UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO

TÍTULO:

"RESEÑA BIBLIOGRÁFICA DE DIFERENTES TÉCNICAS DE FERMENTACIÓN DE SUBPRODUCTOS AGRÍCOLAS PARA LA ALIMENTACIÓN PORCINA"

AUTORES:

JISSELA ESTEFANÍA QUILLIGANA MASAQUIZA

MARÍA VANESSA RUIZ ESPINOZA

DIRECTOR DE PROYECTO:

Dr. WILLAN ORLANDO CAICEDO QUINCHE, PhD

Puyo – Ecuador

2020

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Nosotras, Jissela Estefanía Quilligana Masaquiza, con cédula de identidad No. 1805524202 y María Vanessa Ruiz Espinoza, con cédula de identidad No. 1600387656, declaramos que las actividades realizadas para la elaboración y culminación del presente trabajo de grado que tiene como tema "**RESEÑA BIBLIOGRÁFICA DE DIFERENTES TÉCNICAS DE FERMENTACIÓN DE SUBPRODUCTOS AGRÍCOLAS PARA LA ALIMENTACIÓN PORCINA**", no ha sido previamente presentada para ninguna calificación profesional, y hemos consultado las referencias bibliográficas que contiene este estudio. Además, la emisión de análisis, contenidos, criterios, conclusiones y recomendaciones son de exclusiva responsabilidad de las autoras de este proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniería Agropecuaria.

_____	_____
Jissela Estefanía Quilligana Masaquiza	María Vanessa Ruiz Espinoza
CI. 1805524202	CI. 1600387656

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Por medio del presente, Yo, Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, con C.I. 1600446114 Certifico que las egresadas, Jissela Estefanía Quilligana Masaquiza y María Vanessa Ruiz Espinoza, realizaron el Proyecto de Investigación titulado: **"RESEÑA BIBLIOGRÁFICA DE DIFERENTES TÉCNICAS DE FERMENTACIÓN DE SUBPRODUCTOS AGRÍCOLAS PARA LA ALIMENTACIÓN PORCINA"**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario bajo mi supervisión.

_____

Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD

DIRECTOR DE PROYECTO

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Oficio No. 212-SAU-UEA-2020

Puyo, 31de agosto de 2020

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El proyecto de investigación correspondiente a las egresadas QUILLIGANA MASAQUIZA JISSELA ESTEFANÍA con C.I.1805524202; RUIZ ESPINOSA MARÍA VANESSA con C.I.1600387656, con el Tema: **Reseña bibliográfica de diferentes técnicas de fermentación de subproductos para la alimentación porcina,** de la carrera, Ingeniería Agropecuaria. Director del proyecto Dr. Willan Orlando Caicedo Q., PhD, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUN, reportando una similitud del 2%, Informe generado con fecha del 25 de agosto del 2020 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Ing. Ítalo Marcelo Lara Pilco MSc.

ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPAGIO URKUND - UEA

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, Jissela Estefanía Quilligana Masaquiza, declaro que el presente proyecto de investigación, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de Integración Curricular.

_____

Jissela Estefanía Quilligana Masaquiza
CI. 1805524202

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, María Vanessa Ruiz Espinoza, declaro que el presente proyecto de investigación, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de Integración Curricular.

_____

María Vanessa Ruiz Espinoza
CI. 1600387656

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida,

Y la vida por darme tanto.

Ma. Vanessa

A Dios por darme fuerzas para mantenerme disciplinada y perseverante, por proveerme de sabiduría para sobre llevar esta etapa académica en un lugar lejos de mi hogar, con el fin de cumplir una de mis metas propuestas.

A mis padres Angel Quilligana y Elvia Masaquiza por su amor y apoyo incondicional tanto económica como moralmente.

A mi compañera de estudio, mi amiga, hermana, confidente María Vanessa por estar en momentos buenos y más en los malos tanto en mi vida académica como personal, dándome ánimos para culminar una de nuestras metas e incentivarme a mejorar en todo aspecto.

Al Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD director del proyecto y profesor durante toda la carrera, quien supo guiarnos y apoyarnos moralmente en las aulas de clases y en este ciclo final para que este trabajo sea el mejor posible.

Jissela

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado principalmente a Dios por concederme todo lo necesario y por haberme guiado en cada paso en este arduo caminar, cuidándome y dándome fuerzas para continuar.

A mis padres que con su ejemplo de responsabilidad han hecho de mí una persona de muchos valores, sobretodo la responsabilidad que ha preponderado en cada actividad que he realizado. Sin ellos jamás hubiese podido alcanzar este logro, ya que siempre han sido un pilar fundamental para mi superación personal como académicamente. Su tenacidad y lucha constante me han servido de motivación.

Jissela

Resumen Ejecutivo y Palabras Claves

Este trabajo tiene la finalidad de analizar resultados de investigaciones acerca del potencial nutricional de las técnicas de fermentación de subproductos agrícolas para la alimentación porcina. Para lo cual, se realizó una revisión bibliográfica de fermentación en estado sólido (FES) y líquida (FEL) a base de residuos agrícolas en la alimentación de ganado porcino. En esta investigación se presenta aspectos relacionados a la caracterización química de FES y FEL de subproductos agrícolas para uso en porcinos, la digestibilidad e indicadores productivos de cerdos alimentados con FES y FEL de subproductos agrícolas. Se concluye que los subproductos más usados para realizar FES y FEL son los alimentos energéticos y bajos en fibra generando un alimento de alta disponibilidad de nutrientes y con presencia de microorganismo (bacterias, levaduras y hongos filamentosos) que aumentan la digestibilidad y salud intestinal del cerdo además de inhibir metabolitos secundarios de especies vegetales y la presencia de microorganismos patógenos en el sistema digestivo de porcinos.

Palabras claves: fermentación, subproductos agrícolas, digestibilidad, comportamiento productivo, porcinos.

Executive Summary and Keywords

The purpose of this compilation was to analyze the research results about tropical agricultural by-products nutritional potential with fermentation techniques for pig feeding. A bibliographic review of fermentation in solid state (SSF) and liquid (SmF) based on crops residues in the feeding of swines was made. This systematization presents aspects related to the chemical characterization of SSF and SmF of agricultural by-products for use in hog. In conclusion, the by-products most used to realize SSF and SmF are energetic foods, low in fiber, generating high nutrients availability thanks to the presence of microorganism (bacterias, yeast and filamentous fungi). Both kind of fermentation increase the digestibility and intestinal health of the specie, in addition, it inhibiting secondary metabolites of vegetal species and the presence of pathogens their digestive system.

Key words: fermentation, agricultural by-products, digestibility, productive indices, pigs.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN 1

1.1. Planteamiento del problema 2

1.2. Objetivos 2

1.3. Justificación 3

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 5

2.1. Producción Porcina en Ecuador 5

2.1.1. Morfofisiología digestiva del cerdo 5

2.1.2. Requerimientos nutricionales de cerdos 6

2.2. Generalidades de los subproductos agrícolas 9

2.2.1. Banano orito (*Musa acuminata* AA), ... 9

2.2.2. Camote (*Ipomoea batatas* L), ... 9

2.2.4. Cítricos 10

2.2.6. Pulpa de manzana (*Malus domestica*) 12

2.2.7. Yuca (*Manihot esculenta*) 12

2.3. Tipos de fermentación 14

2.3.1. Fermentación en estado sólido 14

2.3.2. Fermentación en estado liquida 15

2.4. Fuentes de inóculos 16

2.4.1. Suero de leche 16

2.4.2. Yogurt natural 16

2.4.3. Guarapo y Cachaza 17

2.5. Microorganismos empleados en la fermentación 23

2.5.1. Bacterias homofermentativas y heterofermentativas 23

2.5.2. Levaduras 23

2.5.3. Hongos filamentosos 24
CAPÍTULO III. METOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 27
3.1. Localización 27
3.2. Tipo de Investigación 27
3.2.1. Investigación documental 27
3.3. Métodos de investigación 28
CAPITULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS 29
Resultados 29
Conclusiones y Recomendaciones 35
Referencias 36

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Necesidades nutricionales del cerdo en cada etapa del ciclo de producción.....8
Tabla 2 Composición química y factores anti nutricionales de los siete subproductos agrícolas 14
Tabla 3 Microorganismos empleados en proceso de la conservación de alimentos procesados por fermentación.....18
Tabla 4 Componentes químicos de la proteína producida por bacterias, levaduras y hongos ..24
Tabla 5 Composición química de FES de subproductos agrícolas para uso en porcinos.....30
Tabla 6 Composición química de FEL de subproductos agrícolas para uso en porcinos 30
Tabla 7 Digestibilidad de nutrientes en cerdos de crecimiento alimentados con FES de subproductos agrícolas 31
Tabla 8 Digestibilidad de nutrientes en cerdos de crecimiento alimentados con FEL de subproductos agrícolas 32
Tabla 9 Indicadores productivos en cerdos alimentados con FES de subproductos agrícolas..33
Tabla 10 Indicadores productivos en cerdos alimentados con FEL de subproductos agrícolas34

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La industria porcina a medida que transcurren los años se convierte más competitiva dado que la alimentación representa del 65 al 75% de los costos variables en una explotación (Arrieta et al., 2015). Cada vez la demanda de cereales es mayor por el uso para biocombustibles y el consumo humano, por cuanto se encarecen las materias primas (Lezcano et al., 2014). La energía, proteína, aminoácidos y fósforo son los indicadores de la calidad del alimento, ya que influyen sobre el crecimiento y desarrollo de los animales (Kiarie & Nyachoti, 2009).

El cerdo al ser animal monogástrico requiere que las dietas estén estrictamente balanceadas en proteína y energía para no tener afectación sobre la digestibilidad de los otros nutrientes. De hecho, el alimento es un insumo relevante en la rentabilidad de un sistema de producción porcina ya que la conversión en carne depende de la eficiencia del alimento, lo cual se refleja en la ganancia de la producción. La sostenibilidad de la explotación ganadera también está relacionada a la eficiencia de la alimentación ya que el pienso contiene altas cantidades de proteína cruda que libera nitrógeno al ambiente causando alteraciones al medio (Atsbeha et al., 2020).

Los piensos alternativos son considerados aquellos que están elaborados a partir de subproductos agrícolas y de agroindustria como materia prima. Para la implementación de residuos agrícolas e industriales en la dieta de porcinos, es necesario realizar procesos biotecnológicos como la fermentación para inhibir la presencia de metabolitos secundarios que se encuentran en estos alimentos (Agudelo, 2009).

Los subproductos agrícolas son reconocidos como una fuente barata de carbohidratos sin embargo para implementarlos en la dieta de cerdos deben ser procesados debido a que contienen sustancias toxicas como metabolitos secundarios. Para lo cual se ha utilizado las biotecnologías de fermentación en estado sólido y líquido que tienen la cualidad de anular factores anti nutricionales y elevar la disponibilidad de nutrientes (Bhargay, Panda, Ali, & Javed, 2008).

La importancia de la fermentación en estado sólido y líquida data de hace miles de años por su uso principalmente en la alimentación tanto en oriente como en occidente. Con el transcurso del tiempo estas biotecnologías se han llevado a gran escala por su significativo interés en la

industria de alimentos para personas y animales, farmacéutica, bioquímica, entre otras (Soccol et al., 2017).

1.1. Planteamiento del problema

El costo de la alimentación representa el 70% del total en una explotación porcina siendo de gran importancia el uso de subproductos agrícolas propios de la zona como una alternativa viable para paliar los altos costos de las materias primas, y la competencia con alimento de consumo humano (Rostagno et al., 2017). Además, la cantidad de residuos agrícolas potencialmente se pueden convertir en un problema ambiental grave, con el aprovechamiento de estos subproductos se logra una producción más sostenible.

De acuerdo a la literatura, se conoce que la FES y FEL son unas de las alternativas en la alimentación de monogástrico y poligástricos, con la presencia de microorganismos productores de enzimas y de proteína microbiana o unicelular PUC o SCP, por sus siglas en inglés single cell protein (Nasseri, Rasoul, Morowvat, & Ghasemi, 2011). Los cerdos comerciales requieren de una dieta que contenga principalmente alimentos energéticos y proteicos, para experimentar un óptimo desarrollo en las diferentes etapas de producción.

1.2. Objetivos

. 1.2.1. General

- Analizar resultados de investigaciones acerca del potencial nutricional de las técnicas de fermentación de subproductos agrícolas para alimentación porcina.

1.2.2. Específicos

- Realizar una selección metodológica de artículos, libros, tesis de posgrado y tesis de pregrado relacionadas a las técnicas de fermentación de subproductos agrícolas para alimentación porcina.
- Sistematizar la información encontrada identificando la situación actual de los conocimientos y las perspectivas de la investigación.

1.3. Justificación

La búsqueda de alimentos alternativos de pienso para animales se ha convertido en una de las prioridades de los organismos que garantizan la soberanía alimentaria y bienestar animal (Brea, Ortiz, Elías, Herrera, y Motta, 2014). Se ha creado una competencia en el consumo humano y animal de granos y cereales como el maíz y soya, además de las consecuencias ambientales (Caicedo, Viáfara, Rubio, Yanza, y Alves, 2019).

La elaboración de FES y FEL de subproductos agrícolas locales como banano orito, la caña de azúcar, la yuca, residuos de cítricos, pulpa de frutas, camote, papa china o taro, representa la reducción en el costo de producción de un sistema porcino debido a que son aprovechados los productos que no cumplen con los estándares para consumo humano. Su uso como un alimento alternativo en la dieta de cerdos es de menor valor económico que el uso exclusivo de alimentos balanceados así, el consumo de subproductos agrícolas permite la optimización de recursos naturales y económicos en un sistema de producción integral (Caicedo, Moyano, Valle, Díaz, y Caicedo, 2019).

La rentabilidad en un sistema de explotación, dado por la reducción de costos de producción permite continuar con las actividades agropecuarias que constituyen una fuente de ingresos económicos para el productor, por consiguiente, garantizará el acceso a necesidad básicas que respondan al buen vivir (Robalino, 2014).

En la región amazónica ecuatoriana (RAE) la mayor parte de subproductos agrícolas procede de la chacra de pueblos indígenas, dado que su forma de cultivar es no intensiva y el empleo de fertilizantes es casi nulo, además estos policultivos forman parte principal de su seguridad y soberanía alimentaria (Jordán, 2009). El excedente de este producto las comunidades indígenas lo comercializan de forma directa al consumidor mediante el mercado local. Con el aprovechamiento de subproductos agrícolas para la elaboración de FES y FEL impulsará a aumentar la producción de estos cultivos para la alimentación porcina, lo que favorecerá a la economía de pueblos y nacionalidades indígenas de la región (Robalino, 2014).

Diversos estudios comprueban un aumento proteico de subproductos agrícolas con FES y FEL de hasta un 11% de proteína verdadera. Estas dos técnicas de fermentación son denominadas como “revolución ganadera” por la creación de proteína a bajo costo y con alto rendimiento, además de ser procesos sencillos. Estas biotecnologías son consideradas como limpias ya que

realiza un manejo de residuos agrícolas dado que los utiliza como medios de cultivo, las fuentes de inóculos son de fácil manipulación y hay baja presencia de agua por lo que evita el tránsito de efluentes (Borras y Torres, 2016).

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Producción Porcina en Ecuador

El primer censo agropecuario del Ecuador georreferenciado se realizó en el 2010 por la Asociación de Porcicultores de Ecuador ASPE, AGROCALIDAD y el MAG que registraron 1737 granjas porcinas que tenían más de 20 animales por granja (Agencias Ecuatoriana de Aseguramiento de la calidad del Agro y Asociación de Porcicultores del Ecuador - AGROCALIDAD y ASPE-, 2010). En los últimos años la población porcina ha aumentado su demanda y por ende su producción, el consumo *per cápita* de la carne de cerdo en 2010 era de 7,3 kg/persona/año mientras que en el año 2016 había incrementado a 10 kg/persona/año, de igual forma la producción en traspatio llegó a 30.000 T/año. Ecuador cuenta con 1.115.473 cerdos (Asociación del Porcicultores del Ecuador –ASPE-, 2017).

En el año 2014 las provincias con mayor cantidad de ganado porcino son: Santo Domingo registra 608.075, en segundo lugar, Manabí con 157.285 y seguidamente por Chimborazo 149.606 semovientes (Mora, 2017).

2.1.1. Morfofisiología digestiva del cerdo

El sistema digestivo del cerdo consta de los siguientes órganos: boca, faringe, esófago, estómago, intestino delgado, intestino grueso, y de glándulas accesorias como el páncreas, hígado, vesícula biliar y salival; el tracto intestinal se considera como un conducto tubular, el cual consta de cuatro capas de adentro hacia afuera, las mismas que son: mucosa, submucosa, lámina muscular y capa serosa, este conducto cumple con la función de triturar, digerir, absorber y finalmente eliminar los desechos, no asimilados, como la fibra. La saliva está conformada por agua, electrolitos y la presencia de amilasa, la existencia de la amilasa está relacionada con la presencia del alimento, cuando hay alimento la saliva es más densa ya que aumenta la amilasa, mientras que cuando no hay alimento la saliva es más ligera por la menor secreción de amilasa, esto permite que el bolo alimenticio pase hacia el sistema digestivo, además que los movimientos peristálticos de la faringe lo faciliten (Moncada, 2015).

2.1.2. Requerimientos nutricionales de cerdos

La etapa de gestación de una cerda reproductora es de gran aprovechamiento de fibra ya que su tracto gastrointestinal (TGI) está bien desarrollado. El suministro de dietas en la etapa de gestación debe ser rica en nutrientes que le permita al torrente sanguíneo aumente la concentración de nutrientes ya que son absorbidos por los lechones. A partir de los cien días de cubrición aumenta el requerimiento nutricional de la cerda ya que esta fase se produce el 70% del crecimiento de los fetos (Raza, 2010).

En la etapa de recría se debe tener un cuidado especial dado que presenta un cambio drástico en su dieta de liquida a sólida, provocando trastornos gastrointestinales por lo cual se ve reflejado en su comportamiento productivo. El lechón necesita de una dieta altamente digestible que le permita cubrir sus necesidades o requerimientos y así poder alcanzar un peso y crecimiento óptimo y una buena conversión alimenticia. El alimento debe ser reforzado con probióticos, acidificantes y antidiarreicos garantizando un crecimiento ideal del animal con menos problemas gastrointestinales (Flores, 2018).

Los porcinos en etapa de crecimiento dependen de varios factores, como de la línea genética, raza, sexo, etapa de desarrollo, disponibilidad de nutrientes, consumo de la ración, estado sanitario del animal, temperatura, humedad. Los cerdos en la etapa de crecimiento requieren de un 16% de proteína en la primera etapa de crecimiento. El consumo de materia seca MS puede ser en un rango de 1,5 a 2 kg/día (Tizalema, 2014).

Los aminoácidos que están dentro de la proteína pueden ser absorbidas por el tracto gastrointestinal después de la digestión de la cadena proteica, lo cual admite valorar correctamente la materia prima en cuanto al aprovechamiento de los aminoácidos. Con respecto al aprovechamiento de la fibra, los cerdos, no poseen una gran capacidad para digerir la fibra en el intestino grueso, ya que su tracto gastrointestinal no es bien desarrollado y carecen de microorganismos que produzcan enzimas para degradar la pared celular (Silva y Silva, 2015).

Mora (2017) menciona que un porcino en la etapa adulta aprovecha en más cantidad la fibra ya que cuentan con un ciego bien desarrollado, los requerimientos que necesita en esta etapa como los minerales, proteína, energía, vitaminas, aminoácidos, grasas y agua a voluntad.

La energía es un nutriente esencial en la dieta animal por los efectos beneficios con la que cuenta como es en la digestión, respiración, diversas actividades fisiológicas y reproductivas del semoviente, la necesidad de energía y la ingesta del animal es de acuerdo al peso vivo del animal (Mora, 2017). Los requerimientos de la proteína y aminoácidos en los cerdos son de forma constante para realizar sus funciones metabólicas, formación de estructuras básicas como la queratina, colágeno. La deficiencia de proteína en la dieta del animal reduce el crecimiento, peso ya que los requerimientos de proteína son indispensables para realizar los procesos vitales de su cuerpo (Suin y Perlata, 2018). En la tabla 1 se muestra las necesidades nutricionales de los cerdos en sus diferentes etapas.

Tabla 1 Necesidades nutricionales del cerdo en cada etapa del ciclo de producción

	Reproductores			Lechones		Desarrollo			Finalización
Nutrientes	Gestación[a]	Lactantes[a]	Verracos[a]	Preinicio[a]	Destetados[a]	Crecimiento Machos[b]	Crecimiento Hembras[b]	Machos castrados[b]	Engorde[b]
Proteína bruta PB, %	10	15,5	13	18	16,5	16,5	13,2	12,71	13,2
Energía metabolizable EM, Kcal//kg	2880	3150	2970	2550	3200	2350	2300	3200	2250
Fibra bruta FB, %	5,6	4,4	6	2,5	3	3	3	3	3
Calcio, %	0,85	0,85	0,80	0,70	0,7	0,60	0,45	0,45	0,45
Lisina total, %	0,60	0,92	0,66	1,31	1,10	0,95	0,60	0,60	0,60
Lisina digestible, %	0,33	0,60	0,55	1,10	0,91	0,80	0,63	0,63	0,52
Metionina, %	0,21	0,28	0,17	3,14	0,34	0,25	0,15	0,15	0,23
Triptófano, %	0,09	0,12	0,11	0,22	0,19	0,15	0,11	0,11	0,10
Treonina, %	0,30	0,38	0,45	0,66	0,65	0,45	0,38	0,38	0,34
Fósforo total, %	0,60	0,60	0,64	0,60	0,60	0,58	0,40	0,40	0,40
Fósforo disponible, %	0,28	0,31	0,30	0,35	0,31	0,24	0,19	0,19	0,15

Fuente de datos: [a]García-Contreras, De Loera Ortega, Yagüe, Guevara, y García (2012); [b]Rostagno et al. (2011).

2.2. Generalidades de los subproductos agrícolas

2.2.1. Banano orito (*Musa acuminata* AA)

Origen

El banano orito también conocido como baby banana es originario de sureste asiático, principalmente de India, China, Filipinas y Malasia. Este subproducto agrícola se cultiva en zonas tropicales y subtropicales como en Ecuador, Colombia, Venezuela y México (Ponce, 2013).

Características

El banano orito está en grupo de la familia *Museaceas*, este cultivo es de gran tamaño que puede alcanzar 4 metros de altura tienen tallos falsos, hojas grandes de color verde, es perenne y su fructificación son pequeños racimos con gran número de dedos gruesos y cortos (Mantilla, 2015).

Producción nacional

El orito (*Musa acuminata* AA), son cultivados aproximadamente 8.000 has en las provincias de Guayas, El Oro, Azuay, Cotopaxi, y Bolívar, el cultivo del orito apareció de la mano de los medianos y pequeños productores con delimitados recursos económicos desarrollados con sus propios sistemas de manejo orgánico y tradicional (Yánez y Mera, 2018).

2.2.2. Camote (*Ipomoea batatas* L)

Origen

El camote **(***Ipomoea batatas* L**),** es originario de la Península Yucatán en México y se ha diseminando por el Rio Orinoco, Venezuela y pasa América de sur, Perú y llega a Ecuador (Cobeña, 2017).

Características

El cultivo de camote es de tipo rastrero consta de un sistema radicular que llega hasta 1,20 metros de longitud, tiene tallos arbustivos erectos cortos, sus hojas son simples, en cuanto a la inflorescencia es en forma de racimos, los frutos son en forma de unas pequeñas capsulas redondeadas (Cobeña, 2017).

Producción nacional

Existe una gran variedad del camote o batatas (*Ipomoea batatas* L), en Ecuador las especies se clasifican por su coloración de la pulpa, la más consumida es la de pulpa de color morada en las regiones Costa, Sierra y Oriente. En el año 2009 se cosecha 1147 ha, un total de 3442 T de producción total en Ecuador. En Manabí utilizan la batata para consumo humano y animal (Motato, Cevallos, Pincay, Anchundia y Anchundia, 2016).

2.2.3. Caña de azúcar (*Saccharum officinarun*)

Origen

La caña de azúcar originaria de Nueva Guinea, y se ha desminado a India hasta China, la caña de azúcar se adapta muy bien en las zonas tropicales (Mejía, 2017).

Características

Este cultivo cuenta con una raíz subterránea, se reproduce por medio de partes vegetativas como en trozos del tallo. Se pueden sacar varios subproductos como la azúcar, miel, bagazo y cachaza por medio de un procesamiento del mismo que son utilizados para la alimentación de animales (Mejía, 2017).

Producción nacional

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censo -INEC-, (2013) en Ecuador existe una producción total de 12.237.411,35 T en el año 2004, al transcurrir los años disminuye la producción a 7.158.265,08 T en el año 2013.

2.2.4. Cítricos (*Citrus*)

Origen

El género *Citrus* se encuentra distribuido por todo el mundo, su diversificado se atribuye al sudeste asiático en la época del Mioceno tardío y en el Plioceno temprano y al noreste de la India (Guohong et al., 2018).

Características

Entre los cítricos más cultivados están la naranja, el limón, la mandarina y toronja por su importancia comercial. El género Citrus es cultivado principalmente en las regiones que se denomina cinturones citrícolas, dadas las condiciones climáticas y edafológicas (Cleves, 2012).

Producción nacional

En el Ecuador se cultivan 19.288 has de naranja con una producción de alrededor de 103.121 T/año de fruta fresca (INEC, 2018).

2.2.5. Papa china o Taro (*Colocasia esculenta* L.)

Origen

La papa china (*Colocasia esculenta* L.), originaria de la India y Bangladesh la cual se extiende al sur de Asía a la Isla del Pacifico hasta el Oeste Egipto y al Mediterráneo. En Ecuador se produce principalmente en las Provincias El Oro, Quevedo, Pastaza y Morona Santiago, el manejo de este cultivo es de forma orgánica por la cual es muy apreciada en mercado internacional, nacional y local (Buenaño, 2015).

Características

La reproducción del cultivo de la papa china es asexual, la planta es de color verde, alcanza hasta dos metros de altura, las hojas en forma de corazón, la pulpa del tubérculo es de color blanco (Rodríguez, 2017).

Producción nacional

El cultivo de papa china en Ecuador se cultiva en las provincias de Napo y Pastaza donde existe una gran cantidad de producción que utilizan para la alimentación de porcinos, producto que no cumplen con las exigencias establecidas para el consumo y para ser comercializados. En Ecuador produce 167.689 T que son dirigidas al mercado nacional e internacional un 80% y 31.442 T utilizada para la alimentación humana y animal (Rodríguez, 2017).

2.2.6. Pulpa de manzana (*Malus domestica*)

Origen

Se atribuye el origen del manzano a Europa y Asía a una selección y entrecruzamiento de algunas variedades del Centro de Asia desde hace más de 150.000 años. El manzano arribó a Ecuador a partir de la colonización y se asentó en el cantón Píllaro, más tarde su producción extendió a más provincias de la Sierra y hasta la década de los 90´ s constituyo el frutal con mayor importancia económica (Rosero, 2014).

Características

Es uno de los cultivos más importantes y desarrollados a nivel mundial, este cultivar es tan antiguo incluso como la humanidad. Se han hecho entrecruzamientos de alrededor de 7000 variedades, las mismas que están distribuida alrededor del mundo en climas templados (Hidalgo, 2016).

Producción nacional

Por la presencia de la Cordillera de los Andes fue posible la adaptación del manzano, es por ello que su producción se concentra en las provincias centrales de la Sierra ecuatoriana, principalmente en la provincia de Tungurahua (Rosero, 2014).

2.2.7. Yuca (*Manihot esculenta*)

Origen

Suárez-Guerra (2011) menciona que la yuca es propia de América, hace más de 5000 años se encontraba en el noreste de Brasil y Venezuela. Con el transcurso del tiempo se extendió al resto de países de América con condiciones similares de su origen, sin embrago, menciona que algunos autores señalan que la yuca no tiene un centro de origen.

Características

Entre las condiciones edafológicas que requiere la yuca están: la temperatura entre 25 a 27 °C con un mínimo de 17 °C y un máximo de 30 °C, necesita de 10 a 12 horas de fotoperiodo, se acondiciona a una precipitación que oscile entre los 750 a 3000 mm, tiene preferencia por los suelos franco arenosos que tengan buena infiltración y un pH entre 5,5 a 7,5 (Hinostroza, Mendoza, Navarrete y Muñoz, 2014).

Producción nacional

En Ecuador la yuca es cultivada en todas sus regiones: Costa, Sierra, Amazonía y Galápagos, la mayoría de su producción continúa siendo con técnicas ancestrales, ya que este cultivar lo permite por su gran resistencia a sequias y a plagas y enfermedades. Cuenta con una superficie de cosecha de 22 000 has, con un rendimiento de 4 T/ha, mientras que el consumo *per cápita* ecuatoriano es de 12 kg/persona. Las provincias con mayor producción de yuca son: primero Morona Santiago, segunda de Cotopaxi y en tercer lugar Santo Domingo (Hinostroza et al., 2014). En la tabla 2 se muestra el valor nutricional y los factores anti nutricionales de los subproductos agrícolas (banano orito, camote, caña de azúcar, naranja, papa china, pulpa de manzana y yuca).

Tabla 2 Composición química y factores anti nutricionales de los siete subproductos agrícolas

Nutrientes	Banano orito[ab]	Camote[cd]	Caña de azúcar[e]	Naranja[cf]	Papa china[cg]	Pulpa de manzana[ch]	Yuca[ci]
MS, %	-	30,0	22,2	13,5	28,6	22,37	37,6
PB, %	3,9	5,5	1,4	7,4	5,4	2,16	2,6
FB, %	-	3,8	17,0	9,4	2,5	-	3,7
FND, %	-	11,3	-	11,9	3,4	23,5	7,8
FAD, %	-	5,2	-	-	2,0	32,2	5,3
Lignina, %	-	1,1	-	-	0,4	3,11	1,6
EE, %	-	1,1	0,19	1,0	0,9	-	0,8
Ceniza, %	1,06	3,6	3,1	4,1	4,0	-	2,8
Almidón, %	20,1	69,3	20,0	-	80,2	-	80,8
Azucares totales, %	1,6	9,1	40,0	-	3,6	-	-
EB, MJ/kg	-	17,4	-	17,6	17,2	-	17,1
Factores anti nutricionales	Taninos	Tripsina	-	Ascorbasa	Oxalato de calcio	Cianuro, taninos, pectinas	Glucócidos cianogénicos

Fuentes: [a]Espinosa (2013); [b]Noles (2018); [c]INRA, CIRAD, FAO (2019); [d]Esquivel y Velázquez (2014); [e]Aranda, Ramos, Mendoza y Bueno (2018); [f]Rodríguez (2014); [g]Caicedo et al. (2017); [h]Hidalgo (2016); [i]Knowles (2012).

2.3. Tipos de fermentación

2.3.1. Fermentación en estado sólido

La fermentación en estado sólido consiste en el desarrollo de microorganismos con la capacidad de absorber o mantener el agua en el sustrato ya sea con la presencia o ausencia de nutrientes solubles, sin embargo, es importante que los microorganismos se encuentren en medios con nutrientes difusibles en la interface semisólida (Viniegra-González, 1997).

Raimbault (1998) señala que la FES es un proceso biotecnológico que consiste en el aprovechamiento de residuos agrícolas y agroindustriales para viabilizar la producción proteica,

enzimas y otros productos resultantes de alto valor nutricional, además desintoxicar esas materias al inhibir metabolitos secundarios que impiden el uso intensivo de la biomasa.

La FES es un proceso anaerobio en el que habitan microorganismos en un sustrato rico en nitrógeno para la formación de enzimas, ácidos orgánicos y proteína microbiana, bajo condiciones de temperatura, pH y humedad, sin embargo, no hay presencia de agua libre. La FES es una fuente proteica y energética de poco valor económico en relación a los alimentos balanceados (Borras y Torres, 2016).

2.3.2. Fermentación en estado liquida

Crueger & Crueger, (1993) indican que la FEL, también conocida como fermentación sumergida es un conjunto de reacciones catabólicas para la obtención de productos orgánicos y de adenosin trifosfato (ATP) por vía de fosforilación. Este es un proceso de oxidación incompleta en la cual es vital la presencia de material líquido y de nutrientes. Los microorganismos como bacterias y levaduras se desarrollan en la superficie de la solución mientras que los hongos filamentosos requieren de un sustrato casi libre de humedad.

Sagar (2019) manifiesta que la FEL es una técnica de conversión biológica de sustratos compuestos a simples con la ayuda de microorganismo como hongos y bacterias, en el proceso de descomposición liberan compuestos adicionales llamados metabolitos secundarios como antibióticos hasta pépticos, enzimas y factores de crecimiento, también productos de fermentación como dióxido de carbono y alcohol.

La FEL es un proceso biotecnológico en la que se aprovecha los productos agrícolas para procesar en una alternativa asequible para el uso en la alimentación animal (Caicedo, Moyano, Valle, Díaz y Caicedo, 2019). Además, permite conservar la materia prima por periodos prolongados de tiempo (Mendoza y Martínez, 2019). Este proceso biotecnológico permite un apropiado control de ácido láctico, pH y amoniaco para lograr un ensilaje de buenas características nutricionales, microbiológicas y organolépticas sin peligro de ser transmisor de enfermedades a los animales (Wanga, Muhammada, Liua, Huangb y Cao, 2016).

La FEL es un método de fabricación de biomoléculas en que las enzimas y compuestos reactivos sumerge en un líquido como alcohol, aceite y caldo de nutrientes, en este proceso se utiliza líquidos libres de flujo como la melaza y caldos (Sagar, 2019).

2.4. Fuentes de inóculos

2.4.1. Suero de leche

El suero de leche (SL), un subproducto de la industria quesera, tiene lactosa, proteínas de alto valor biológico (lactoglobulinas y albúminas), lípidos, minerales y vitaminas y gran potencial utilizado como alimento para cerdos, los microorganismos que se encuentran en el SL son: *Lactobacillus acidophilus, L. casie, L. reuteri y Bifidobacterium* baterías benéficas en la alimentación animal porcina (Montero-Lagunes, Juárez-Lagunes y García-Galindo, 2009). Los sueros lácteos como alimentos que contienen *Lactoalbuminas, Lactoglobulinas* y lactosa tienen alta proporción de contenido proteico y energético para la dieta alimenticia. El suero debido a su alto contenido de lactosa hace que sea un alimento altamente digestible para los lechones, mientras que otros glúcidos inducen problemas digestivos. En porcinos adultos es diferente la situación, la digestibilidad intestinal es menor en la alimentación con alto contenido de suero (Bauza, Gil, González, Silva, y Panissa, 2011).

Haberkorn (2018) indica que este producto se lo considera como pro biótico y prebiótico de excelente calidad, también se lo considera un aditivo que mejora el funcionamiento metabólico del animal y le da una textura, color y sabor del alimento y hace más apetecible para el animal.

2.4.2. Yogurt natural

El yogurt natural es el producto coagulado obtenido por medio de la fermentación láctica de la leche o con mezcla de derivados lácticos mediante las bacterias lácticas *Lactobacillus bilgaricus y Streptococos themophilus* este producto no contiene adición de fruta, azúcar y endulzante. Cada especie de bacterias incita el crecimiento de la otra y su metabolismo que dan como resultado al producto final la textura cremosa y un ligero sabor ácido. Este producto es un alimento altamente nutritivo que regula la flora intestinal, también restaura las funciones hepáticas y es rápida digestibilidad (Vera, 2011).

Andrade y Bermúdez (2018) manifiestan que en los últimos años la alimentación de animales avanzado mucho gracias a la ciencia, por lo que se considera que el yogurt es un producto muy importante en la dieta animal, se utiliza en la crianza de ciertas especies, también es utilizado en la incorporación de ensilado, fermentados para la preparación de alimentación de porcinos y lograr mejor ganancia de peso. Los beneficios de este producto no solo están dentro de la alimentación humana sino también en la alimentación animal brindando muchas ventajas en los

animales, gracias a su alto contenido de proteínas y probióticos que provee reacciones positivas en el organismo de los animales como los cerdos.

2.4.3. Guarapo y Cachaza

El guarapo es el jugo extraído por medio del proceso de la molienda de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), esta fruta altamente de contenido de azúcares, pero esto depende debido a su variedad, maduración y calidad de la fruta. El guarapo contiene solidos solubles como sacarosa, glucosa y fructosa también contiene compuestos no azúcares como ceras, grasas, ácidos orgánicos, pectinas y colorantes. Los microorganismos que se encuentra durante la fermentación del guarapo constituyen levaduras *Saccharomyces cerevisiae, Crytococcus laurentii, Candida utilis, C. guilliermondii Phodotorula mucilaginosa* (Armijos, 2016).

El jugo de la caña de azúcar está destinado para el suministro de vacas, cerdos y aves; es utilizada como fuente energética en la etapa de crecimiento de los animales, en la literatura se enfatiza que el guarapo posee suficientes nutrientes que estimula la actividad de microorganismos y el crecimiento de los animales por su alta concentración de sacarosa (Gutiérrez y Pulla, 2016).

La cachaza es un resido de la caña de azúcar resultante del proceso de la fabricación de la panela y del azúcar crudo. Es un residuo rico en fosforo, nitrógeno, calcio y materia orgánica, pero tiene mínima cantidad de potasio (Armijos, 2016). En la tabla 3 se muestra microorganismos empleados en proceso de la conservación de alimentos procesados por fermentación.

Tabla 3 Microorganismos empleados en proceso de la conservación de alimentos procesados por fermentación

a. Bacterias

Representantes[abc]	**Sustratos**[abc]	**Fuentes de Inóculo**[dfgh]	**Vía Fermentativa**[ijk]	**Productos**[ijk]	**Ventajas**[cglmn]	**Observaciones**[clmn]
Aeromonas hydrophylla	Lactosa	Suero de leche, yogurt	Acidoláctica	PUC, ATP, ácido láctico, ácido acético y etanol	Se usa sustratos simples	A gran escala supone problemas de control en el sustrato de nutrientes, temperatura, pH, humedad
Acinetobacter calcoaceticus	Etanol	Guarapo, Vinaza	Acética	PUC, ATP, Ácido acético	Ocupa poco espacio	-
Bacillus subxilis	Celulosa y Hemicelulos	Cachaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	No requiere de alta tecnología	-
Celllulomonas sp.	Celulosa y Hemicelulos	Cachaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	-	Algunos microorganismo son limitados
Flavobacterium sp.	Celulosa y Hemicelulos	Cachaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	Disminuye la contaminación ambiental	-
Thermonospora fusca	Celulosa y Hemicelulos	Cachaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	-	La cultura de occidente rechazan usar microorganismo para la elaboración de alimentos

Lactobacillus sp.	Glucosa, maltosa y lactosa	Guarapo, cachaza, melaza, suero de leche, yogurt	Acidoláctica	PUC, ATP, ácido láctico, ácido acético y etanol	Rendimientos altos	-
Rhodopseudomonas capsulata	Glucosa	Guarapo, cachaza, melaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	-	-
Brevibacterium	Celulósicos	Cachaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	Incremento de energía	-
Ruminococcus	Celulósicos	Cachaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	-	-
Thermococcus	Celulósicos	Cachaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	Incremento de probióticos	En fermentación en estado líquida se obtienen concentraciones muy diluidas de PUC

Fuente: [a]Bhalla, Sharma y Sharma (2007); [b]Crueger y Crueger (1989); [c]Chacón (2004); [d]Caicedo et al. (2019); [e]Caicedo et al. (2019); [f]Caicedo et al. (2013); [g]Gavilanes y Asitimbay (2020); [h]Cobos (2017); [i]Bailón (2012); [j]Kauffman y Mayo (1994); [k]Ganguly (2013); [l]Hesseltine (1972); [m]Pérez (1996); [n]Tizalema (2014).

b. Levaduras

Representantes[abc]	**Sustratos[abc]**	**Fuentes de Inóculo[dfgh]**	**Vía Fermentativa[ijk]**	**Productos[ijk]**	**Ventajas[cglmn]**
Amoco torula	Etanol	Guarapo, Vinaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	Bajo costo de inversión
Candida tropicalis	Maltosa y glucosa	Guarapo, cachaza, melaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	-

Candida utilis	Glucosa	Guarapo, cachaza, melaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	Aprovechamiento de residuos
Candida intermedia	Lactosa	Suero de leche, yogurt	Acética	PUC, ATP, ácido láctico, ácido acético y etanol	El producto final se le incorpora directamente en la dieta
Sacharomyces cereviciae	Lactosa, pentosa y maltosa	Suero de leche, yogurt, melaza, guarapo	Acética	PUC, ATP, ácido láctico, ácido acético y etanol	-
Pachysolen	Azúcares	Guarapo, cachaza, melaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	-
Pichia	Azúcares	Guarapo, cachaza, melaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	Rápidas tasas de crecimiento y productividad de microorganismo
Torula	Azúcares	Guarapo, cachaza, melaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	-
Torulopsis	Azúcares	Guarapo, cachaza, melaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	-
Kluveromyces fragilis	Azúcares	Guarapo, cachaza, melaza	Acética	-	Fácil requerimiento nutricional de microorganismos

Fuente: [a]Bhalla, Sharma y Sharma (2007); [b]Crueger y Crueger (1989); [c]Chacón (2004);[d]Caicedo et al. (2019); [e]Caicedo et al. (2019); [f]Caicedo et al. (2013); [g]Gavilanes y Asitimbay (2020); [h]Cobos (2017); [i]Bailón (2012); [j]Kauffman y Mayo (1994); [k]Ganguly (2013);[l]Hesseltine (1972); [m]Pérez (1996); [n]Tizalema (2014).

c. Hongos

Representantes[abc]	Sustratos[abc]	Fuentes de Inóculo[dfgh]	Vía Fermentativa[ijk]	Productos[ijk]	Ventajas[cglmn]
Aspergillus fumigatus	Maltosa y Glucosa	Guarapo, cachaza, melaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	-
Aspergillus niger	Celulosa y hemicelulosa	Cachaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	Cualquier sustrato con fuente de carbono orgánico puede ser sustrato
Aspergillus oryzae	Celulosa y hemicelulosa	Cachaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	-
Cephalosporium eichhominae	Celulosa y hemicelulosa	Cachaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	-
Chaetomium cellulolyticum	Celulosa y hemicelulosa	Cachaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	Microorganismos son más fáciles de manejar genéticamente, por lo que facilita el mejoramiento y transferencia
Penicillium cylopium	Glucosa, lactosa y galactosa	Suero de leche, yogurt	Acidoláctica	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	-
Rhizopus chinensis	Celulosa y pentosa	Cachaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	-
Trichoderma viridae	Celulosa y pentosa	Cachaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	-
Scytalidium acidophylum	Celulosa y pentosa	Cachaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	Sistema de producción continuo
Trichoderma alba	Celulosa y pentosa	Cachaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	-

Aureobasidium pullulans	Azúcares	Guarapo, cachaza, melaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	No afecta las condiciones climáticas
Fusarium	Azúcares	Guarapo, cachaza, melaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	-
Geotrichum	Azúcares	Guarapo, cachaza, melaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	No requiere áreas de producción grandes y tecnificadas
Paecilomyces	Azúcares	Guarapo, cachaza, melaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	-
Rhodotorula	Azúcares	Guarapo, cachaza, melaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	-
Myrothecium	Celulósicos	Cachaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	Elevado contenido vitamínico
Pleurotus	Celulósicos	Cachaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	-
Sporotrichum	Celulósicos	Cachaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	Producción de ácidos nucleicos
Endomycopsis	Celulósicos	Cachaza	Acética	PUC, ATP, etanol, dióxido de carbono	-

Fuente: [a]Bhalla, Sharma y Sharma 2007; [b]Crueger y Crueger (1989); [c]Chacón (2004), [d]Caicedo et al. (2019); [e]Caicedo et al. (2019); [f]Caicedo et al. (2013); [g]Gavilanes y Asitimbay (2020); [h]Cobos (2017); [i]Bailón (2012); [j]Kauffman y Mayo (1994); [k]Ganguly (2013); [l]Hesseltine (1972); [m]Pérez (1996); [n]Tizalema (2014).

2.5. Microorganismos empleados en la fermentación

2.5.1. Bacterias homofermentativas y heterofermentativas

Las bacterias ácido lácticas (BAL) están clasificadas como homofermentativas y heterofermentativas, estos grupos de bacterias son indispensables para formar una consistente y exitosa fermentación es el uso como probióticos al ser aisladores de microorganismos patógenos (Parra, 2010). Las BAL son anaeróbicas, no móviles, carecen de citocromos, no reducen el nitrato a nitrito, son acido tolerante por lo que se pueden estar en pH tan bajos como de 3-2 y tan altos como pH de 9,6 pero su pH ideal es de 4 y 4,5 en constancia, son resistentes en ambientes donde se producen los ácidos orgánicos a diferencia de otras bacterias que son susceptibles a este medio.

Las BAL se alimentan principalmente de azúcares como glucosa y lactosa, vitaminas, aminoácidos, entre otros (Ramírez, Ulloa, Velázquez, Ulloa, y Arce, 2011).

Parra (2010) señala que las bacterias homofermentativas solo producen ácido láctico mientras que lass bacterias heterofermentativas producen ácido láctico y otros productos como ácido acético y etanol, las primeras bacterias producen solo el 85% de ácido acético a partir de glucosa a diferencia el segundo grupo de bacterias produce solo el 50% de ácido acético (Parra, 2010).

El grupo de bacterias homofermentitavas están compuesto por *Lactococcus, Pedioccocus, Enterococcus, Vagococcus y Streptococus,* mientras que en el grupo de bacterias heterofermentativas se encuentran *Oenococcus, Weicella, Carnobacterium, Lactosphaera, Leuconostoc* y algunos *Lactobacillus* (Ramírez et al., 2011)

2.5.2. Levaduras

Las levaduras son los organismos más utilizados en técnicas de fermentación por su gran capacidad de producción de proteína unicelular (PUC). Incluso, llegan a alcanzar porcentajes de proteína superiores a los alimentos que se consumen tradicionalmente para la alimentación animal como la harina de pescado, soja y cereales, permitiendo que estos sean consumidos por humanos (Reyes-Sánchez, Mendieta-Araica, Rodríguez y Caldera, 2018).

Las levaduras producen ácidos orgánicos, pentosas y metil pentosa, alcohol de azúcares, polisacáridos e incluso el i-inositol para la síntesis proteica (Moyano, 2014).

Entre las principales levaduras fermentativas están *Pichia guilliermondii* LEV, *Saccharomyces cerevisiae, Candida albicans, C, tropicalis, C. krusei, C. parsilosisis, C. pintolopessi y C. lipolytica*, estas son productoras de etanol y de CO_2 (Puerta, 2012).

2.5.3. Hongos filamentosos

La estructura micelar de los hongos les faculta que tenga una capacidad de adherencia y penetración sobre sustratos, también cuentan con ventajas para las síntesis de carbono ya que tienen organismos completos para la absorción de polisacáridos (Moyano, 2014).

Los hongos crecen a temperatura ambiente, se adaptan fácilmente a los sustratos, poseen capacidad de degradación de lignosacáridos, y son organismos con potencial de producción de enzimas y biomasa (Rodríguez, Crescencia, Agulera y Serrat, 2016).

Los hongos utilizados en procesos de FES y FEL incluyen los siguientes géneros *Trichoderma, Alternaria y* en algunos casos *Penicillium y Aspergillus* y los basidiomicetos *Pleurotus trametes* (Puerta, 2012). En la tabla 4 se muestras los componentes químicos de la proteína producida (bacterias, levaduras y hongos).

Tabla 4 Componentes químicos de la proteína producida por bacterias, levaduras y hongos

	Bacterias	**Levaduras**	**Hongos**
Análisis químico en Base Seca (BS)[abcdef]			
Proteína (%)	50-83	45-56	30-50
Grasa (%)	1,5-3	2-6	2-8
Cenizas (%)	3-7	5-9,5	9-14
Ácidos nucleicos (%)	8-16	6-12	7-10
Aminoácidos (%)	65	54	-
Humedad (%)	2,8	4,5	13
Parámetros Nutricionales de la PUC[bf]			
Valor Biológico	70-78	32-88	70-75
Utilización neta de Proteína (NTU)	47-64	64-82	-
Digestibilidad (D)	67-84	71-90	-
Aminoácidos esenciales promedio en g/100g proteína de PU [abcg]			
Lisina (g)	7.6	7.7	3.9
Treonina (g)	5.4	4.8	
Methionina (g)	2	1.7	1
Cisteína (g)	-	-	-
Triptófano (g)	-	1	1.25
Isoleucina (g)	5.3	4.6	3.2
Leucina (g)	7.3	7	5.5
Valina (g)	7.1	5.3	3.9
Fenilalanina (g)	4.6	4.1	2.8
Histidina (g)	7.8	2.7	-
Arginina (g)	6.4	2.4	-
Tiempo de duplicación (h) [e]	0,3-2	1-3	4-12

Fuente: [a]Crueger y Crueger (1989); [b]Durán (1989); [c]Chacón (2014); [d]Miller y Litsky (1976); [e]Nasseeri et al. (2011); [f]Chacón (2004); [g]Israelidis (2003).

2.6. Actividad antioxidante de los fermentados

Los antioxidantes son compuestos químicos que cumplen un rol muy importante en el ámbito celular utilizados para neutralizar a los radicales libres actuando sobre las moléculas que inducen al proceso bioquímico para así mantener en equilibrio el estado de salud del animal (Carné et al., 2013). Son elementos fundamentales en el metabolismo ya que poseen un alto poder reactivo y para estabilizar la oxidación de biomoléculas como proteínas, ácidos nucleicos, lípidos y polisacáridos evitando el envejecimiento, muerte celular (Vallejo- Zamudio, Rojas-Velázquez y Torres-Bugarín, 2018).

La importancia de los antioxidantes es proteger y prevenir de ciertas enfermedades muchas de ellas relacionadas con la inmunidad, generada por el estrés al que son sometidos los animales (Echevarría et al., 2016). El uso de antioxidantes en la alimentación de animales mejora los rendimientos de la producción optimizando mayores ingresos económicos también ayuda a obtener carne de calidad (Córdova-Izquierdo y Iglesias-Reyes, 2017).

Las bacterias ácido lácticas (BAL) permiten la liberación de compuestos fenólicos después de la hidrolisis ácida y enzimática en la fermentación del sustrato, esto genera actividad antioxidante. El contenido de fenoles libres producidos por las BAL permite que incremente actividad antioxidante de la fermentación de subproductos y en consecuencia crea un beneficio en la dieta de cerdos ya que la actividad antioxidante faculta la absorción de otros nutrientes suministrados en la dieta (Caicedo et al., 2020).

Tipos de antioxidantes

Antioxidantes primarios son los que imposibilitan la formación de radicales libres los cuales contribuyen a la eficacia de los antioxidantes secundarios.

Antioxidantes secundarios interceptan los radicales libres en los cuales rompen las cadenas de propagación de la oxidación. Son compuestos fenólicos que donan electrones en forma de iones de hidrogeno para que reaccionen con los radicales libres recién formados para estabilizarlos. También en este grupo esta antioxidantes de síntesis como Butil Hidroxi Aniso (BHA), Terbutilhidroquinona (TBHQ), Galato de propilo, Etoxiquina. Los antioxidantes naturales se

destacan los tocoferoles presentes en las plantas aromáticas, vitamina E, y vitamina C presentes en extractos como el té verde, cítricos (Carné, Zaragoza, y Mascarell, 2013).

CAPÍTULO III. METOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

Debido a las condiciones de la pandemia, el estudio se ejecutará en modalidad online revisando información científica desde la casa bajo el asesoramiento del tutor por la plataforma TEAMS.

3.2. Tipo de Investigación

La presenta investigación es considerada no experimental con modalidad exploratoria, informativa y documental.

Exploratoria: Este tipo de investigación se encarga de probar que algo es correcto o incorrecto. Además, de encontrar soluciones y alternativas después de evaluar la información investigada.

Informativa: Se encarga de mostrar la información relevante sobre un tema específico que viene de diversas fuentes.

Documental: Se realizó una revisión descriptiva de investigaciones publicadas en sitios Web (internet), revistas indexadas en base de datos reconocidos, tesis doctorales, artículos científicos, repositorios digitales universitarios, citas que describan análisis relacionados con los procesos de FES y FEL de subproductos agrícolas. Los criterios de inclusión considerados para la búsqueda de información fueron los siguientes: 1) Palabras claves. Se utilizaron las siguientes palabras claves (FES y FEL), composición química de subproductos agrícolas, fuentes de inoculo, microorganismos, 2) Año de publicación. El 50% de los estudios de los últimos cinco años (2015); y 3) Estudios revisados: se efectuó una búsqueda de información en idioma español e inglés. Finalmente, los criterios de exclusión fueron: 1) Información que no esté relacionada con la revisión bibliográfica; 2) Información que no tenga una fuente oficial o verificable.

3.2.1. Investigación documental

Se realizará una revisión descriptiva de investigaciones publicadas en sitios web, revistas, tesis posgrados y pregrados, artículos científicos, repositorios digitales universitarios.

3.2.2. Investigación no experimental

Se trabajará a partir de una base de datos obtenidos de trabajos científicos que se encuentran en publicaciones en bases de Scopus, Latindex, Web of Sciencie, repositorios de tesis, libros, y otras fuentes de difusión científica e investigativa.

3.3. Métodos de investigación

Los métodos de investigación empleados fueron: primario y secundario, el primero porque la investigación es a partir de fuentes primarias, y el método secundario responde a la información de estudios experimentales, sobre todo cuantitativos.

CAPITULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Resultados

Características químicas de FES y FEL de subproductos agrícolas para uso en porcinos

Para la elaboración de FES y FEL se han usado materias primas locales que presentan bajos costos y que se encuentren disponibles durante todo el año. Los subproductos agrícolas energéticos combinados con melaza y fuentes de inóculos de levaduras y bacterias lácticas han sido usados como sustratos para la producción de FES y FEL, ya que estabilizan el pH, minimizan o eliminan los metabolitos secundarios, se produce proteína microbiana y conservan el alimento por tiempo prolongado (García, Arrázola, Durango, 2010; Rendón et al., 2013).

El pH es uno de los factores más relevantes en el proceso de FES y FEL y está estrechamente relacionado con la calidad final del alimento. La inoculación inicial con bacterias lácticas y levaduras producen acidez en el medio para inhibir el crecimiento de microorganismos putrefactivos o patógenos que alteran el valor nutritivo del alimento (González y Marín, 2005).

Caicedo et al. (2018) evaluaron el efecto de inocuidad del FEL de tubérculos de papa china y reportaron valores de pH entre 3,8 a 4 a las 96 h post-elaboración, producto de la rápida acidificación del medio registraron ausencia de microorganismos putrefactivos y patógenos como levaduras, mohos, coliformes, *Salmonella* spp y *Escherichia coli*. La composición química de los diferentes subproductos agrícolas procesados por FES y FEL se observan en las tablas 5 y 6. Respecto en los subproductos en estado natural (tabla 2), los alimentos procesados por FES y FEL mostraron incrementos en los contenidos de proteína bruta, y una reducción en los tenores de fibra bruta, esto es satisfactorio para la alimentación de los cerdos.

Tabla 5 Composición química de FES de subproductos agrícolas para uso en porcinos

	Banano orito[a]	Camote[b]	Naranja[c]	Papa china[d]	Pulpa de manzana[e]	Yuca[f]
pH	4,15	3,63	3,34	-	-	-
MS, %	45,9	25,12	16,61	20,41	22,37	29,3
PB, %	13,1	6,24	9,36	8,28	7,16	9,90
FB, %	2,72	2,21	-	2,85	-	1,86
Ceniza, %	9,65	6,66	4,38	8,84	3,11	2,09
EE, %	3,74	-	1,26	-	-	2,51
ELN, %	77,3	-	72,75	-	-	-
EB, kcal/kg	3847	-	-	-	-	-
ED, kcal/kg	-	-	-	3335	-	-

Fuente: [a]Caicedo, Flores y Caicedo (2020); [b]Guerrero (2013); [c]Pinzón y Lemus (2017); [d]Caicedo et al. (2018); [e]Orozco (2015); [g]Salguero (2009).

Tabla 6 Composición química de FEL de subproductos agrícolas para uso en porcinos

Componentes	Banano orito[a]	Camote[b]	Papa china[c]	Yuca[d]
pH	3,96	-	-	-
MS, %	21,18	21,81	18	26
PB, %	7,88	7	8,33	9,80
FB, %	0,65	2,92	3,35	-
Ceniza, %	2,61	11,79	4,76	-
EE, %	1,60	-	-	-
ELN, %	80,28	-	-	-
EB, kcal/kg	-	-	-	-
ED, kcal/kg	-	-	-	3200
EM, kcal/kg	-	-	3237,85	-

Fuente: [a]Caicedo, Alves, Pérez, Flores y Motta (2020); [b]Lezcano et al. (2015); [c]Caicedo, Ferreira y Caicedo (2020); [d]Caicedo y Valle (2018).

Digestibilidad de cerdos en crecimiento alimentados con FES y FEL de subproductos agrícolas

Los estudios de digestibilidad son muy importantes para realizar la valoración del potencial nutritivo de los alimentos. La incorporación de FES y FEL en la dieta de cerdos no presentan rechazos del alimento. Varios reportes manifiestan que los subproductos procesados por estas biotecnologías presentan mayor digestibilidad en comparación con alimentos en estado natural (Caicedo, Vargas, Samaniego y Valle, 2017; Caicedo, Moya, Tapuy, Caicedo y Pérez, 2019), esto se debe a la incorporación y colonización de microorganismos benéficos en el tracto gastrointestinal (TGI) de los cerdos, pues estos compiten con la flora patógena, además sintetizan diferentes enzimas y vitaminas (Rendón et al., 2013). Los coeficientes de digestibilidad de nutrientes en cerdos alimentados con FES y FEL se observan en las tablas 7 y 8.

Tabla 7 Digestibilidad de nutrientes en cerdos de crecimiento alimentados con FES de subproductos agrícolas

Nutrientes	**Banano orito[a] 20%**	**Camote[b] 50%**	**Naranja[c] 25%**	**Papa china[d] 20%**
MO, %	-	-	84.2	93.77
MS, %	92.57	81.4	81.8	83.33
PB, %	93.2	-	83.6	87.81
FB, %	72.03	-	-	54.75
Ceniza, %	-	-	61.9	-
ELN, %	93.33	-	-	75.23
EB, %	92.23	83.5	81.8	84.5

Fuente: [a]Caicedo et al. (2019); [b]Domínguez, Reyes, Victores, Guerrero y Herrero (2011); [c]Domínguez (1995); [d]Caicedo et al. (2019).

Tabla 8 Digestibilidad de nutrientes en cerdos de crecimiento alimentados con FEL de subproductos agrícolas

Nutrientes	**Papa china[a]**	**Yuca[b]**
MO, %	93.33	-
MS, %	91.2	90.01
PB, %	85.05	66.43
FB, %	59.48	-
ED, %	-	3.78
EB, %	89.88	91.48

Fuente: [a]Caicedo et al. (2017); [b]Araujo et al. (2016).

Indicadores productivos de cerdos alimentados con FES y FEL de subproductos agrícolas

Los indicadores productivos (consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimentaria, peso y rendimiento de la canal) de los cerdos están influenciados directamente con el tipo y disponibilidad de nutrientes del alimento (Recinos, Aranda, Osorio, González, Díaz, Hinojoza, 2017). Nazef, Belguesmia, Tani, Prévost, & Drider (2008) manifiestan que los probióticos presente en los alimentos producidos por FES y FEL proporcionan un ambiente eubiótico en el TGI de los animales. Marín, García, Marrero, Manso, y González (2017) al emplear biopreparados en la dieta de cerdos, obtuvieron altos índices de incremento de peso y ganancia de peso, menor incidencia de diarreas y en consecuencia alta productividad.

Los probióticos reducen el pH intestinal, con lo cual inhiben el crecimiento de microorganismos patógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella spp* y *Clostridium spp*. La microbiota benéfica situada en el intestino delgado garantizan la absorción proteica y energética (Mroz, Jongbloed, Partanen, Vreman, Kemme, & Kogut, 2000; Giang, Vietl, Ogle, & Lindberg, 2011). Los indicadores productivos de cerdos alimentados con FES y FEL de subproductos agrícolas se muestran en las tablas 9 y 10.

Tabla 9 Indicadores productivos en cerdos alimentados con FES de subproductos agrícolas

	Banano orito[a]	**Cítricos[b]**	**Papa china[c]**	**Yuca[d]**
Destetados				
Peso inicial, kg	-	8,47	-	-
Peso final, kg	-	15,85	-	-
Consumo alimentico, kg/día	-	0,11	-	-
Consumo de PB, %	-	0,18	-	-
Ganancia diaria, g/día	-	369	-	-
Conversión alimenticia, kg/kg	-	0,31	-	-
Crecimiento				
Peso inicial, kg	-	-	25,59	22
Peso a los 42 días, kg	-	-	61,03	57,20
Ganancia diaria, kg/día	-	-	0.85	0,82
Consumo alimentico, kg/día	-	-	2,19	-
Conversión de alimento, kg/kg	-	-	2,60	2,60
Engorde				
Peso de 43 a 84 días, kg	-	-	101,13	-
Consumo de alimento de 43 a 84 días, kg	-	-	2,79	-
Ganancia diaria de 43 a 84 días, kg/día	-	-	0,96	-
Conversión alimenticia de 43 a 84 días, kg/kg	-	-	2,91	-
Gestación				
Peso inicial, kg	173	-	-	-
Peso final, kg	217	-	-	-
Total de lechones nacidos/ parto	13,8	-	-	-
Peso de la camada al nacimiento, kg	21,4	-	-	-
Peso de lechones al nacimiento, kg	1,54	-	-	-
Consumo de alimento, kg/día	216	-	-	-

Fuente: [a]Caicedo et al. (2020); [b]Leiva y López (2007); [c]Caicedo et al. (2018); [d]Lezcano et al. (2014).

Tabla 10 Indicadores productivos en cerdos alimentados con FEL de subproductos agrícolas

	Banano orito[a] 1%	**Camote[b] 66%**	**Papa china[c] 30%**	**Yuca[d] 50%**
Destetados				
Peso inicial, kg	8,83	-	-	-
Peso final, kg	22,6	-	-	-
Ganancia diaria, g/día	0,49	-	-	-
Consumo de alimento, kg/día	0,76	-	-	-
Conversión alimenticia, kg/kg	1,55	-	-	-
Crecimiento				
Peso inicial, kg	-	-	-	26
Peso a los 42 días, kg	-	-	-	60,70
Incremento, kg	-	-	-	34,70
Ganancia diaria, g/día	-	-	-	826
Conversión de alimento MS, kg/kg	-	-	-	2,51
Engorde				
Peso inicial, kg	-	30,83	-	-
Peso 56 días, kg	-	61,30	-	-
Peso a 98 días, kg	-	104,7	-	-
Ganancia diaria 0-56 días, g/día	-	544	-	-
Ganancia diaria 0-98 días, g/día	-	753	-	-
Conversión total 0-56 días MS, kg/kg	-	3,38	-	-
Conversión total 0-98 días MS, kg/kg	-	3,76	-	-
Conversión de alimento 0-98 días, kg/kg	-	1,51	-	-
Gestación				
Peso inicial, kg	-	-	174,05	-
Peso final, kg	-	-	218,65	-
Total de lechones nacidos/ parto	-	-	13,85	-
Total de lechones nacidos vivos/parto	-	-	13,35	-
Peso de la camada al nacimiento, kg	-	-	21,41	-
Peso de lechones al nacimiento, kg	-	-	1,55	-
Consumo de alimento durante la etapa de gestación, kg/MS	-	-	215,88	-

Fuente: [a]Caicedo et al. (2020); [b]Lezcano et al. (2015); [c]Caicedo et al. (2020); [d]Caicedo (2018).

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Las fuentes de subproductos más empleadas para producir FES y FEL constituyen los alimentos energéticos bajos en fibra, los cuales han sido inoculados con suero de leche, yogurt y cultivos puros de bacterias lácticas y levaduras.
- Los subproductos agrícolas procesados por FES y FEL pueden ser utilizados en la alimentación de cerdos, ya que estos productos mantienen las características nutricionales e inhiben el desarrollo de microorganismos putrefactivos y patógenos (coliformes, hongos, levaduras), y a su vez mejoran el rendimiento zootécnico como la ganancia de peso, conversión alimentaria y peso final de los animales.
- Las investigaciones realizadas hasta el momento con FES y FEL describen el efecto que causan los microorganismos (bacterias acido lácticas) del alimento en el tracto digestivo de los cerdos, al producir sustancias antimicrobianas ante la presencia de microorganismos patógenos, adherirse y colonizar la mucosa, mejorar la digestibilidad de los nutrientes y provocar el incremento de los indicadores productivos y de salud en la especie porcina.

Recomendaciones

- Permitir el acceso a bases de datos que son pagadas tales como Scopus, Web of Science, entre otras, con el fin de que no sea una limitante el presupuesto económico de la investigación.
- Continuar con estudios de la digestibilidad y comportamiento productivo de la FEL en cerdos, además, se recomienda realizar caracterizaciones de los microorganismos empleados para la fermentación de una forma más específica en cuanto a inóculos y medios de cultivo.

Referencias

AGROCALIDAD, y ASPE. 2010. "Encuesta Nacional de Granjas de Ganado Porcino." *Asociación de Porcicultores Del Ecuador, y MAG Ministerio de Agricultura y Ganadería. Quito.*

Agudelo, J. (2009). Piensos alternativos para porcinos en Colombia: ¿Cuáles son nuestras opciones? *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 22 (3),* 278-286.

Andrade, G., y Bermúdez, J. (2018). Yogurt natural y su efecto antidiarreico para cerdos en la etapa de recría en el litorial ecuatoriano. Tesis previa la obtención del título de Médico Veterinario. Carrera De Pecuaria. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí, Manuel Félix López. Calceta, Manabí.

Aranda, E., Ramos, J., Mendoza, C., Salgado, S y Bueno, C. 2018. "Utilización de la caña de azúcar en la alimentación bovina, el desarrollo de sus tecnologías y la alternativa para los periodos de sequía. Brasil." *Artículos Técnicos. Ganadería*.

Araujo, D., Amorim, A., Saleh, M., Curcelli, F., Perdigon, P., Bicudo,S., y Berto, D. 2016. "Nutritional Evaluation of Integral Cassava Root Silages for Growing Pigs." *Animal Nutrition, 2 (3),* 149–53.

Armijos, M. 2016. "Caracterización de microorganismos con capacidad fermentativa en el proceso de elaboración del guarapo." Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.

Arrieta, J., Lescano, D., Miranda, M., Vitale, L., Felicioni, E., Vaudagna, J. 2015. "Estrategias nutricionales y de alimentación en recría y engorde. Impacto en los costos". Fericerdo INTA. Argentina.

ASPE. 2017. "Censo Agropecuario Nacional del Ecuador." *Asociación de Porcicultores Del Ecuador*.

Atsbeha, D., Flaten, O., Olsen, H., Kjos, N., Kidane, A., Skugor, A., Prestlokken, E. & Overland, M. (2020). Technical andeconomic performance of alternative feeds in dayri and pig production. *Livestock Science, 240,* 1-8.

Bailón, R. 2012. "Fermentaciones Industriales." Universidad Nacional del Callao. Callao,

Perú.

Bauza, R., Gil, M., González, A., Silva, G., y Panissa, D., 2011. "Aporte nutritivo del suero de queso en la alimentación de cerdos de Engorde." *Revista Computadorizada de Producción Porcina, 18(4)*, 255–68.

Bhargay, S., Panda, B., Ali, M., & Javed, S. 2008. Soild state fermentation: *An Overview chemical and biochemical engineeringquaterly, 22(1),* 49-70.

Borras, L., y Torres, G. 2016. "Producción de alimentos para animales a través de fermentación en estado sólido - FES." *Revista ORINOQUIA, 20 (2),* 47–54.

Brea, O., Ortiz, A., Elias, A., Herrera, F., y Motta, W. 2014. "Utilización de la harina del fruto del Árbol del pan (*Artocarpus altilis*), fermentada en estado sólido, en dietas a cerdos en pre ceba." *Revista Cubana de Ciencia Agronómica, 48 (4),* 391–98.

Buenaño, C. 2015. "Formulación de dietas alimenticias utilizando harina de papa china (*Colocasia sculenta* L.) en la alimentación de cerdos *(Sus Scrofa*) en la etapa de posdestete." Universidad Técnica de Ambato.

Caicedo, W., Alves, F., y Caicedo, L. 2020. "Efecto del ensilado de tubérculos de taro (*Colocasia esculenta* [L.] Schott) sobre indicadores productivos y reproductivos en cerdas F1 Landrace x Duroc." *Revista de Investigación Veterinaria Perú, 31(2),* 1–8.

Caicedo, W., Alves, F., Pérez, M., Flores, A., & Motta,W. 2020. "Growth performance of pigs post-weaning fed a diet supplemented with baby banana(*Musa acuminata* AA) fruit fermented with yogurt." *Lisvestock Research of Rural Development, 32(2).*

Caicedo, W., Flores, A., & Caicedo, L. 2020. "Chemical characteristics and productive behavior of gestating commercial sows fed with baby banana silage (*Musa acuminata* AA)." *Lisvestock Research of Rural Development, 34(2).*

Caicedo, W., Moya, C., Tapuy, A., Caicedo, M., y M. Pérez, M. 2019. "Composición química y digestibilidad aparente de tubérculos de taro procesados por fermentación en estado sólido (FES)." *Revista de Investigación Veterinaria de Perú, 30 (2),* 580–89.

Caicedo, W., Moyano, C., Valle, S.,Díaz, L., y Caicedo, M. 2019. "Calidad fermentativa

de ensilajes líquidos de chontaduro (*Bactris gasipaes*) tratados con yogur natural, suero de leche y melaza." *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú, 30(1)*, 167–77.

Caicedo, W., Rodríguez, R., Lezcano, P., Ly, P., Vargas, J., Uvidia1, H., Valle, S., y Flores, L. 2017. "Caracterización de anti nutrientes en cuatro ensilados de taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) para cerdos." *Cuban Journal of Agricultural Science, 51*.

Caicedo, W., Rodríguez, R., Lezcano, P., Vargas, J., Ly, J., y S. Valle, S. 2018. "Efecto de inocuidad del ensilado Biológico de tubérculo de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) para la alimentación de cerdos." *Revista Científica Amazónica, 2 (3)*, 162–71.

Caicedo, W., y Valle, S. 2018. *Libro Ensilaje*. Editorial. Alemania: Ensilaje líquido de subproductos agrícolas para la alimentación animal.

Caicedo, W., Viáfara, D., Rubio, G., Yanza, R., & Alves, R. 2019. "Quadratic effect of the protein content of a solid state fermentated baby banana (*Musa acuminata* AA) treated with whey." *International Workshop of Natural Products and Agro-Industrial Procesess in Ecuadorian Amazon Region*, 1–5.

Carné, S., Zaragoza, A., y Mascarell, J. 2013. "Función de Los antioxidantes en el pienso y efectos en la calidad de carne."

Chacón, A. 2004. "Perspectivas actuales de la proteína unicelular (SCP) en la agricultura y en la industria." *Agronomía Mesoamericana, 15 (1*, 93–106.

Cleves, J. 2012. "Aportes de la investigación en cítricos al manejo agroecológico del cultivo en el pie de monte del Departamento de Meta." *Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 3(2)*, 85–97.

Cobeña, G. 2017. "Manual técnico del cultivo de camote. Manual N° 6." . . *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)*,.

Cobos, A. 2017. "Fermentación alcohólicas de dos sustratos utilizando la levadura *Candida utilis* aislada de guarapo." Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.

Córdova-Izquierdo, A., y Iglesias-Reyes, A. 2017. "Uso de antioxidantes en ganadería." Universidad Autónoma Metropolitana.

Crueger, W., & Crueger, A. 1989. “Biotecnology Manual of Industrial Industrial Microbiology.” 413.

Domínguez, P. 1995. “Pulpa de ítricos en la alimentación de cerdos.” *Revista Computarizada de Producción Porcina, 2 (2).*

Domínguez, P., Reyes, J., Victores, N., Guerrero,J., y Herrera, R. 2011. “Uso Del Boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam).” *En la Alimentación Porcina. 1. Efecto de La Cocción Del Tubérculo En La Digestibilidad de Nutrientes*.

Durán, N. 1989. “Bioconversion to single cell protein: Recovery of lignocellulosic materials to produce human food as an integrated process.” *Food and Agriculture Organitation of the United Nation, 14 (4)*, 39–50.

Echavarría, A., Haydelba, D., Matute, N., Jaramillo, C., Rojas de Astudillo, L., y Benítez. R. 2016. “Evaluación de la capacidad antioxidante y metabolitos secundarios de extractos de dieciséis plantas medicinales.” *Revista Ciencia UNEMI, 9(20)*, 29–35.

Espinoza, A. 2013. “Comparación de los contenidos de compuestos fenólicos totales y taninos en la corteza de tres variedades de plátano (*Musa Cavendish, Musa acuminata* y *Musa cavandanaish*)”. Universidad San Francisco de Quito. Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniero en Alimentos. Colegio de Ciencias e Ingeniería. Quito, Ecuador.

Esquivel, M., & Velásquez, L. 2014. “Evaluación de harina de camote morado (*Ipomoea batatas* Lam) producido bajo diferentes formas de fertilización orgánico en el Cantón Othon Blanco.” Informe Técnico de Residencia al Título de Ingeniería en Agronomía. Profesional. Instituto Superior de la zona Maya. Carrera de Ingeniería en Agronomí*a*.

Flores, A. 2018. “Contenido de polifenoles en el follaje y estracto de guayaba (*Psidium guajava*) y su efecto en la alimentación de cerdos en posdestete.” Universidad Estatal Amazónica. Puyo. Ecuador.

Ganguly, S. 2013. “Chemical aspects of fermentation technology in food processing Industries.” *Research Journal of Chemical and Environmental Science, 1(1)*, 42–43.

García-Contreras, A., Ortega, De Loera, Y., Yagüe, A., Guevara, J., y García, C. 2012.

"Alimentación Práctica de Cerdos." *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias, 6(1),* 21–50.

García, C., Arrázola, G., y Durango, A. 2010. "Producción de ácido láctico por vía biotecnológica." *Temas Agrarios, 15 (2),* 9–26.

Gavilanes, C., y Asitimbay, M. 2020. "Comportamiento productivo de cerdos en crecimiento alimentados con ensilados de tubérculos y follaje de papa china (*Colocasia escculent*a L. Schott) tratado con vinaza." Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Ecuador.

Giang, H., Vietl, T.,Ogle, B., & Lindberg, J. 2011. "Effects of supplementation of probiotics on the performance, nutrient digestibility and faecal microflora in growingfinishing pigs." *Asian-Aust. Journal of Animal Science, 24 (5),* 655–61.

González, D., y Marín, M. 2005. "Obtención de ensilados biológicos a partir de los desechos del procesamiento de sardinas." *Revista Científica FCV-LUZ, 15 (6),* 560–67.

Guerrero, J. 2013. "Comunidades bacterianas en ensilajes de forrajeras tropicales (*Vigna unguiculata, Canavalia brasiliensis*) y batata (*Ipomoea batata*) y sus mezclas y su relación con la calidad y la digestibilidad enzimática in vitro en cerdos." Universidad Nacional de Colombia. Palmiras, Colombia.

Guohong, A., Terol, J., Ibañez, V., Lopez-Garcia, C., Pérez-Román, A., Borrera, E., & Talon, M. 2018. "Genomics of the origin and evolution of Citrus." *Nature Research, 554,* 311–16.

Gutiérrez, P., y Pulla, T. 2016. "Aplicación de técnicas de cocción en la elaboración de recetas de sal y dulce utilizando guarapo." Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

Haberkorn, N. 2018. "Alimentación de porcinos con suero de leche para la reducción de costos alimenticios". Trabajo final de grado de Licenciatura en Administración Agraria. Universidad Siglo 21.

Hesseltine, C. 1972. "Solid State Fermentation." *Biotechnol. Bioeng, 14,* 517–32.

Hidalgo, R. 2016. "Beneficios de la Manzana (*Malus domestica*) en la salud." *Revista de Investigación e Información en Salud. 11(28).*

Hinostroza, F., Mendoza, M., Navarrete, M., y Muñoz, X. 2014. “Cultivo de yuca en el Ecuador.” *INIAP- Estación Experimental Portoviejo.*

INEC. 2013. “Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Quito.” *36. INEC Instituto Nacional de Estadistica y Censo*. Obtenido de: (http://indestadistica.sni.gob.ec/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=SNI.qvw&host=QVS@kukuri&anonymous=truehttp://indestadistica.sni.gob.ec/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=SNI.qvw&host=QVS@kukuri&anonymous=true&bookmark=Document/BM54).

INEC. 2018. “Principales Cultivos 2018.” *37. INEC Instituto Nacional de Estadistica y Censo.*

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigación Agrícola para el Desarrollo Internacional y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, INRA, CIRAD, FAO. 2019. “Sistema de Información Sobre Recursos de Alimentación Animal.” *Feedipedia*.

Jordán, R. 2009. “Propuesta de modelo de apoyo tecnológico en seguridad alimentaria y conservación de los recursos naturales, para comunidades indígenas de la Amazonia Ecuatoriana”. Instituto Nacional De Investigaciones Agropecuarias INIAP Dirección de Transferencia de Tecnología. Informe final. Cooperación alemana al desarrollo, agencia de la GTZ en Quito. Quito, Ecuador.

Kauffman, G., y Mayo, I. 1994. “Chemist, Biotechnologist, and Statesman: The Fateful Interweaving of Political Conviction and Scientific Talent.” *Journal of Chemical Education, 71(3)*.

Kiarie, E. & Nyachoti, C. (2009). Alternative feed ingredients in swine diets. Saskatchewan pork industry symposium. Research Gate, 9-38.

Knowles, M. 2012. “Uso de la yuca (*Manihot sculenta* Crantz) y otras fuentes de almidones no convencionales en la alimentación de rumiantes.” *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 25(3)*, 488–99.

León, V,. y López, M. 2009. “Comparación del ensilaje de caña de azúcar y el ensilaje de

maíz mezclado con *Mucuna pruriens* como forraje para vaquillas de reemplazo.” Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano Zamorano, Honduras.

Lezcano, P., Berto, D., Bicudo, S., Curcelli, F., Gonzáles, F., y Valdivie, M. 2014. “Yuca ensilada como fuente de energía para cerdos en crecimiento.” *Revista Avances En Investigación Agropecuaria, 18(3),* 41–48.

Lezcano, P., Vázquez, A., Bolaños, A., Piloto, J.,Martínez, M., y Rodríguez, Y. 2015. “Ensilaje de piensos alternativos de origen cubano, una opción técnica, económica y ambiental para la producción de carne de cerdo.” *Revista Cuban de Ciencia Agrícola, 49(1),* 65–69.

Mantilla, J. 2015. “Manual de procedimientos para la manipulación, embalaje y envio del banano orito En el Centro de Acopio ‘JZ’ S.A. del cantón La Maná.” Universidad Regional Autónoma de los Andes “UNIANDES”. La Maná, Ecuador.

Marín, A., García, A., Marrero, L., Manso, M.J., y González, M. 2017. “Estudio del efecto en lechones lactantes del probiótico de biomasa proteica obtenida por la tecnología de cultivo de lactobacillus y levaduras en miel B.” *Livestock Research for. Rural Development, 19,* 195.

Mejía, W. 2017. “Fermentación en estado sólido de *Saccharum officinarum* con follaje de Moringa oleifera para alimentación porcina.” Univerersidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.

Mendoza, M., y Martínez, I. 2019. “Elaboración de ensilaje líquida a base de yuca *Manihot sculenta* Cranntz, papa *Solanum tuberosum* y Apio Arracacia xanthorrhiza, como una alternativa de alimentación en la época de verano para ovinos y caprinos.” Universidad Cooperativa de Colombia. Bucaramanga, Colombia.

Miller, B., & Litsky, W. 1976. “Single Cell Protein in Industrial Microbiology.” *Grow-Hill Book Co, New York.*

Moncada, D. (2015). "Evaluación del Zingiber officinale (Jengibre), como promotro de crecimiento, en la alimentación de cerdos York*Landrace, en la etapa post - destete - acabado". Trabajo de Titulación. Escuela Politécnica de Chimborazo Facultad Ciencias

Pecuarias, Riobamba, Ecuador.

Mora, C. 2017. “Evaluar el efecto de tres niveles de fitasa en dietas de lechones.” Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo, Ecuador.

Motato, N., Cevallos, L., Pincay, J., Anchundia, C., y Anchundia, M. 2016. “Alternativas de siembra del camote (*Ipomoea batata*s L.) para el cantón Jaramiijo, Provincia de Manabí.” *Revista ESPAMCIENCIA, 7(1),* 7–14.

Moyano, M. 2014. “Fermentación en estado sólido (FES) de la papa (*Solanum tuberosum*), como alternativa tecnológica para la alimentación animal.” Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Tunga, Colombia.

Mroz, Z., Jongbloed, A., Partanen, K., Vreman, K., Kemme, P., & Kogut, J. 2000. “The effects of calcium benzoate in diets with or without organic acids on dietary buffering capacity, apparent digestibility, retention of nutrients, and manure characteristics in swine.” *Journal of Animal Science, 78 (10),* 2622–32.

Nasseri, A., Rasoul, S., Morowvat, M., & Ghasemi, Y. 2011. “Single cell protein: Production and process.” *American Academic Journal of Food Technology. Sciences Research Center of Shiraz University,* 1–13.

Nazef, L., Belguesmia, Y., Tani, A., Prévost, H., & Drider, D. 2008. “Identification of lactic acid bacteria from poultry feces: Evidence on anti-campylobacter and anti-listeria activities.” *Poult. Sci, 87 (2),* 329–34.

Noles, T. 2018. “Evaluación de la capacidad antibacteriana de los taninos extraídos del banano verde (*Musa sp*.), rechazo de las bananeras, frente a la bacteria *Staphylococcus aureus* ATCC:12600.” Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Cuenca, Ecuador.

Orozco, A. 2015. “Esquilmos de frutas para alimentos de los animales.” Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila.

Parra, R. 2010. “Bacterias ácido lácticas: Papel funcional en los alimentos.” *Facultad de Cinecias Agropecuarias, 8(1),*.

Pérez, M. 1996. “Fermentación en estado sólido del mijo perla (*Pennisetum americanum*

(L.) Leeke) por *Rhizopus oligosporus* para la obtención de un producto rico en proteína."

Pinzón, J., y Lemus, J. 2017. "Valoración nutricional y parámetros de fermentación del ensilaje de yacón y cáscara de naranja." Universidad de la Salle. Bogota, Colombia.

Ponce, L. 2013. "Proyecto de factibilidad para la exportación de banano (orito) al mercado italiano-milano 2013-2023". Universidad Tecnológica Equinoccial. Escuela de Comercio Exterior, Integración y Aduanas. Quito-Ecuador.

Puerta, G. 2012. "Factores, procesos y controles en la fermentación del café." Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Colombia.

Raimbault, M. 1998. "General and Microbiological aspects of solid substrate fermentation." *Journal of Biotecnology, 1(3),* 1–12.

Ramírez, J., Ulloa, P., Velázquez, M., Ulloa, J., y Arce, F. 2011. "Bacterias lácticas: importancia en alimento y su efecto en la salud." *Revista Fuente Año 2, 7 (2)*, 1–13.

Raza, H. 2010. "Uso de los residuales secos con solubles (DDGS) procedentes de la producción de alcohol con granos de cereales en la alimentación de reproductoras porcinas." Universidad Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

Recinos, C., Aranda, E., Osorio, M., González, R., Díaz, P., y Hinojoza, J. 2017. "Evaluación de parámetros productivos y reproductivos en un hato de doble propósito en Tabasco México." *Rev Mex Cienc Pecu, 8 (1)*, 83–91.

Rendón, A., Ojito, Y., Arteaga, F., Laurencio, M., y Millán, G.2013. "Efecto probiótico de Lactobacillus salivarius C65 en indicadores productivos y de salud de cerdos lactantes." *Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 47 (4),* 401–7.

Reyes-Sánchez, N., Mendieta-Araica, B., Rodríguez, R., y Caldera, N. 2018. "Fermentacion en estado sólido de caña de azúcar y harina de hojas de *Moringa oleifera* para alimentacion animal." *Revista Cientifica La Caldera, 18(30),* 1–6.

Robalino, T. 2014. "Calidad fermentativa de ensilajes líquidos de chontaduro (*Bactris gasipaes*) tratados con yogur natural, suero de leche y melaza." Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Ecuador.

Rodríguez, R. 2017. “Diseño de un plan estratégico para mejorar la comercialización de la papa china en el sector Norte de la cuidad de Guayaquil.” Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

Rodríguez, S., Crescencia, M., Agulera, I., y Serrat, M. 2016. “Determinación de biomasa fúngica y su utilidad en procesos biotecnólogicos.” Universidad de Orite, Patricio Lumunba, Cuba.

Rodríguez, V. 2014. “Los anti nutricionales de los alimentos.” *Blog de Virginia Rodríguez. Doctora en Farmacología Veterinaria.* Obtenido de: (https//virginiarodriguezvet.es/los-antinutrientes-en-los-alimntos.

Rosero, L. 2014. “Rescate de germoplasma de manzana Emilia *(Malus communis*) mediante cultivo de tejidos in vitro.” Universidad Cetral del Ecuador. Quito, Ecuador. Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Donzele, J.L., Gomes, P.C., Oliveira, R.F., Lopes, D.C., Ferreira, A.S., Barreto, S.L.T., Euclides, R.F., 2011. Tabelas Brasileiras Para Aves e suínos: Composição De Alimentos e Exigências nutricionais, 3rd. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brazil.

Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Donzele, J.L., Gomes, P.C., Oliveira, R.F., Lopes, D.C., Ferreira, A.S., Barreto, S.L.T., Euclides, R.F., 2017. Tabelas Brasileiras Para Aves e suínos: Composição De Alimentos e Exigências nutricionais, 4rd. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brazil.

Sagar, A. 2019. “Submerged Fermentation” *Microbe Notas*. Obtenido de: https://microbenotes.com/submerged-fermentation/#submerged-fermentation.

Salguero, J. 2009. “Evaluación de ensilada yuca más agua más yogurt y ensilaje de yuca más vinanza destilada de alcohol como fuente de energía para cerdos en crecimiento”. Universidad Politecnica de Chimborazo. Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Zootécnico. Escuela de Ingeniería en Zootécnica. Riobamba, Ecuador.

Silva, H., y Silva, L. 2015. “Novos conceitos e tecnologias aplicadas à produção e nutrição de Suínos aliados a sustentabilidad” *Revista Ciência Animal, 25(1),* 109–20.

Soccol, C., Scopel, E., Junior, L., Karp, S., Woiciechowski A. & Porto de Souza L. 2017.

Recent developments and innovations in solid state fermentation. Biotechnology Research and Innovation, vol. 1 (1), pp. 52-71

Suárez-Guerra, L. 2011. "Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot sculenta* Crantz)." *Tendencias Actuales. Cultivos Tropicales. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 32(3),* 27–35.

Suin, A., y Perlata, K. 2018. "Evaluación de tres fórmulas alimenticias en las etapas de desarrollo y engorde en cerdos de la raza Landrace Belga." Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Santo Domingo, Ecuador.

Tizalema, I. 2017. "Utilización de *Saccharomyces cerevisiae* y enzimas digestivas (0,04; 0,06 y 0,08 %) en cerdos en la etapa de crecimiento y engorde y su influencia en la ganancia de peso en la provincia de Bolívar." Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda. Ecuador.

Vallejo-Zamudio, E., Rojas-Velázquez, A., y Torres-Bugarín, O. 2018. "Una poderosa herramienta en la medicina preventiva del cáncer: Los Antioxidantes." *Revista El Residente, 12(3),* 104–11.

Vera, M. 2011. "Elaboración y aplicación gastronómica del yogurt." Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

Viniegra-González, G. 1997. "Solid State Fermentation: Definition, Characteristics, Limitation and Monitoring." *Advances in Solid State Fermentation* 5–22.

Wanga, C., Muhammada, A., Liua, Z., Huangb, B., & Cao, B. 2016. "Effects of ensiling time on banana Pseudo-Stem silage chemical composition, fermentation and in sacco rumen degradation." *The Journal of Animal and PlAnt Science, 26(2),* 339–46.

Yánez, C., y Mera, E. 2018. "Los productores de plátano "orito" y su aporte al desarrollo socioeconómico del cantón Caluma provincia Bolívar- periodo 2017". Universidad Estatal de Bolívar. Informe Final: Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingenieros Comerciales. Escuela de Gestión Empresarial. Guaranda, Ecuador.