



Ensilado biológico de residuos de langostino fermentado con bacterias ácido-lácticas: Uso como biofertilizante en cultivo de pasto y como alimento para cerdos de traspatio

Biological silage of shrimp waste fermented with lactic acid bacteria: Use as a biofertilizer in pasture crops and as feed for backyard pigs

Petter Peña García¹ ; Javier Querevalú Ortiz² ; Gloria Ochoa Mogollón³ ; Héctor Sánchez Suárez^{4,*} 

¹ Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Tumbes, Av. Panamericana Norte s/n, Corrales. Peru.

² Escuela de Agroindustrias, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Tumbes, Av. Panamericana Norte s/n, Corrales, Tumbes. Peru.

³ Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Tumbes, Av. Universitaria s/n, Pampa Grande, Tumbes. Peru.

⁴ Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Tumbes, Av. Panamericana Norte s/n, Corrales, Tumbes. Peru.

Received August 29, 2020. Accepted September 17, 2020.

Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar la viabilidad y uso del ensilado biológico (EB) de cabeza de langostino, melaza y leche fermentada con bacterias ácido-lácticas (75-25-5, respectivamente), proporcionándolo como alimento para cerdos de traspatio y su lixiviado como abono orgánico en el cultivo de pasto maralfalfa. Se probó adicionando a una dieta base para cerdos, diariamente, en niveles de 0%, 5%, 10 y 15% del EB y como fertilizante en dosis de 300, 500, 700 L/ha (lixiviado) y testigo (100 unidades de nitrógeno) en tres aplicaciones a 0, 30 y 60 días de instalación. Se utilizó semilla vegetativa en 16 pozas de 22 m², evaluando los principales parámetros productivos a los 30, 60 días y a la cosecha (90 días), en los cerdos se evaluaron 40 animales en crecimiento (20 kg), durante 35 días. El EB y su lixiviado fueron viables y se estabilizó a partir de 15 días de preparación (pH menor a 4,5), presentó valores adecuados como alimento para cerdos según el contenido de proteína, grasa y cenizas, como fertilizante presentó cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio mayores a un abono líquido convencional. El uso de 700 L/ha presentó la mejor productividad en las variables de estudio, semejante a cultivos instalados en ambientes fríos, poca precipitación y condiciones no controladas. El alimento con la inclusión del EB, fueron los más eficientes, mejor merito económico (mayores a 97%), EB es una alternativa alimenticia para cerdos de traspatio y su lixiviado es adecuado nutritivamente para fertilización de plantas forrajeras en clima seco.

Palabras clave: Lixiviado; abono orgánico; *Penisetum spp*; maralfalfa; ensilado biológico; *Sus scropha domestica*; cerdos de traspatio.

Abstract

The aim of this study was to determine the viability and use of the biological silage (BE) of shrimp head, molasses and milk fermented with lactic acid bacteria (75-25-5, respectively), providing it as feed for backyard pigs and its leachate as organic fertilizer in the cultivation of maralfalfa grass. It was tested by adding to a base diet for pigs, daily at levels of 0%, 5%, 10 and 15% of the BE and as fertilizer in doses of 300, 500, 700 L/ha (leached) and control (100 nitrogen units) in three applications at 0, 30 and 60 days of installation. Vegetative seed was used in 16 pools of 22 m², evaluating the main productive parameters at 30, 60 days and at harvest (90 days), 40 growing animals (20 kg) were evaluated in pigs for 35 days. The BE and its leachate were viable and stabilized after 15 days of preparation (pH less than 4.5), presented adequate values as feed for pigs according to the content of protein, fat and ash, as fertilizer it presented amounts of nitrogen, phosphorus and potassium higher than a conventional liquid fertilizer. The use of 700 L/ha presented the best productivity in the study variables, similar to crops installed in cold environments, little precipitation and uncontrolled conditions. The food with the inclusion of BE, were the most efficient, the best economic merit (greater than 97%), BE is a feed alternative for backyard pigs and its leachate is nutritionally suitable for fertilizing forage plants in dry weather.

Keywords: Leached; organic fertilizer; *Penisetum spp*; maralfalfa; organic waste; biological silage; *Sus scropha domestica*; backyard pigs.

Cite this article:

Peña, P.; Querevalú, J.; Ochoa, G.; Sánchez, H. 2020. Ensilado biológico de residuos de langostino fermentado con bacterias ácido-lácticas: Uso como biofertilizante en cultivo de pasto y como alimento para cerdos de traspatio. *Scientia Agropecuaria* 11(4): 459-471.

* Corresponding author

E-mail: hsanchezs@untumbes.edu.pe (H. Sánchez).

© 2020 All rights reserved

DOI: 10.17268/sci.agropecu.2020.04.01

1. Introducción

La tendencia en alimentación porcina es buscar insumos sustentables, nutritivos y funcionales, que suplan a los antibióticos como promotores (Xiang *et al.*, 2019; Barón, 2016) y de bajo costo, como es el ensilado biológico (EB) (Lezcano *et al.*, 2015; Fernández *et al.*, 2017), el cual se obtiene mediante un proceso de fermentación controlada de desechos orgánicos y es una técnica de fácil réplica (García-Hernández *et al.*, 2015; Lezcano *et al.*, 2015), producida por el metabolismo de bacterias ácido lácticas (BAL) sobre carbohidratos; el producto es estable, nutritivo y antimicrobiano contra bacterias patógenas y de putrefacción (García-Hernández *et al.*, 2015; Terrones y Reyes, 2018). El proceso fisicoquímico produce ácidos orgánicos, mayormente ácido láctico, responsable de la conservación e hidrólisis de la materia prima (García *et al.*, 2019; Nørgaard *et al.*, 2015). El EB como alimento es obtenido de residuos de pescado y usado en la alimentación de diferentes especies animales (García-Hernández *et al.*, 2015; Lezcano *et al.*, 2015; Terrones y Reyes, 2018). Se producen ácidos orgánicos de BAL fermentativas por el metabolismo de carbohidratos (Terrones y Reyes, 2018), con resultados positivos en consumo y eficiencia alimenticia, existen variados estudios en el cual se experimentó con ensilado para cerdos en gestación, lactación y en lechones, utilizando bacterias propias del yogurt comercial, como fermentadores (Fernández *et al.*, 2017; García *et al.*, 2019). Por lo tanto, el EB aún no está difundido en la alimentación de cerdos de traspatio, tampoco la dosis y las BAL nativas del cerdo como fermentadores (Gámez *et al.*, 2009; Chiang *et al.*, 2015), ni como probióticos (Gámez *et al.*, 2009; Barón, 2016; Chiang *et al.*, 2015). La incorporación de EB con BAL, propias del tracto digestivo del cerdo, direcciona su uso y lo hace un alimento funcional (nutritivo y bioprofiláctico) (Chiang *et al.*, 2015).

El EB es estable a partir del día 15 de incubación (García-Hernández *et al.*, 2015). El lixiviado es semejante a hidrolizados orgánicos y residuos líquidos de digestión anaeróbica que son utilizados como fertilizantes (Porrás y González, 2016). En la producción del compostaje, el residuo líquido está considerado como un abono orgánico que puede ser empleado de forma directa (Escudero y Hernández, 2010; Linares-Gabriel *et al.*, 2017), puede estar dirigidas al follaje, al suelo, a la semilla y/o a la raíz, mejorando la producción (Linares-Gabriel *et al.*, 2017), como los obtenidos al ser aplicado al suelo en cultivo de flores utilizando

20 ml/planta y 12 ml/planta y en cultivo de pepinillo 3,7 a 8,75 ml/planta y se puede fertilizar hasta con 100% (Linares-Gabriel *et al.*, 2017). Algunos autores reportan que al combinar abono foliar y abonos orgánicos al suelo mejoran significativamente la producción del pasto (Condori *et al.*, 2018). En la producción porcina la rentabilidad está relacionada con los costos de alimentación, por lo que es necesario encontrar insumos más baratos, debe ser adecuado en cantidad que cubra los requerimientos del animal por edad y estados fisiológicos (Rostagno, 2017), los cerdos de traspatio muestran deficiencias productivas, incluso en el aprovechamiento del alimento, con bajos índices productivos (Martínez *et al.*, 2016).

Se promueve en la alimentación del cerdo la utilización de bacterias nativas, benéficas y cultivables del tracto digestivo, en reemplazo de antibióticos que son contaminantes a largo plazo (Arenas y Melo, 2018; Chiang *et al.*, 2015), la mayoría BAL con potencial probiótico (Cossio *et al.*, 2018; Quintero, 2018; Chengjun *et al.*, 2019) y capacidad fermentativa, son adecuados para la viabilidad del EB (Fernández *et al.*, 2017; Cossio *et al.*, 2018; Xiang *et al.*, 2019).

Por otro lado el uso del pasto nativo mediante la ganadería trashumante es una forma de pastoreo limitado al recurso suelo y agua, aún más si se realiza en zonas de amortiguamiento del bosque seco ecuatorial con limitadas precipitaciones (Escribano-Ávila, 2016), donde el sobrepastoreo y escases del recurso hídrico conlleva a la degradación del suelo (Jara-Guerrero *et al.*, 2019) y donde el uso de fertilizantes químicos empobrecen la composición orgánica del suelo, generando un problema ecológico, la FAO estima que en 200 años se habrá agotado todos los terrenos agrícolas del planeta (Osman, 2018), ejerciendo presión en el pastos nativos, propio del bosques seco-ecuatorial, originando degradación del suelo e un incipiente desarrollo ganadero (Jara-Guerrero *et al.*, 2019).

En el procesamiento de productos hidrobiológicos (langostino congelado), se genera 30% de residuos del total del procesamiento, su inadecuada disposición final genera focos contaminante, principalmente por generar olores desagradables (Liu *et al.*, 2020) y problemas de salud para las poblaciones aledañas (Porrás y González, 2016), desaprovechando este residuo, que puede ser fuente de alimento para animales y plantas (García-Hernández *et al.*, 2015; García *et al.*, 2019; Lezcano *et al.*, 2015; Terrones y Reyes, 2018). Existen alternativas de conservación y uso de residuos orgánicos como es el ensilado biológico, tecnología de fácil

aplicación (Xiang *et al.*, 2019; Lezcano *et al.*, 2015), generando alimento para animales y residuo líquido llamado lixiviado de poco estudio para su uso en la agricultura.

El pasto maralfalfa es el de mejor adaptación a diferentes pisos ecológicos (Hinojosa *et al.*, 2014; Pilco y Pérez, 2017) y con aceptable producción de biomasa, con mayor productividad en climas semitropicales con precipitaciones moderadas y en climas artificiales llegando a 25% adicional, su producción se condiciona al proceso de adaptación y fertilización (Dall'Agnol *et al.*, 2005; Pilco y Pérez, 2017; Cerdas-Ramírez, 2015; Méndez-Martínez, 2020).

Existe un enfoque actual en buscar alimentos inocuos y funcionales utilizando residuos orgánicos de difícil disposición final (cabeza de langostino), con una metodología viable y de fácil replica como es el EB, que incluya BAL nativas en su producción como fermentadores, que permita su dosificación en cantidades adecuadas en alimentación de cerdos, y su lixiviado utilizarlo como alternativa de fertilización orgánica para plantas forrajeras de interés pecuario que se adapten al estrés hídrico.

El objetivo del estudio fue determinar la viabilidad y características adecuadas del EB de cabeza de langostino y su lixiviado, fermentado con BAL, como alimento y fertilizantes, proponiendo cuál sería la cantidad más adecuada de su inclusión en la alimentación de cerdo de traspatio en crecimiento y en la producción del pasto maralfalfa.

2. Materiales y métodos

Se utilizó como materia prima cabezas de langostinos fresco, recolectado de una planta procesadora de congelados de Tumbes. La semilla vegetativa de pasto maralfalfa fue traída de Piura, Perú. Se utilizaron 40 lechones sanos de 90 días, criados en traspatio, sin raza definida, procedentes del Caserío Uña de gato, Papayal, Zarumilla, Tumbes (coordenada UTM: 585552 m al este, 9608498 m al norte) y BAL nativas, aisladas del tracto digestivo del cerdo, fueron identificadas molecularmente como *Lactobacillus fermentum* cepa 1, 2, 3, y *Lactobacillus lactis* obtenidas del cepario (FCS) de la Universidad Nacional de Tumbes, activación y uso según García *et al.* (2019). Se utilizó leche, melaza, maíz amarillo, torta de soya, polvillo de arroz, pasta de algodón, harina de pescado, conchuela, sal común, premezcla mineral-vitaminas.

2.1 Elaboración del ensilado biológico (EB)

Constó de la preparación del inóculo lácteo (BAL del lechón) y preparación de la mezcla del EB según García *et al.* (2019).

Preparación del inóculo lácteo: Se activaron las cepas BAL sembrándolas en placas Petri con agar MRS, incubándose por 48 h a 37 °C (Gámez *et al.*, 2009), se transfirió 2 a 3 colonias en tubos cónicos con 10 ml de caldo MRS y se volvió a incubar por 48 h a 37 °C, se midió la concentración, mediante prueba de absorbancia, con longitud de onda 630 nm. En 250 ml de leche pasteurizada se agregó 1 ml de cada BAL activada y se volvió a incubar a 40 °C por 18 h, resultando cuatro inóculos distintos, se retiró 50 ml de cada uno y se agregó a 1 litro de leche pasteurizada y se obtuvo una mezcla con los cuatro inóculos fermentadores, la cual se incubó a 40 °C por 5 h y se conservó a 4 °C hasta su uso, un litro de inóculo bacteriano obtenido en 10 litros de leche (García *et al.*, 2019).

Mezcla del EB: El EB se obtuvo de la mezcla de la cabeza de langostino, pasada por un hervor (5 a 10 min, aproximadamente), sin moler, equivalente al 70%, melaza 25% y 5% del inóculo de BAL en leche y se incubaron en recipientes tapados herméticamente (3/4 del recipiente).

Obtención del lixiviado (parte líquida del EB): A partir de los 15 días se obtuvieron muestras del lixiviado (parte líquida del EB), para medir y determinar su estabilidad de acuerdo al valor del pH (García *et al.*, 2019). **Análisis bromatológico del ensilado, alimento y pasto maralfalfa:** Para este análisis se colectó 200 g de ensilado y 1 kg de pasto, se realizó un secado previo siguiendo el método oficial de la AOAC (70 °C) por 48 h, para alimentos ricos en azúcares, la determinación de composición proximal se realizó mediante análisis de alimentos de UNALM (LENA-UNALM, 2009) siguiendo el manual de análisis de alimentos Método AOAC (2005) 984,13, Método AOAC (2005) 962,09, AOCS Official Procedure Am 5-04, AOCS Approved Procedure Ba 6a-05, AOAC (2005), 942,05 (LENA-UNALM, 2009). Se aplicó el análisis químico del pH del EB por método potenciométrico (laboratorio de suelos UNALM).

Análisis del lixiviado del EB: Se evaluaron las características fisicoquímicas del lixiviado (un litro), las muestras evaluadas fueron a la cuarta y sesenta semanas de incubación y analizados en el Laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM). Se determinó el carbono orgánico y N potencialmente mineralizable en suelos (Sahrawat, 1983), fósforo disponible utilizando solución de extracción formada por bicarbonato sódico y reacción colorimétrica con molibdato de amonioácido

ascórbico (Olsen y Sommers, 1982), potasio intercambiable usando solución de extracción de Mehlich I y medición por espectrofotometría de absorción atómica, materia orgánica (Walkley y Black, 1932) materia orgánica método volumétrico modificado basado en la oxidación y pH por método potenciométrico (laboratorio de suelos UNALM).

2.2 Uso del lixiviado del EB en el cultivo de pasto maralfalfa

Instalación del cultivo: Se realizaron actividades de limpieza, gradeo, nivelación, preparación de pozas, 16 pozas de 22 m² c/u (352 m² en total), bordeo, adecuación de canal de riego, la siembra se realizó con distancia de 50 cm entre planta y entre fila, se utilizó semillas vegetativas con tres macollos colocando dos estacas por golpe, (77 semillas/poza) para una población 35000 plantas/ha, riego por gravedad después de siembra y cada 15 días posteriores, deshierbo y control fitosanitario (Uvidia et al., 2015; Condori et al., 2018).

Medición de las variables del pasto: Se evaluaron las plantas utilizando instrumentos básicos de medida, pie de rey (0 a 150 mm), wincha ± 2 mm, cinta métrica, balanza de 100 ± 0,5 kg, balanza de 10 kg ± 0,1 kg. Se realizó corte de nivelación a las 3 semanas, las variables a analizar fueron a los 30, 60 y a la cosecha (90 días); altura de planta (a/p), número de macollos (m/p), también se analizó número de hojas (h/p), perímetro de caña (p/t), producción de biomasa verde (bmv/ha), producción de materia seca (ms/ha) y composición química del pasto a la cosecha, el corte se realizó a ras del suelo, el rendimiento se calculó por pesadas de biomasa fresca del pasto y su equivalencia a materia seca realizada en estufa siguiendo el método oficial de la AOAC (60 °C por 72 h) en el laboratorio de FCA de la UNT.

Análisis fisicoquímico del suelo: Se tomó una muestra antes de la instalación del cultivo y cuatro al final del experimento (una por cada tratamiento), cada una de ellas consistió de 1 kg de suelo obtenido de la mezcla de 5 submuestras extraídas a 0,3 m de profundidad, el cual se trasladó al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Piura (UNP), según método de Calzada-Marín et al. (2014).

Análisis de variables del clima: Se realizó la consulta de temperatura y precipitación de los meses en que se llevó a cabo el experimento, a la página oficial del SENAMHI, datos Hidrometeorológicos en Tumbes, Estación Puerto Pizarro.

Diseño experimental para el pasto: El diseño experimental utilizado fue DCA, con tres tratamientos y tres repeticiones, según la dosis de lixiviado: T1 = 300 l/ha (0,660 l/poza), T2 = 500 l/ha (1,1 l/poza), T3 = 700 l/ha (1,54 l/poza) y T0 = 100 kg/N ha (0,468 kg de urea/poza). El análisis estadístico se realizó utilizando Excel (uso libre). para probar el efecto principal del lixiviado en la producción del pasto maralfalfa.

2.3 Uso del EB en la alimentación de cerdos de traspatio

Instalaciones y manejo de cerdos: Se utilizaron dos ambientes de 16 m² c/u y 4 m de alto, cerrados con malla rashel, el alimento proporcionado fue mezclado diariamente con la cantidad correspondiente de EB de cada tratamiento, se realizaron actividades de crianza diaria, toma de peso de alimento, peso de los animales, desinfección semanal, manejo de pisos, bebederos y comederos, limpieza, suministro agua y alimento diario, se vacunó (cólera porcina), desparasitó (ivermectina y albendazol).

Diseño experimental para los cerdos: Se diseñaron cuatro grupos experimentales (tratamientos) con tres repeticiones, los cerdos fueron distribuidos en cuatro grupos, de acuerdo con la similitud de su peso vivo y para formar tratamientos homogéneos, se seleccionó un lechón de cada grupo (10 lechones por tratamiento), se evaluaron los parámetros productivos durante 35 días, se proporcionó una dieta base de cerdos en crecimiento con 20% de proteína (Rostagno et al., 2017), a la cual se incorporó tres proporciones de EB: 5%, 10% y 15% (mezcla diaria), de forma húmeda, el alimento ofrecido fue restringido a 8 kg/día por tratamiento, al grupo testigo no se le incorporó EB (Tabla 1).

Histología de yeyuno del cerdo bajo tratamiento con ensilado biológico: Se obtuvieron las muestras de una porción del intestino del cerdo en la línea de sacrificio normal, después del escaldado y antes del eviscerado (un animal por tratamiento). La disección se realizó mediante una incisión en el centro del vientre, exponiendo las vísceras del abdomen, se tomó la muestra del yeyuno a 12 cm del estómago, donde se cortó una porción de 2 cm (sin exponer el contenido intestinal), el fragmento de intestino colectado, fue colocado en Falcon con 40 ml de solución fisiológica estéril, manteniendo la cadena de frío desde la colecta hasta la realización de los cortes histológicos que fue realizado en el área de Histopatología del Laboratorio Costero de Tumbes del IMARPE.

Tabla 1

Dietas base destinado a la alimentación de cerdos con la inclusión de EB

| Ensilado Biológico | 0% | 5% | 10% | 15% |
|----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Ingredientes | Cantidad % | Cantidad % | Cantidad % | Cantidad % |
| Maíz amarillo, grano | 34,60 | 32,98 | 31,48 | 30,11 |
| Harina de pescado primera | 5,00 | 4,77 | 4,55 | 4,35 |
| Harina de soya, 44% | 18,00 | 17,16 | 16,38 | 15,67 |
| Pasta de Algodón 44% | 5,00 | 4,77 | 4,55 | 4,35 |
| Sal común | 1,00 | 0,95 | 0,91 | 0,87 |
| Premezcla vitamínica | 0,20 | 0,19 | 0,18 | 0,17 |
| Premezcla mineral | 0,50 | 0,48 | 0,45 | 0,44 |
| Polvillo de arroz | 34,60 | 32,98 | 31,48 | 30,11 |
| Conchuela | 1,00 | 0,95 | 0,91 | 0,87 |
| Ensilado de cabeza de langostino | 0,00 | 4,77 | 9,10 | 13,05 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Nutrientes calculados | | | | |
| Materia seca % | 89,33 | 88,02 | 86,74 | 85,58 |
| Energía metabolizable Mcal | 2,56 | 2,57 | 2,58 | 2,59 |
| Proteína % | 20,09 | 20,43 | 20,73 | 21,01 |
| Extracto etéreo % | 6,64 | 6,33 | 6,04 | 5,78 |
| Fibra Cruda % | 6,00 | 5,72 | 5,46 | 5,22 |
| Calcio % | 0,72 | 0,68 | 0,65 | 0,62 |
| Costo \$ USA (1\$: 3,3 pen) | 0,36 | 0,35 | 0,34 | 0,33 |

Premezcla minerales, vitaminas, Cada 1000 g contiene: Ca 185 g, P 150,60 g, Mg 4864,00 mg, Na 23,50 g, Cl 36,20 g, Mn 1209 mg, Zn 2500 mg, Se 10 mg, Cu 500 mg, S 940 mg, Fe 1200 mg, K 7 mg, I 35 mg, Co 35 mg, Vita A 515000 UI, Vit D3 65000 UI, Vit E 100 mg, Excipientes c.s.p. 1000 g.

Técnica para el corte histológico mediante coloración Hematoxilina-Eosina, fijación o preservación, con volumen de fijador 10X por cada muestra (1 tejido/10 fijador), formol 10%, proceso de deshidratación con inclusión en parafina. Corte en micrótomos, desparafinado y tinción de la muestra. Montaje de la lámina con estellan y observación en microscopio (Gonzales, 2017).

2.4 Análisis estadístico

Para el análisis de los parámetros evaluados se usó ANOVA para probar el efecto principal de los diferentes niveles del EB en la alimentación de los cerdos, y las dosis del lixiviado, expresados como promedio con \pm DE. Se compararon mediante la prueba de Duncan después de comprobar la homogeneidad de la varianza, cuando el valor $p < 0,05$.

3. Resultados y discusión

3.1 Del ensilado biológico

El ensilado biológico obtenido redujo el pH al quinto día de preparación, entre 4,24 al inicio y 4,49 al final del experimento, siendo este ácido, menor a 4,5 considerado estable (Fernández et al., 2017), actividad realizada por bacterias mesófilas que trabajan entre 25 y 40 °C (García-Hernández et al., 2015; Fernández et al., 2017), el contenido de proteína del EB obtenido entre 27,71% y 29,26% es aceptable como insumo proteico para animales (Rostagno, 2017), con mejores características digestibles (Fernández et al., 2017), cuyos valores se mantiene en el tiempo de almacenamiento y son semejantes a los reportados por diferentes autores en función a la materia prima utilizada, como

el ensilado de pescado, el cual ha sido viable en la alimentación de pollos, peces y cuyes como un insumo proteico (Roa et al., 2018), factibles para ser utilizados en la alimentación de cerdos, además, Lezcano et al. (2015) y García-Hernández et al. (2015) obtuvieron valores nutritivos de ensilados adecuados para la alimentación animal, utilizando residuos de pescado como materia prima, en el caso del EB del experimento se obtuvieron valores de lípidos (10% y 9,19%) y cenizas (18,20% y 19,18%) al inicio y final del experimento respectivamente semejantes al ensilado de mejillon azul y estrella de mar (Nørgaard et al., 2015; Terrones y Reyes, 2018), influenciado por los lípidos y carbonatos de calcio que contiene la cabeza de langostino utilizada.

3.2 Del análisis del lixiviado

Se entiende como lixiviado, al residuo líquido del ensilado biológico. Al evaluar la viabilidad se obtuvieron valores de 4,24 Y 4,07 de pH en la semana 4 y 60 respectivamente (Lezcano et al., 2015; García-Hernández et al., 2015), el lixiviado al igual que el EB, se considera estabilizado cuando el pH es menor a 4,5, considerado por varios autores como el momento cuando existe una cantidad considerable de ácidos orgánicos que proporcionan características antimicrobianas y de conservación, producto del proceso fisicoquímico por la fermentación controlada de bacterias, sobre residuos orgánicos y donde el proceso de hidrólisis continua degradando carbohidratos y nutrientes nitrogenados presentes en la materia prima utilizada con características semejantes al abono líquido (biol) (Porrás y González, 2016).

También se observa en la evaluación del lixiviado que la cantidad de sólidos totales aumenta con el tiempo de almacenamiento, con valores entre 177,4 y 408 g/l, mientras que el contenido de materia orgánica no varía y representa el 79%, con valores entre 141,26 y 325,03 g/l, el nitrógeno disponible es de 13140 mg/l a 13190 mg/l, es más alto que los valores de potasio de 5535 mg/l a 14050 mg/l y fósforo de 1021 mg/l a 2065 mg/l, calcio 13000 a 13500 y otros macro y micro nutrientes, todos siguen siendo superior a los que se encuentran en abonos líquidos, los micro minerales del lixiviado son semejantes al contenido de bioles que utilizan como materia orgánica residuos de mercado o excretas de animales (Márquez et al., 2007). La baja cantidad de sólidos totales de lixiviado lo condiciona para ser aplicado al suelo como fertilizante, ya que necesitaría utilizar mayores volúmenes para compensar la cantidad de materia orgánica requerida, el abono líquido es mayormente utilizado como foliar, pero también es posible su aplicación al suelo (Condori et al., 2018), así como lo realizado por Linares-Gabriel et al. (2017) en dosis de 3,7 a 8,75 ml/planta y 12 a 20 ml/planta de pepinillo y flores respectivamente, también se recomienda la aplicación en cultivos con poco riego y fertilización combinada (foliar-suelo) (Condori et al., 2018).

3.3 Análisis productivo del pasto maralfalfa

Altura de planta (a/p) y número de macollos (m/p) a los 30, 60 y 90 días

En la *Tabla 2* se observa la a/p y el número m/p evaluados a los 30 días, donde los mejores valores obtenidos fue para el tratamiento T3 con diferencia significativa respecto al T2. En la evaluación a los 60 y 90 días, se presenta la misma tendencia, siendo T3 semejante a T0, según la prueba de Duncan a los 90 días, en la a/p el T3 fue la mejor, T0 con T1 semejantes y los tres son diferentes al T2. Con respecto al número de m/p el tratamiento T3 fue el mejor y T0, T1 y T2 fueron estadísticamente semejantes. La importancia de la altura de planta (a/p) y el número de macollo (m/p) permiten conocer el desarrollo de la planta y la regulación de

la densidad, los m/p se desarrolla entre el primero y el segundo nudo, en las primeras semanas (tres a cuatro), deteniéndose cuando llega a su inflorescencia presentando mayor cantidad a los 30 día y se pierden según las condiciones a las cuales está sometido como estrés hídrico, densidad de siembra y maduración, lo que justifica los resultados obtenidos en el trabajo al disminuir estos parámetros a los 90 días en todos los tratamientos (Clavero y Razz, 2009). Para un clima controlado artificialmente se obtiene un 25% más de a/p y entre 5 a 18 m/p (Condori et al., 2018). El número m/p depende de la densidad de siembra influenciado por el distanciamiento promedio (0,8 m), comparado a 0,5 y 1m, obteniendo \pm 3% de macollos con valores de 20 a 13 m/p (Luna et al., 2015).

Los resultados del número de m/p del proyecto son semejantes a los reportados en cultivos cortados a los 90 días, utilizando biol producido con lactobacilos más estiércol vacuno, 9,25 a 13,25 m/p y solo con el biol 12,5 m/p (Escudero y Hernández, 2010), fertilizado con sulfato de amonio más gallinaza, 5 a 15 m/p.

Los datos obtenidos con respecto a a/p y m/p fueron superiores a cultivos de pasto maralfalfa sometidos a condiciones de estrés de temperatura, tanto en clima seco y climas con bajas temperaturas. En un cultivo en condiciones de clima frío, se reportó la a/p de 153 cm y 2 a 4,5 m/p a los 6 meses de edad (Pilco y Pérez, 2017), en climas secos baja la producción hasta en 25% (Dall'Agnol et al., 2005). En climas secos, (135 a 175 cm a/p a los 75-105 días de corte). El clima y la edad influye en la producción de los pastos (Méndez-Martínez, 2020), en estos climas, aun incluyendo diferentes tipos de fertilización e incluso fertilizantes sintéticos, la producción de pasto maralfalfa es baja. Con diferentes dosis de fertilizante sintético (NPK), se obtuvo 176 cm a/p (Goyes-Vera et al., 2018), aplicando 20 t/ha de biol ovino (clima frío del Ecuador) la a/p fue de 145 cm y fertilizados con estiércol de cerdo, cuy y vacuno presentaron 7,5 m/p (Escudero y Hernández, 2010).

Tabla 2

Test de comparación de Duncan para el análisis de altura de planta (a/p) y número de macollos (m/p) del pasto maralfalfa a diferentes días

| | 30 días | | 60 días | | 90 días | |
|----|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| | altura/planta (cm) | Nº macollo/planta | altura/planta (cm) | Nº macollo/planta | altura/planta (cm) | Nº macollo/planta |
| t0 | 92,20 \pm 33,77 ^{ab} | 15,4 \pm 2,50 ^a | 152,60 \pm 31,78 ^b | 11,80 \pm 3,26 ^a | 239,85 \pm 44,54 ^b | 11,4 \pm 1,16 ^a |
| t1 | 87,70 \pm 35,39 ^{ab} | 11,4 \pm 1,44 ^{bc} | 146,65 \pm 32,78 ^b | 11,45 \pm 3,40 ^a | 224,65 \pm 47,09 ^{bc} | 11,5 \pm 1,16 ^a |
| t2 | 80,05 \pm 18,05 ^b | 10,6 \pm 2,81 ^c | 145,65 \pm 39,94 ^b | 10,60 \pm 1,46 ^a | 221,60 \pm 26,60 ^c | 11,2 \pm 1,91 ^b |
| t3 | 97,60 \pm 27,72 ^a | 15,8 \pm 1,58 ^a | 174,60 \pm 31,57 ^a | 11,58 \pm 0,39 ^a | 259,35 \pm 28,37 ^a | 12,1 \pm 3,49 ^a |

a,b,c,d Superíndices diferentes dentro de columnas indican diferencia significativa ($p < 0,05$).
T0 = 100 unidades de N/ha; T1 = 300 L/ha; T2 = 500 L/ha; y T4 = 700 L/ha.

Tabla 3

Test de comparación de Duncan para el análisis agronómico del pasto maralfalfa a los 90 días

| Tratamiento | altura/planta (cm) | N° macollos/planta | N° hojas/planta | Diámetro/tallo (cm) | Biomasa verde (t/ha) | Materia seca (t/ha) |
|-------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| T0 | 239,85 ± 44,54 ^b | 11,4 ± 1,16 ^a | 10,8 ± 0,81 ^b | 1,50 ± 0,23 ^a | 23,89 ± 6,70 ^a | 5,86 ± 1,64 ^a |
| T1 | 224,65 ± 47,09 ^{bc} | 11,5 ± 1,16 ^a | 9,3 ± 2,81 ^c | 1,45 ± 0,21 ^a | 17,43 ± 6,75 ^c | 4,10 ± 1,35 ^b |
| T2 | 221,60 ± 26,60 ^c | 11,2 ± 1,91 ^b | 11,6 ± 1,99 ^a | 1,48 ± 0,14 ^a | 20,24 ± 6,56 ^b | 4,55 ± 1,47 ^b |
| T3 | 259,35 ± 28,37 ^a | 12,1 ± 3,49 ^a | 11,8 ± 0,89 ^a | 1,54 ± 0,18 ^a | 25,23 ± 5,00 ^a | 6,02 ± 1,19 ^a |

a,b,c,d Superíndices diferentes dentro de columnas indican diferencia significativa ($p < 0,05$).

T0 = 100 unidades de N/ha; T1 = 300 L/ha; T2 = 500 L/ha; y T4 = 700 L/ha.

La a/p y bmv son criterios tomados en cuenta para disminuir el tiempo de corte, el cual se reduce de 45 a 60 días, aumentando la producción por año, al ser mayor la frecuencia de corte (Ramos-Trejo et al., 2015). Número de hojas (h/p), diámetro de tallo (d/t), producción de biomasa verde (t/ha) y materia seca (t/ha) a 90 días

En la Tabla 3 se observan las variables a los 90 días, donde se aprecia ligeras diferencias estadística entre los tratamientos para los diferentes parámetros productivos evaluados, excepto en d/t donde todos son semejantes estadísticamente, el T3 presentó los mejores valores en número m/p, a/p y h/p seguido del T1, T0 y T2 respectivamente, parámetros relacionado con la producción de bmv (t/ha) y producción de ms (t/ha), valores estadísticos semejantes entre T3 y T0 pero diferente con T2 que es semejante a T1, que presentó menor producción de bmv pero tiene mejor producción de biomasa de ms (t/ha) al tener mayor contenido de ms en porcentaje.

El número de h/p disminuye con la edad y condiciones del cultivo lo que determina el tiempo de corte y producción de bmv del pasto maralfalfa (Calzada-Marin et al., 2014).

Existen relación de parámetros inverso como el número de h/p y d/t, reportado a mayor producción de hojas (17 h/p), menor d/t (1,1 a 1,4 cm) a la cosecha en 60 días y al utilizar fertilizantes sintéticos N-P-K se obtuvo (6 h/p) ambos parámetros relacionados con la edad de corte. Los resultados del trabajo fueron menores a los obtenidos con aquellos que utilizaron abonos orgánicos en climas tropicales 21 h/p y d/t de 1,59 a 1,84 cm, en épocas lluviosas 17 h/p y con quienes utilizaron productos bacterianos más abono orgánico 16 h/p (Clavero y Razz, 2009; Escudero y Hernández, 2010), también parámetros como a/p a los 90 días, que pueden llegar a 351 cm (Luna et al., 2015) y 339 cm a/p (Clavero y Razz, 2009). Un estudio realizado en clima frío y en un periodo más prolongado de corte (5 meses) reportaron datos de 1,7 a 1,8 cm d/t (Pilco y Pérez, 2017).

El d/t es semejante a los encontrados en siembras a diferentes distanciamientos con fertilización (1,42 y 1,52 cm) (Luna et al.,

2015), los resultados fueron menores en clima frío (Dall'Agnol et al., 2005).

En la Tabla 3 también se muestra la producción de bmv y ms (t/ha), están relacionado con los parámetros agroecológicos evaluados, a/p, m/p, h/p, d/t los cuales fueron menores a reportados en otros trabajos experimentales instalados en mejores condiciones climáticas, como los producidos en el sur de Colombia, en clima tropical la producción, fue de 213 t por corte (Vimos et al., 2020), así como 155 t/ha a los 75 días (alta precipitación), 70 t/ha sin fertilización pero en condiciones ambientales controladas (Condori et al., 2018), aplicando fertilización orgánica (biol) produjo entre 90 a 140 t/ha (70 a 90 días) (Luna et al., 2015).

En la bmv se encontraron valores semejantes a los obtenidos, en clima frío a los 90 días de 11 a 24 y 10 a 18 t/ha según el tipo de *Pennisetum sp* (Dall'Agnol et al., 2005), en clima frío del Ecuador (17 °C máxima) con producción de 3,8 a 12,8 t/ha a 90 días, fertilizando con 10-20 t/ha abono ovino (Márquez et al., 2007), en Managua se obtuvieron 10 t/ha (Chiquini-Medina et al., 2019), en climas áridos y calurosos (con escasez de agua) y fertilización con N (0, 30, 60 y 90 unidades), aplicando 5, 10 y 15 t/ha de estiércol de bovino se obtuvo 3,5 a 3,8 t/ha según, (Cerdas-Ramírez, 2015), en clima frío y fertilización orgánica o sintética en 140 días se obtuvo una producción de 6,94 y 5,11 t/ha, utilizando orines de animales se obtuvo (17 a 21 t/ha bmv) a 90 días (Hasan et al., 2019). Es así como se ha establecido que la producción de masa forrajera diaria es de 113 kg/ha/día (Uvidia et al., 2015).

La producción de materia seca por hectárea (t/ha) en función a la bmv, se considera una relación entre la edad de la planta, bmv y porcentaje de ms de los tratamientos, a mayor edad aumenta el contenido de ms.

Los valores obtenidos de ms (t/ha) en el trabajo de investigación son menores a los reportados en cultivos en ambiente colombiano tropicales, con precipitaciones moderadas, para lo cual se reportan de 12 t/ha de ms (Cerdas-Ramírez, 2015), en época de lluvia se reporta 29 t/ha ms (Clavero y Razz, 2009), diferenciando la producción cuando hay presencia de lluvias a 44 t/ha (Ramos-Trejo et al., 2015).

Se obtuvieron resultados semejantes y superiores a los obtenidos fertilizando con NPK, sin fertilizar y épocas de lluvia van de 0,5 a 1,6 t/ha (Goyes-Vera et al., 2018) fertilizado orinas de animales de 3,4 a 4,2 t/ha en 90 días (Hasan et al., 2019), utilizando un biol con lactobacilos más bovinasa se obtuvieron de 3,5 a 5,7 t/ha (Escudero y Hernández, 2010) y obtenidos en clima frío (21,7 °C máxima) producciones de 1,8 a 2,3 t/ha de ms a los 145 días (Goyes-Vera et al., 2018). Los diferentes parámetros agronómicos del pasto maralfalfa, como altura, número de macollos, diámetro de caña y producción, están ligados a factores relacionados principalmente con el medio, como son el suelo, temperatura ambiental y precipitaciones, los cuales se expresan por variables agronómica como los refieren los autores citados dándole mayor importancia frente a la fertilización (Luna et al., 2015, Méndez-Martínez, 2020), incluso modificando la variables fertilización orgánica o química, no muestran significancia en la producción (Condori et al., 2018).

Valor Nutricional del pasto

En la Tabla 4 se puede apreciar la caracterización química del pasto maralfalfa, donde se observa que el contenido de proteína y ELN es mayor para T2, el cual presenta menor cantidad de ms, (con menor bmv) y es inverso al contenido de fibra cruda y cenizas. El Tratamiento T0 y T1 presentaron mayor contenido de fibra cruda (%), ceniza (%) y materia seca (%), los contenidos de componentes químicos del análisis son semejantes a los reportados por diferentes autores en el análisis del pasto *Pennisetum* spp. en el mismo lapso de corte.

Con respecto al contenido químico (nutricional) del pasto maralfalfa, se encontró mayor cantidad de ms (%), FC y cenizas en aquellos tratamientos con menor producción de biomasa y mayor cantidad de ms (t/ha), los datos obtenidos en el trabajo son menores a 16% de proteína y otros nutrientes entre 45 a 60 días de edad reportados por Hasan et al. (2019) y Pilco y Pérez (2017), lo que indica que la proteína disminuye con la edad, el grado de maduración y lignificación (Goyes-Vera et al., 2018), se considera el inicio de la maduración (floración) a los 60

días, posteriormente a esta edad disminuye la cantidad de nutrientes ya que estos se almacenan en las semillas (Vimos et al., 2020).

Del análisis del suelo

El suelo presentó textura arenosa, no salino, pH alcalino, muy bajo de materia orgánica, nitrógeno (bajo), fósforo (medio), potasio (medio) y capacidad de intercambio catiónico muy bajo, características del suelo pobre (Figura 1), por lo que la producción del cultivo estaría influenciada por la fertilización. Un suelo arenoso y de capacidad de intercambio catiónico (muy bajo) es permeable y de poca capacidad para utilizar los nutrientes; además el pH y la materia orgánica encontrada determina poca viabilidad biótica en el suelo. Los valores encontrados al inicio del proyecto son de un suelo arenoso y pobre para cultivar pastos de corte, muy exigentes en cuanto a fertilización, se desarrolla mejor en suelos con materia orgánica y es exigente en nitrógeno (Cerdas-Ramírez, 2015), pero tienen capacidad de adaptarse a suelos pobres y condiciones de frío (Dall'Agnol et al., 2005). Se observó que, en los análisis del suelo de cada tratamiento a los 90 días, fueron semejantes al análisis inicial, con diferencias positivas, en su composición mineral de P, K, Mg, carbón orgánico y sus características fisicoquímicas, las cuales deberían ir cambiando paulatinamente con el uso continuo de abono orgánico (Vimos et al., 2020). Se observó en todos los tratamientos, la disminución del CaCO₃ relacionado inversamente con la disponibilidad de nutrientes en la fertilización, en los tratamientos T0 y T2 se observó menor presencia de micronutrientes. El contenido bajo de minerales en el suelo limita la nutrición apropiada de la planta, la fertilización química empobrece más al suelo y lo hace dependiente de este, mientras que los fertilizantes orgánicos mejoran paulatinamente las características bióticas del suelo (Vimos et al., 2020). Entonces se puede deducir que la producción del pasto en un suelo pobre está influenciada por el fertilizante utilizado, siendo los abonos orgánicos una alternativa de fertilización que mejoran la producción de los cultivos y las características del suelo a largo plazo (Márquez et al., 2007; Porras y González, 2016).

Tabla 4

Composición proximal del pasto maralfalfa al corte

| Tratamiento | Materia seca (%) | Proteína (%) | EE (%) | Fibra cruda (%) | Ceniza (%) | ELN ¹ (%) |
|-------------|------------------|--------------|--------|-----------------|------------|----------------------|
| T0 | 27,670 | 11,605 | 1,330 | 38,374 | 7,119 | 41,57 |
| T1 | 28,666 | 11,109 | 1,721 | 35,585 | 7,923 | 43,66 |
| T2 | 26,571 | 12,977 | 2,065 | 34,559 | 6,978 | 43,42 |
| T3 | 26,698 | 11,527 | 2,347 | 33,121 | 6,058 | 46,95 |

¹ Extracto libre de nitrógeno.

T1 = Cabeza de langostino con melaza y yogurt; T3 = Residuo de pescado con melaza y yogurt.

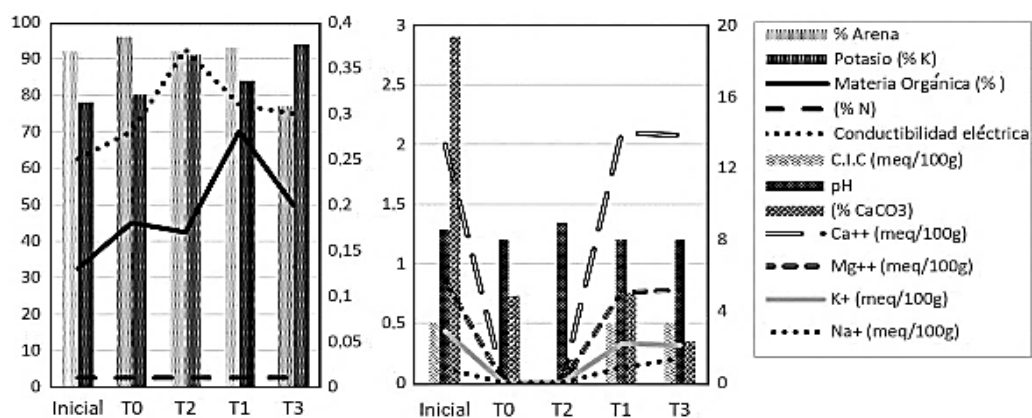


Figura 1. Composición química del Suelo al inicio y por tratamiento al término del experimento, utilizando lixiviado del ensilado biológico de cabeza de langostino, presentando los minerales en mg/l.

Análisis de la temperatura y precipitación
 Durante el experimento se registró la temperatura máxima y mínima que corresponde a un clima cálido (25 °C a 30 °C) y 5 mm de precipitación el mes de febrero, perteneciente al bosque seco de Tumbes, no hubo precipitación durante el año. datos hidrometeorológicos del SENAMHI. Las condiciones climáticas influyen en el desarrollo de las plantas (Clavero y Razz, 2009), la radiación influye en el desarrollo de la planta, se complementa con el tipo de suelo, riego, precipitación, variables manipulables mediante el control ambiental, según Condori et al. (2018), algunas especies se adaptan mejor que otras, incluso frente a fertilizaciones apropiadas (Pilco y Pérez, 2017).

3.4 Evaluación de los animales

Incrementos de peso semanal y total (IP)
 Según la Prueba de Duncan, el T3 es diferente estadísticamente con todos los tratamientos, T2 diferente a T1 y este último semejante a T0 (Tabla 5), valores que están entre 1,63 a 2,59 kg/semana y 9,79 a 15,54 kg total, equivalente a incrementos diarios de 0,232 a 0,370 kg/día semejantes encontrados en cerdos comerciales alimentados con ensilados de patatas (Sintagma et al., 2013), al incremento de peso de cerdos criollos (232 a 370 g/día) según Paredes et al. (2017), también T2 y T3 son semejante a incremento de peso de cerdos criollos reportados en Hurtado et al. (2003) con un incremento de 333 g/día. Los valores obtenidos fueron mayores que los

presentados en cerdos criollos de la india 195 a 197 g/día (Rahman et al., 2020); pero fueron menores al incremento de peso de cerdos Landrace mejorados en Guadalupe con 917 g/día (Linares et al., 2011) y criollos con peso de 673 g/día, cerdos criollos cubanos con ganancia diaria de 411 g/día y cerdos criollos de Mórrope Perú con incrementos de 582 g/día, todo reportados por Paredes et al. (2017), también a cerdos mejorados con ganancia de 482/día (Oliva et al., 2018).

Consumo de alimento semanal

El consumo promedio semanal del alimento de cada cerdo en crecimiento fue estadísticamente diferente entre tratamientos, el cual fue mayor para el T2, seguido de T0, T3 y T1 valores entre (7,35 a 5,09 kg); considerando que el consumo está influenciado experimentalmente por la materia prima, tipo de alimento y la disponibilidad del mismo, los animales consumieron dentro del rango de 5 a 8 kg por día, reportado por Contino-Esquiverosa et al. (2017).

Índice de conversión alimenticia (ICA), este parámetro productivo de eficiencia compara la transformación del alimento en peso. Se muestra que el tratamiento T3 convierte mejor seguido del T2, T1 y por último T0 siendo estadísticamente diferentes, según la prueba de Duncan presentaron semejanzas los de menor consumo que corresponden a los tratamientos T3 con T2, (2,61 y 2,89), pero diferentes al resto; T2 semejante a T1 y este sólo a T0 mostrado en la Tabla 3.

Tabla 5
 Comparación de Duncan para incrementos de pesos de cerdos de traspatio (kg) alimentados con EB

| TTOs | Promedio Incremento de peso semanal (kg) | Promedio Incremento de peso total (kg) | Promedio Consumo alimento semanal kg/día | ICA | ME % |
|------|--|--|--|---------------------------|-------------------|
| T0 | 1,78 ^c ± 0,24 | 10,66 ^c ± 3,19 | 6,13 ^b ± 0,25 | 3,51 ^a ± 0,45 | 0,72 ^d |
| T1 | 1,63 ^{cd} ± 0,32 | 09,79 ^{cd} ± 2,93 | 5,09 ^d ± 0,32 | 3,24 ^{ab} ± 0,63 | 0,97 ^c |
| T2 | 2,59 ^a ± 0,36 | 15,54 ^a ± 4,59 | 7,35 ^a ± 0,27 | 2,89 ^{bc} ± 0,41 | 1,34 ^b |
| T3 | 2,27 ^b ± 0,23 | 13,61 ^b ± 4,00 | 5,85 ^c ± 0,33 | 2,61 ^c ± 0,25 | 1,74 ^a |

a, b, c, d Superíndices diferentes dentro de columna indican diferencia significativa (p < 0,05).
 T0= 0% de EB; T1= 5%EB; T2= 10% de EB; T3= 15% de EB, (TTOs= Tratamientos; Prom= Promedio).

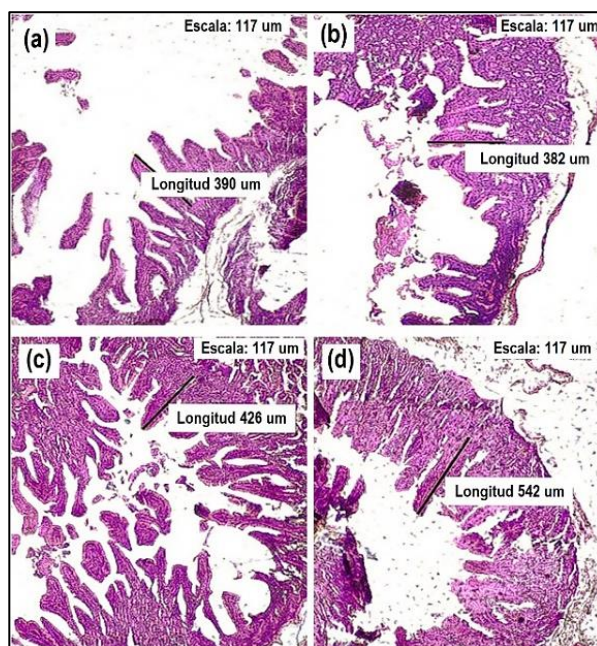


Figura 2. Muestras de corte histológico a). T0, b) T1, c) T2 y d) T3.

Los tratamientos a los cuales se adicionó el EB mostraron mejores ICA comparado con los reportados en cerdos cruzados y criollos en crecimiento, con valores de 3,45 (Paredes *et al.*, 2017), cerdos criollos en Guadalupe ICA de 3,3, cerdos criollos en pampa ICA de 3,54, cerdos criollos en Mórrope Perú ICA 3,7 (Linares *et al.*, 2011), en cerdos mejorados alimentados con palmiche con ICA de 3,6 (Oliva *et al.*, 2018), en cerdos mejorados alimentados con dietas alternativas con ICA de 3,5 a 3,7 (Contino-Esquijerosa *et al.*, 2017), En cerdos criollos el ICA son muy altos (Rahman *et al.*, 2020), y son semejantes a cerdos criollo en Guadalupe, ICA 2,39, también a los reportados en cerdos criollos alimentados con balanceado (Paredes *et al.*, 2017), pero son menores a los cerdos criados en forma intensiva en diferentes sistemas de alimentación (Oliva *et al.*, 2018).

Al utilizar BAL evaluadas como benéficas orientan el uso de células nativas en la misma especie los cuales favorecen la viabilidad de su uso dirigido como potencial probiótico (Cossio *et al.*, 2018; Quintero, 2018).

Mérito económico (ME)

En la [Tabla 1](#) nos indica que, a los tres tratamientos con inclusión de EB, tuvieron mejor ME que el tratamiento testigo, considerando el precio de venta \$ 3,3 el kg de PV, y el costo de alimento según la dieta formulada T0, T1, T2 y T3 (0,6 – 0,5 – 0,4 y 0,3 \$/kg) respectivamente. Valor diferenciado según la cantidad de EB utilizado y en función al

consumo de alimento que contiene EB, lo que genera rentabilidad entre 97% a 174% resultados mayores a los obtenidos en cerdo criollos alimentados intensivamente con cebada y ME bajo (Rahman *et al.*, 2008) y a otros cerdos en diferentes sistemas de alimentación (Losada-Espinosa *et al.*, 2014).

La inclusión de ensilado en la dieta reduce el tiempo requerido para que los cerdos alcancen el peso comercial, lo cual representa una ventaja en el costo de producción animal (García-Hernández *et al.*, 2015).

El EB es un método de conservación controlado que mantiene y mejora los niveles nutritivos de la materia prima y la hace aprovechable, al parecer disminuyen el tamaño de las proteínas hasta péptidos, produce ácidos orgánicos con acción antimicrobiana, evita la putrefacción del alimento, haciéndolo funcional (Xiang *et al.*, 2019; Lezcano *et al.*, 2015) y proporciona características palatables (Caicedo y Flores, 2020).

Los parámetros productivos evaluados principalmente el incremento de peso, demuestra efecto significativo de la inclusión de EB en alimento, también el ICA es eficiente, disminuye el consumo, lo que se traduce en el ME%, presentando mejores resultados los tratamientos T3 y T2. La tendencia está dirigida a potenciar el material genético de los animales de traspatio con alimentación adecuada para mejorar su producción. El EB incluido en las dietas demuestra mejor rentabilidad en función al ME comparado con el engorde de cerdos de traspatio criados en

México que la rentabilidad fue desde 2% hasta 64% (Losada-Espinosa et al., 2014).

De las vellosidades intestinales

En la Figura 2 se observa que el tamaño de la vellosidad intestinal del tratamiento T3 y T2 fueron las de mayor longitud, teniendo una respuesta lineal sobre T0 de 9,2% y 38,9% respectivamente, tamaños que mejoran la morfometría con la inclusión de alimentos funcionales en caso de pollo y cuy según (Roa et al., 2018), los cerdos de traspatio tienen mayor resistencia a enfermedades intestinales, basados en la salud de su flora intestinal. En busca de alimentos funcionales, se incorporan bacterias o productos bacterianos a la alimentación (Quintero, 2018), que interfieran favorablemente haciéndola más eficiente, conocido como alimento eubiótico, probablemente por acción, de bacterias benéficas, ácidos orgánicos y enzimas a nivel intestinal (Rawi et al., 2020; Xiang et al., 2019), como los que aporta con el EB, influyendo en la fisiología del animal. El tamaño de las vellosidades intestinales determina la eficiencia de esta interacción, la cual se demuestra ya que mejorar la absorción de nutrientes (Rawi et al., 2020), en el yeyuno también se instalan las bacterias benéficas que estimulan el crecimiento de las vellosidades intestinales, disminuyendo la carga bacteriana patógena, lo que es un indicador de la salud del animal (Roa et al., 2018). Esto se traduce en la alimentación en el aprovechamiento eficiente del alimento, reduciendo el consumo sin afectar su crecimiento y producción.

4. Conclusiones

El ensilado biológico EB se estabiliza a partir a los 15 de preparado, cuando los niveles de pH son menores 4,5. Es un método de conservación estable, viable y nutritivo ya que mejora el nivel nutritivo de la materia prima y puede ser utilizado como alimento proteico en cerdos de traspatio a la vez concentra en el lixiviado, productos del hidrolisis que tienen características de un biofertilizante. La inclusión de las dosis del EB, fermentado con BAL del cerdo, en las dietas, tuvo efecto positivo expresado en la mejora de los parámetros productivos del cerdo de traspatio, el efecto depende de dosis incorporada, mejora favorablemente la conversión alimenticia, mérito económico y el incremento de tamaño de las vellosidades intestinales.

El lixiviado del EB, afecta la producción del pasto maralfalfa, contiene una adecuada composición de macro, micronutrientes y materia orgánica en los sólidos totales presentes, en la mayor dosis del experimento

mejora las variables productivas semejante a la dosis con fertilizante sintético en las mismas condiciones de producción. Se debería estudiar los metabolitos funcionales, enzimas, hormonas y péptidos activos, que tiene el EB y su lixiviado para ser aplicado en la nutrición animal y producción orgánica del pasto.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Tumbes por el apoyo a la investigación y financiamiento.

ORCID

P. Peña  <https://orcid.org/0000-0001-8787-3741>
 J. Querevalú  <https://orcid.org/0000-0001-5411-3586>
 G. Ochoa  <https://orcid.org/0000-0003-4698-0078>
 H. Sanchez  <https://orcid.org/0000-0003-2395-5056>

Referencias bibliográficas

- Arenas, N.E.; Melo, V.M.J.I. 2018. Producción pecuaria y emergencia de antibiótico resistencia en Colombia. *Revisión sistemática* 22(2): 110-119.
- Barón, L.V.C. 2016. Probióticos y prebióticos como alimentos funcionales en nutrición animal. *Zoociencia* 3(2): 15-21.
- Caicedo, W.; Flores, A. 2020. Nutritious characteristics of a liquid silage from baby banana (*Musa acuminata* AA) with taro tubers (*Colocasia esculenta* (L) Schott) and its effect on post-weaning pigs. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Peru* 31(1):1-14.
- Calzada-Marín, J.M.; Enriquez-Quiroz, J.F.; Hernández-Garay, A.; et al. 2014. Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en clima cálido subhúmedo. *Revista mexicana de ciencias pecuarias* 5(2): 247-260.
- Cerdas-Ramírez, R. 2015. Comportamiento productivo del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) con varias dosis de fertilización nitrogenada. *InterSedes* 16(33): 124-145.
- Chengjun, H.; Weigang, X.; Xiaohua, L.; et al. 2019. Effects of dietary supplementation of probiotic *Enterococcus faecium* on growth performance and gut microbiota in weaned piglets. *AMB Express* 9(1): 1-12.
- Chiang, M.L.; Chen, H.C.; Chen, K.N.; et al. 2015. Optimizing Production of Two Potential Probiotic Lactobacilli Strains Isolated from Piglet Feces as Feed Additives for Weaned Piglets. *Asian-Australas J Anim Sci* 28(8): 1163-70.
- Chiquini-Medina, R.A.; la Cruz-Chi, D.; Emma, N.; et al. 2019. Desarrollo fenológico y producción de biomasa del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) cultivado en el sureste mexicano. *AGRO-Productividad* 12(12): 87-92.
- Clavero, T.; Razz, R. 2009. Valor nutritivo del pasto maralfalfa (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) en condiciones de defoliación. *Revista Facultad Agronomía LUZ* 26: 78-87.
- Condori, S.; Ruiz, P.; Ticona, O.; et al. 2018. Evaluación del desarrollo vegetativo de maralfalfa (*Pennisetum* sp.) bajo la aplicación de biol bovino en la Estación Experimental Choquenaira. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales* 5(2): 50-67.
- Contino-Esquiverosa, Y.; Herrera-González, R.; Ojeda-García, F.; et al. 2017. Evaluación del comportamiento productivo en cerdos en crecimiento alimentados con una dieta no convencional. *Pastos y forrajes* 40(2): 152-157.
- Cossio, D.S.; Hernández, Y.G.; Mendoza, J.D. 2018. Development of probiotics for animal production. Experiences in Cuba. *Cuban Journal of Agricultural Science* 52(4): 357-373.

- Dall'Agnol, M.; Scheffer-Basso, S.M.; Nascimento, J.A.; et al. 2005. Produção de forragem de capim-elefante sob clima frio: 2. produção e seletividade animal. *Revista Brasileira de Zootecnia* 34(2): 425-432.
- Escribano-Ávila, G.J.R.E. 2016. El bosque seco neotropical de la provincia ecuatoriana: un pequeño gran desconocido. *Revista Ecosistemas* 25(2): 1-4.
- Escudero, M.F.; Hernández, J.M. 2010. Efecto del biofertilizante agroplux sobre la producción de biomasa y la calidad de un cultivo de pasto de corte maralfalfa (*Pennisetum* Sp.) en el municipio de Montenegro-Quindío. Tesis de Titulación. Universidad La Salle, Bogotá. Colombia. 132 pp.
- Fernández, A.; Fernández, A.; Salomone, A.; et al. 2017. Use of commercial inoculant for the production of fish silage. *Revista Electrónica de Veterinaria* 18(9): 1-12.
- García-Hernández, Y.; Sosa, D.; Boucourt, R.; et al. 2015. Caracterización química de un alimento ensilado para cerdos. *Nota técnica* 49(1): 91-92.
- García, W.E.C.; Suárez, H.A.S.; Mogollón, G.M.O. 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.
- Gonzales, J. 2017. Parasitología, histología, histopatología en animales acuáticos. *Bol Inst Mar Perú* pp. 132.
- Goyes-Vera, F.R.; Martínez-González, J.C.; Saquicela-Rojas, R.A.; et al. 2018. Fertilización y Producción de pastos del género *Pennisetum* en Santo Domingo, Ecuador. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 21: 213-223.
- Gámez, H.J.; Aguirre, D.; Ramírez, C.J.R.M.C. 2009. Caracterización de bacterias probióticas aisladas del intestino grueso de cerdos como alternativa al uso de antibióticos. *Revista MVZ Córdoba* 14(2): 1723-1735.
- Hasan, S.; Nomp, S.; Mujnisa, A.; et al. 2019. Utilization of urine and weed of *Chromolaena odorata* as a basic materials for liquid fertilizer. In *IOP Conference Series* 012021. Earth and Environmental Science 247(1): 1-4.
- Hinojosa, L.; Yépez, N.; Rodal, C.; et al. 2014. Producción y características agronómicas de cuatro variedades de pasto de corte del género *Pennisetum*, en Trinidad, Bolivia. *Revista Científica Agrociencias Amazonía* 20(3): 28-35.
- Hurtado, E.; González, C.; Vecchionacce, H. 2003. Comportamiento productivo del cerdo criollo en sabanas de Venezuela. *Memorias VII Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos Mérida*, 52-53.
- Jara-Guerrero, A.K.; Maldonado-Riofrío, D.; Espinosa, C.I.; et al. 2019. Beyond the blame game: A restoration pathway reconciles ecologists' and local leaders' divergent models of seasonally dry tropical forest degradation. *Ecology and Society* 24(4):1-22.
- Lezcano, P.; Vazquez, A.; Bolaños, A.; et al. 2015. Ensilado de alimentos alternativos, de origen cubano, una alternativa técnica, económica y ambiental para la producción de carne de cerdo. *Cuban Journal of Agricultural Science* 49(1): 65-69.
- Linares, V.; Linares, L.; Mendoza, G. 2011. Caracterización etnozootécnica y potencial carnícano de *Sus scrofa* "cerdo criollo" en Latinoamérica. *Scientia Agropecuaria* 2(2): 97-110.
- Linares-Gabriel, A.; López-Collado, C.J.; Tinoco-Alfaro, C.A.; et al. 2017. Application of biol, inorganic fertilizer and superabsorbent polymers in the growth of heliconia (*Heliconia psittacorum* cv. *Tropica*). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 23(1): 35-48.
- Liu, Y.; Yang, H.; Lu, W. 2020. Vocs released from municipal solid waste at the initial decomposition stage: Emission characteristics and an odor impact assessment. *Journal of Environmental Sciences (China)* 98: 143-150.
- Losada-Espinosa, N.; Mercadillo-Sierra, A.; Martínez-Gamba, R.G. 2014. Production cost and impact of various inputs on profitability in small-scale pig farms in the metropolitan area of Mexico City. *Livestock Research for Rural Development* 26(11): 205-206.
- Luna, R.; Chacón, E.; De La Ramírez, J.; et al. 2015. Yield and quality of two species of *Pennisetum* in Ecuador. *Revista Electronica de Veterinaria* 16(8): 1-10.
- Márquez, F.; Sánchez, J.; Urbano, D.; et al. 2007. Evaluation of the cutting frequency and fertilization types on three elephant grass genotypes (*Pennisetum purpureum*). 1. Yield and protein content. *Zootecnia Tropical* 25(4): 253-259.
- Martínez, G.; Román, S.I.; Vélez, A.; et al. 2016. Morfometría del cerdo de traspatio en áreas rurales de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 7(4): 431-440.
- Méndez-Martínez, Y.; Reyes-Pérez, J.; Luna-Murillo, R.; et al. 2020. Efecto de la edad del brote y el clima en la composición química de *Cenchrus purpureus* en ecosistemas degradados de Cuba. *Scientia Agropecuaria* 11(3): 301-308.
- Nørgaard, J.V.; Petersen, J.K.; Tørring, D.B.; et al. 2015. Chemical composition and standardized ileal digestibility of protein and amino acids from blue mussel, starfish, and fish silage in pigs. *Animal Feed Science and Technology* 205: 90-97.
- Oliva, D.; Martínez, M.; Jiménez, L.; et al. 2018. Rasgos de comportamiento de cerdos en crecimiento, alimentados con dietas de harina de palmiche. *Cuban Journal of Agricultural Science* 52(2): 173-180.
- Olsen, S.R.; Sommers, L.E. 1982. Phosphorus. In: Page, A.L., Ed., *Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, 403-430 pp.
- Osman, K.T. 2018. *Management of soil problems*. Cham, Springer pp. 255-298.
- Paredes Arana, M.; Vallejos Fernández, L.; Mantilla Guerra, J. 2017. Efecto del tipo de alimentación sobre el comportamiento productivo, características de la canal y calidad de carne del cerdo criollo negro cajamarquino. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 28(4): 894-903.
- Pilco Tinini, S.R.; Pérez Limache, C.J.A. 2017. Análisis de crecimiento del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en ambiente atemperado en el Altiplano Central de Bolivia. *Aphthapi* 3(3): 620.
- Porras, Á.C.; González, A.R.J.A. 2016. Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Academia y virtualidad* 9(2): 90-107.
- Quintero, M J.V. 2018. Bacterias del Ácido Láctico un Potencial para la Producción de Alimentos Probióticos Fermentados en la Industria Láctea de Panamá. *KnE Engineering* 3(1): 38-47.
- Rahman, M.; Phookan, A.; Zaman, G. 2020. Performance of Doom pigs under different production systems in subtropical ecosystem of north east India. *Indian Journal of Animal Sciences* 90 (2): 292-295.
- Ramos-Trejo, O.S.; Victoria-Graniel, C.A.; Sandoval-Gío, J.J. 2015. Temporada, fertilización y rendimiento de variedades de *Pennisetum purpureum*. *Agrociencia* 49(8): 837-844.
- Rawi, M.H.; Zaman, S.A.; Pa'ee, K.F.; et al. 2020. Prebiotics metabolism by gut-isolated probiotics. *Journal of Food Science and Technology* 57(8): 2786-2799.
- Roa, M.L.; Guzmán, Y.E.; Navarro, C.A. 2018. Efecto del uso de probióticos en la morfometría intestinal de pollos de engorde. *Archivos de Zootecnia* 67(260): 486-492.
- Rostagno, H.; Teixeira, L.; Lopes, J.; et al. 2017. *Tablas brasileñas para aves y cerdos. Composición de Alimentos y Requerimientos nutricionales*. 4th ed., Brasil: Departamento de Zootecnia, Universidad Federal de Viçosa. pp. 488.
- Sahrawat, K.L. 1983. Nitrogen Availability Indexes for Submerged Rice Soils. *Advances in Agronomy* 36: 415-451.
- Sintagma, W.C.; Rodríguez, R.; Lezcano, P.; et al. 2013. Efecto de inocuidad del ensilado biológico de

- tubérculos de papa China (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) para la alimentación de cerdos. Revista Amazónica Ciencia y Tecnología 2(3): 162-171.
- Terrones, S.; Reyes, W.J.S.A. 2018. Efecto de dietas con ensilado biológico de residuos de molusco en el crecimiento del camarón *Cryphiops caementarius* y tilapia *Oreochromis niloticus* en co-cultivo intensivo. Scientia Agropecuaria 9(2): 167-176.
- Uvidia, H.; Ramírez, J.; Vargas, J.; *et al.* 2015. Rendimiento y calidad del *Pennisetum purpureum* vc Maralfalfa en la Amazonía ecuatoriana. Revista Electrónica de Veterinaria 16(6): 1-11.
- Vimos, C.F.; Toalombo, P.A.; Diaz, H.; *et al.* 2020. Productive yield of *Pennisetum* sp. With several levels of humic substances plus a rooting base. Archivos de Zootecnia 69(266): 226-232.
- Walkley, A.; Black, A.I. 1934. An examination of the method for determination soil organic matter, and a proposed codification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-38.
- Xiang, H.; Sun-Waterhouse, D.; Waterhouse, G.I.N.; *et al.* 2019. Fermentation-enabled wellness foods: A fresh perspective. Food Science and Human Wellness 8(3): 203-243.