

# BIOTRANSFORMACIÓN DE RESIDUOS DOMÉSTICOS VEGETALES EN ENSILAJE DE ALTO VALOR NUTRICIONAL PARA ANIMALES DE GRANJA

Mauro **QUIÑONES AGUILAR**

Universidad Ricardo Palma

Mauro.quinones@urp.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0001-5026-5865>

**Sol ZEBALLOS**

**Sebastián GUILLINTA**

**Vivian MOLINA**

Estudiantes del Laboratorio de Biotecnología Ambiental.

Universidad Ricardo Palma.

## RESUMEN

El estudio se centra en la utilización de cáscaras de origen vegetal para la producción de ensilaje destinado al ganado. Se destacan cuatro cáscaras vegetales, de yuca, papa, granadilla y plátano, cada uno con propiedades beneficiosas para el engorde y crecimiento óptimo de los animales. Los métodos tradicionales de ensilaje, que involucran maquinaria y emiten gases contaminantes, contrastan con la propuesta de aprovechar residuos domésticos vegetales, reduciendo así la huella de carbono. Además de mejorar la seguridad alimentaria del ganado, este enfoque proporciona ingresos adicionales a los hogares, mejorando la calidad de vida. El estudio se llevó a cabo recolectando cáscaras vegetales y estableciendo cuatro tratamientos (T1, T2, T3 y T4). Se midieron los parámetros fisicoquímicos a lo largo del proceso de ensilaje, demostrando que en todos los tratamientos se produjo ácido láctico ya que el pH inicial de 6.5 disminuyó a 5.5 en la primera semana, y a 4.5 en la segunda semana. Asimismo, se demostró que los tratamientos T1 y T2, compuestos por cáscaras de yuca y papa, mantuvieron su integridad en términos de textura, color y olor, debido a que contienen menor contenido de agua y mayor cantidad de fibra.

## PALABRAS CLAVE

biotransformación, ensilaje, residuos domésticos, nutrición animal.

BIOTRANSFORMATION OF DOMESTIC PLANT WASTE  
INTO HIGH NUTRITIONAL VALUE SILAGE  
FOR FARM ANIMALS

## ABSTRACT

The study focuses on the use of husks of plant origin for the production of silage for livestock. Four vegetable peels stand out: cassava, potato, passion

fruit, and banana, each with beneficial properties for fattening and optimal growth of animals. Traditional silage methods, which involve machinery and emit polluting gases, contrast with the proposal to use domestic plant waste, thus reducing the carbon footprint. In addition to improving livestock food security, this approach provides additional income to households, enhancing quality of life. The study collected vegetable peels and established four treatments (T1, T2, T3, and T4). Physicochemical parameters were measured throughout the ensiling process, demonstrating that lactic acid was produced in all treatments since the initial pH 6.5 decreased to 5.5 in the first week and 4.5 in the second week. Likewise, it was shown that treatments T1 and T2, composed of cassava and potato peels, maintained their integrity regarding texture, color, and smell because they contained less water content and a more significant amount of fiber.

## KEYWORDS

Biotransformation, silage, domestic waste, animal nutrition.

Recibido: 31/05/2023

Aprobado: 02/10/2023

## INTRODUCCIÓN

Las cáscaras de origen vegetal presentan alto contenido de fibra, azúcares solubles, antioxidantes y minerales. Entre ellas, se destacan la cáscara de yuca, papa, plátano y granadilla. La primera, contiene carbohidratos solubles, calcio y fósforo; la segunda, contiene vitamina C, vitamina B3, niacina y potasio (Caicedo, 2013).; la tercera, presenta azúcares solubles, antocianinas y carotenoides (Caicedo & Flores, 2020); y la última, está compuesta por 88% de carbohidratos solubles y 4.3% proteína (Carvajal-de Pabón et al., 2014). Todos los componentes mencionados benefician al engorde y crecimiento óptimo de los animales (Baizán et al., 2018).

En el Perú, la variabilidad climática y las condiciones geográficas heterogéneas generan estacionalidades pronunciadas, como las temporadas de heladas y sequías, lo cual genera escasez de alimento; y en consecuencia, se produce la muerte del ganado (Castillo García et al. 2019). Al no poseer conocimientos sobre conservación de alimentos aprovechando residuos domésticos, esta problemática se ve agudizada. Asimismo, compromete la estabilidad económica de los agricultores, afectando negativamente la productividad ganadera (Quiñones Chillambo et al., 2020).

El ensilaje a base de cáscaras vegetales emerge como una respuesta a la problemática relacionada con la gestión de residuos domésticos en el país (Barriga-Sánchez et al., 2019; Castillo García et al., 2019), reduciendo la carga ambiental asociada con su disposición inadecuada (Santos et al., 2015).

Para familias que se dedican al sector agrícola y ganadero, al aprovechar los residuos, como cáscaras y hojas, podrán reducir los costos asociados con la

pérdida de éstos (Santos et al., 2015). La transformación de estos residuos en alimento de alto valor nutricional para animales como las vacas, cerdos y cuyes, no solo evita su impacto negativo en el entorno, sino que también contribuye a la generación de un producto útil y valioso para la actividad ganadera (Cañete & Sancha, 1998; Cruz et al., 2019; Cornejo-Cornejo et al., 2020; Quintero-Herrera et al., 2021; Aguiar et al., 2021). Asimismo, se alinea al programa 2030 de sostenibilidad (Yafetto et al., 2023).

La técnica del ensilado permite conservar la humedad, nutrientes y fibra del alimento. En el presente artículo se recolectó cáscaras de raíces, tubérculos y frutas. Se estableció cuatro tratamientos (T1: yuca, T2: papa, T3: plátano y T4: granadilla) con tres repeticiones cada uno, en los cuales se mantuvo constante los componentes base (hojas de maíz, cáscaras de haba, melaza y *Lactobacillus*). Se midió y analizó los parámetros fisicoquímicos y medidas organolépticas, en cada fase de ensilaje (aeróbica, fermentación, estabilización y utilización). Se observó que en la primera fase, el pH inicial fue de 6.5 en todos los tratamientos, la segunda y tercera fase algunos tratamientos presentaron hongos; asimismo las T3 y T4 presentaron un poco de gas. Por otra parte, no hubo cambios significativos en la temperatura. Al pasar las semanas el pH disminuyó a 4.5 y 5. Lo cual nos indica que el control de humedad es vital para un buen ensilado. Debido a esto, las cáscaras de papa y yuca, que presentan menor contenido de agua, son más prácticas en cuanto a la efectividad del ensilado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

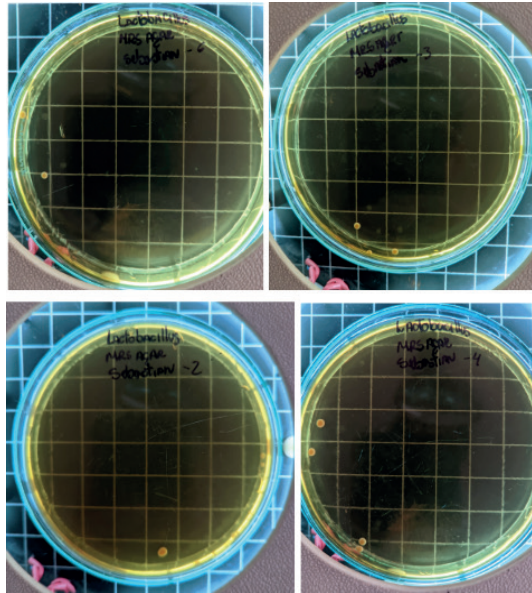
### Recolección de cáscaras de raíces (yuca), tubérculos (papa) y frutas (granadilla y plátano)

Las cáscaras vegetales provenientes de desechos domésticos pasaron por un proceso de selección, se descartaron las que presentaron daño por hongos. Una vez seleccionadas las cáscaras, se limpiaron e eliminaron los restos de tierra o basura que presentaban. Después, se almacenaron en ambiente limpio y seco.

### Aislamiento y cultivo de *Lactobacillus sp.*

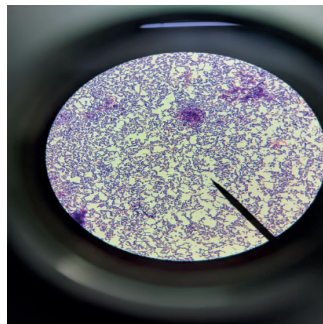
Para el aislamiento de *Lactobacillus sp.*, se adquirió un jarabe comercial enriquecido esta bacteria. Se empleó el medio específico M.R.S. Agar. Luego, se extrajo 150  $\mu$ L del jarabe y, empleando un asa de drigalski, se inoculó en placas con agar. Después, estas placas se incubaron por 72 horas a 37°C.

Pasado el tiempo de incubación, se observó el crecimiento de colonias de *Lactobacillus* (Figura 1), las cuales se identificaron por su tamaño pequeño, aspecto opaco y coloración blanca/crema.



**Figura 1.** Conteo de colonias de *Lactobacillus sp.*

Para confirmar la presencia de *Lactobacillus*, se realizó tinción Gram (Figura 2). Aquellas bacterias que adquirieron un tono violeta o azul oscuro se consideraron positivas para *Lactobacillus*.



**Figura 2.** Tinción gram de *Lactobacillus sp.*

Las colonias positivas se cultivaron en caldo nutritivo, y se guardaron en el cepario.

### **Establecimiento de los tratamientos (T1, T2, T3 y T4)**

Se estableció cuatro tratamientos (tabla 1) con tres repeticiones en cada uno, y se tomó como variables a las cáscaras de yuca, papa, plátano y granadilla (figura 3,4,5,6).

**Tabla 1.** Composición y variables de los tratamientos (T1, T2, T3 y T4) .

Tratamientos	Composición	Variables
T1	Hojas de maíz + Cáscaras de haba + Melaza + <i>Lactobacillus</i>	Cáscaras de yuca
T2	Hojas de maíz + Cáscaras de haba + Melaza + <i>Lactobacillus</i>	Cáscaras de papa
T3	Hojas de maíz + Cáscaras de haba + Melaza + <i>Lactobacillus</i>	Cáscaras de plátano
T4	Hojas de maíz + Cáscaras de haba + Melaza + <i>Lactobacillus</i>	Cáscaras de granadilla

**Figura 3.** cáscara de yuca T1**Figura 4.** cáscara de papa T2



**Figura 5.** Cáscara de plátano T3



**Figura 6.** cáscara de granadilla T4

Cada tratamiento fue embolsado en ziplock (figura 7), se les añadió una cantidad promedio de melaza (figura 8) y *Lactobacillus* en caldo nutritivo (figura 9). Después, se procedió al sellado (figura 10).



**Figura 7.** Tratamiento en bolsas ziploc



**Figura 8.** Medición de Melaza

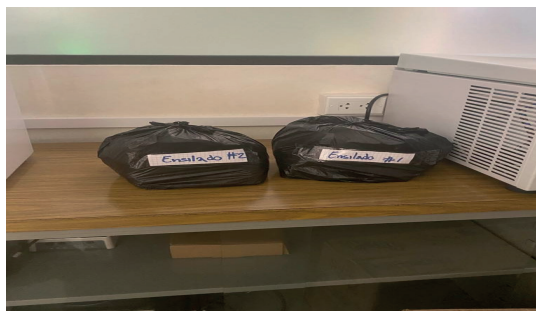


**Figura 9:** Incorporación de *Lactobacillus sp.*



**Figura 10.** Sellado

Al culminar el proceso de sellado, se realizó el empaquetado empleando bolsas negras (figura 11).



**Figura 11.** Empaquetado en oscuridad

### **Medición de los parámetros: pH y estabilidad.**

Para la medición del pH, se utilizó un pHmetro, el cual se sumergió en cada tratamiento, y se registró el valor obtenido.

El análisis de estabilidad se llevó a cabo mediante evaluación sensorial. Se buscó signos de deterioro, tales como la presencia de moho, olores desagradables, cambios inusuales en el color o la textura.

### **RESULTADOS**

El pH inicial fue de 6.5 en todos los tratamientos (T1: yuca, T2: papa, T3: plátano y T4: granadilla).

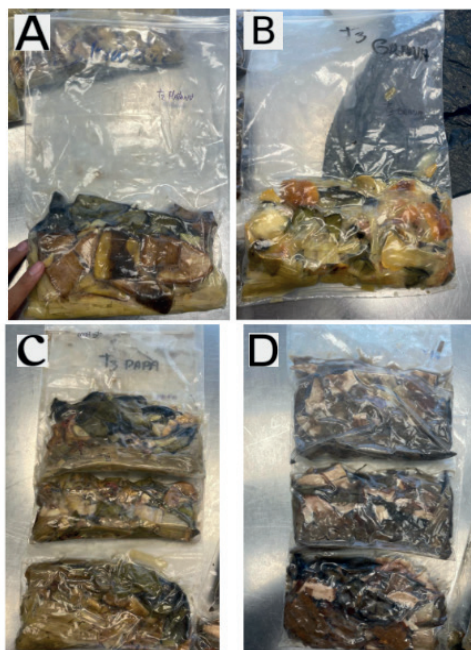
Al término de la primera semana, se observó que 2 repeticiones de T4, 1 repetición de T3 (figura 12) y 1 repetición de T2 presentaron hongos. Además, T3 y T4 presentaron gas y el pH disminuyó a 5.5 en todos los tratamientos.



**Figura 12.** Aparición de hongos en la cáscara de plátano.

En la segunda semana, los hongos y el indicador de respiración aeróbica continuaron apareciendo sólo en los tratamientos que contenían frutas (T3 y T4), aunque el primero fue limitado en cuanto a su crecimiento. Por otro lado, el pH disminuyó a 4.5 en T3 y T4 y a 5 en los T1 y T2 (figura 14). En cuanto al aspecto y olor, en el primer parámetro el único que presentó cambios en su textura fue la cáscara de plátano (T3), que se ablandó y oxidó; en el segundo parámetro, las frutas (T3 y T4) empezaron a tener un ligero olor a fermentación alcohólica; mientras que la papa y la yuca (T1 y T2) mantuvieron la misma textura, color y olor (figura 13).

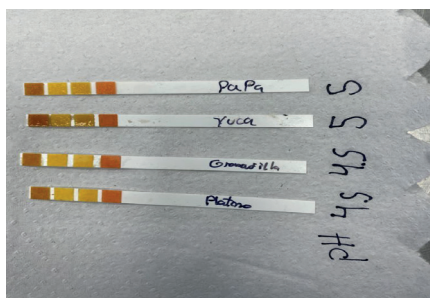




**Figura 13.** Segunda fase del ensilado: Fermentación. A, cáscara de plátano oxidada, B, cáscara de granadilla sin afectación de textura, ni pérdida de materia seca aparente. C, tratamiento con cáscara de papa, sin ningún cambio aparente. D, tratamiento de yuca, conservando su materia seca.

En la tercera y última semana ocurrió la fase de estabilización del ensilado, el pH se mantuvo igual que en la semana anterior (fig. 3), tampoco hubo cambios de temperatura. En cuanto a la evaluación sensorial, el olor a fermentado alcohólico aumentó en las cáscaras de fruta, además, las cáscaras de habas tenía un textura viscosa en T3 y T4, a excepción de una repetición de T3, que desde el principio mantuvo sus características organolépticas.

Los tratamientos T1 y T2 no presentaron fermentación, mantuvieron la integridad de todos sus componentes y por tanto su estabilización.



**Figura 14:** pH en la fase de estabilización del ensilado.

## DISCUSIÓN

Según los resultados del presente estudio en todos los tratamientos se produjo ácido láctico ya que el pH inicial de 6.5 disminuyó a 5.5 en la primera semana, y a 4.5 en la segunda semana, coincidiendo con los estudios de Santos et al. (2015), Kholif et al. (2017), Vera Mendoza et al. (2019) y Petrotos et al. (2021), en los cuales mencionan que la disminución de pH es indicativo de una fermentación exitosa, además de ser esencial para la estabilidad del ensilaje, ya que un pH ácido (por debajo de 4.0) inhibe el crecimiento de bacterias y hongos no deseados, reduciendo la pérdida de nutrientes.

Se observó la presencia de gas en los tratamientos compuestos por frutas, T3 y T4, durante los primeros 4 días del ensilaje (fase aeróbica), corroborando lo mencionado en el estudio de Callejo (2021), en cual menciona que la presencia de gas indica que hubo respiración.

Sin embargo, se observó la presencia de hongos y un ligero olor a fermentación alcohólica en los tratamientos T3 y T4, que contenían cáscaras de plátano y granadilla, respectivamente. La presencia de factores no deseados sugiere que se necesita un control de humedad y concentración de azúcares como se menciona en los trabajos de Hillion et al. (2018) y Guzmán et al. (2023), en donde cada tratamiento cuenta con condiciones específicas de control durante el almacenamiento.

Por otro lado, los tratamientos T1 y T2, compuestos por cáscaras de yuca y papa, mantuvieron su integridad en términos de textura, color y olor, debido a que contienen mayor cantidad de fibra y menor cantidad de azúcar. Estos resultados se alinean con los mencionados por Santos et al. (2015), Aguiar et al. (2021) y Guzmán et al. (2023), en los cuales destacan la importancia de seleccionar material vegetal con bajos niveles de azúcar para lograr una óptima producción de ensilado.

## CONCLUSIONES

El estudio respalda la viabilidad de utilizar cáscaras de vegetales con menor contenido de agua, como las de yuca y papa, ya que en sus respectivos tratamientos mantuvieron la integridad de todo sus componentes. En cambio, se debe implementar un pre secado en las cáscaras con alto contenido de agua, como las de granadilla y plátano, destacando la importancia del manejo preciso de la humedad y la vigilancia constante durante el proceso. Estos hallazgos no solo tienen implicaciones positivas para la alimentación del ganado, sino que también ofrecen una alternativa sostenible y económicamente beneficiosa para la gestión de residuos domésticos vegetales en el contexto peruano.



## RECOMENDACIONES

Se recomienda secar en estufa a las cáscaras seleccionadas previo al proceso de ensilaje, para así quitarles su contenido de agua. Además, el *Lactobacillus* deberá ser añadido en medio semi-sólido como una capa.

## INVESTIGACIÓN FUTURA

Como investigación futura se plantea convertir el ensilaje en croquetas de alto valor nutricional para animales de granja.

## REFERENCIAS

- Aguiar, S., Arboleda, L., & Uvidia, H. (2021). Aprovechamiento de residuos agroindustriales como alternativa en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Alfa*, 5(15), 649–660. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i15.145>
- Baizán, S., Martínez-Fernández, A., & Vicente, F. (2017). Evaluación de ensilado de haba forrajera como alternativa al ensilado de raigrás italiano en la alimentación de vacuno lechero. En XVII Jornadas sobre Producción Animal: Zaragoza, 30 y 31 de mayo de 2017. p. 123-125. <http://hdl.handle.net/10532/3790>
- Barriga-Sánchez, M., Churacutipa, M., & Salas, A. (2019). Elaboración de ensilado biológico a partir de residuo crudo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)) en Puno, Perú. *Ecología Aplicada*, 18(1), 37-44. <https://dx.doi.org/10.21704/rea.v18i1.1304>
- Caicedo, W. (2013). Potencial nutritivo del ensilaje de tubérculos de papa China, (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) para la alimentación de cerdos. Tesis presentada en opción al Título Académico de Master en Nutrición Animal. Universidad de Granma, Cuba. Pp. 2-60.
- Caicedo, W. & Flores, A. (2020). Características nutritivas de un ensilado líquido de banano orito (*Musa acuminata* AA) con tubérculos de taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) y su efecto en cerdos de posdestete. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(1), e17545. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172020000100004](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172020000100004)
- Callejo Ramos, A. (2021). Conservación de forrajes (V): Fundamentos del ensilado. *Revistafrisona.com*. <https://www.revistafrisona.com/Noticia/conservacion-de-forrajes-v-fundamentos-del-ensilado>
- Cañete, M.V. y Sancha, J.L. (1998). Ensilado de Forrajes y su Empleo en la Alimentación de Rumiantes. Pp. 260. Editorial Mundi Prensa. Madrid.

- Carvajal-de Pabón, L., Turbay, S., Álvarez, L., Rodríguez, A., Alvarez, J. Bonilla, K., Restrepo, S., & Parra, M. (2014). RELACIÓN ENTRE LOS USOS POPULARES DE LA GRANADILLA (*Passiflora ligularis* Juss) Y SU COMPOSICIÓN FITOQUÍMICA. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 185-196. Retrieved October 31, 2023, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612014000200021&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612014000200021&lng=en&tlng=es).
- Castillo García, W. E., Sánchez Suárez, H. A. & Ochoa Mogollón, G.M. (2019). Evaluación del ensilado de residuos de pescado y de cabeza de langostino fermentado con *Lactobacillus fermentus* aislado de cerdo. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(4), 1456-1469. <https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i4.17165>
- Cornejo-Cornejo, R., Azúm-González, J. L., Gorozabel-Muñoz, W., Zambrano, P. V. Mendoza-Rivadeneira, F. A., & Macías-Barberan, R. (2020). Valor nutritivo in vitro de la cáscara de *Musa paradisiaca* L., pre-tratada con enzima exógena xilanasa. *Pastos y Forrajes*, 43(1), 11-17. [http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v43n1/en\\_2078-8452-pyf-43-01-11.pdf](http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v43n1/en_2078-8452-pyf-43-01-11.pdf)
- Cruz, A., Rodríguez, Angela., & Pineda, C. (2019). Efecto de la suplementación con ensilaje de cáscara de naranja (*Citrus sinensis* L) sobre algunos parámetros metabólicos en vacas de leche. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(4), 1494-1503. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172019000400010](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172019000400010)
- Guzmán, O., Lemus-Flores, C., Bugarín, J., Bonilla, J., González-Vizcarra, V., & Ly, J.. (2019). Degradabilidad ruminal in situ de ensilado de residuos de mango (*Mangifera indica* L.) y rastrojo de maíz. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 53(2), 139-148. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2079-34802019000200139&lng=pt&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802019000200139&lng=pt&tlng=es).
- Hillion, M. L., Moscoviz, R., Trably, E., Leblanc, Y., Bernet, N., Torrijos, M., & Escudié, R. (2018). Co-ensiling as a new technique for long-term storage of agro-industrial waste with low sugar content prior to anaerobic digestion. *Waste management (New York, N.Y.)*, 71, 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.024>
- Kholif, A. E., Elghandour, M. M. Y., Rodríguez, G. B., Olafadehan, O. A., & Salem, A. Z. M. (2017). Anaerobic ensiling of raw agricultural waste with a fibrolytic enzyme cocktail as a cleaner and sustainable biological product. *Journal of Cleaner Production*, 142, 2649–2655. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.012>
- Petrotos, K., Papaioannou, C., Kokkas, S., Gkoutosidis, P., Skoufos, I., Tzora, A., Bonos, E., Tsinas, A., Giavasis, I., & Mitsagga, C. (2021). Optimization of the composition of a novel bioactive silage produced by mixing of ground maize grains with olive mill waste waters, grape pomace and Feta Cheese Whey. *AgriEngineering*, 3(4), 868–893. <https://doi.org/10.3390/agriengineering3040055>

- Quintero-Herrera, S., García-León, A. M., Botello-Álvarez, J. E., Estrada-Baltazar, A., Abel-Seabra, J. E., Padilla-Rivera, A., & Rivas-García, P. (2021). The use of broccoli agro-industrial waste in Dairy Cattle Diet for environmental mitigation. *Cleaner Environmental Systems*, 2, 100035. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100035>
- Quiñones Chillambo, J. D., Cardona Iglesias, J. L., & Castro Rincón, E. (2020). Ensilaje de Arbustivas Forrajeras para Sistemas de Alimentación ganadera del trópico altoandino. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 22(3), 285–301. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.662>
- Santos, V. L. F., Ferreira, M. A., Siqueira, M. C. B., Melo, T. T. B., Silva, J. L., Andrade, I. B., Soares, A. A., & Costa, C. T. F. (2015). Rumen parameters of sheep fed cassava peel as a replacement for corn. *Small Ruminant Research*, 133, 88–92. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.09.010>
- Yafetto, L., Odamtten, G. T., & Wiafe-Kwagyan, M. (2023). Valorization of agro-industrial wastes into animal feed through microbial fermentation: A review of the global and Ghanaian case. *Heliyon*, 9(4), e14814. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14814>
- Vera Mendoza, A. J., & Zambrano Zambrano, B. A. (2019). Inoculación de *Lactobacillus plantarum* para la fermentación y conservación del ensilaje de maíz (*Zea mays*). Calceta: ESPAM MFL. 52 p.