respectively, in relation to the silage. This consideration is based on the demonstrated positive effects on digestibility, nutritional profile, and palatability of the final product at these concentration levels (Encalada et al., 2017).

Preparation of coffee pulp silage with the inclusion of additives.

The silage involves a controlled anaerobic fermentation process in which volatile and non-volatile carboxylic acids are actively generated through the interaction between anaerobic bacteria and soluble carbohydrates.

These bacteria utilize the latter as their main chemical substrate (Rodríguez, 2003). To achieve this, the raw material is placed in a silage bag,

oxygen is partially removed through pressing, the bag is sealed, and it is stored for 30 days under specific pressure and temperature conditions.

2.2. Physicochemical Characterization of Coffee Pulp Silage (CPS)

After 30 days of anaerobic fermentation under the previously mentioned conditions, the silo bag is opened, and any residues such as leaves, branches, among others, are manually separated. Subsequently, it undergoes natural shade drying at ambient conditions in the same location where it was prepared until complete dehydration of the ensiled material is achieved, obtaining samples ready for processing in the laboratory.

Upon obtaining the samples, the determination of moisture is carried out using a gravimetric method, quantification of fat content using a Soxhlet extraction, quantification of crude fiber, acid detergent fiber, and neutral detergent fiber, determination of protein content by Kjeldahl, and determination of caffeine content using HPLC-UV/VIS. All the protocols and/or techniques are conducted following the methodology established by the AOAC (Association of Official Agricultural Chemists).



2.3. Monitoring the implementation of coffee pulp as a substitute for concentrated feed in Landrace and Pietrain Breed Pigs.

The experimental site for pig feeding is located at an altitude of 1300 meters above sea level, with an average annual rainfall of 2754 mm, mainly distributed from April to October. The average temperature is 24°C, and the average relative humidity is 85%. These climatic conditions classify Socorro, Santander, as a tropical rainforest (Rodríguez, 2017). The pens have dimensions of 5x4 meters, fully covered with Eternit roofing.

Additionally, they are equipped with an automatic drinker with a nipple-type bite, a floor-anchored stone feeder, and an uncovered cement floor. During the experimentation, the pens will undergo weekly cleaning, and both food and water will be supplied according to the feeding plan established by Itacol S.A. for pigs in their pre-fattening stage. Finally, treatments were designed according to the experimental levels of the table 2.

Table 2. Levels or treatments of the percentage of substitution of coffee pulp silage (CPS)	
Enclosures	Substitution Percentage
Control Treatment (T0)	0%
Treatment 1 (T1)	10%
Treatment 2 (T2)	20%
Treatment 3 (T3)	30%

Continuing with the above, the optimal feeding plan suggests the use of two concentrated foods, piglet prestarter and piglet starter from the orange line. The first one is supplied during the first 3 weeks of the treatment or when the piglet weighs between 7 and 12 kilograms of live weight, whichever occurs first. The following 4 weeks, it is recommended to feed with the second product or, in other words, when the piglet weighs between 12 and 30 kilograms of live weight. On the other hand, both foods have the proximal composition outlined in table 3, which satisfies the nutritional requirements and the correct enzymatic and physiological development of the piglet’s digestive tract.



Table 3. Proximal Composition of the Concentrated Foods Used in the Fattening Feed (Italcol, 2021)

Parameter	Piglet Prestarter	Piglet Starter
Moisture (%)	13	13
Total Fat (%)	5	5
Ash (%)	8	9
Protein (%)	20.5	20
Fiber (%)	4	4

Considering the previous approach, the data were analyzed through a one-way analysis of variance (ANOVA) coupled with Dunnett's multiple comparison test. Thus, the results are expressed as the mean and standard deviation (SD). Additionally, the data were analyzed with a 95% confidence interval using the statistical software Minitab 21®. It is worth noting here that the recorded dataset satisfies the assumptions of homoscedasticity, normality, and independence of residuals.



3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Results of Physicochemical Analysis

Table 4. Bromatological Analyses Carried Out on a Sample of Ensilage

Parameter	Value
Moisture	17.65 ± 0.01 %
Ash	9.50 ± 0.01 %
Protein	9.50 ± 0.01 %
Total Fat	1.65 ± 0.01%
Caffein	4.97 ± 0.01 mg/Kg
Crude Fiber	11.76 ± 0.01 %
Acid Detergent Fiber	88.91 ± 0.01 %
Neutral Detergent Fiber	30.17 ± 0.01%

The moisture content is one of the most important and widely used quality parameters in food processing and analysis, as it directly affects taste, texture, weight, and appearance, in addition to factors that impact the shelf life, freshness, quality, and resistance of the product to bacterial contamination. Therefore, excess water in a food product can lead to an increase in microbial growth rate, impairing the quality of the product before reaching the final consumer. Additionally, it significantly reduces the time the product can remain fresh, resulting in storage issues (Pomeranz, 1994).

Ash content represents the residue remaining after ignition or complete oxidation of the organic matter present in the sample of interest. The inorganic residue mainly comprises the quantity of minerals present in the silage sample (Ismail, 2017). Moreover, ash determination allows the detection of possible contaminations by metals in food, which can occur during production processes through contact between machinery and the product or during storage in canned goods that may contaminate the food due to oxidative processes or contamination with acid-producing microorganisms that could compromise packaging safety (Harris et al., 2017).

Protein content is a key factor in the diet of pigs during the pre-fattening phase, as its optimal and balanced consumption directly influences pig growth performance and the production of carcass meat and/or meat post-slaughter. The most important function of protein revolves around the manufacture, regeneration, and continuous renewal of tissues, promoting proper pig growth (Dourmad, et al., 2015).

Caffeine is an alkaloid that has negative effects on pig growth at certain quantities and/

or concentrations in their diet or feeding plan. Literature has shown that the inclusion of values exceeding 1.5 g of caffeine per kilogram of food input results in increased nitrogen retention and adversely affects feed conversion, leading to a significant reduction in weight gain. Usually, concentrations equal to or higher than the mentioned amount can cause skin, physiological diseases, and may even lead to the death of the animal (Braude, et al., 1958).



Fiber corresponds to a compound of poorly or non-digestible polysaccharides that have some affinity for water. This causes an increase in the volume of digestive juices upon ingestion, resulting in gastrointestinal evacuation without wear. Therefore, an increase in fiber consumption is recommended in cases of constipation in monogastric animals (Escudero et al., 2006). On the other hand, values of NDF and ADF serve as an essential standard for forage characterization. The former serves as an indicator reflecting the amount of forage that a pig can consume, and the latter relates to the animal's ability to digest the forage (FOSS, 2018).



3.2. Results of the Evaluation of Weight Gain in Pigs (WGP)

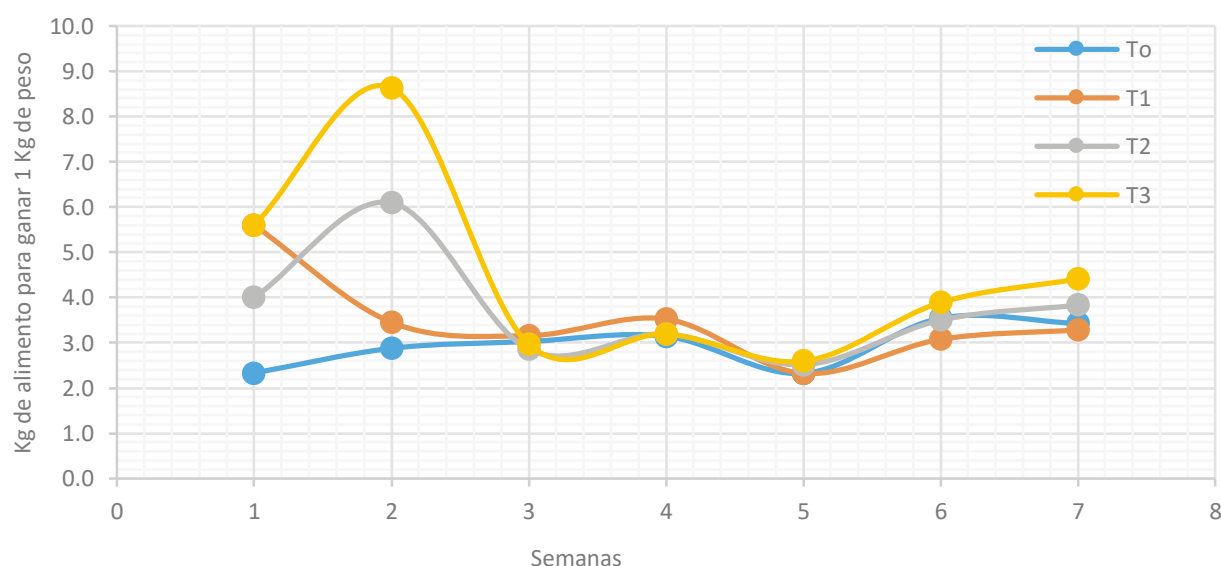
The evaluation of live weight gain for each of the treatments was carried out through a one-way analysis of variance (ANOVA) with

Dunnett's multiple comparison using Minitab 21[®] software, with a 95% confidence interval and a significance level (α) of 5%. Thus, different substitution percentages are defined as the study factor, and a three-level experimental design is proposed with one control level for a single response variable corresponding to the average weekly live weight gain of the pig (WGP). It is noteworthy that it was a balanced design, implying that the sample sizes are equal in each treatment.

Considering that null hypothesis of the research problem, posits that there is no significant difference between the means of each treatment concerning the pig's live weight gain compared to the control sample. Meanwhile, the alternative hypothesis suggests that at least one treatment significantly differs from the control treatment. Finally, the data is input into Minitab 21.

The results allow inference with a 95% confidence interval and a significance level (α) of 5% that each of the treatments to which the pigs were subjected does not differ significantly from the control treatment. Therefore, whichever treatment is selected will provide a similar average weekly live weight gain (WGP) to that of a diet consisting solely of concentrated feed, according to the feeding plan stipulated by Italcol S.A. However, when observing the mean difference value for each treatment compared to the control level, it can be noted that T1 (10% substitution) is the one with the closest proximity to the live weight gain offered by the control level, as evidenced in Figure 1.

Figura 1. Gráfico de comportamiento del GSP para cada tratamiento durante el tiempo de estudio en función de la conversión alimentaria.



Now, Figure 1 allows us to observe that, during the initial weeks, all treatments exhibited pronounced variability concerning the feed conversion rate, which was reflected in a sharp decrease in GSP (average weekly live weight gain). This is attributed to the presence of high gastrointestinal wear and electrolyte loss associated with episodes of diarrhea, which are considered normal within the piglets' adaptation process to the new diet with coffee pulp silage

(EPC). In addition to this, piglet weaning is a process that requires progressive adaptability; hence, an abrupt weaning necessitates a balanced and specialized feeding plan.

For this reason, in the control group, this graph behavior was not observed, as Italcol S.A.'s feeding plan is designed to meet the nutritional requirements of pigs following an abrupt weaning at 21 days of age.





4. CONCLUSIONS

In general terms, it can be affirmed that coffee pulp silage (CPS) substantially contributes to reducing the production costs of pork, promoting, and preserving the health of these animals to ensure their proper growth in proportions like a balanced diet with concentrated feed. Likewise, under the silage preparation conditions, it can be stated that these contribute to the generation of high-quality silage, which also translates into high nutritional values. These nutritional values were evidenced in the levels of crude fiber (CF), NDF, ADF, protein, fat, ash, and moisture measured in the laboratory, justifying the good performance and feed conversion of pigs treated with different substitution percentages compared to pigs fed only concentrated feed during the pre-fattening stage.

Additionally, although the caffeine content remains an important limiting factor in the use of coffee pulp, it is worth noting that the reduction of its content in the food matrix (through fermentative degradation) makes ensilage a fundamental complement for the utilization of this byproduct from coffee bean production. Finally, it can be highlighted that coffee pulp is a high-value byproduct for the pork production industry, contributing to improved profitability in operations, resulting in greater well-being and prosperity for the producer.

5. REFERENCES

- Aksu, T., Baytok, E., Karşlı, M. A., & Muruz, H. (2006, January). Effects of formic acid, molasses and inoculant additives on corn silage composition, organic matter digestibility and microbial protein synthesis in sheep. *Small Ruminant Research*, 61(1), 29–33. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.12.013>
- AOAC (2016). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. The moisture in meat and poultry products (39.1.03). Chapter 39 (1). Maryland: USA.
- AOAC (2005a). *Official Methods of Analysis*. 18th Ed., Gaithersburg, MD, Method 942.05.
- AOAC (2005b) *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL*, 18th Ed., AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD (13) AOCS Official Method 978.10. *Official Methods and Recommended Practices of the AOCS*, The American Oil Chemists' Society, Champaign.
- AOAC (2012). Official Method 948.22. Fat (crude) in nuts and nut products. Gravimetric methods, in: *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 19th ed., AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- AOAC (1995). *Official Methods of Analysis* 920.152. 13th ed. AOAC International, Washington, DC.
- Braham J. & R. Bressani (1978). *Coffee Pulp. Composition, Technology and Utilization*. Institute of Nutrition of Central America and Panama. Inter. Develop. Res. Centre. Ottawa, Canadá.
- Braude, R. and Townsend, M. J. (1958). A large-scale test of the effects of food restriction on the performance of fattening pigs. *J. Agr.Sci.* 51: 208-217.
- Bohkernford, B y Fonseca, H., (1974). *Calidad del ensilado con pulpa de café conteniendo humedad y varios aditivos*. Informe Final. Primera reunión Internacional sobre la utilización de sub-productos de café en la alimentación y otras aplicaciones agrícolas e industriales. CATIE. Turrialba.Costa Rica.
- Carrera, C., Muñoz, H.M., & Solares, L.R. (1963). Melaza de caña como suplemento en el engorde de bovinos en zacate Guinea. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 31-34.
- Córdoba, M., & Hernandez M., (2021). *Elaboración de una bebida funcional a partir del aprovechamiento de la cáscara deshidratada del café como alternativa de valorización de subproductos*. Repositorio Institucional, Trabajo de Grado, Universidad de los Andes.
- Demanet Flippi, R. (2018). *Nitrógeno amoniacal en ensilajes*. Plan Lechero Watt's. Recuperado en septiembre 19, 2022, de <https://www.watts.cl/docs/default-source/charlas-a-productores/nitrogenoamoniacal-en-ensilajes.pdf?sfvrsn=4>
- Encalada, M. et al., (2017). *Ensilaje de pulpa de café con la aplicación de aditivos en el cantón Loja*.
- Bosques Latitud Cero, 7(2) : 71 – 82. Recuperado el 8 de agosto de 2022 de <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/322/293>
- Escudero, E., & González, P. (2006). La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, 21(Supl. 2), 61-72. Recuperado en 02 de diciembre de 2022, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000500007&lng=es&tlng=es.

- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia –FNC (2014). La política cafetera 2010-2014. https://www.federaciondecafeteros.org/static/files/1La_politica_cafetera_2010-2014.pdf
- Forbes (2021). Colombia espera exportar 12.5 millones de sacos de café en 2022. Forbes Colombia. Recuperado el 8 de agosto de 2022 de <https://forbes.co/2021/12/01/economia-y-finanzas/colombia-esperaexportar-125-millones-de-sacos-de-cafe-en-2022/>
- FOSS (2018). El análisis de la fibra en el pienso animal. FDA, FDN, los estándares y las opciones de automatización (1era. Edición). Nils Foss Allé, Dinamarca: Analytics Beyond Measure.
- Frómeta, R. A., Sánchez, J. L., & García, J. M. (2020). Evaluation of coffee pulp as substrate for polygalacturonase production in solid state fermentation. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 117. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i2.2068>
- García, E., & Fernández, I. (n.d.). Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación. Universidad Politécnica De Valencia. Recuperado Octubre 2, 2022, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16339/Determinaci%C3%B3n%20de%20humedad.pdf>
- Guney, M., Murat D., Sibel, C., Yunus, B., & Taner, L. (2007). Effects of Urea, Molasses and Urea Plus Molasses Supplementation to Sorghum Silage on the Silage Quality, in vitro Organic Matter Digestibility and Metabolic Energy Contents. *Journal of Biological Sciences*, 7(2), 401–404. <https://doi.org/10.3923/jbs.2007.401.404>.
- Harris, G.K., Marshall, M.R. (2017). Ash Analysis. In: Nielsen, S.S. (eds) *Food Analysis*. Food Science Text Series. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45776-5_16
- Hewavitharana, G. G., Perera, D. N., Navaratne, S. B., & Wickramasinghe, I. (2020). Extraction methods of fat from food samples and preparation of fatty acid methyl esters for gas chromatography: A Review. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(8), 6865–6875. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.06.039>
- Ismail, B. P. (2017). Ash Content Determination. *Food Analysis Laboratory Manual*, 117–119. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44127-6_11
- Iriondo-DeHond, A., del Castillo, M. D., Martinez-Saez, N., Fernandez-Gomez, B., Iriondo-DeHond, M., & Zhou, J. R. (2017). Applications of recovered compounds in food products. *Handbook of Coffee Processing By-Products*, 171–194. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811290-8.00006-2>
- Instituto Colombiano Agropecuario - ICA (2020). Resolución 61252 del 2020. Consultado 04 de Octubre de 2022 de <https://www.ica.gov.co/getattachment/f7b59ff6-7bfc-477a-8110-40a14b80bd4e/2020R61252.aspx>
- Italcol (2021). Manual de Alimentación Linea Naranja. Recuperado el 12 de Octubre de 2022 de <https://italcol.com/tus-lineas-de-productos/porcicultura-linea-naranja/>
- Jiang, B., Tsao, R., Li, Y., & Miao, M. (2014). Food Safety: Food Analysis Technologies/Techniques. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*, 273–288. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-52512-3.00052-8>
- Jørgensen H, Fernández JA. Composición química y valor energético de diferentes fuentes de grasa para cerdos en crecimiento. *Acta Agric Scand Sect A Anim Sci*. 2000;50:129–36

- Kung, L., Shaver, R. D., Grant, R. J., & Schmidt, R. J. (2018). Silage Review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4020–4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
- Liu, Y., Kil, D. Y., Perez-Mendoza, V. G., Song, M., & Pettigrew, J. E. (2018). Supplementation of different fat sources affects growth performance and carcass composition of finishing pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0274-9>
- Lizcano, F., & Valenzuela, C. (2020, July). Impacto del consumo de carne magra de cerdo sobre el riesgo cardiovascular. *Revista Colombiana De Cardiología*, 27(4), 337–343. <https://doi.org/10.1016/rccar.2020.01.01>
- Lindberg, J.E. (2014) “Fiber effects in nutrition and gut health in Pigs,” *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 5(1). Available at: <https://doi.org/10.1186/2049-1891-5-15>.
- Mazzafera, P. (2002). Degradation of caffeine by microorganisms and potential use of decaffeinated coffee husk and pulp in animal feeding. *Scientia Agricola*, 59(4), 815–821. <https://doi.org/10.1590/s0103-90162002000400030>
- Marcel, B.K., Andr, K.B., Viviane, Z., & Sraphin, K. (2011). Potential Food Waste and By-products of Coffee in Animal Feed. *Electronic Journal of Biology*, 7.
- Murthy, P., & Naidu, M. M. (2012). Sustainable management of coffee industry by-products and value addition—A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 66, 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.005>
- Mortensen AB, Wallin H, Appelqvist LA, Everitt G, Gref CG, Jacobsen J, Jensen K, Jepsen OM, Johansen IL, Julshamn K, et al., (1989). Gravimetric determination of ash in foods: NMKL collaborative study. *J Assoc Off Anal Chem*.72(3):481-3. PMID: 2745374.
- Minitab 2018 , «Soporte Técnico Minitab 2018,» Minitab, 2018. [En línea]. Available: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/help-and-how-to/statisticalmodeling/anova/supporting-topics/multiple-comparisons/what-is-dunnnett-s-method/> [Último acceso: 18 11 2022].
- Navarro, R. (2021). “La cosecha cafetera para este 2021 podría cerrar en \$10 billones de pesos”: Ministro Rodolfo Zea Navarro. Consultado el 8 de agosto de 2022, de [https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/%E2%80%9CLa-cosecha-cafetera-para-este-2021-podr%C3%ADa-cerrar-en-\\$10-billones-de-pesos%E2%80%9D-Ministro-Rodolfo-Zea-Navarro---.aspx](https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/%E2%80%9CLa-cosecha-cafetera-para-este-2021-podr%C3%ADa-cerrar-en-$10-billones-de-pesos%E2%80%9D-Ministro-Rodolfo-Zea-Navarro---.aspx)
- Noriega Salazar, Adrianelya, Silva Acuña, Ramón, & García de Salcedo, Moraima. (2008). Revisión: Utilización de la pulpa de café en la alimentación animal. *Zootecnia Tropical*, 26(4), 411-419. Recuperado en 10 de agosto de 2022, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S079872692008000400001&lng=es&lng=es. Odegard, I. Y. R., & van der Voet, E. (2014). The future of food — escenarios and the effect on natural resource use in agriculture in 2050. *Ecological Economics*, 97, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.10.005>
- Ocampo Lopez, O. L., & Alvarez-Herrera, L. M. (2017). Trend in Coffee Production and Consumption in Colombia. *Apuntes del Cenes*, 36(64), 139–165. <https://doi.org/10.19053/01203053.v36.n64.2017.5419>

- Oliveira, L.S., Franca, A.S., 2015. An overview of the potential uses for coffee husks. In: Preedy, V.R.(Ed.), *Coffee in Health and Disease Prevention*. Academic Press, San Diego, CA, (Chapter 31).
- Ortiz, J., González, D., Mejía, Y., García-Alzate, L., & Cifuentes-Wchima, X. (2020). Evaluación de la biomasa residual (cereza) de café como sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. *Revista ION*, 33(1). <http://www.scielo.org.co/pdf/rion/v33n1/2145-8480-rion-33-01-93.pdf>
- Palacio, A. (2016). Evaluación de costos con tres diferentes planes de alimentación para cerdos en etapa de ceba en una granja de Donmatías (Antioquia). Recuperado el 8 de agosto de 2022, de http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1740/1/Evaluacion_costos_alimentacion_cerdos.pdf
- Peña, J.M., Gregorio, O. and Barrera, B.E. (2018) Los métodos experimentales que permiten el estudio de las macromoléculas de la vida: Historia, Fundamentos y Perspectivas, Educación química. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. Available at:https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2013000200009 (Acceso: November 18, 2022).
- Porkcolombia (2022). Estadísticas Sectoriales de Consumo de Carne de Cerdo. Recuperado Septiembre 22, 2022, de <https://porkcolombia.co/estadisticas-sectoriales/>
- Porkcolombia (2021). Economía Porcícola. Recuperado Septiembre 29, 2022 de <https://www.porkcolombia.co/wp-content/uploads/2021/03/ED-257-PORKCOLOMBIA-DIGITAL-1.pdf>
- Pokhrel, P., Shrestha, S., Rijal, S. K., & Rai, K. P. (2016). A simple HPLC method for the determination of caffeine content in tea and coffee. *Journal of Food Science and Technology Nepal*, 9, 74–78. <https://doi.org/10.3126/jfstn.v9i0.16200>
- Pomeranz, Y., & Meloan, C. E. (1994). Determination of Moisture. *Food Analysis*, 575–601. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6998-5_34
- Porres C, Alvarez D, Calzada J. Caffeine reduction in coffee pulp through silage. *Biotechnol Adv.* 1993;11(3):519-23. doi: 10.1016/0734-9750(93)90020-n. PMID: 14545673.
- Price, H., Williamson, S., Henson, J., and Mc Keith, A. G. (2019). Effects of various levels of protein, lysine, fat, and fiber on swine growth and pork quality. *Meat and Muscle Biology*, 1(3), 157-157. <https://doi.org/10.221751/rmc2017.152>
- Rodríguez, N., (2003). Avances Técnicos Cenicafé. Federación Nacional de Cafeteros. Recuperado el 10 de agosto de 2022 de <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0313.pdf>
- Rodríguez, Y. (2017). Características de la fauna y flora del Socorro Santander. Repositorio Universidad Libre. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/19700>
- Santos, A. P. M. D., Santos, E. M., Oliveira, J. S. D., Ribeiro, O. L., Perazzo, A. F., Martins Araújo Pinho, R., Macêdo, A. J. D. S., & Pereira, G. A. (2018). Effects of urea addition on the fermentation of sorghum (*Sorghum bicolor*) silage. *African Journal of Range & Forage Science*, 35(1), 55-62. <https://doi.org/10.2989/10220119.2018.1458751>
- Dourmad, J., & van Milgen, J., (2015). Concept and application of ideal protein for pigs. *Journal of animal science and biotechnology*, 6(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0016-1>

- Saucedo-Castañeda G., J.M. Romano-Machado, G. Gutiérrez-Sánchez, G. Ramírez-Romero e I. PerraudGaime. 1999. Evaluación técnico-económica de subproductos de la agroindustria del café en México.
- Memorias Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. Congreso Latinoamericano de Biotecnología y Bioingeniería. Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería. México. pp. 1-7.
- Vega, S. Reyes, J. De Leon y A. Bonilla, «Cuantificación de cafeína en cafés comerciales de panamá,» Ciencia y Tecnología, vol. 30, nº 2, pp. 57-64, 2014.
- Fotografías: www.freepik.com

