

REPÚBLICA DEL ECUADOR
UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN LA UNIDAD DE
TITULACIÓN ESPECIAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO.**

TEMA:

**“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y ORGANOLÉPTICA DEL ENSILADO DE
RAQUIS DE BANANO PARA USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL”**

AUTORES:

FRANCISCO GABRIEL RUBIO GALLARDO
MANUEL REINALDO YANZA YANZA

DIRECTOR:

DR. WILLAN ORLANDO CAICEDO QUINCHE, PHD

PUYO – PASTAZA – ECUADOR

2019-2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Yanza Yanza Manuel Reinaldo, con cédula de identidad 1450053945, y Francisco Gabriel Rubio Gallardo, con cédula de identidad 1400696595, declaramos que las actividades realizadas para la ejecución y culminación del presente proyecto de investigación y desarrollo, que tiene como tema **“CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA Y ORGANOLÉPTICA DEL ENSILADO DE RAQUIS DE BANANO PARA USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL”**, se basaron en la búsqueda de información, ideas, análisis, conclusiones y recomendaciones, que me guiaron para estructurar nuestro trabajo y sea considerado para posibles investigaciones futuras, basándose en los resultados obtenidos; además queda bajo nuestra responsabilidad en forma legal y académicamente como autores del presente trabajo previo a la obtención del título como Ingeniero Agropecuario.

Autores

Yanza Yanza Manuel Reinaldo
CI. 1450053945

Francisco Gabriel Rubio Gallardo
CI. 1400696595

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Por medio del presente, Yo Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD con C.I: 1600446114 alego que los jóvenes: Yanza Yanza Manuel Reinaldo y Rubio Gallardo Francisco Gabriel, egresados de la carrera Ingeniería Agropecuaria por la Universidad Estatal Amazónica, realizaron el Proyecto de Investigación y Desarrollo titulado: **“CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA Y ORGANOLÉPTICA DEL ENSILADO DE RAQUIS DE BANANO PARA USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario bajo mi supervisión.

Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD
DIRECTOR DEL PROYECTO

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El Proyecto de Investigación y Desarrollo, titulado: **“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y ORGANOLÉPTICA DEL ENSILADO DE RAQUIS DE BANANO PARA USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL”**, fue aprobado por los siguientes miembros del tribunal.

Dr. MVz. David Sancho, PhD
Presidente del Tribunal

MSc. Juan Carlos Moyano
Miembro del Tribunal

Dra. Verónica Andrade
Miembro del Tribunal

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por darme la vida y hacer posible este sueño de alcanzar un logro más en mi vida, de la misma forma a la Universidad Estatal Amazónica, que me abrieron sus puertas para formarme profesionalmente.

Gracias a mi Padre Guido Rubio, a mis hermanos y toda mi familia, los cuales me apoyaron incondicionalmente durante el transcurso de mi vida y por ser el pilar fundamental para cumplir una de mis metas, por confiar y creer en mis proyectos, por todos los consejos que me brindaron.

A mis amigos, Reinaldo, Roberto, Talía, Leidy, Nahomi y futuros colegas que siempre estuvieron conmigo dándome su apoyo incondicional, su amistad sincera y desinteresada, gracias infinitas.

Al Dr C. Willan Orlando Caicedo, por brindarme su amistad, consejos y sobre todo los conocimientos durante la realización del proyecto de investigación de una manera desinteresada.

¡Muchas Gracias!

RUBIO GALLARDO FRANCISCO GABRIEL.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por darme la oportunidad de disfrutar la vida, de caer y levantarme, de reír y llorar, de estar con las personas que amo y de concluir esta etapa de mi vida.

A la Universidad Estatal Amazónica, por brindarme un universo lleno de conocimientos y por permitirme realizar el presente proyecto de investigación dentro de sus instalaciones.

A la Facultad de Ciencias de la Tierra, en honor a todos los docentes por las enseñanzas impartidas a lo largo de la carrera.

Gracias a mi padre Manuel y a mi madre María, que me dieron su apoyo incondicional en todo momento y con su ejemplo me dieron valores de responsabilidad y perseverancia.

Al Dr. Willian Caicedo, por brindarme su amistad, sus consejos y sobre todo los conocimientos durante la realización de nuestro proyecto de investigación

“GRACIAS A TODOS”

YANZA YANZA MANUEL REINALDO

DEDICATORIA

En primer lugar, este logro, lo dedico a Dios por darme sabiduría e inteligencia, salud y sobre todo por la fortaleza que me permitió llegar hasta el final.

A mi padre por brindarme su confianza, sus consejos e inculcarme valores para que sea una persona de bien, un hombre hecho y derecho.

A mis hermanos, que son de las personas más importantes en mi vida, mi motivación y fortaleza quienes me inspiran a seguir enfrentando las adversidades de la vida.

A mi tutor por ser un gran amigo, profesor, maestro y guía, quien dedicó su tiempo en mi proyecto y por depositar su confianza en mí.

RUBIO GALLARDO FRANCISCO GABRIEL

DEDICATORIA

Este presente proyecto de investigación se la dedico a Dios, por ser guía y luz en mi camino, por darme la fuerza y valentía para culminar este proceso muy importante en mi vida.

A mi esposa Talía por su apoyo incondicional en todo momento.

A mi amado hijo Sebastián por ser mi frente de motivación e inspiración para superarme.

A mis padres quienes con sus palabras de aliento me animaron a seguir adelante para cumplir mis ideales.

A mis hermanas por alentarme a culminar este proceso, por sus consejos y su amor.

YANZA YANZA MANUEL REINALDO.

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	2
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
OBJETIVOS:	3
GENERAL	3
ESPECÍFICOS.....	3
CAPÍTULO II.....	4
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
ANTECEDENTES	4
Fermentación en estado solido.....	4
Aspectos bioquímicos e ingenieriles de la FES	4
Temperatura	4
Humedad.....	4
pH.....	5
Efecto del pH en la conservación del ensilado.	5
Inoculantes	5
Ventajas y desventajas de FES	5
Ventajas.....	5
Desventajas.....	6
CAPÍTULO III	7
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	7
LOCALIZACIÓN.....	7
TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	7
MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	7
MATERIALES Y EQUIPOS	10
CAPÍTULO IV	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
CAPÍTULO V.....	20
CONCLUSIONES	20
RECOMENDACIONES.....	20
CAPÍTULO VI.	21
BIBLIOGRAFÍA.....	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comportamiento del pH en el ensilado de raquis de banano.....	11
Figura 2. Efecto del tiempo de fermentación sobre las características organolépticas (olor, color, consistencia) en el ensilado de raquis de banano.....	12
Figura 3. Comportamiento de la MS del ensilado de raquis de banano.	13
Figura 4. Comportamiento de las cenizas en el ensilado de raquis de banano.	14
Figura 5. Comportamiento de la PB del ensilado de raquis de banano.....	15
Figura 6. Comportamiento de la FB del ensilado de raquis de banano.....	16
Figura 7. Comportamiento de la GB del ensilado de raquis de banano.	17
Figura 8. Comportamiento de ELN del ensilado de raquis de banano.....	18
Figura 9. Comportamiento de la EB del ensilado de raquis de banano.....	19

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos generales del cantón Pastaza	7
Tabla 2. Composición química de raquis de banano.....	8
Tabla 3. Descriptores para la evaluación organoléptica de ensilajes de subproductos agrícolas..	9
Tabla 4. Materiales y equipos para campo.	10
Tabla 5. Materiales y equipo para laboratorio.	10

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar la composición fisicoquímica y organoléptica del ensilado de raquis de banano para uso en alimentación animal. Para la elaboración de ensilado se utilizó raquis de banano (66 %), polvillo de arroz (20 %), suero de leche (10 %), melaza (2 %), urea (1 %), sales minerales (0.5 %) y carbonato de calcio (0.5 %). Se elaboraron un total de 24 muestras de 500 g de ensilado, cuatro por día de conservación (0, 1, 4, 8, 15, 30). Para el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente aleatorizado, y para el procesamiento de los datos se emplearon las técnicas de ANOVA, y para la comparación de medias se utilizó la dística de Duncan con ($P < 0.05$), todos los análisis se ejecutaron utilizando el programa SPSS. Las variables bajo estudio fueron: pH, características organolépticas (olor, color, consistencia), materia seca (MS), cenizas, proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), grasa bruta (GB), extractos libres de nitrógeno (ELN) y energía bruta (EB). Los menores ($P < 0.05$) valores de pH se evidenciaron en los días 1 (5.39) y 4 (5.75). El ensilado presentó un olor (ácido suave entre los días 0 y 1, y ácido fuerte del día 4 hasta el 30), color (marrón claro entre los días 0 y 1, y marrón oscuro en los días 4, 8, 15 y 30) y consistencia (sólida en los días 0 y 1, y semi-sólida del día 4 hasta el 30). La MS mostró un leve descenso ($P < 0.05$) en el tiempo de la FES, que va desde el día 0 (24.75 %) al día 30 (24.67 %). Las cenizas aumentaron ($P < 0.05$) de (16.64 %) al día 0, a (18.31 %) en el día 30. El mayor porcentaje de PB ($P < 0.05$) presentó el día 1 (17.94 %). En la FB se produjo un ligero incremento ($P < 0.05$) entre los días 0 (22.12 %) al 30 (24.16 %). La GB se mantuvo estable ($P > 0.05$) en los días de fermentación. El mayor ($P < 0.05$) contenido de ELN presentó el día 30 (37.04 %). La EB presentó el valor más alto ($P < 0.05$) al día 30 (3092.1 kcal/kgMS). En conclusión, el FES de raquis de banano presentó un buen contenido de MS, Cenizas, PB, FB, GB, ELN y EB que puede ser utilizado por los productores locales en la alimentación de sus animales.

Palabras claves: Banano, características químicas, ensilado, fermentado, subproductos.

Summary

The present study aimed to characterize the physicochemical and organoleptic composition of the banana rachis silage for use in animal feed. For the preparation of silage, banana rachis (66%), rice powder (20%), whey (10%), molasses (2%), urea (1%), mineral salts (0.5%) were used) and calcium carbonate (0.5%). A total of 24 samples of 500 g of silage were made, four per day of storage (0, 1, 4, 8, 15, 30). For the statistical analysis a completely randomized design was used, and for the data processing the ANOVA techniques were used, and for the comparison of means the Duncan test was used with ($P < 0.05$), all the analyzes were they executed using the SPSS program. The variables under study were: pH, organoleptic characteristics (odor, color, consistency), dry matter (MS), ash, crude protein (PB), crude fiber (FB), crude fat (GB), nitrogen free extracts (ELN) and gross energy (EB). The lower ($P < 0.05$) pH values were evidenced on days 1 (5.39) and 4 (5.75). The silage presented an odor (mild acid between days 0 and 1, and strong acid from days 4 to 30), color (light brown between days 0 and 1, and dark brown on days 4, 8, 15 and 30) and consistency (solid on days 0 and 1, and semi-solid from day 4 to 30). The MS showed a slight decrease ($P < 0.05$) in the time of the FES, which goes from day 0 (24.75%) to day 30 (24.67%). The ashes increased ($P < 0.05$) from (16.64%) on day 0, to (18.31%) on day 30. The highest percentage of PB ($P < 0.05$) presented on day 1 (17.94 %). In the FB there was a slight increase ($P < 0.05$) between days 0 (22.12%) to 30 (24.16%). GB remained stable ($P > 0.05$) on fermentation days. The highest ($P < 0.05$) ELN content presented on day 30 (37.04%). The EB presented the highest value ($P < 0.05$) at day 30 (3092.1 kcal / kgMS). In conclusion, the FES of banana rachis presented a good content of MS, Ashes, PB, FB, GB, ELN and EB that can be used by local producers to feed their animals.

Keywords: Banana, chemical characteristics, silage, fermented, by-products.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

En el transcurso del tiempo la forma de alimentar a los animales ha ido cambiando por diversos motivos como es la competencia por alimentos con el hombre, generando rivalidad por los cereales de alto valor nutricional como es el maíz, sorgo, soja, entre otros, por otro lado están los biocombustibles que se han encargado de generar mayor competitividad ya que requieren del consumo de estos alimentos (granos y cereales) para su producción provocando una disminución de los mismos, (Borrás-Sandoval y Torres-Vidales, 2016). Teniendo en cuenta, que la alimentación, representa el mayor porcentaje dentro de los costos totales de producción en una explotación pecuaria, es necesario buscar fuentes alternativas no convencionales de buena calidad nutricional, fácil consecución y constante producción durante el año; que puedan ser utilizadas en la dieta de los animales, ya sea como materia prima para la elaboración de concentrados o como suplemento alimenticio, que conlleven a mejorar la producción y productividad de la empresa pecuaria (Ramírez, Peñuela y Pérez, 2017).

En Ecuador, debido a su gran biodiversidad por sus zonas climáticas, se dispone de una gran cantidad de alimentos alternativos de origen vegetal que se pueden utilizar para la alimentación animal (Caicedo, Moya, Tapuy, Caicedo y Perez, 2019a). Según (INEC, 2015), 578 ha son destinadas al cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* en la Provincia de Pastaza de estas 394 ha son cosechadas de las cuales el 65 % de esta producción es destinada a la venta en los principales mercados.

Los mercados a más de ser concentradores de productos agrícolas para el consumo de las personas, también podemos encontrar cantidades considerables de residuos que no han sido tomados en cuenta para la alimentación animal (Ayala *et al.*, 2016), entre ellos encontramos el raquis de plátano que es el eje que es separado del fruto (Ly *et al.*, 2016), el cual se le ha dado mayor atención para elaboración de abonos orgánicos, pero no se ha tomado en cuenta como alternativa nutricional para animales con procesos biotecnológicos como es la fermentación en estado sólido (FES).

Por lo anteriormente expuesto este estudio tiene el objetivo caracterizar la composición fisicoquímica y organolépticas del ensilado de raquis de banano para uso en alimentación animal para obtener un alimento de bajo costo, palatable y con

mayor contenido nutricional para incrementar la producción y productividad de las explotaciones pecuarias.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los mercados de la ciudad del Puyo producen cantidades considerables de residuos agrícolas entre ellos el raquis de banano que pueden constituir una alternativa alimenticia para los animales, sin embargo, en estado natural estos no poseen un buen contenido nutricional adecuado, presentan metabolitos secundarios, y son poco palatables para los animales. En este entorno, se pudiese emplear la fermentación en estado sólido (FES) como una alternativa para mejorar la composición química y organoléptica del raquis de banano para uso en la alimentación animal.

JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El constante aumento de la población mundial ha tenido como consecuencia el incremento en el consumo de alimentos dando como resultado un acrecentamiento de los subproductos y residuos agrícolas. Hoy en día los mercados de Ecuador entre ellos los de la ciudad del Puyo generan volúmenes considerables de residuos orgánicos que pudieran constituir como una fuente alternativa para alimento animal. Según los datos del GADMP (2009) en los mercados, una parte de los residuos agrícolas (fibrosos y no fibrosos) son destinados para la elaboración de compost y otra parte de los residuos sobrantes son trasladados a los rellenos sanitarios de la ciudad de Puyo, que no reciben ningún tipo de tratamiento, y resultan contaminantes para el ambiente.

Los residuos agrícolas, entre ellos el raquis de banano procesado por fermentación en estado sólido (FES), pudiese constituir una alternativa para su aprovechamiento y minimizar los efectos dañinos al medio ambiente, y constituyendo una fuente alternativa de alimento para uso en animales (Caicedo *et al.*, 2019).

La FES es un proceso biotecnológico en el cual se utilizan microorganismos nativos como fuente de inóculo y materia prima vegetal rica en fibra, en varios estudios se afirma que se han logrado obtener incrementos en el contenido de nutrientes de los subproductos. En un estudio realizado por Borrás-Sandoval, Valiño y Elías (2017b) empleando residuos de postcosecha de papa (*Solanum tuberosum*), con diferentes tipos y niveles (15 - 25 %) de material fibroso (salvado de trigo, harina de alfalfa y harina de arroz) más fuentes

energéticas y minerales, demostraron que al utilizar 15 % de salvado de trigo la PC se incrementó de 15.1 a 29 % en 48 horas de fermentación.

Por otra parte, los residuos agrícolas sin ningún tratamiento contienen anti-nutrientes que limitan el consumo, la digestión y absorción de nutrientes en el alimento, por tal razón disminuyen los indicadores productivos de las explotaciones pecuarias (Gilani, Xiao y Cockell, 2012). En este sentido, los alimentos fermentados en estado sólido pueden competir parcialmente con los alimentos comerciales para abaratar los costes para los productores.

Por lo anteriormente expuesto este estudio tiene el objetivo caracterizar la composición fisicoquímica y características organolépticas del ensilado de raquis de banano para uso en animales para obtener un alimento de bajo costo, palatable y con mayor contenido nutricional para incrementar la producción y productividad de las explotaciones pecuarias.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿A través de la FES se pueden mejorar las características fisicoquímicas y organolépticas del ensilado de raquis de banano para la obtención de un alimento proteico-energético para uso en la alimentación animal?

OBJETIVOS:

GENERAL

Caracterizar la composición fisicoquímica y organoléptica del ensilado de raquis de banano para uso en alimentación animal.

ESPECÍFICOS

- Evaluar el comportamiento del pH en el proceso del ensilado.
- Describir las características organolépticas (olor, color, consistencia) del ensilado en los días 0, 1, 4, 8, 15 y 30.
- Determinar la cinética de la materia seca (MS), cenizas, proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), grasa bruta (GB), extractos libres de nitrógeno (ELN) y energía bruta (EB) del ensilado.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

ANTECEDENTES

Fermentación en estado solido

La fermentación en estado sólido (FES) consiste en hacer crecer un microorganismo sobre un sustrato, empleando una fuente de nitrógeno y sales mineralizadas (ricas en macro y micronutrientes), bajo ciertas condiciones de humedad, pH, aireación y temperatura. La FES no presenta agua libre en su estructura, aunque conlleva determinados requerimientos de humedad (Echevarría, López y Mato, 2003).

Aspectos bioquímicos e ingenieriles de la FES

Para que el proceso de la FES tenga éxito se debe tener en cuenta las relaciones que existen entre la fisiología de los microorganismos y los factores fisicoquímicos del proceso. Es necesario considerar ciertos parámetros como la temperatura, humedad, pH, agitación, tamaño de las partículas entre otros. Estos parámetros determinaran el crecimiento de los microorganismos y la formación del producto final (Santis, 2013).

Temperatura

La temperatura es uno de los parámetros ambientales que influyen en la rapidez de crecimiento de los microorganismos, para el crecimiento de los microorganismos existen rangos de temperaturas óptimas, en caso de que estas temperaturas no se encuentren dentro de estos rangos el crecimiento disminuye o es inexistente (Ballardo, 2016).

Humedad

En el proceso de la Fermentación en estado sólido la humedad es un parámetro de suma importancia ya que influye significativamente en el desarrollo microbiano, por lo que el valor óptimo de contenido de humedad está en dependencia de los microorganismos y del sustrato que se utiliza (Ballardo, 2016). Además, Moyano (2014) afirma: “el contenido inicial en humedad del sustrato varia en un rango de 30 a 75 % en los procesos de FES”.

pH

El pH es uno de los factores más críticos en los procesos de fermentación ya que influye directamente sobre la calidad del alimento obtenido (Borreani, Tabacco, Schmidt, Holmes y Muck, 2017), el que puede influir en el crecimiento y metabolismo microbiano, y logra cambiar en respuesta a las actividades metabólicas. Esto puede ser causado por la secreción de ácidos orgánicos, tales como cítrico, acético o láctico, lo que hace que el pH disminuya (Mora, 2016).

Según el estudio realizado por Brea-Maure, Elías-Iglesias, Ortiz-Milán, Motta-Ferreira y Hechavarría-Riviaux (2015), confirman lo anteriormente mencionado que a mayor producción de ácido láctico menor es valor de pH en el proceso de la FES.

Efecto del pH en la conservación del ensilado.

El pH ácido es un indicador muy importante en la evaluación de la calidad de los ensilados, no solo porque genera ambientes no propicios para el crecimiento de bacterias patógenas, sino porque se está estrechamente relacionado a un alto contenido de proteína debido a la formación de ácidos orgánicos a partir del nitrógeno no proteico (NNP) (Ley de Coss *et al.*, 2018).

Inoculantes

Como inoculantes de los FES se pueden utilizar bacterias ácido lácticas (Hu, Lu, Wang, Zhu y Qiao, 2008), hongos filamentosos como *Aspergillus niger* que logran incrementos muy significativos en los contenidos de nitrógeno total y proteína bruta (Leon-Revelo, Cujilema-Quiteo, Baryolo, Delgado, Córdova, y Ramos-Sánchez, 2018), además para fermentar residuos sólidos orgánicos se puede recurrir a la utilización de levaduras para el aprovechamiento de carbohidratos, Estrada-Martínez, Olivares-Rosales, Soto-Cruz, Favela-Torres y Saucedo-Castañeda (2017).

Ventajas y desventajas de FES

Ventajas

Según (Castillo y Barrera, 2013) mencionan algunas de las ventajas de la FES:

- La fermentación en fase sólida demanda de un capital de inversión de bajo costo.

- Es aplicable en condiciones rusticas.
- Uno de los principales componentes del medio es el agua, pero a este se lo pueden adicionar fuentes de nitrógeno y sales como nutrimentos adicionales.
- Este proceso (FES) representa un beneficio para el medio ambiente además constituye una fuente de alimento animal.

Además, los procesos fermentativos permiten mejorar la composición química de algunos productos agrícolas y obtener nuevas opciones para la alimentación animal (Brea-Maure *et al.*, 2015).

Desventajas

De acuerdo con (Basurto, 2017) señala que las principales desventajas de la fermentación en estado sólido son:

- Se presentan serios problemas en los sistemas sólidos con el mezclado, la transferencia de oxígeno, el intercambio de calor y el control de la humedad y el pH, debido principalmente a la heterogeneidad y la consistencia del sistema.
- Su aplicación se limita a microorganismos que crecen en bajos contenidos de humedad.
- La extracción del calor metabólico puede ser un problema, sobre todo cuando se trabaja a gran escala y no se controla el proceso.
- La naturaleza sólida del sustrato trae problemas al medir los parámetros de la fermentación, tales como el pH, la temperatura, el contenido de humedad y la concentración de sustrato y productos.
- El tiempo de fermentación es mayor debido a que generalmente se utilizan microorganismos que presentan bajas velocidades específicas de crecimiento.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

LOCALIZACIÓN

El presente trabajo se desarrolló en los laboratorios de bromatología y microbiología de la Universidad Estatal Amazónica, ubicada en la provincia de Pastaza cantón Pastaza, en el km 2 ½ vía Napo. En la tabla 1, se muestra la ubicación geográfica de la provincia de Pastaza.

Tabla 1. Datos generales del cantón Pastaza

Provincia: Pastaza	Cantón: Pastaza
Limites:	Ubicación
Al Norte: Con la parroquia Fátima	Altitud: 950 m.s.n.m
Al Sur: Con las parroquias Tarqui y Madre Tierra	Extensión: 88.8 km ²
Al Este: Con las parroquias Diez de Agosto y Veracruz Al	Latitud: 01° 28' 56" S
Oeste: Con la parroquia Shell	Longitud: 077° 59' 40" W
Parroquias Urbanas: 1	Parroquias Rurales: 13
Superficie Cantonal: 20.509 km ²	Área urbana: 10. 23 km ²
Temperatura: 17- 24 ° C	Clima: Cálido húmedo

Fuente: GAD municipal del cantón Pastaza (2014).

TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto que se llevó a cabo es de tipo bibliográfico y experimental en la cual se evaluaron los efectos de los días sobre las características físicas, químicas y organolépticas del ensilado de raquis de banano.

MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Recolección de muestras

Del mercado de productos agrícolas de la ciudad de Puyo (Mariscal Mercado de los plátanos) se obtuvo la materia prima para la elaboración de las muestras de ensilaje y se trasladaron hacia las instalaciones de la Granja Agropecuaria Caicedo ubicada

en la parroquia Tarqui, el raquis se lavó y troceó en una picadora con diámetro de 2 cm. En la tabla 5 se muestra la composición química del raquis de banano en estado natural.

Tabla 2. Composición química de raquis de banano.

Nutrientes	Media	D.E
PB	7.85	0.01
FB	29.27	0.52
MS	7.05	0.00
ELN	34.80	0.00
Ceniza	16.84	0.15
GB	2.82	0.03
EB kcal/kgMS	2549.6	0.00

Formulación del ensilado

El material picado se trasladó al laboratorio de microbiología de la Universidad Estatal Amazónica. La formulación y elaboración del ensilaje estuvo constituida por: raquis de banano (66 %), polvillo de arroz (20 %), suero de leche (10 %), melaza (2 %), urea (1 %), sales minerales (0.5 %) y carbonato de calcio (0.5 %). Se elaboraron un total de 24 muestras de 500 g de ensilado, cuatro por día de conservación (0, 1, 4, 8, 15 y 30), las cuales se mantendrán en una incubadora a temperatura constante de 26 °C.

Determinación del pH del ensilado

Para la medición del pH, se utilizó extracto acuoso con una fracción de 20 g de ensilado y 50 ml de agua destilada (Cherney y Cherney, 2003). La medición se efectuó en los días (0, 1, 4, 8, 15 y 30).

Características organolépticas

Las características organolépticas (olor, color, consistencia) se evaluaron en los días 0, 1, 4, 8, 15 y 30, según la metodología de Sánchez, Mogollón, Peña, López, (2018), tabla 3.

Tabla 3. Descriptores para la evaluación organoléptica de ensilajes de subproductos agrícolas.

Forma de valoración					
Olor	Escala	Color	Escala	Consistencia	Escala
Dulce	1	Marrón Claro	1	Sólida	1
Ácido suave	2	Marrón Amarillento	2	Semisólida	2
Ácido fuerte	3	Marrón Caoba	3	Líquida	3
		Marrón Oxidado	4		
		Marrón Oscuro	5		

Determinación de componentes químicos

En muestras de ensilados de 0, 1, 4, 8, 15 y 30 días se determinó la: MS, cenizas, PB, FB, GB, ELN y EB, según los procedimientos de la AOAC (2005).

Análisis estadístico y diseño experimental

Para este estudio se utilizó un diseño completamente aleatorizado, y para el procesamiento de los datos se empleó las técnicas de ANOVA. Para la comparación de medias se utilizó la dócima de Duncan con $P < 0.05$. Todos los análisis se ejecutaron utilizando el programa SPSS.

Variables dependientes:

pH, MS, PB, FB, GB, ELN, EB y cenizas.

Variables independientes:

Días (0, 1, 4, 8, 15 y 30)

MATERIALES Y EQUIPOS

Tabla 4. Materiales y equipos para campo.

Materiales	Equipos
Machetes	Maquina picadora
Pomas de 6 L	
Fundas quintaleras, lonas	
Guantes	
Gafas	

Tabla 5. Materiales y equipo para laboratorio.

Materiales	Equipos
Termómetro	Estufa
Vasos de precipitación	Mufla
Matraz	Digestor
Buretas	Balanzas- electrónica -analítica
Pisetas	Destilador de fibra
	Moledora
	Peachimetro

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se observa el comportamiento del pH durante el estudio, presentando el mayor valor en el día 0, el cual difirió significativamente ($P < 0.0002$) de los días 1, 4, 8, 15 y 30. El menor pH se evidenció en el día 1 el cual no difirió significativamente ($P > 0.005$) con el día 4.

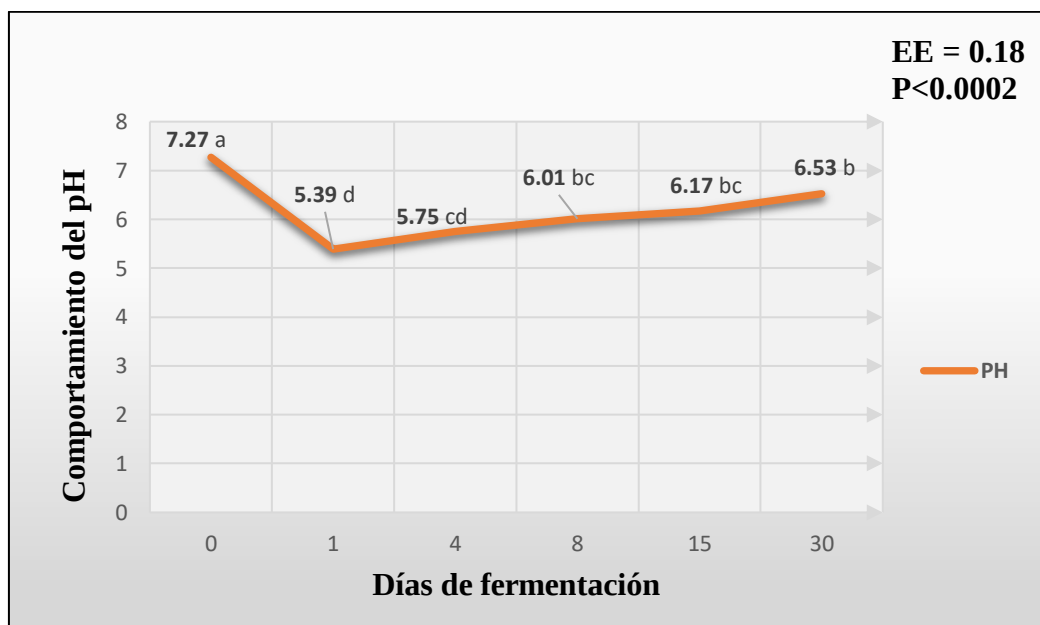


Figura 1. Comportamiento del pH en el ensilado de raquis de banano.

El mayor pH registrado en el día 0 (7.27) se debe a que no existe actividad microbiana, mientras que el menor pH registrado en los días 1 y 4 se relaciona con la producción de ácido láctico, debido a la presencia de los azúcares presentes en la melaza y del inóculo rico en bacteria lácticas (Borras-Sandoval, Valiño, y Rodríguez, 2017a), existiendo fuerte participación por las bacterias ácido lácticas (BAL) quienes transforman los carbohidratos solubles en ácido láctico, de esta manera el ácido láctico estabiliza el comportamiento del pH (Brea-Maure *et al.*, 2015).

En la figura 2 se muestran los resultados de las características organolépticas (olor, color, consistencia) en los ensilados durante los días de estudio. De acuerdo a los descriptores de la tabla 3; El olor del ensilado en los días 0 y 1 fue ácido suave, y en los días (4, 8, 15 y 30) presentó un olor ácido fuerte. En relación con el color, en los primeros días (0, 1, y 4) presentaron un color marrón claro y en los días 8, 15 y 30 tuvieron un color marrón oscuro. En cuanto a la consistencia, se evidenció que en los días 0 y 1 fue sólida y entre los días 4, 8, 15, y 30 fue semi-sólida.

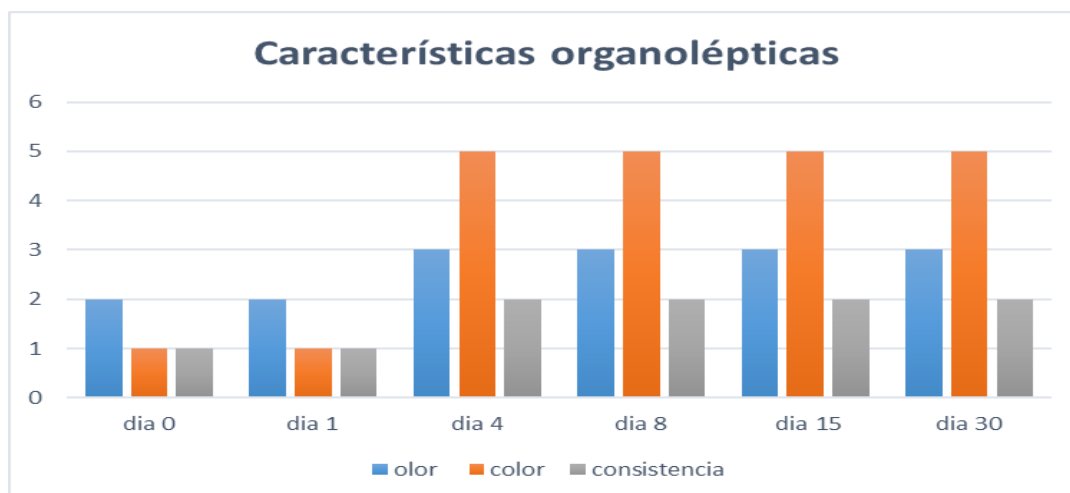


Figura 2. Efecto del tiempo de fermentación sobre las características organolépticas (olor, color, consistencia) en el ensilado de raquis de banano.

Con respecto al olor el silo al inicio de la fermentación (0 y 1) presentó un olor ácido suave y a medida que transcurrió el tiempo fermentativo incremento la acidez debido probablemente a que la urea se convirtió en amoníaco dando como consecuencia un olor ácido fuerte. La variación en la coloración del ensilaje puede estar influenciada por la tonalidad de la materia prima empleada para su elaboración (Villalba, Holguin, Acuña, Piñeros, 2011). En este sentido, el raquis de banano produce colores pardos por la actividad del polifenol oxidasa, esta actividad se puede mantener activa en el rango de pH de 4 – 7.5 (Ngalani, Signoret y Crouzet, 1993) citado por (López-Herrera y Briceño-Arguedas, 2017) lo cual excluye que haya habido pérdidas de calidad nutricional. Por otra parte, López-Herrera y Briceño-Arguedas (2017) señala que los silos pueden adquirir coloraciones oscuras debido a que existe menor compactación del material y una elevación de temperatura en el ensilaje donde ocurre fuerte oxidación del sustrato.

Por otro lado, en cuanto a la consistencia del silo se observaron cambios durante la conservación pasando de sólido (0 y 1 días) a semisólido en los días (4, 8, 15 y 30), este

hecho ocurre por la degradación de carbohidratos estructurales de las materias primas los cuales son atacados por los microorganismos presentes en el silo (Tene, 2015).

En relación al contenido de MS se evidenció diferencias significativas ($P < 0.0001$) durante los días de conservación, el mayor valor se obtuvo al día 0, y entre los días 1 y 30 se produjo un leve descenso en su contenido.

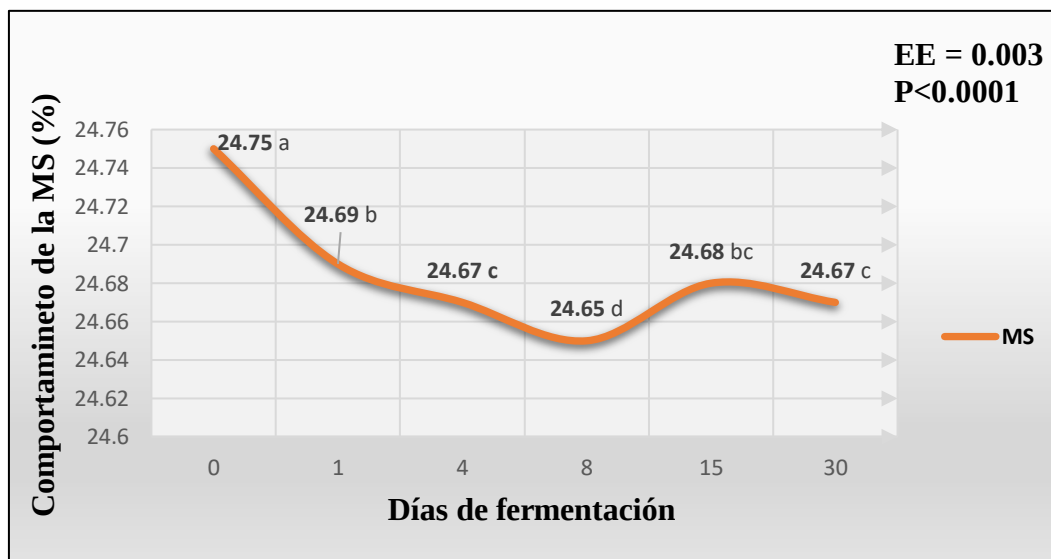


Figura 3. Comportamiento de la MS del ensilado de raquis de banana.

La MS presentó una ligera tendencia a disminuir a medida que transcurrió el tiempo de FES, lo cual puede deberse a la acción microbiana que se encuentra presente en el sustrato y en el inóculo del suero de leche. La reducción de la MS es ocasionada por la utilización de la materia orgánica (Aguirre, Rodríguez, Boucourt, Saca, Salazar y Jiménez, 2018) principalmente carbohidratos, ya que estos son utilizados en sus procesos metabólicos, generando agua, CO_2 compuestos volátiles como AGV y amoníaco por parte de la urea Carrasco, Elías, Valiño, Rodríguez, y Febles (1996) citado por Rodríguez, Elías, Boucourt, Núñez (2001), ya que la urea posee un elevado poder higroscópico, provocando que el material absorba humedad (Cordero, Contreras y Soldevilla, 2013). Resultados similares obtuvo Granda (2016) en FES de la pulpa de café con diferentes niveles de urea donde evidenció una disminución de la MS con valor inicial de 89.89 y final de 87.28 %.

Sin embargo, con respecto al raquis en su forma natural tabla 2 se evidenció un incremento significativo en el contenido de MS del FES pasando de 7.05 a 24.67 %, debido al uso de material secante (Borrás-Sandoval *et al.* 2017b), este incremento fue similar al obtenido por López-Herrera, WingChing-Jones, Rojas-Bourrillon (2016) al utilizar heno y pulpa de cítricos deshidratada (PCD) como material secante en el ensilado

de corona de piña el cual obtuvo un incremento en el contenido de MS. Nkosi *et al.* (2016) indica que el alto tenor de MS permite inhibir el crecimiento de clostridios que ocasionan daño en los silos. Además, de acuerdo con Campo, Valero, Gómez (2015) una mayor cantidad de MS en el ensilado favorece la palatabilidad debido a su bajo contenido de ácido láctico.

Con respecto al contenido de cenizas (figura 4) se observó un comportamiento creciente, el mayor valor se obtuvo en el día 8 el cual difirió significativamente ($P < 0.0001$) de los restantes días.

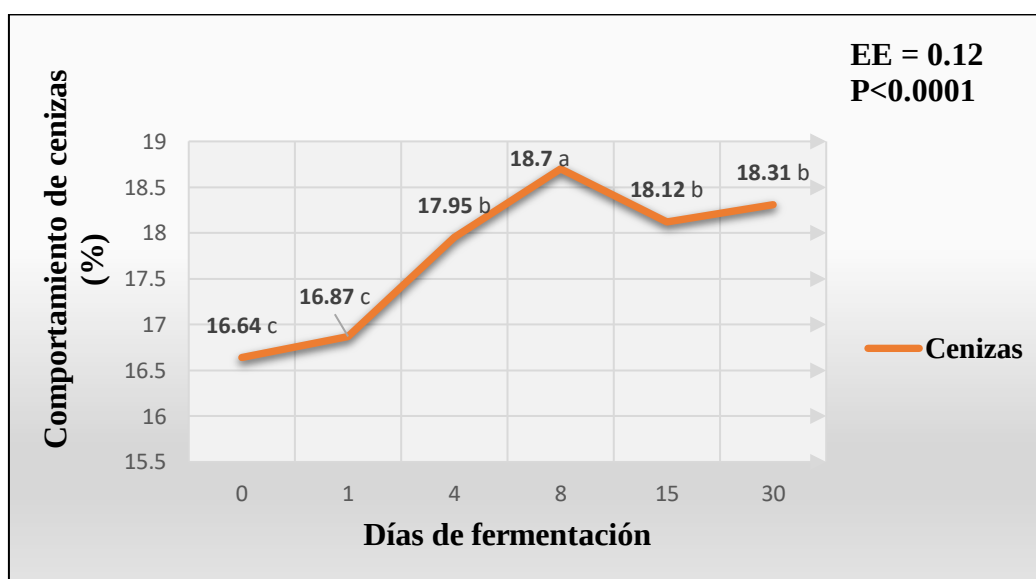


Figura 4. Comportamiento de las cenizas en el ensilado de raquis de banano.

El contenido de cenizas (figura 4) presentó incrementos durante el tiempo de FES lo que podría estar relacionado con el aporte de los aditivos del silo como: sales minerales, carbonato de calcio y suero de leche. Comportamientos similares fueron reportados por Aguirre, Rodríguez, Boucourt, Saca, Salazar y Jiménez (2018), en la FES de cáscara de café al utilizar distintos niveles de inclusión de suero de leche (0, 5, 10 y 15 %) dando un incremento en las cenizas de 1.68 unidades con el 15 % de inclusión de suero de leche. En otro estudio realizado por Pulido-Suarez, Borrás-Sandoval y Rodríguez-Molano (2016), en la FES de residuos de pera, con inclusión de carbonato de calcio y adición de harina de arroz, salvado de trigo y urea, comprobaron un incremento del contenido de cenizas en relación con el tiempo.

En relación con el contenido de PB figura 5 se observó diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$) en el transcurso de la fermentación. El mayor contenido de PB

presentó el día 1 difiriendo de los días restantes, mientras que el menor valor de PB se evidenció en el día 15.



Figura 5. Comportamiento de la PB del ensilado de raquis de banano.

El mayor incremento proteico se evidenció en el día 1 con un valor de 17.94%. Resultados similares presenta Castellanos, Gamarra, Gómez y Fernández (2017) donde utilizaron tres niveles de urea al 0, 3 y 6 % respectivamente en la amonificación de la panca de maíz (*Zea mays* L) obteniendo incrementos de la PB del 5.13 a 13.17 %. El incremento proteico se debe al crecimiento y desarrollo de las bacterias lácticas y levaduras producto de la fermentación y la liberación de nitrógeno por parte de la urea (Encalada, Fernández, Jumbo y Quichimbo, 2017). Y entre los días 4 y 30 se observó un ligero descenso de PB, sin embrago, los valores se mantuvieron similares al día 0 de fermentación, el descenso en la PB se pudiera deber a la pérdida de amoniaco de la urea, así como también por el catabolismo de la proteína por acción de las enzimas bacterianas presentes en el medio (Ley de Coss *et al.*, 2018). De acuerdo al análisis de la PB se evidenció que el contenido proteico del raquis de banano en estado natural aumentó de 7.85 a 14.34 % en el proceso de FES, este contenido proteico es óptimo para uso en rumiantes.

En la figura 6 se muestra el comportamiento de la FB durante el tiempo de fermentación presentando diferencias significativas ($P < 0.0014$), donde se observa que los valores más bajos de FB se encuentran en los días 0 y 1, los que difieren de los valores más altos que se muestran a partir del día 4 al 30 sin diferencias significativas entre ellos.

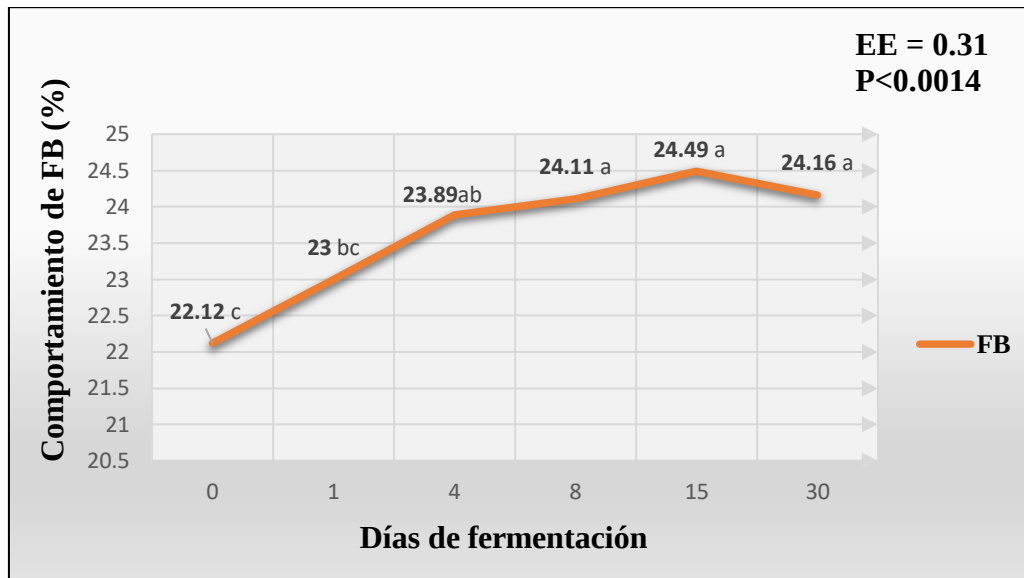


Figura 6. Comportamiento de la FB del ensilado de raquis de banano.

En la evaluación de FES del silo (figura 6) se observa un ligero incremento de la FB en el transcurso del tiempo fermentativo. Aranda, Georgana, Ramos y Salgado (2012), explican que este comportamiento es producto del acrecentamiento de las paredes celulares, en relación con el contenido de almidón del producto utilizado. Por otra parte, Benítez (2016) manifiesta que este efecto se debe a la posible concentración de MS del material ensilado. No obstante, en este estudio se evidenció una disminución de 5.11 unidades porcentuales en el contenido de la FB del ensilado durante los días de FES con respecto al raquis de banano en estado natural (tabla 2). La reducción de FB se produce por la actividad microbiana, debido a que estas pueden aprovechar como fuente de nutrientes la hemicelulosa, celulosa y parte del nitrógeno asociado a la fibra para crecer en los sustratos Van Soest, Robertson y Lewis (1991) citado por Fonseca-López, Saavedra-Montañez y Rodríguez-Molano (2018).

En lo que respecta a la grasa (figura 7) los tratamientos no presentaron diferencias significativas ($P=0.0912$) durante los días de fermentación.

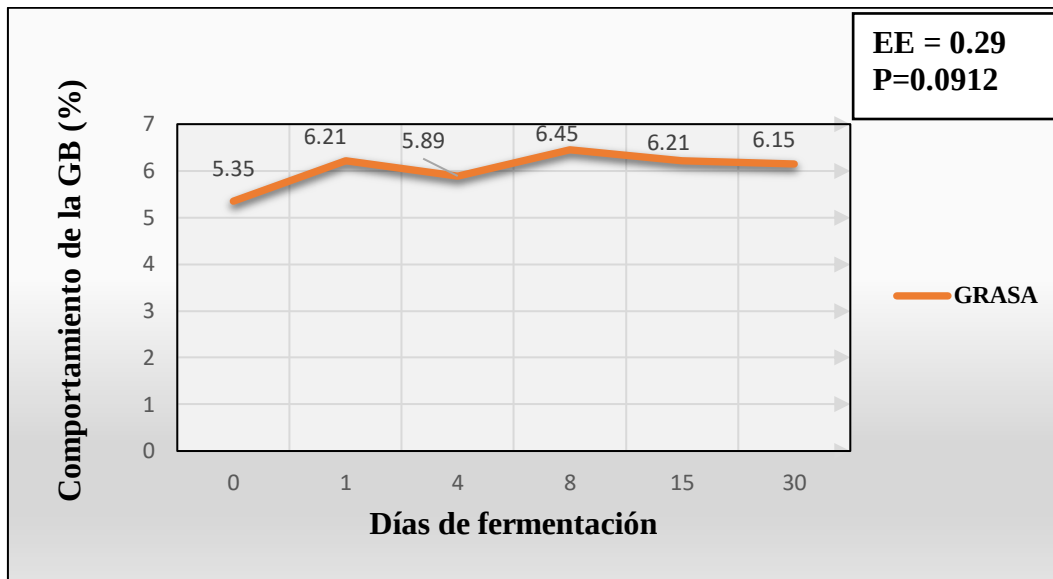


Figura 7. Comportamiento de la GB del ensilado de raquis de banano.

El contenido de grasa del raquis de banano en su forma natural es bajo presentando niveles de 2.2 %, estos niveles incrementaron a 6.15 % en los días de FES debido probablemente a la inclusión de suero de leche, melaza y polvillo de arroz. Resultados similares encontró Encalada *et al.* (2017) en el silo de pulpa de café al incluir urea en diferentes niveles (0, 0.5, 1, 1.5 %) más melaza (3 %), incrementando a 2.60 % con el proceso de FES a diferencia de la pulpa de café sin ser sometida a este proceso con un valor de 1.41%.

Para los ELN se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$) entre todos los tratamientos (figura 8). La mayor concentración de ELN se obtuvo en el día 30 de fermentación y el menor se evidencio en el día 1.

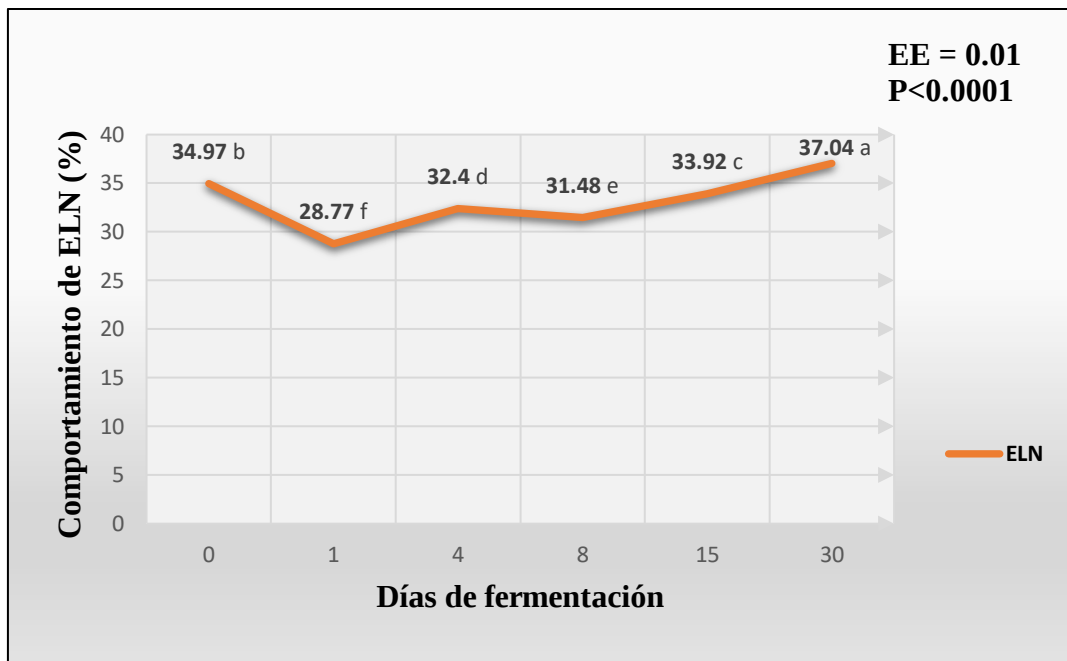


Figura 8. Comportamiento de ELN del ensilado de raquis de banano.

El contenido de ELN del ensilado tuvo un incremento de 2.24 unidades porcentuales a diferencia del raquis de banano en su forma natural (tabla 2), este ligero incremento es debido a la inclusión de materiales que poseen carbohidratos solubles como el polvillo de arroz. Sin embargo, los carbohidratos que aporta la melaza pudieron ser consumidos por los microorganismos como fuente energética para realizar sus actividades metabólicas (López-Herrera, Rojas-Bourrillon y Briceño-Arguedas, 2019).

En cuanto a la EB el valor mayor se evidenció al día 30 con 3092.1 kcal/kgMS presentando diferencias altamente significativas $P < 0.0001$, con los restantes días de fermentación.

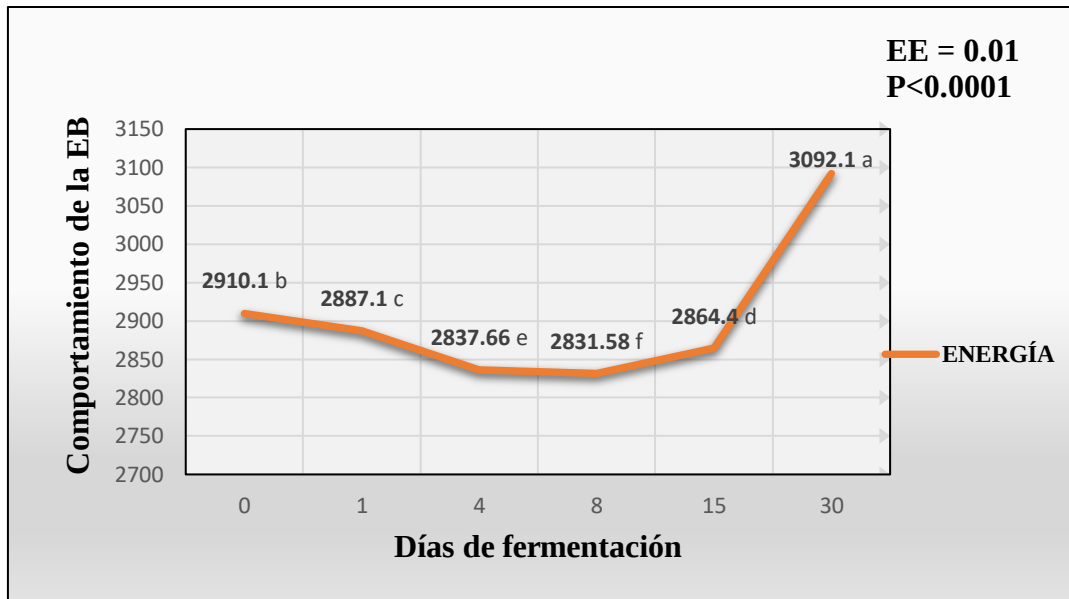


Figura 9. Comportamiento de la EB del ensilado de raquis de banano.

Con respecto a la EB de raquis en estado natural, en el FES se observó un aumento en el contenido energético. Este efecto se debe a la inclusión de aditivos que aportan energía, así como también, por el aprovechamiento de carbohidratos estructurales por parte de los microorganismos logrando un incremento en el contenido energético del alimento (Brea, Ortiz, Elías, Herrera y Motta, 2014).

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES

- Los niveles de pH obtenidos en este estudio se encuentran dentro de los rangos establecidos para la conservación del material ensilado, evitando la proliferación de bacterias putrefactivas que causan daños al ensilaje.
- El ensilado presentó características aceptables en cuanto a olor, color y consistencia durante los días de fermentación, las mismas que se encuentran dentro de los parámetros de calidad óptima de los ensilados.
- El ensilado de raquis de banano presentó modificaciones de relevancia en su contenido nutricional en comparación al raquis sin ensilar, el cual presentó incrementos significativos en: MS (17.62 %), Cenizas (1.49 %), PB (6.49 %), Grasa (3.33 %), ELN (2.24 %), EB (542.5 kcal/kg MS) y en cuanto al contenido de FB este disminuyó en (5.11 %).
- A través del proceso de ensilado se logró mejorar los componentes químicos y organolépticos de la materia prima, garantizando un alimento proteico energético de apreciada calidad nutricional para uso en la alimentación animal.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar investigaciones dirigidas al análisis de los microorganismos presentes en el silo.
- Desarrollar nuevos estudios, con la utilización de otros aditivos para el ensilaje de raquis de banano.
- Se sugiere realizar estudios con la implementación de la FES de raquis de banano en la alimentación de los animales para evaluar el comportamiento productivo de los animales.

CAPÍTULO VI.

BIBLIOGRAFÍA

- Aranda, E.M., Georgana, L.E., Ramos, J.A., y Salgado, S. (2012). Elaboración de un alimento basado en caña de azúcar a partir de la fermentación en estado sólido y con diferentes niveles de zeolitas. *Revista Cubana Ciencias Agrícolas*, 46(2): 159-163.
- Aguirre, L, A., Rodríguez, Z., Boucourt, R., Saca, V., Salazar, R., y Jiménez, M. (2018). Efecto del suero de leche en la fermentación en estado sólido de la pulpa de café (*Coffea arabica L.*) para uso en la alimentación de rumiantes. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 52(3).
- AOAC. (2005). Association of Official Agricultural Chemists Official Methods of Analysis, 18th ed. Gaithersburg, MD, USAL Association of Official Analytical Chemists.
- Ayala, L., Martínez, M., Castro, M., García, A., Delgado, E. J., Caro, Y., y Ly, J. (2016). Composición química del raquis de racimo de plátano (*Mussa paradisiaca*) y aceptabilidad como alimento para cerdos en ceba. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 23(2): 79-86.
- Ballardo, C. V. (2016). Valoración de residuos sólidos orgánicos como sustrato para el crecimiento de bacillus thuringiensis mediante fermentación en estado sólido: Aplicación a la fracción orgánica de residuos municipales para la producción de compost con efecto biopesticida (tesis doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona, Ballaterra, España.
- Basurto, E. (2017). Evaluación nutricional de ensilado cebada-vicia en diferentes proporciones, con y sin urea al 1 % en la Región Huancavelica (tesis pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.

- Benítez, A. I. (2016). Utilización de diferentes niveles de urea en la dinámica de fermentación de la pulpa de café para uso en la alimentación de rumiantes en la provincia de Loja (tesis pregrado). Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- Borras-Sandoval L, Valiño, E., y Rodríguez, C. (2017a). Preparado microbiano con actividad ácido-láctica como acelerante biológico en los procesos de fermentación para alimento animal. *Revista Ciencia y Agricultura*, 14(1): 7-13.
- Borrás-Sandoval, L. M., Valiño, E., y Elías, A. (2017b). Evaluación del efecto de la inclusión de materiales fibrosos en la fermentación en estado sólido de residuos poscosecha de papa (*Solanum tuberosum*) inoculado con preparado microbial. *Revista electrónica de Veterinaria*, 18(8): 1-16.
- Borrás-Sandoval, L. M., y Torres-Vidales, G. (2016). Producción de alimentos para animales a través de fermentación en estado sólido – FES. - *Orinoquia*, 20(2), 47-54.
- Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt R., Holmes, B., y Muck, R. (2017). Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *J. Dairy Sci.*, 101(5): 3952-3979.
- Brea-Maure, O., Elías-Iglesias, A., Ortiz-Milán, A., Motta-Ferreira, W., y Hechavarría-Riviaux, S. (2015). Efecto de la urea y del tiempo en la fermentación en estado sólido de la harina de frutos del árbol del pan (*Artocarpus altilis*). *Ciencia y Agricultura*, 12(2): 91-101.
- Brea, O., Ortiz, A., Elías, A., Herrera, F., y Motta, W. (2014). Utilización de la harina de frutos del árbol del pan (*Artocarpus altilis*), fermentada en estado sólido en dietas destinadas a cerdos en preceba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(4): 391-398.
- Caicedo, W., Ferreira, F., Viáfara, D., Guaman, A., Socola C., y Moyano, J.C. (2019). Composición química y digestibilidad fecal en cerdos del fruto de chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth) fermentado. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 31, Article #140. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd31/9/orlando31140.html>
- Caicedo, W., Moya, C., Tapuy, A., Caicedo, M., y Perez, M. (2019a). Composición química y digestibilidad aparente de tubérculos de taro procesados por

- fermentación en estado sólido (FES) en cerdos de crecimiento. *Rev Inv Vet Perú*, 30(2): 580-589.
- Campo, Y., Valero, J., y Gómez, M. (2015). Evaluación de ensilajes a partir de residuos de postcosecha de arroz tratados con bacterias ácido-lácticas. *Revista Alimentos Hoy*, 23(36): 62-74.
- Carrasco, E., Elías, A., Valiño, E., Rodríguez, Z., y Febles, I. (1996). Grosor de la capa y volteo en la fermentación de la caña de azúcar con excreta vacuna. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, 30: 175.
- Castellanos, S., Gamarra, J., Gómez, C., y Fernández, M. (2017). Amonificación de la panca de maíz (*Zea mays* L) con tres niveles de urea para la mejora de su digestibilidad. *Revista de investigaciones veterinarias del Perú*, 28(1).
- Castillo-Castillo, Y., y Barrera, Ó. R. (2013). Fermentación en estado sólido (fes) de subproductos agroindustriales como alternativa para obtener alimento animal, Universidad Autónoma de la ciudad Juárez, Alternativas de cadena de valor. primer congreso internacional AGROMERCA, primera edición. Ciudad Juárez, Chihuahua, Mexico, pp. 85.
- Cordero, A., Contreras, J., Charhuapoma, Q., y Soldevilla, C. (2013). Efecto del premarchitamiento y de diferentes proporciones de urea sobre la composición bromatológica del ensilado de avena (*Avena sativa* L). *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 7(2): 24-35.
- Cherney J, H., & Cherney D, J, R. (2003) Assessing silage quality. In: Buxton DR, Muck RE, Harrison JH (eds). *Silage science and technology*, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy, pp. 141-198.
- Echevarría, J., López, P., y Mato, S. (2003). Alternativas para la alimentación animal utilizando fermentación en estado sólido. *Revista Avanzada Científica*, 6(1). Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/277254748 Alternativas para la alimentacion animal utilizando fermentacion en estado solido](https://www.researchgate.net/publication/277254748_Alternativas_para_la_alimentacion_animal_utilizando_fermentacion_en_estado_solido)

- Encalada, M., Fernández, P., Jumbo, N., y Quichimbo, A. (2017). Ensilaje de pulpa de café con aplicación de aditivos en el cantón Loja. *Revista Indexada Bosques Latitud Cero*, 7(2): 71- 82.
- Estrada-Martínez, R., Olivares-Rosales, D., Soto-Cruz, O., Favela-Torres, E., y Saucedo-Casteñada, G. (2017). Efecto de la configuración de matraz en la producción de inóculos de *Saccharomyces cerevisiae* (ITD00196) para su uso en fermentación sólida, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, Ciudad de Mexico, Mexico. CP 09340
- Fonseca-López, D., Saavedra-Montañez, G., y Rodríguez-Molano, C.E. (2018). Elaboración de un alimento para ganado bovino a base de zanahoria (*Daucus carota* L.) mediante fermentación en estado sólido como una alternativa ecoeficiente. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1): 176-182.
- Gilani, G.S., Xiao, C.W., y Cockell, K.A. (2012). Impact of Antinutritional Factors in Food Proteins on the Digestibility of Protein and the Bioavailability of Amino Acids and on Protein Quality. *British Journal of Nutrition*, 108: S315–S332.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Pastaza. (2009). Proyecto Aprovechamiento Residuos Sólidos en Puyo. Consultado 03/10/2019. Disponible en:<https://puyo.gob.ec/proyecto-aprovechamiento-residuos-solidos-en-puyo-2/>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Pastaza. (2014). La ciudad de Puyo. Disponible en:<https://web.archive.org/web/20131023210940/http://www.puyo.gob.ec/2014/index.php/ciudad/la-ciudad.html>
- Granda, D. L. (2016). Estudio de la dinámica de fermentación de la pulpa de café con diferentes niveles de urea y suero de leche para uso en la alimentación de rumiantes en la provincia de Loja (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- Hu, j, Lu, W, Wang, C, Zhu R., y Qiao J. (2008). Characteristics of Solid-state Fermented Feed and its Effects on Performance and Nutrient Digestibility in Growing-finishing Pig. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 21(11): 1635-1641.

- Instituto de Estadística y Censos (INEC). (2015). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC.
- Leon-Revelo, G., Cujilema-Quiteo, M., Baryolo, L., Delgado, R., Córdova, J., y Ramos-Sánchez. (2018). Determinación de la temperatura óptima para la producción de celulasas con *Aspergillus niger* en fermentación sólida. *Revista Centro Azúcar*, 45(1): 1-13.
- Ley de Coss, A., Aguirre-Medina, J., Arce-Espino, C., Aranda-Arguello, R., Gayón-Amaro, S., Pérez-Quiroz, H., Aguilar-Fuentes, J., Fierro-Martinez, M., y Ferrero, P.V. (2018). Fermentación en estado sólido de *Saccharum* spp. Como suplemento para rumiantes. *Agroproductividad.*, 11(6):143-148.
- López-Herrera, M., Rojas-Bourrillon, A., y Briceño-Arguedas, E. (2019). Sustitucion del pasto (*Megathyrsus maximus*) por guineo cuadrado y urea en mezclas ensiladas. *Revista Agronómica. Mesoamericana*, 30(1): 179-192.
- López-Herrera, M., WingChing-Jones, R., Rojas-Bourrillon, A. (2016). Bromatología de ensilados de corona de piña con pulpa de cítricos, heno y urea. *Agronomía Mesoamericana*, 27(1): 37-47.
- López-Herrera, M., y Briceño-Arguedas, E. (2017). Efecto de la especie leguminosa y la fuente de carbohidratos en la calidad física y química de mezclas para ensilaje. *Nutrición Animal Tropical.*, 11(1): 52-73.
- Ly, J., García, A., Castro, R., Caro, Y., Moreno, E., Ruiz, M., Lagos, F., y Delgado, E. J. (2016). Índices de digestibilidad rectal en cerdos en crecimiento alimentados con harina de raquis de racimos de plátanos. *Revista Computadorizada de Producción Porcina.*, 23(3): 169-179.
- Mora, C. (2016). Efecto de la relación de nutrientes sobre la producción de metabolitos por *Aspergillus brasiliensis* en fermentación en estado sólido (tesis pregrado). Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, D.F, México.

- Moyano, M. (2014). Fermentación en estado sólido (FES) de la papa (*Solanum tuberosum*), como alternativa tecnológica para la alimentación animal (Tesis pregrado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Tunja, Colombia.
- Ngalani J.A., Signoret., y Crouzet, J. (1993). Partial purification and properties of plantain polyphenol oxidase, *Food Chemistry*, 48(4) : 342-347.
- Nkosi, B. D., Meeske, R., Langa, T., Motiang, M. D., Modiba, S., Mutavhatsindi, T. F., Malebana, I.M., & Groenewald, I. B. (2016). Effects of bacterial inoculation on the fermentation characteristics and aerobic stability of ensiled whole plant soybeans (*Glycine max* (L) Merr). *South African Journal of Animal Science*, 46(2): 129-138.
- Pulido-Suarez, N, J., Borrás-Sandoval, L, M., y Rodríguez-Molano, C, E. (2016). Elaboración de un alimento energético-proteico para animales, basado en residuos de cosecha de pera (*Pyrus communis*). *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.*, 17(1): 7-16.
- Ramírez, V., Peñuela, L., y Pérez, M. (2017). Los residuos orgánicos como alternativa para la alimentación en porcinos. *Revista Ciencias Agrícolas*, 34(2): 107-124.
- Rodríguez, Z., Elías, A., Boucourt, R., y Núñez, O. (2001). Efectos de los niveles de nitrógeno ureico en la síntesis proteica durante la fermentación de mezclas de caña (*Sacharum officinarum*) y boniato (*Ipomea batata* Lam.) *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 35(1): 29-36.
- Sánchez, H., Mogollón G., Peña, P., y López, A. (2018). Evaluación productiva de *Capra hircus* alimentados con ensilado de cascarilla de arroz y *Opuntia ficus*. *Manglar*, 15(1): 3-18.
- Santis, A. (2013). Estudio de la producción de lipasas por fermentación en estado sólido a partir de residuos ricos en grasas. Impacto ambiental y posibles usos (tesis doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona, Ballaterra, España.

- Tene, D. (2015). Ensilado de maíz con adición de lactosuero y microorganismos eficientes, en el cantón paltas (tesis pregrado). Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- Van Soest, P., Robertson, J., & Lewis, B. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74 (1): 3583-3597.
- Villalba, D. K., Holguin, V.A., Acuña, J. A., y Piñeros, R. (2011). Calidad bromatológica y organoléptica de ensilajes de residuos orgánicos del sistema de producción café – musáceas. *Revista Colombiana de Ciencia Animal.* 4(1): 47-52.